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 №2 (26), 2019

Выходит 4 раза в год

ISSN2307-910X

Ставрополь – Пятигорск
2019

Учредитель **Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет»**

Главный редактор **Шебзухова Т. А.,** доктор исторических наук, профессор

Редакционный совет журнала **Левитская А. А.,** кандидат филологических наук, доцент, ректор СКФУ, председатель; **Лиховид А. А.,** доктор географических наук, кандидат биологических наук, профессор проректор по научной работе и стратегическому развитию, заместитель председателя; **Шебзухова Т. А.,** доктор исторических наук, профессор, заместитель председателя; **Евдокимов И. А.,** доктор технических наук, профессор; **Вартумян А. А.,** доктор политических наук, профессор; **Першин И. М.,** доктор технических наук, профессор; **Колесников А. А.,** доктор технических наук, профессор (ЮФУ, Таганрог); **Медетов Н. А.,** доктор физико-математических наук, профессор (Костанайский государственный университет им. Байтурсынова, г. Костанай, республика Казахстан); **Уткин В. А.,** доктор медицинских наук, профессор (НИИ Курортологии, Пятигорск); **Веселов Г. Е.,** доктор технических наук, профессор (ЮФУ, Таганрог); **Григорьев В. В.,** доктор технических наук, профессор (САО УИТМО, Санкт-Петербург); **Душин С. Е.,** доктор технических наук, профессор (СПб ГЭТУ, Санкт-Петербург); **Малков А. В.,** доктор технических наук, профессор (ООО «Нарзангидроресурс», Кисловодск); **Балега Ю. Ю.,** член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук (САО РАН, Верхний Архыз); **Cynthia Pizarro,** доктор антропологии, профессор, член национального совета понаучным и техническим исследованиям Аргентины (Университет Буэнос-Айреса, Аргентина); **Федорова М. М.,** доктор политических наук, профессор (Институт философии РАН, Москва); **Коробкеев А. А.,** доктор медицинских наук, профессор (СГМУ, Ставрополь); **Hannes Meissner,** доктор наук, профессор (Университет прикладных исследований Вены, Австрия)

Редакционная коллегия **Шебзухова Т. А.,** доктор исторических наук, профессор, главный редактор; **Вартумян А. А.,** доктор политических наук, профессор, зам. главного редактора по гуманитарному направлению; **Першин И. М.,** доктор технических наук, профессор, зам. главного редактора по техническому направлению; **Богатырева Ю. И.,** доктор педагогических наук, доцент, профессор (Тульский государственныйо педагогический университета им. Л. Н. Толстого, Тула); **Брацихин А. А.,** доктор технических наук, профессор; **Веселов Г. Е.,** доктор технических наук, профессор; **Воронков А. А.,** доктор медицинских наук, доцент, зам. директора по УиВР (ПМФИ, Пятигорск); **Галкина Е. В.,** доктор политических наук, профессор (СКФУ, Ставрополь); **Данилова-Волковская Г. М.,** доктор технических наук, доцент; **Емельянов С. А.,** доктор технических наук, профессор; **Казуб В. Т.,** доктор технических наук, профессор; **Карабущенко П. Л.,** доктор философских наук, профессор (АГУ, Астрахань); **Пшеничкина В. А.,** доктор технических наук, профессор (Волгоградский государственный технический университ, Волгоград); **Корячкина С. Я.,** доктор технических наук, профессор (ОГТУ, Орел); **Коновалов Д. А.,** доктор фармацевтических наук, профессор (ПМФИ, Пятигорск); **Косов Г. В.**, доктор политических наук, профессор (ПГЛУ, Пятигорск); **Шеина С. Г.,** доктор технических наук, профессор (ДГТУ, Ростов-на-Дону); **Лодыгин А. Д.,** доктор технических наук, доцент (СКФУ, Ставрополь); **Cynthia Pizarro,** доктор антропологии, профессор, член национального совета по научным и техническим исследованиям Аргентины (Университет Буэнос-Айреса, Аргентина); **Маннино Саверио,** профессор (Миланский университет, Италия, Милан); **Садовый В. В.,** доктор технических наук, профессор (Ставропольский институт кооперации (филиал) Белгородского университета кооперации, экономики и права, Ставрополь); **Сампиев И. М.,** доктор политических наук, профессор зав. каф. СиП (ИнгГУ, Республика Ингушетия); **Теплый Д. Л.**, доктор биологических наук, профессор, академик РЕАН (АГУ, Астрахань); **Усманов Р. Х.,** доктор политических наук, профессор (АГУ, Астрахань); **Тарасов И. Н.,** доктор политических наук, профессор (КГУ, Калининград); **Уткин В. А.,** доктор медицинских наук, профессор; **Шабров О. Ф.,** доктор политических наук, профессор (РАСН, Москва); **Храмцова Ф. И.,** доктор политических наук, профессор (филиал РГСУ, Минск); **Oliver Hinkelbein,** доктор наук, профессор (Университет Бремена, Германия); **Khalid Khayati,** доктор наук, профессор (Университет Линчопинг, Швеция); **Черноба-бов А. И.,** доктор физико-математических наук, профессор; **Чернышев А. Б.,** доктор физико-математических наук, доцент; **Ширинянц А. А.,** доктор политических наук, профессор, зав.каф. истории социально-политических учений (МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва)

Ответственный секретарь **Оробинская В. Н.,** кандидат технических наук.

Свидетельство о регистрации СМИ 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 2012г.

Подписной индекс Объединенный каталог. ПРЕССА РОССИИ. Газеты и журналы: 94010
Журнал включен новый перечень рецензируемых изданий (ВАК) (№1866);
в БД «Российский индекс научного цитирования»

Адрес: юридический: 355029, г. Ставрополь, пр. Кулакова, д.2.
фактический: 357500, г. Пятигорск, ул. 40 лет Октября, 56

Телефон: (879-3) 33-34-21, 8-928-351-93-25

E-mail: oponir@pfncfu.ru,

ISSN 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 (SFU, Taganrog); **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 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, Pprofessor (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 Linko-ping, 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 include in the new list of peer-reviewed publications (VAK) (No. 1866);
The journal is included in the database of the 'Russian science citation index"

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

© FGAOU VPO "North-Caucasus Federal University", 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Информатика, вычислительная техника и управление

О. Х. Шаяхметов, Ж. В. Игнатенко, А. В.Чернышов
АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ КЛИЕНТ-СЕРВЕРНОЙ МОДЕЛИ КОРПОРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ 12

А. М. Лященко, В. Г. Рубан, С. А. Хачкинаян
ГИБРИДНАЯ СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РЕСУРСА БАНДАЖЕЙ КОЛЕС ЛОКОМОТИВОВ 18

Н. Ю. Братченко, В. П. Мочалов, С. В. Яковлев
ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ ЗАКАЗОВ ОПЕРАТОРА СВЯЗИ НА ОСНОВЕ СЕТИ ПЕТРИ 24

Е. О. Тарасенко, А. В. Гладков, В. С. Тарасенко, А. В. Шапошников
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РОСТА ТОНКИХ ПЛЁНОК НА ПОДЛОЖКАХ, ДОПУСКАЮЩЕЕ ПОСТРОЕНИЕ РЕШЕНИЯ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ, ВОЗНИКАЮЩИХ В РАМКАХ МОДЕЛИ, МЕТОДОМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ КООРДИНАТ 35

А. Б.Чебоксаров, В. А. Чебоксаров, Б. А. Казаров, Н. П. Хариш
О ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДА РАЗДЕЛЕНИЯ ПЕРЕМЕННЫХ ПРИ НАХОЖДЕНИИ РЕШЕНИЙ НЕЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ 46

Б. Б. Михаляев, Л. Н. Джимбеева, Г. А. Манкаева, А. Э. Дорджиев
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МОДУЛЯЦИОННОЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ БЫСТРЫХ МАГНИТОЗВУКОВЫХ ВОЛН В МАГНИТНОЙ ТРУБКЕ 54

В. В. Булатов
ВЫДЕЛЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ И ЭЛЛИПСОВИДНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИИ НА ОСНОВЕ РАСЧЕТА КОЭФФИЦИЕНТА КОРРЕЛЯЦИИ 66

А. Ингабире, А. А. Скляров
УПРАВЛЕНИЕ ДИНАМИКОЙ ПОЛЕТА БПЛА С ЖЕСТКИМ КРЫЛОМ НА ПРИМЕРЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ LQR, LQG И НЕЛИНЕЙНЫХ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ 74

Г. А. Манкаева, Л. Н. Джимбеева, Б. Б. Михаляев, С. Б. Дертеев, И. А. Лагаев
МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАДАННОЙ КОНФИГУРАЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ВНУТРИ ПЛАЗМЕННОГО ОБЛАКА 83

Г. В. Алексеев, И. И. Бриденко, А. А. Суомалайнен
ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПРЕССОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЕГО КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ 90

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

Т. В. Вобликова
ИССЛЕДОВАНИЕ АМИНОКИСЛОТНОГО ПРОФИЛЯ КОЗЬЕГО МОЛОКА И ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССА ФЕРМЕНТАЦИИ НА СОДЕРЖАНИЕ СВОБОДНЫХ АМИНОКИСЛОТ 101

Д. В. Будылин, Н. В. Макарова
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И АНТИОКСИДАНТНЫХ СВОЙСТВ РАЗНЫХ ВИДОВ ЗЕРНОВОГО КОФЕ КАК ИСХОДНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭКСТРАКТОВ КОФЕ 108

Н. Л. Наумова, И. М. Чанов, М. В. Сырвачева
ПРИМЕНЕНИЕ МУЧНОЙ СМЕСИ В РЕЦЕПТУРЕ ОВСЯНОГО ПЕЧЕНЬЯ 117

А. В. Паймулина, Д. Г. Ускова, И. Ю. Потороко
ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КАВИТАЦИИ НА ПРОЦЕСС МИКРОНИЗАЦИИ ФУКОИДАНА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО В ТЕХНОЛОГИИ ЙОГУРТОВ И ХЛЕБА 123

Л. Д. Петрова, В. Д. Богданов
РЫБНЫЙ ФАРШ С БЕЛОКСОДЕРЖАЩИМИ РАСТИТЕЛЬНЫМИ ДОБАВКАМИ 131

С. А. Рябцева, С. Н. Сазанова, А. А. Дубинина
SACCHAROMYCES BOULARD II, КАК ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ ПРОБИОТИК ДЛЯ ИННОВАЦИОННЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ 138

В. Н. Василенко, Л. Н. Фролова, И. В. Драган, Н. А. Михайлова, С. Алтайулы, Т. С. Алтаев
ПРОИЗВОДСТВА ФОСФОЛИПИДНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ ИЗ САФЛОРОВЫХ МАСЕЛ 151

А. В. Дранников, А. В. Квасов, А. С. Полканов, Д. К. Костина
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕОРИИ ПОДОБИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ СУШКЕ СВЕКЛОВИЧНОГО ЖОМА 160

Т. В. Вобликова, О. В. Кригер
ОВЕЧЬЕ МОЛОКО – ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ СЫРЬЕВОЙ РЕСУРС ДЛЯ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ 166

Е. А. Чеботарев
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЖИРОВЫХШАРИКОВ В МЕЖТАРЕЛОЧНЫХ ПРОСТРАНСТВАХ ВПРОЦЕССЕСЕПАРИРОВАНИЯ 176

В. Е. Струкова, М. А. Назаренко, Л. И. Стрибижева
ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ АМИНОКИСЛОТ И АЛЬДЕГИДОВ В ПРОЦЕССЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ВИНОМАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЛИКЕРНЫХ ВИН 183

Е. К. Туниева, В. В. Насонова, К. И. Спиридонов
СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛИСАХАРИДНЫХ СТРУКТУРООБРАЗОВАТЕЛЕЙ 192

Н. П. Дяченко, Ю. А. Максименко, Э. П. Дяченко
ИССЛЕДОВАНИЕ КОНВЕКТИВНО-РАДИАЦИОННОЙ СУШКИ ВСПЕНЕННОГО ЖЕЛАТИНОВОГО БУЛЬОНА ИЗ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ РЫБ 198

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

С. А. Урубков, С. С. Хованская, С. О. Смирнов
ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОСНОВНЫХ МАКРОНУТРИЕНТОВ В ПРОДУКТАХ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА АМАРАНТА 204

Ю. В. Усова, Б. В. Туаева
ЭЛИТНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ПОЛИТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНКАХ 209

А. А. Вартумян
СОЦИАЛЬНО-ПОЛИТИЧЕСКАЯ БОРЬБА В РОССИИ В СЕРЕДИНЕ XVII ВЕКА: ВЗГЛЯД ПОЛИТОЛОГА (Рецензия на монографию Д. А. Ляпина “Царский меч: социально-политическая борьба в России в середине XVIIвека” 213

С. А. Кубатко, И. М. Вильгоненко
ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ЗАЩИТЫ ГРАЖДАН ОТ НЕПРАВОМЕРНЫХ ДЕЙСТВИЙ КОЛЛЕКТОРОВ 215

ПОЛИТИЧЕСКИЕ НАУКИ

А. А. Лаврикова
ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТОРАЛЬНОЙ АРЕНЫ ПОЛИТИЧЕСКОГО УЧАСТИЯ В СОВРЕМЕННОМ РОССИЙСКОМ ОБЩЕСТВЕ 220

М. М. Ткачев
ОБ ОЦЕНКАХ ВМЕШАТЕЛЬСТВА РОССИИ В АМЕРИКАНСКИЕ ВЫБОРЫ 226

Г. В. Косов, А. Э. Гапич, О. В. Минкина
ПРОТЕСТНАЯАКТИВНОСТЬ КАК СЛЕДСТВИЕ ДЕВАЛЬВАЦИИ ГРАЖДАНСКО-ВЛАСТНОГО КОНСЕНСУСА (КЕЙС СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ) 232

И. И. Болотина
ЭТНОПОЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОБЩЕСТВА: К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПОНЯТИЯ 241

Т. Ю. Галкина, Е. С. Гундарь
ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ КАК ФАКТОР НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ГОСУДАРСТВА 247

А. А.-Д. Койчуев
К ИССЛЕДОВАНИЮ РЕЛИГИОЗНОГО ЭКСТРЕМИЗМА И ТЕРРОРИЗМА В КАРАЧАЕВО-ЧЕРКЕССКОЙ РЕСПУБЛИКЕ 254

Л. А. Уманская
СОВРЕМЕННЫЙ БОЛГАРСКИЙ ПОЛИТИКУМ: ОСНОВНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ И ОСОБЕННОСТИ 262

Я. А. Пономаренко
ФОРМЫ УЧАСТИЯ СУБЪЕКТА ФЕДЕРАЦИИ В РЕАЛИЗАЦИИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОЛИТИКИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ 270

С. А. Жасузаков
НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ГУМАНИТАРНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА В КОНТЕКСТЕ «БОЛЬШОЙ ЕВРАЗИИ» 278

Т. А. Шебзухова, А. А. Вартумян, И. С. Клименко
ФОРМАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ, КАК ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ СРЕДСТВО В ПОЛИТОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ 283

И. М. Вильгоненко, Н. Ю. Белокопытова, И. В. Косенко
ПОЛИТИКА ПРИМЕНЕНИЯ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА В СФЕРЕ ОКАЗАНИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ НЕСОВЕРШЕННОЛЕТНИМ 292

ДИСКУССИОННЫЕ СТАТЬИ

Е. Э. Горохов-Мирошников, Г. В. Слюсарев
ТЕХНОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГИЕЙ РАЗРЯДА ДЕФИБРИЛЛЯТОРА 297

А. А. Чахирова, Е. В. Ковтун, М. А. Огай, Э. Ф. Степанова, Н. Л. Нам
ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАСЛЯНЫХ ЭКСТРАКТОВ ЛУКА РЕПЧАТОГО И ЧЕСНОКА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИНТРАНАЗАЛЬНОЙ ЛЕКАРСТВЕННОЙ ФОРМЫ . 309

Требования к оформлению рукописей 316

CONTENTS

TECHNICAL SCIENCES
Information, computing and management

O. Kh. Shayakhmetov, Zh. V. Ignatenko, A. V. Chernyshov
THE ANALYSIS OF THE PARAMETERS OF THE CLIENT-SERVER MODEL OF CORPORATE INFORMATION SYSTEM 12

A. M. Lyashchenko, V. G. Ruban, S. A. Hachkinayan
HYBRID RESOURCE FORECASTING SYSTEM FOR BANDAGE OF LOCOMOTIVE WHEELS 18

N. Yu. Bratchenko, V. P. Mochalov, S. V.Yakovlev
SIMULATOR MODEL OF ORDER SERVICE SYSTEM OF THE COMMUNICATION OPERATOR BASED ON THE PETRI NET 24

E. Ol. Tarasenko, A. V. Gladkov, V. S. Tarasenko, Al. V. Shaposhnikov
MATHEMATICAL MODELING OF THIN FILM GROWTH ON SUBSTRATES, ALLOWING THE CONSTRUCTION OF SOLUTIONS TO INVERSE PROBLEMS ARISING IN THE FRAMEWORK OF THE MODEL, BY COORDINATE TRANSFORMATION METHOD 35

A. B. Cheboksarov, V. A. Cheboksarov, B. A. Kazarov, N. P. Kharish
ON APPLICATION OF THE METHOD OF SEPARATION OF VARIABLES TO FIND SOLUTIONS OF NONLINEAR DIFFERENTIAL EQUATIONS 46

B. B. Mikhalyaev, L. N. Dzhimbeeva, G. A. Mankaeva, A. E. Dordzhiev
NUMERICAL MODELING OF MODULATING INSTABILITY OF FAST MAGNETOACOUSTIC WAVES IN MAGNETIC FLUX 54

V. V. Bulatov
SELECTION OF LINEAR AND ELLIPTICAL OBJECTS IN THE IMAGE BASED ON THE CALCULATION OF THE CORRELATION COEFFICIENT 66

A. Ingabire, A. A. Sklyarov
THE DYNAMICS CONTROL OF THE RIGID WING UAV BY THE EXAMPLE OF USING LQR, LQG AND NONLINEAR CONTROL METHODS 74

G. A. Mankaeva, L. N. Djimbeeva, B. B. Mikhalyaev, S. B. Derteev, I. A. Lagaev
MODELING OF THE PROVIDED CONFIGURATION OF THE MAGNETIC FIELD IN THE PLASMA CLOUD 83

G. V. Alekseyev, I. I. Bridenko, A. A. Suomalainen
EXERGETIC ANALYSIS OF COMPRESSOR CHARACTERISTICS USING ITS COMPUTER MODEL . . 90

TECHNOLOGY OF FOOD PRODUCTS

T. V. Voblikova
THE RESEARCH OF THE AMINO-ACID PROFILE OF GOAT MILK AND IMPACT OF PROCESS OF FERMENTATION ON THE CONTENT OF FREE AMINO ACIDS 101

D. V.Budylin, N. V. Makarova
COMPARATIVE ANALYSIS OF CHEMICALCOMPOSITION AND ANTIOXIDANT PROPERTIES OF DIFFERENT KINDS OF COFFEE BEANS AS A RAW MATERIAL FOR THE PRODUCTION OF COFFEE EXTRACTS 108

N. L. Naumova, I. M. Vats, M. V. Syrvacheva 117
APPLICATION OF THE FLOUR MIXTURE IN THE OATED LIVER RECIPE . . . . . .

A. V. Paymulina, D. G. Uskova, I. Yu. Potoroko
INFLUENCE OF ULTRASOUND CAVITATION ON THE PROCESS OF MICRONIZATION OF FUKOIDAN USED IN YOGHURT AND BREAD TECHNOLOG 123

L. D. Petrova, V. D. Bogdanov 131
THE FISH-FARCE WITH PROTEIN-CONTAINING PLANT-BASED ADDITIVES . . . . . .

S. A. Ryabtseva, S. N. Sazanova, A. A. Dubinina 138
THE SACCHAROMYCES BOULARD II, AS A POTENTIAL PROBIOTIC FOR INNOVATIVE FOODS .

V. N. Vasilenko, L. N. Frolova, I. V. Dragan, N. A. Mikhailova, S. Altayuly, T. S. Altayev 151
THE PRODUCTION OF PHOSPHOLIPID CONCENTRATES FROM SAFFLOWER OIL . . . . . .

A. V. Drannikov, A. V. Kvasov, A. S. Polkanov, D. K. Kostina
USE OF THE THEORY OF SIMILARITY FOR STUDYING OF REGULARITIES OF HEAT EXCHANGE WHEN DRYING A BEET PRESS 160

T.V. Voblikova, O. V. Kriger
SHEEP MILK – THE POTENTIAL RAW RESOURCE FOR DEVELOPMENT OF PRODUCTION OF FUNCTIONAL FOOD 166

E. Al. Chebotaryov
EXPERIMENTAL STUDY OF THE DISTRIBUTION OF FAT GLOBULES IN INTER-TERRITORIAL SPACES DURING SEPARATION 176

V. E. Strukova, M. Al. Nazarenko, L. I. Stribizheva
CHANGES IN THE CONTENT OF AMINO ACIDS AND ALDEHYDES DURING THE THERMAL TREATMENT OF VINOMATERIALS FOR LIQUEUR WINES 183

E. K. Tuneva, V. V. Nasonova, K. I. Spiridonov 192
COMPARATIVE STUDIES OF POLYSACCHARIDE STRUCTURES . . . . . .

N. P. Dyachenko, Y. A. Maksimenko, E. P. Dyachenko
RESEARCHES OF THE CONVECTIVE-RADIATION DRYING OF SUSPENDED GELATIN BROTH FROM WASTE OF FISH PROCESSING 198

SHORT REPORT

S. A. Urubkov, S. S. Khovanskaya, S. O. Smirnov
THE STUDY OF THE CONTENT OF THE MACRONUTRIENTS IN THE PRODUCTS OF AMARANTH GRAIN PROCESSING 204

Yu. V. Usova, B. V. Tuaeva
ELITE COMPONENT OF REGIONAL POLITICAL PROCESSES IN EXPERT ESTIMATES 209

A. A. Vartumyan
SOCIO-POLITICAL STRUGGLE IN RUSSIA IN THE MIDDLE OF THE SEVENTEENTH CENTURY: THE VIEW OF AN ANALYST (Review of D. A. Lyapin's monograph “the Royal sword: social and political struggle in Russia in the middle of the 18th Century”) 213

S. A. Kubatko, I. M. Vilgonenko
THE THEORETICAL ASPECT OF THE PROTECTION OF CITIZENS FROM ILLEGAL ACTIONS OF COLLECTORS 215

POLITICAL SCIENCES

A. A. Lavrikova
THE THE PECULIARITIES OF THE ELECTORAL ARENA OF POLITICAL PARTICIPATION IN CONTEMPORARY RUSSIAN SOCIETY 220

M. M. Tkachev
ABOUT THE ESTIMATES OF THE RUSSIAN INTERFEIRENCE IN AMERICAN PRESIDENTIAL ELECTIONS 226

G. V. Kosov, A. E. Gapich, O. V. Minkina
PROTEST ACTIVITY AS A RESULT OF THE DEVALUATION OF CIVIL-POWER CONSENSUS (CASE OF THE STAVROPOL TERRITORY) 232

I. I. Bolotina
ETHNOPOLITICAL SYSTEM OF SOCIETY: TO THE DEFINITION OF THE CONCEPT 241

T. Yu. Galkina, E. S. Goundar
INFORMATION SAFETY AS A FACTOR OF NATIONAL SAFETY AND COMPETITIVE ABILITY OF THE STAT 247

A. Alim-Dz. Koychuev
TO THE STUDY OF RELIGIOUS EXTREMISM AND TERRORISM IN THE KARACHAY-CHERKESS REPUBLIC 254

L. A. Umanskaya
MODERN BULGARIAN POLICY: BASIC MANIFESTATIONS AND FEATURES 262

Y. An. Ponomarenko
FORMS OF PARTICIPATION OF THE SUBJECT OF THE FEDERATION ON ENSURING NATIONAL SECURITY 270

S. A. Zhasuzakov
NEW TRENDS IN HUMANITARIAN COOPERATION IN THE CONTEXT OF "GREATER EURASIA» 278

T. A. Shebzukhova, A. A. Vartumyan, I. S. Klimenko
FORMAL MODELS AS A TOOL IN POLITICAL RESEARCH 283

I. M. Vilgonenko, N. Yu. Belokopytova, I. V. Kosenko
POLICY OF APPLICATION OF THE LEGISLATION IN THE SPHERE OF RENDERING MEDICAL CARE FOR MINOR 292

DISCUSSION PAPERS

E. E. Gorokhov-Miroshnikov, G. V. Slyusarev
CONTROL TECHNOLOGY ENERGY DISCHARGE OF A DEFIBRILLATOR 297

A. A. Chakhirova, E. V. Kovtun, M. A. Ogai, E. F. Stepanova, N. L. Nam
STUDY THE POSSIBILITY OF USING OIL EXTRACTS OF ONION AND GARLIC TO CREATE THE INTRANASAL DOSAGE FORM 309

Requirements for preparation of manuscripts 316

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

О. Х. Шаяхметов [O. Kh. Shayakhmetov]
Ж. В. Игнатенко [Zh. V. Ignatenko]
А. В.Чернышов [A. V. Chernyshov]

УДК 004.724:004.728
DOI 10.33236/2307-910X-2019-2-26-12-27

АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ КЛИЕНТ-СЕРВЕРНОЙ МОДЕЛИ КОРПОРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

THE ANALYSIS OF THE PARAMETERS OF THE CLIENT-SERVER MODEL OF CORPORATE INFORMATION SYSTEM

Северо-Кавказский социальный институт, Ставрополь, Россия,
e-mail: oleg_military@inbox.ru

Аннотация. *В различных организациях используемые устройства (терминалы) самообслуживания напрямую зависят от качественного функционирования мультисервисной сети передачи данных. Вопросы грамотного расчета параметров трафика в мультисервисной сети передачи данных залог отсутствия возможных инцидентов в работе клиентского оборудования.*

Материалы и методы. *Конфигурация мультисервисной сети с мониторируемыми устройствами (терминалами) самообслуживания рассмотрена в разрезе системы массового обслуживания M/D/1. Приводятся математические выкладки определения интенсивности поступления ответов от устройств в мультисервисной сети для оценки возможных инцидентов.*

Результаты и обсуждения. *Получены количественные параметры производительности мультисервисной сети от различного количества устройств мониторинга. Обсуждается поведение коэффициента использования оборудования модели в различных ситуациях.*

Заключение. *Приведены основные положения математической модели мультисервисной сети передачи данных удаленного мониторинга и управления устройствами (терминалами) самообслуживания. Сделаны выводы о параметрах трафика влияющих на производительность мультисервисной сети и объеме памяти буфера очереди сообщений.*

Abstract. *In various organizations, the self-service devices (terminals) used directly depend on the quality functioning of the multiservice data transmission network. The issues of competent calculation of traffic parameters in a multiservice data network guarantee the absence of possible incidents in the operation of client equipment.*

Materials and methods. *The configuration of a multiservice network with monitored self-service devices (terminals) is considered in the context of the M / D / 1 queuing system. Mathematical calculations are given for determining the intensity of responses from devices in a multiservice network to assess possible incidents.*

Results and discussions. *The quantitative parameters of multiservice network performance from a different number of monitoring devices are obtained. The behavior of the utilization rate of model equipment in various situations is discussed.*

Conclusion. *The basic provisions of the mathematical model of a multiservice data transmission network of remote monitoring and control of self-service devices (terminals) are given. Conclusions are drawn about the traffic parameters affecting the performance of the multiservice network and the memory size of the message queue buffer.*

Введение. В кредитно-финансовых учреждениях, предприятиях сферы розничной торговли, нефте-газонаполнительных заправочных, перегонных станциях и других компаний всегда актуален вопрос управления рисками и оптимизацией работы сервисных служб. Решение этих вопросов напрямую связаны с имеющейся комплексной картиной функционирования мультисервисной сети передачи данных, так называемых, устройств (терминалов) самообслуживания.

Для повышения эффективности работы мультисервисной сети передачи данных удаленного мониторинга и управления устройств (терминалов) самообслуживания необходимо решить следующие задачи:

– сбор и обработка информации о функционировании и техническом состоянии устройств (терминалов) самообслуживания;

– дистанционное решение возникающих технических проблем функционирования клиентского оборудования устройств (терминалов) самообслуживания в связи со случившимся на данный момент инцидентом;

– централизованное обновление с сервера различного программного обеспечения клиентских устройств (терминалов) самообслуживания;

– оперативная выгрузка различных электронных журналов с устройств (терминалов) самообслуживания на сервер для оптимизации функционирования мультисервисной сети передачи данных и предотвращения повторения возникающих инцидентов в работе клиентского оборудования.

Материалы и методы. Управление устройствами (терминалами) самообслуживания подразумевает под собой оперативное и централизованное удаленное подключение с целью установки, обновления различного программного обеспечения. В случае атаки преступников на устройство самообслуживания терминал может быть экстренно отключен оператором сети. Также удаленно могут быть запущены другие сценарии: перезагрузка, запуск или остановка работы приложений и др.

В идеале, при возникновении неисправности оборудования Сервисная служба в режиме реального времени получает информацию в виде оповещения о возникших неисправностях в терминальной сети, удаленно подключается к необходимому устройству и извлекает его электронный журнал с информацией о функционировании в предшествующей неисправности период.

Рассмотрим математическую модель управления мультисервисной сети с устройствами (терминалами) самообслуживания.

Пусть в сети имеется M устройств с определенным множеством параметров учета: в каждом j-том устройстве имеется K блоков, представляющих собой дискретную величину с параметрами $П_{ij}$, где i=1…K (принадлежность параметра к i-тому блоку), j=1…M (принадлежность параметра к j-тому устройству). Модель функционирует при помощи запроса и ответа по маршруту мультисервисной сети от сервера к устройству и обратно. Алгоритм мониторинга заключается в следующем: сервер формирует запрос и в циклическом режиме опрашивает о состоянии каждое устройство в мультисервисной сети, при поступлении запроса от сервера устройство начинает процесс самодиагностики, которое проводится за определенное время, зависящее от формируемого параметра и быстродействия опрашиваемого устройства, после окончания самодиагностики сформированный показатель в виде ответа отправляется от устройства на сервер.

В циклическом опросе устройств суммарное время $t_ц$ для определенной конфигурации мультисервисной сети постоянно, а время опроса каждого прараметра в цикле j-того устройства зависит от числа параметров для проведения самодиагностики устройства, т.е. $t_ц / n_i$, где n_i – число параметров самодиагностики j-того устройства.

В рассматриваемой модели как с учетом взаимодействия сервера с одним j-тым устройством, так и со всеми M устройствами поступает случайный поток данных. Наиболее предпочтительным для математического описания такого гипотетического потока данных с реальной реализацией конкретной конфигурации мультисервисной сети с такими свойствами является стохастический поток Бернулли, для которого вероятность поступления в интервале Δtравно γ ответов с параметрами мониторинга [1]:

$$P_\gamma = \frac{1}{\gamma!}\frac{d^\gamma}{dz^\gamma}\prod_{j=1}^{M_n}\left[1+\left(z-1\right)F_j\left(\Delta t\right)\right] \quad (1)$$

где П – производная функция;

M_n – общее число контролируемых параметров в M устройствах мультисервисной сети.

Тогда вероятность поступления γ ответов на запросы отправленные за время t составит:

$$P_\gamma = C_{M_n}^{\gamma}\left(\frac{\Delta\tau}{\Delta t_ц}\right)^{\gamma}\cdot\left(1-\frac{\Delta\tau}{\Delta t_ц}\right)^{M_n-\gamma} \quad (2)$$

где $C_{M_n}^{\gamma}$ – число сочетаний количества поступивших ответов из общего числа параметров;

$\Delta\tau$ – период времени наблюдения за мультисервисной сетью;

$\Delta t_ц$ – длительность цикла опроса устройств в сети.

Тогда вычислим среднюю загрузку сервера мультисервисной сети за один цикл проведения самодиагностики устройств [1]:

$$Z = \sum_{j=1}^{M_n} j \cdot P_j\left(\Delta t_ц\right) = \sum_{j=1}^{M_n} j \cdot C_{M_n}^{j} \left(\frac{\Delta\tau}{\Delta t_ц}\right)^{\gamma} \cdot \left(1 - \frac{\Delta\tau}{\Delta t_ц}\right)^{M_n - \gamma} \quad (3)$$

Так как модель представляет собой систему массового обслуживания с очередью первого типа и все поступившие ответы необработанные сервером поступают на хранение в очередь, представляющую собой буфер (элемент памяти), то необходимо определить интенсивность поступления ответов от устройств в мультисервисной сети. Вычислив его мы сможем определить средний объем буфера для хранения ответов от устройств и среднее время обработки данных в системе массового обслуживания для конкретной конфигурации мультисервисной сети.

Следовательно, можно определить среднее время обработки параметров устройств мониторинга для конкретной конфигурации мультисервисной сети:

$$\frac{\Delta\tau}{\Delta t_ц} T = t_{обсл} \sum_{j=1}^{M_n} j \cdot C_{M_n}^{j} \left(\frac{\Delta\tau}{\Delta t_ц}\right)^{\gamma} \cdot \left(1 - \frac{\Delta\tau}{\Delta t_ц}\right)^{M_n - \gamma} \quad (4)$$

где $t_{обсл}$ – время необходимое на обработку ответа.

Результаты и обсуждения. Итак, зная параметры производительности мультисервисной сети определим время, затрачиваемое сервером на формирование общего отчета по результатам мониторинга всех устройств (рис. 1).

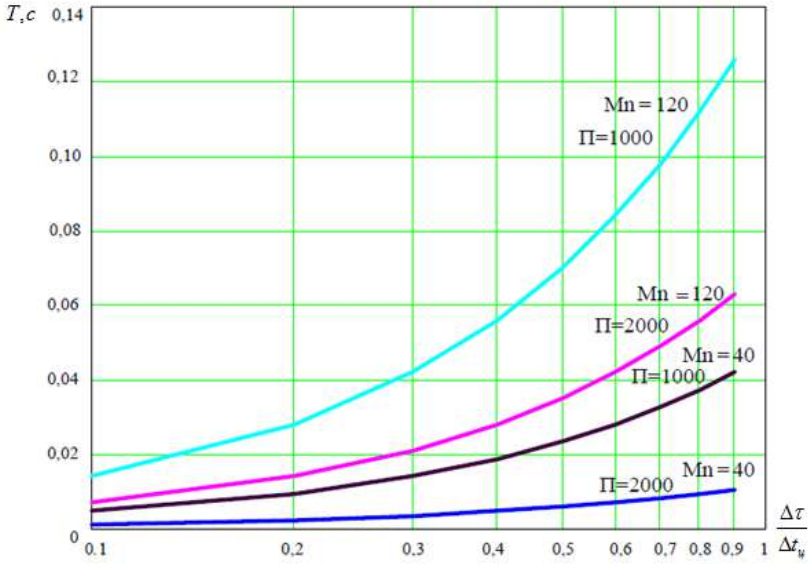


Рис. 1. Графики зависимости времени обработки от параметров устройств мониторинга

Из рисунка видно, что среднее время уменьшается с увеличением производительности системы мониторинга (при условии того, что пакеты данных поступают своевременно).

В представляемой системе мультисервисной сети рассматривается модель обработки очереди одним прибором обслуживания. В математической модели системы мониторинга длина пакета сообщения о самодиагностики от устройства является одинаковой, известной и строго регламентированной. Поэтому выберем для дальнейших расчетов то обстоятельство, что модель представляет собой систему массового обслуживания M/D/1 и для расчета объема памяти буфера рассмотрим частный случай теории очередей:

$$\bar{q} = \rho + \frac{\rho^2}{2(1-\rho)} \quad (5)$$

где $\bar{q}$ – число пакетов в системе, ожидающих своего обслуживания;

ρ – коэффициент использования оборудования модели (отношение интенсивности поступления пакетов к интенсивности их обработки прибором в модели).

Рассмотрим визуально зависимость среднего числа сообщений, ожидающих обработки от коэффициента использования оборудования модели. Учтем различное значение среднего числа поступающих сообщений в сети.

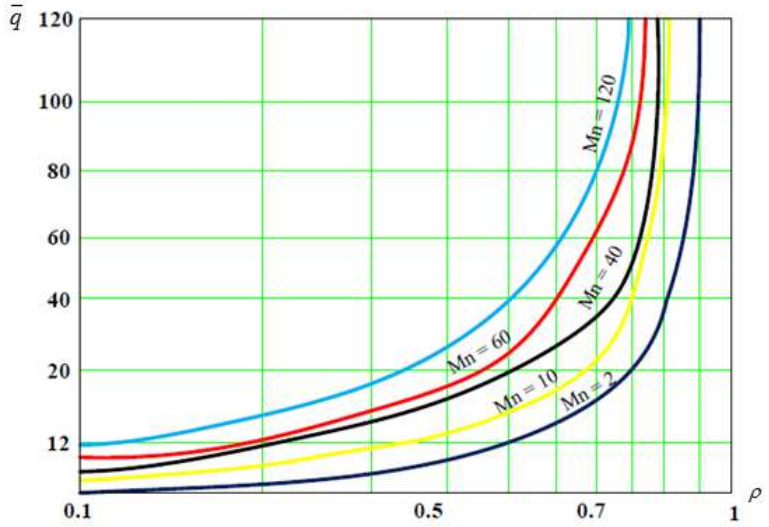


Рис. 2. Графики зависимости среднего числа сообщений в очереди от коэффициента использования оборудования

Определим производительность прибора обслуживания модели (сервера мультисервисной сети) учитывая положения теории очередей [3]:

$$\bar{t}_q = \bar{t}_s\left[1+\frac{\rho}{(1-\rho)}\right] \tag{6}$$

где $\bar{t}_s$ – среднее время обслуживания прибором одного пакета (сообщения).

Рассмотрим визуально зависимость среднего времени пребывания в очереди от коэффициента использования оборудования модели.

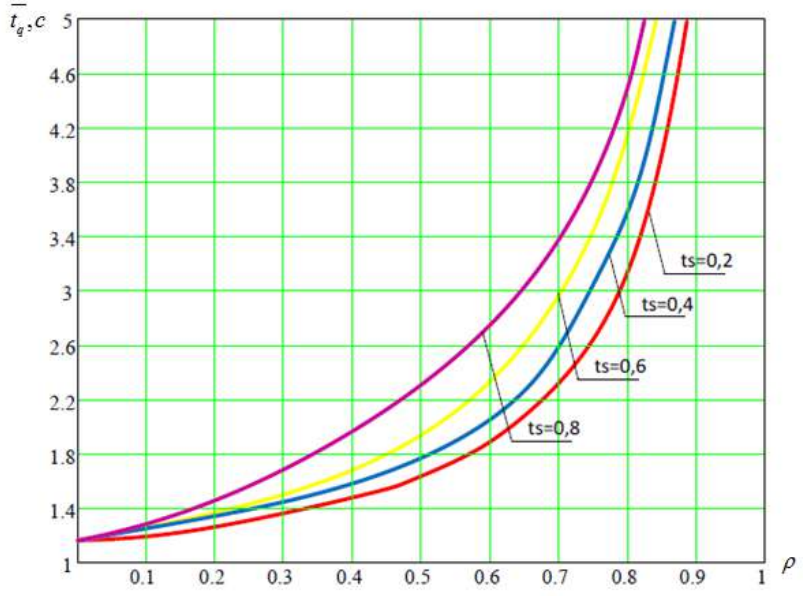


Рис. 3. Графики зависимости среднего времени пребывания сообщений в очереди от коэффициента использования оборудования

Далее определим количество обрабатываемых ответов от устройств за единицу времени или определим производительность системы для данной конфигурации мультисервисной сети:

$$П = \frac{\sum_{j=1}^{M_n} j \cdot C_{M_n}^{j} \left(\frac{\Delta\tau}{\Delta t_ц}\right)^{\gamma} \cdot \left(1 - \frac{\Delta\tau}{\Delta t_ц}\right)^{M_n - \gamma}}{\Delta t} \quad (7)$$

Проверим работоспособность нашей модели на реальном примере.

Рассмотрим мультисервисную сеть с десятью устройствами (n=10). В процессе мониторинга исследуем среднюю загрузку сети от коэффициента занятости прибора обработки (сервера) при различных параметрах самодиагностики.

В качестве цикла «запрос-ответ» рассмотрим следующие этапы работы системы:

- формирование запроса от сервера к устройству;
- самодиагностика устройства;
- формирование отчета с данными о параметрах;
- ответ от устройства серверу.

Рассмотрим визуально зависимость средней загрузки системы от коэффициента занятости.

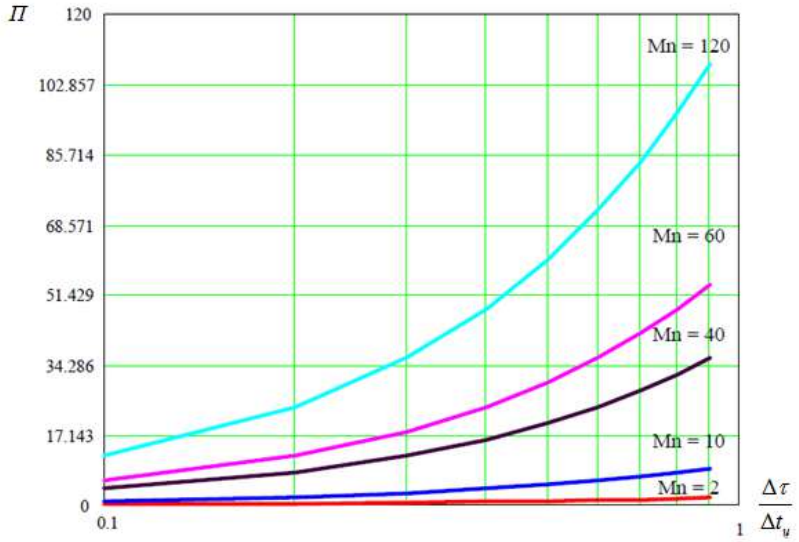


Рис. 4. Графики зависимости средней загрузки сервера мультисервисной сети от коэффициента занятости

Заключение. В качестве выводов можно утверждать, что в рассматриваемой системе при загрузке сети пакетами сообщений более 80 % резко возрастает размер очереди и времени обработки. Следовательно, при проектировании сети необходимо учесть тот факт, что в данной области (пределе работы от 70 до 80 % параметра производительности сервера) при незначительном увеличении трафика падает производительность всей мультисервисной сети и резко возрастает объем памяти буфера очереди.

ЛИТЕРАТУРА

1. Легков К. Е., Буренин А. Н. Модели процессов мониторинга при обеспечении оперативного контроля эксплуатации инфокоммуникационных систем специального назначения // Наукоемкие технологии в космических исследованиях Земли. 2012. №2. С. 4-7.

2. Ивкин В. Б., Иванов В. А., Корунов В. В. Математическая модель функционирования центра мониторинга // Информационные системы и технологии. 2008. № 4. С. 69-73.

3. Основы инфокоммуникационных технологий. Теория телетрафика: учебное пособие для студентов обучающихся по направлениям подготовки 11.03.02, 11.05.04, 11.04.02, изучающих дисциплины Теория построения инфокоммуникационных сетей и систем,Системы связи и системы коммутации / [Е. Д. Бычков и др.] Омск: ОмГТУ, 2017. 156 с.

4. Хинчин А. Я. Работы по математической теории массового. Обслуживания. 4-е изд. Либроком, 2010. 240 с.

5. Саати Т. Л. Элементы теории массового обслуживания и ее приложения. М.: URSS, 2010. 520 с.

6. Назаров А. А., Терпугов А. Ф. Теория массового обслуживания. Томск: Изд–во НТЛ, 2010. 228 с.

7. Khoroshevsky V. G., Pavsky V. A. Calculating the efficiency indices of distributed computer system functioning // Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing. 2008. V. 44. №2. P. 95-104.

8. Pavskii V. A., Pavskii K. V. Stochastic simulation and analysis of the operation of computing systems with structural redundancy // Optoelectronics, instrumentation and data processing, Allerton Press, Inc., 2014. Vol.50, No 4, pp. 363-369.

9. Вишневский В. М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей. М.: Техносфера, 2003. 512 с.

10. Клейнрок Л. Вычислительные системы с очередями / под ред. Б. С. Цыбакова. М.: Мир, 1979. 600 с.

REFERENCES

1. Legkov K. E., Burenin A. N. Modeli protsessov monitoringa pri obespechenii operativnogo kontrolya ehkspluatatsii infokommunikatsionnykh sistem spetsial′nogo naznacheniya // Naukoemkie tekhnologii v kosmicheskikh issledovaniyakh Zemli. 2012. №2. S. 4-7.

2. Ivkin V. B., Ivanov V. A., Korunov V. V. Matematicheskaya model′ funktsionirovaniya tsentra monitoringa // Informatsionnye sistemy i tekhnologii. 2008. № 4. S. 69-73.

3. Osnovy infokommunikatsionnykh tekhnologiy. Teoriya teletrafika: uchebnoe posobie dlya studentov obuchayushchikhsya po napravleniyam podgotovki 11.03.02, 11.05.04, 11.04.02, izuchayushchikh distsipliny Teoriya postroeniya infokommunikatsionnykh setey i sistem,Sistemy svyazi i sistemy kommutatsii / [E. D. Bychkov i dr.] Omsk: OmGTU, 2017. 156 s.

4. Khinchin A. Ya. Raboty po matematicheskoy teorii massovogo. Obsluzhivaniya. 4-e izd. Librokom, 2010. 240 s.

5. Saati T. L. Ehlementy teorii massovogo obsluzhivaniya i ee prilozheniya. M.: URSS, 2010. 520 s.

6. Nazarov A. A., Terpugov A. F. Teoriya massovogo obsluzhivaniya. Tomsk: Izd-vo NTL, 2010. 228 s.

7. Khoroshevsky V. G., Pavsky V. A. Calculating the efficiency indices of distributed computer system functioning // Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing. 2008. V. 44. №2. P. 95-104.

8. Pavskii V. A., Pavskii K. V. Stochastic simulation and analysis of the operation of computing systems with structural redundancy // Optoelectronics, instrumentation and data processing, Allerton Press, Inc., 2014. Vol.50, No 4, pp. 363-369.

9. Vishnevskiy V. M. Teoreticheskie osnovy proektirovaniya komp′yuternykh setey. M.: Tekhnosfera, 2003. 512 s.

10. Kleynrok L. Vychislitel′nye sistemy s ocheredyami: pod red. B.S. Tsybakova. M.: Mir, 1979. 600 s.

ОБ АВТОРАХ

Шаяхметов Олег Хазиакрамович, к.т.н., доцент, доцент кафедры прикладной информатики и математики Северо-Кавказского социального института, г. Ставрополь, ул. Голенева, 59А, т. +79624490134, e-mail: oleg_military@inbox.ru

Shayakhmetov Oleg Khaziakramovich, PhD, Associate Professor, Associate Professor of applied Informatics and mathematics of the North Caucasus Social Institute, Stavropol, ul. Goleneva, 59A, t. +79624490134, e-mail: oleg_military@inbox.ru

Игнатенко Жанна Викторовна, к.п.н., доцент, декан факультета информационных систем и технологий Северо-Кавказского социального института, г. Ставрополь, ул. Голенева, 59А, т. +79054112450

Ignatenko Zhanna Viktorovna, Ph. D., Associate Professor, Dean of the faculty of information systems and technologies of the North Caucasus Social Institute, Stavropol, ul. Goleneva, 59A, t. +79054112450

Чернышов Александр Владимирович, к.т.н., доцент, доцент кафедры информационных систем и сервиса Северо-Кавказского социального института, г. Ставрополь, ул. Голенева, 59А, т.+79197305560

Chernyshov Alexander Vladimirovich, Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of information systems and service of the North Caucasus Social Institute, Stavropol, ul. Goleneva, 59A, t.+79197305560

Дата поступления в редакцию: 10 марта 2019 г.
После доработки: 18 авпреля 2019 г.
Дата принятия к публикации: 19 мая 2019 г.

А. М. Лященко [A. M. Lyashchenko]
В. Г. Рубан [V. G. Ruban]
С. А. Хачкинаян [S. A. Hachkinayan]

УДК 004.89
DOI 10.33236/2307-910X-2019-2-26-18-23

ГИБРИДНАЯ СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РЕСУРСА БАНДАЖЕЙ КОЛЕС ЛОКОМОТИВОВ

HYBRID RESOURCE FORECASTING SYSTEM FOR BANDAGE OF LOCOMOTIVE WHEELS

ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения»,
Ростов-на-Дону, e-mail: ruban-vg@yandex.ru

Аннотация. *Цифровые технологии проникли во все отрасли и направления науки.*

Рассмотрены вопросы организации системы поддержки принятия решений при управлении содержанием железнодорожных колес.

Материалы и методы, результаты и обсуждения. *Увеличение пробега локомотива между обточками является актуальной задачей определяющей снижение затрат на ремонт и повышающей ресурс бандажей колес. Для решения этой задачи применяются рациональные профили колес, методы лубрикации гребней колес и ряд других технических решений, а также организация управления профилями колес. Исследования на математических моделях позволяют определить влияние различных факторов на интенсивность износа при различных профилях колес, для различных участков эксплуатации. Рассматривается проблема обработки данных состояния колес как временного ряда с целью прогнозирования ресурса бандажей колес локомотива. Предлагается использование гибридных нейросетевых алгоритмов и базы данных о состоянии колес в эксплуатации.*

Заключение. *Использование перспективных автоматических систем измерения состояния и профиля колес является основой для построения системы поддержки принятия решений при эксплуатации и обслуживании бандажей колес локомотивов.*

Интеллектуальная обработка данных мониторинга может быть организована в существующей многоуровневой информационной системе при дополнении электронного паспорта локомотива блоком состояния колесных пар.

Ключевые слова: профиль колеса, ресурс бандажей колес, моделирование, принятие решений, гибридная нейронная сеть.

Abstract. *Digital technologies have penetrated into all branches and directions of science.*

The issues of organization of decision support system in the management of the content of railway wheels are considered.

Materials and methods, results and discussions. *Increasing the mileage of the locomotive between the turns is an urgent task that determines the reduction of repair costs and increases the resource of the wheel bands. To solve this problem, rational wheel profiles, methods of lubrication of wheel ridges and a number of other technical solutions are used, as well as the organization of wheel profiles management. Researches on mathematical models allow to define influence of various factors on intensity of wear at various profiles of wheels, for various sites of operation. The problem of wheel condition data processing as a time series in order to predict the resource of locomotive wheel bandages is considered. The use of hybrid neural network algorithms and a database on the state of the wheels in operation is proposed.*

Conclusion. *The use of advanced automatic systems for measuring the condition and profile of wheels is the basis for building a decision support system for the operation and maintenance of locomotive wheel bands.*

Intelligent processing of monitoring data can be organized in the existing multi-level information system in addition to the electronic passport of the locomotive wheelset status unit.

Key words: wheel profile, resource of wheel bandages, modeling, decision making, hybrid neural network.

Введение. Цифровизация экономики дает мощный импульс развитию систем накопления информации и методов ее обработки в интересах различных отраслей и компаний. Это позволяет использовать универсальные, апробированные алгоритмы сетевых систем, получить новое качество – системы поддержки принятия решений. Такой подход необходим при планировании ремонта по текущему состоянию конструкций, работающих в сложных изменяющихся условиях. К таким конструкциям относятся железнодорожные локомотивы и их колесные пары.

Колесные пары во многом определяют безотказный межремонтный пробег локомотивов. Во время плановых технических осмотров (ТО) выявляют неисправности колесных пар, проводят замеры основных геометрических параметров профилей колес и контролируют предельные размеры. К ним относятся: толщина бандажа, высота гребня бандажа или прокат по кругу катания, толщина гребня, крутизна гребня. Для этих параметров установлены предельные значения, которые определяют необходимость обточки.

Увеличение пробега локомотива между обточками является актуальной задачей определяющей снижение затрат на ремонт и повышающей ресурс бандажей колес. Для решения этой задачи применяются рациональные профили колес, методы лубрикации гребней колес и ряд других технических решений, а также организация управления профилями колес [1, 2]. Управление профилем в эксплуатации включает вопросы поддержания базы данных по замерам геометрии и состояния колес, прогнозирования износа и принятие решений по обточке колес. Технологический износ или потеря металла при восстановлении профиля колес во многом зависит от развития эксплуатационного износа. Повысить эффективность мероприятий по увеличению ресурса бандажей колес можно на основе применения профиля, максимально приспособленного для конкретного депо, при постоянном мониторинге его эффективности.

Требования к системе прогнозирования. Исследования на математических моделях позволяют определить влияние различных факторов на интенсивность износа при различных профилях колес, для различных участков эксплуатации [3].

Изменение внешних воздействий в значительной мере влияют на условия взаимодействия колеса и рельса. Большое количество случайных факторов, действующих на различных участках эксплуатации, в значительной мере размывают результаты моделирования, снижают эффективность рекомендаций.

Существуют рекомендации по оценке эксплуатационного и технологического износа, и прогнозированию ресурса колес [4]. Показано, что значения контролируемых параметров являются случайными, и для получения достоверных результатов выборки исходных данных должны быть достаточно представительными. Как следствие, в настоящее время используются приближенные оценки, основанные на линейных статистических моделях. Представляется актуальным развитие автоматизированных систем измерения увеличивающих точность и частоту получения данных. Это приводит к необходимости разработки новых подходов и методов обработки информации о состоянии объекта.

Взаимодействие колес и рельсов следует рассматривать как нелинейную трибодинамическую систему, работающую под воздействием изменяющихся во времени внешних факторов. В данной системе существуют как «быстрые» процессы, связанные с динамикой взаимодействия, так и «медленные», определяемые износом колес и рельсов, изменением внешних факторов и накоплением изменений в системе.

Точное описание и прогнозирование влияния «быстрых» процессов ограничено большой размерностью дискретной динамической системы и многообразием взаимосвязанных факторов, влияющих на состояние подсистемы «колесо – рельс» и эволюцию профиля колеса. Построение системы поддержки принятия решений должно основываться на следующих показателях [5]:

– обеспечение устойчивости движения в прямых участках;

– минимизация сил динамического взаимодействия гребня колеса и рельса в прямых и кривых участках пути;

– минимизация скольжения колес в кривых участках;

– сохранение конфигурации профиля колеса в течение достаточно длительной эксплуатации.

Управление профилями колес на конкретном полигоне эксплуатации представляет собой получение рекомендаций для поддержания заданного профиля колес и технологии восстановления профиля в процессе обточек.

Различное начальное состояние колес локомотива и различные условия их взаимодействия с рельсами приводят к необходимости рассмотрения поведения объекта как динамической слабоформализированной си-

стемы и выработки диагностических признаков для построения решающих правил [6, 7]. В классической постановке процесс изнашивания имеет нелинейную зависимость от времени с выраженными периодами: а) приработка, б) умеренный износ, в) увеличение усталостного износа и накопление повреждений. Задача определения остаточного ресурса колеса сводится к распознаванию условий изнашивания и прогнозированию интенсивности износа отдельных участков профиля колеса.

В разрабатываемой подсистеме анализ эволюции профиля колес проводится на основе регулярных измерений колес, получаемых автоматическими средствами измерения. Полученные замеры координат профиля для i-го замера подвергаются предварительной обработке для снижения ошибок измерений и построение аппроксимирующих функций. Для улучшения вычислительных алгоритмов рационально использовать сглаженные сплайн-функции, описывающих профиль колеса [8].

Замеры и показатели состояния колеса образуют вектор данных M_i для i-го замера. Данные для каждой колесной пары имеют привязку к локомотиву и соотносятся с базой данных показателей его работы и времени постановки на обточку и ремонт. Данные дополняются длительностью работы, пробегом локомотива, выявленными неисправностями.

Набор данных $[M_0, M_1, \dots, M_i]$ образуют временной ряд, в результате обработки которого определяются показатели, предназначенные для использования в системе управления и принятия решений с целью снижение износа и продления срока службы бандажей колесных пар.

Экспертные оценки, основанные на определении весовых коэффициентов событий [9], требуют дополнительные данные и предполагают повторяемость ситуаций [10]. В качестве эффективного подхода к анализу и прогнозированию нелинейных систем используются нечеткие множества и искусственные нейронные сети (ИНС), дающие общий подход к решению многих нестандартных задач. Для обучения ИНС и масштабирования влияния динамических процессов при эксплуатации локомотива на различных участках применимы дискретные математические модели. Это позволяет выявить колеса с наибольшей интенсивностью износа и формоизменения, влияющие на пробег локомотива до обточки или замены колесных пар.

Структура системы поддержки принятия решений. В предлагаемой системе принят самообучающий алгоритм [11, 12], что позволяет создать систему прогнозирования ресурса и выработать решающие правила для формирования профиля колеса при обточке.

Система гибридных моделей прогнозирования состоит из комплекса регрессионных моделей и совокупности интеллектуальных моделей, в том числе ИНС, деревьев решений и др. Регрессионные модели включают системы регрессионных уравнений, описывающих поведение прогнозных показателей.

Предварительный прогноз износа рассчитывается с использованием детерминированных моделей, описывающих динамику взаимодействия в характерных участках пути, с использованием аппроксимированного профиля колеса, построенного по замеренным точкам профиля колеса.

Коррекция осуществляется на основе анализа временного ряда предыдущих замеров, описывающих изменение интенсивности износа различных участков колеса. Это позволяет рассматривать данные автоматизированной системы мониторинга колес локомотивов как основу для построения современной системы анализа состояния и прогнозирования ресурса колес, включая систему поддержки принятия решений (СППР).

В основе работы алгоритма ИНС заложены принципы обучения системы. ИНС относятся к классу аппроксиматоров и «черных ящиков», аппроксимирующих некоторые заданные функции. Процесс аппроксимации заключается в подборе весовых коэффициентов при обучении ИНС. В качестве дополнительной информации используются результаты дискретных моделей.

Выходные переменные системы содержат показатели работы, влияющие на принятие управляющих решений:

– удельные показатели выполненной работы;
– прогноз работы каждого колеса;
– прогноз пробега локомотива до ближайшей обточки;
– рекомендации по обточке (полная или частичная);
– задание на изменение конфигурации профиля (тип профиля, условия и режим обточки);
– показатели ресурса колеса;
– экономические показатели депо.

Встраивание СППР в технологию прогнозирования ресурса колесных пар и управление профилем колес показано на рис. 1.

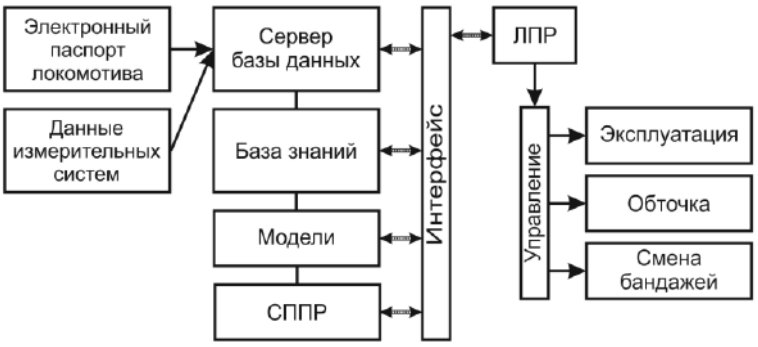


Рис. 1. Структурно-логическая схема интеллектуальной поддержки принятия решений в управлении содержанием колес

Обязательным и первоочередным этапом создания универсального интеллектуального комплекса для решения задач автоматизации диагностирования и управления профилем бандажа является разработка и внедрение в электронный паспорт локомотива блока показателей состояния колесных пар.

В хранимой базе данных необходимо предусмотреть формирование состава и перечня:

– унифицированных типов объектов (типов профилей);

– состояний каждого объекта;

– унифицированных диагностических ситуаций (прокат, подрез, ползун и ряд других);

– унифицированных параметров измерений;

– условно-графических изображений контролируемых и диагностируемых объектов.

Система ППР направлена на снижение трудоемкости анализа состояния объекта управления и повышение эффективности работы лица принимающего решения (ЛПР). В проектируемой системе постоянно должен происходить информационный обмен между уровнями, предъявляться единые требования к протоколам обмена данными, что однозначно гарантирует понимание терминов, используемых в проектах, разделах «Техническое обеспечение» и «Информационное обеспечение», состав и содержание базы данных (БД).

В процессе обмена в каждый момент времени объект характеризуется состоянием, набором диагностических ситуаций и набором значений параметров, при этом каждый диагностируемый объект (бандаж) относится к некоторому унифицированному типу схожему по функциональному назначению.

Решение задачи универсальности комплекса для решения задач автоматизации диагностирования и управления профилем бандажа предполагает достижение его интеллектуальных возможностей во всех трех режимах использования. Концепция достижения интеллектуальной поддержки принятия решений основывается на создании базы знаний (БЗ) в ее классическом понимании [13], взаимодействующей с БД.

Дополнение структуры комплекса сервером базы знаний (БЗ) предусматривает использование правил-продукций для интеллектуальной поддержки режимов функционирования:

– автоматизации диагностирования с передачей информации об обмере с последующей ее обработкой;

– информатизации технологических процессов с автоматической идентификацией нештатных ситуаций и прогнозирование брака;

– управления технологическим процессом – принятия решений по выбору вариантов с соответствующими параметрами при передаче подвижного состава: эксплуатация, обточка, смена бандажей.

Заключение. Установлена необходимость разработки системы мониторинга состояния колесных пар и замера профиля колес.

Использование перспективных автоматических систем измерения состояния и профиля колес является основой для построения системы поддержки принятия решений при эксплуатации и обслуживании бандажей колес локомотивов.

Интеллектуальная обработка данных мониторинга может быть организована в существующей многоуровневой информационной системе при дополнении электронного паспорта локомотива блоком состояния колесных пар.

Система поддержки принятия решений с целью прогнозирования ресурса бандажей колес разрабатывается с использованием гибридных искусственных нейронных сетей и адаптивных алгоритмов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Обобщение передового опыта тяжеловесного движения: вопросы взаимодействия колеса и рельса: Перевод с англ. / У. Харрис, С. М. Захаров и др. М.: Интекст, 2002. 408 с.

2. Богданов В. М., Жаров И. А., Захаров С. М. Решение проблем управления профилями колес и рельсов // Трение и смазка в машинах и механизмах. 2007. № 2. С. 42-48.

3. Захаров С. М., Ромен Ю. С. Математическое моделирование влияния параметров пути и подвижного состава на процессы изнашивания колеса и рельса // Вестник ВНИИЖТ. 2010. № 2. С. 26–30.

4. Буйносов А. П. Методы повышения ресурса колесных пар тягового подвижного состава. М.: УМЦ ЖДТ, 2010. 224 с.

5. Рубан В. Г., Матва А. М. Построение конформных профилей электровозного колеса и рельса // Научно-технический вестник Поволжья. 2014. № 6. С. 314–317.

6. Цуриков А. Н., Гуда А. Н., Карсян А. Ж. Теоретические основы интеллектуализации решения задач классификации в слабоформализуемых предметных областях // Научно-технический вестник Поволжья. 2016. № 1. С. 90-93.

7. Lyashchenko A., Ruban V., Lyashchenko Z. The Hybrid Model of the Weakly Formalized Dynamic Process Based on the Fuzzy Production System // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2018. V. 679. P. 276-285.

8. Рубан В. Г., Матва А. М. Методы аппроксимации профиля колеса // Транспорт: наука, образование, производство. РГУПС, 2017. С.241-244.

9. Саати Т. Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. М.: Издательство ЛКИ, 2008. 360 с.

10. Рубан В. Г., Матва А. М. Вопросы принятия решений при управлении состоянием профилей колес подвижного состава // Транспорт: наука, образование, производство труды международной научно-практической конференции. РГУПС. Ростов-на-Дону, 2016. С. 138-141.

11. Ярушев С. А., Федотова А. В. Разработка гибридной модели прогнозирования временных характеристик на основе нечетких когнитивных карт и нейро-нечетких сетей в управлении жизненным циклом изделия // Программные продукты, системы и алгоритмы. 2018. № 3. С. 47–55.

12. Афанасьева Т. В. Моделирование нечетких тенденций временных рядов. Ульяновск: УлГТУ, 2013. 215 с.

13. Гаврилова Т. А., Хорошевский В. Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб.: Питер, 2000. 384 с.

REFERENCES

1. Obobshchenie peredovogo opyta tyazhelovesnogo dvizheniya: voprosy vzaimodeystviya kolesa i rel′sa: Perevod s angl. / U. Kharris, S. M. Zakharov i dr. M.: Intekst, 2002. 408 s.

2. Bogdanov V. M., Zharov I. A., Zakharov S.M. Reshenie problem upravleniya profilyami koles i rel′sov // Trenie i smazka v mashinakh i mekhanizmakh. 2007. № 2. S. 42-48.

3. Zakharov S. M., Romen Yu. S. Matematicheskoe modelirovanie vliyaniya parametrov puti i podvizhnogo sostava na protsessy iznashivaniya kolesa i rel′sa // Vestnik VNIIZHT. 2010. № 2. S. 26-30.

4. Buynosov A. P. Metody povysheniya resursa kolesnykh par tyagovogo podvizhnogo sostava. M.: UMTS ZHDT, 2010. 224 c.

5. Ruban V. G., Matva A. M. Postroenie konformnykh profiley ehlektrovoznogo kolesa i rel′sa // Nauchno-tekhnicheskiy vestnik Povolzh′ya. 2014. № 6. S. 314-317.

6. Tsurikov A. N., Guda A. N., Karsyan A. Zh. Teoreticheskie osnovy intellektualizatsii resheniya zadach klassifikatsii v slaboformalizuemykh predmetnykh oblastyakh // Nauchno-tekhnicheskiy vestnik Povolzh′ya. 2016. № 1. S. 90-93.

7. Lyashchenko A., Ruban V., Lyashchenko Z. The Hybrid Model of the Weakly Formalized Dynamic Process Based on the Fuzzy Production System // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2018. V. 679. P. 276-285.

8. Ruban V. G., Matva A. M. Metody approksimatsii profilya kolesa // Transport: nauka, obrazovanie, proizvodstvo. RGUPS, 2017. S. 241-244.

9. Saati T. L. Prinyatie resheniy pri zavisimostyakh i obratnykh svyazyakh: Analiticheskie seti. M.: Izdatel′stvo LKI, 2008. 360 s.

10. Ruban V. G., Matva A. M. Voprosy prinyatiya resheniy pri upravlenii sostoyaniem profiley koles podvizhnogo sostava // Transport: nauka, obrazovanie, proizvodstvo trudy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. RGUPS. Rostov-na-Donu, 2016. S. 138-141.

11. Yarushev S. A., Fedotova A. V. Razrabotka gibridnoy modeli prognozirovaniya vremennykh kharakteristik na osnove nechetkikh kognitivnykh kart i neyro-nechetkikh setey v upravlenii zhiznennym tsiklom izdeliya // Programmnye produkty, sistemy i algoritmy. 2018. № 3. S. 47-55.

12. Afanas′eva T. V. Modelirovanie nechetkikh tendentsiy vremennykh ryadov. Ul′yanovsk: UlGTU, 2013. 215 S.

13. Gavrilova T. A., Khoroshevskiy V. F. Bazy znaniy intellektual′nykh sistem. SPb.: Piter, 2000. 384 s.

ОБ АВТОРАХ

Лященко Алексей Михайлович, к.т.н. доцент, доцент, ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения», e-mail: lam75@mail.ru, +7-928-186-06-66
Lyashchenko Aleksey Mikhaylovich, Ph.D., Assistant Professor, Rostov State Transport University, e-mail: lam75@mail.ru, +7-928-186-06-66

Рубан Владимир Григорьевич, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения», e-mail: ruban-vg@yandex.ru, +7-918-516-54-32
Ruban Vladimir Grigoryevich, Ph.D., Assistant Professor, Rostov State Transport University, e-mail: ruban-vg@yandex.ru, +7-918-516-54-32

Хачкинаян Степан Аликович, старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения», e-mail: hsa500@yandex.ru, +7-928-156-17-22
Hachkinayan Stepan Alikovich, Senior Lecturer, Rostov State Transport University, e-mail: hsa500@yandex.ru, +7-928-156-17-22

Дата поступления в редакцию: 10 апреля 2019 г.
После доработки: 21 мая 2019 г.
Дата принятия к публикации: 1 июня 2019 г.

Н. Ю. Братченко [N. Yu. Bratchenko]
В. П. Мочалов [V. P. Mochalov]
С. В. Яковлев [S. V. Yakovlev]

УДК 621-395.4
DOI 10.33236/2307-910X-2019-2-26-24-34

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ ЗАКАЗОВ ОПЕРАТОРА СВЯЗИ НА ОСНОВЕ СЕТИ ПЕТРИ

SIMULATOR MODEL OF ORDER SERVICE SYSTEM OF THE COMMUNICATION OPERATOR BASED ON THE PETRI NET

Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия,
e-mail: oleg_military@inbox.ru

Аннотация. *Существующие централизованные системы эксплуатационного управления телекоммуникациями не в полной мере соответствуют требованиям, предъявляемым к сетям нового поколения из-за ограничений, связанных с формированием новых услуг связи, гибкости и удобства их модернизации.*

Материалы и методы. *Модификация существующих и развертывание новых услуг, с учетом использования огромного количества разнообразного сетевого оборудования, в том числе нетрадиционного, предполагает выполнение работ по перераспределению элементов самой системы управления, каждого сетевого узла, требует тесной координации ресурсов оператора. Обоснованные решения данных задач предлагается получать путем формального описания процессов обслуживания вызовов сетями Петри, проведения имитационного моделирования с использованием платформы CPN Tools.*

Результаты. *В представленной работе показано, что реализация новых технологий управления сетями связи может быть осуществлена путем совершенствования функциональной структуры ее системы обслуживания. Обоснованные решения при этом можно получить за счет формального описания процессов обслуживания запросов и проведение их моделирования. Подробные статистические исследования системы обслуживания заказов могут быть проведены с использованием платформы моделирования сетей Петри CPN Tools, обеспечивающей исследование показателей качества системы путем имитации динамики функционирования СП.*

Заключение. *При помощи языка CPN ML можно создавать собственные функции для более точного описания поведения моделей. Сочетание графического представления СП и системы программирования CPN ML обеспечивает проведение исследования динамики модели, получения основных показателей качества обработки запросов на обслуживание: математического ожидания, моментов времени обслуживания, наиболее вероятного числа одновременно обслуживаемых запросов, а также их распределений.*

Ключевые слова: услуги связи, имитационное моделирование, сети Петри, модели предоставления услуг, примеры реализации услуг, платформа CPN Tools.

Abstract. *The existing centralized systems for operational management of telecommunications do not fully comply with the requirements for new generation networks due to the limitations associated with the formation of new communication services, the flexibility and convenience of their modernization.*

Materials and methods. *Modification of existing and deployment of new services, taking into account the use of a huge number of diverse network equipment, including non-traditional, involves the work on the redistribution of elements of the control system itself, each network node, requires close coordination of operator resources. It is proposed to obtain justified solutions to these problems by formally describing the processes of servicing calls by Petri nets, conducting simulation using the CPN Tools platform.*

Results. *In the presented work, it is shown that the implementation of new communication network management technologies can be carried out by improving the functional structure of its service system. In this case, justified solutions can be obtained through a formal description of the processes for servicing requests and conducting their modeling. Detailed statistical studies of the order service system can be carried out using the Petri nets modeling platform CPN Tools, which provides the study of system quality indicators by simulating the dynamics of the functioning of the joint venture.*

Conclusion. *Using CPN ML, you can create your own functions to more accurately describe the behavior of models. The combination of the graphical representation of the joint venture and the CPN ML programming system provides a study of the dynamics of the model, obtaining the main indicators of the quality of processing service requests: mathematical expectation, service time points, the most probable number of simultaneously serviced requests, and their distributions.*

Key words: communication services, simulation modeling, Petri nets, service delivery models, service implementation examples, CPN Tools platforms.

Введение. Применяемые сегодня централизованные системы обслуживания заказов оператора связи могут реализовать стандартные функции управления: сетью (Network Management, Inventory), планированием сети (Planning, Provisioning, Network Performance), мониторингом производительности сети (Fault Management), качеством обслуживания сети (Service Quality/Performance), IP-трафиком, услугами, доступом, идентификацией пользователей, материально-техническим снабжением (Inventory/Resource Management),управлением запасами (Order Management), управлением учетом (Accounting Management), управлением уровнем обслуживания (Service Level Agreement Management) [1, 2]. Однако, сложность конфигурации и интеграции с фрагментами сетей связи является сдерживающим фактором их применения многими операторами связи.

Предлагаемые вендорами решения дороги и далеко не в полной мере отражают потребности заказчиков. Решения интеграторов систем чаще всего принимаются по отдельности, а не в контексте общей картины управления бизнесом предприятия связи. Такие системы управления чаще всего локализованы, ориентированы на одного производителя, не обеспечивают поддержку всего многообразия оборудования предприятия связи. Оператору необходимо постоянно приближать их к реализуемым бизнес-процессам, адаптировать под свое оборудование, настраивать под свои задачи, осуществлять гибкую перестройку управляющих воздействий при изменении структуры решаемых задач [2,5]. Данные недостатки не позволяют эффективно создавать и реализовывать новые виды услуг в короткие сроки, повышать качество уже существующих услуг, сокращать операционные издержки, предотвращать сбои сети и отказы в предоставлении услуг, снижают востребованность их потребителями.

Модификация существующих и развертывание новых услуг, с учетом использования огромного количества разнообразного сетевого оборудования, в том числе нетрадиционного, предполагает выполнение работ по перераспределению элементов самой системы управления, каждого сетевого узла, требует тесной координации ресурсов оператора. Трансформация систем управления повсеместно признается необходимой [3, 4, 5], однако сложность проблемы является сдерживающим фактором ее решения. Совершенствование технологий управления и сокращение операционных издержек на создание новых услуг связи, может осуществляться путем наращивания дорогостоящего парка сетевого и канального оборудования.

Очевидно, что более целесообразным методом решения проблемы будет являться устранение избыточности функциональной структуры системы, ее оптимизация, снижение системных затрат, обеспечивающих улучшение сервиса, связанного с качеством удовлетворения потребителя и повышение клиентоориентированности предприятия. Обоснованные решения при этом можно получить за счет формального описания процессов формирования услуг, определение их показателей качества путем моделирования.

Разработка имитационной модели системы обслуживания заказов

Формальная процедура обслуживание вызовов оператора связи (ITU-T, Recommendation Q1200), представлена на рис. 1 в виде соответствующей модели и содержит базовые функциональные элементы создания и реализации логики услуг.

Обеспечивающие данную процедуру модели приведены на рис. 2, 3 (ITU-T, Recommendation Q1400) [6, 7].

Процесс создания новой услуги (новые программные средства) реализуется путем объединения отдельных фрагментов записей базы данных системы обслуживания в различные комбинации. При этом, для реализации процесса выполнения логики новой услуги необходимо определить только соответствующие триггерные точки базы данных, изменений программного обеспечения при этом не призводится [8, 9].

Используя данные формальные модели базовых процессов обслуживания вызовов (ПОВ), логику создания и реализации услуг можно описать временными сетями Петри, представленными на рисунках 4, 5. Соответствующие операции базовых ПОВ приведены в табл. 1.

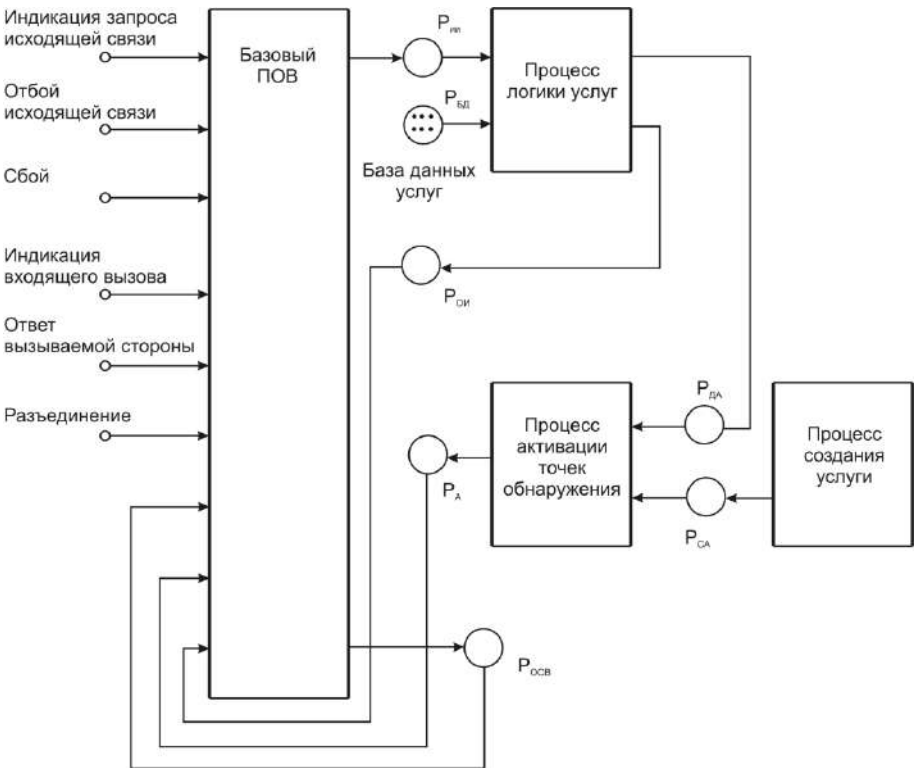


Рис. 1. Система управления телекоммуникациями

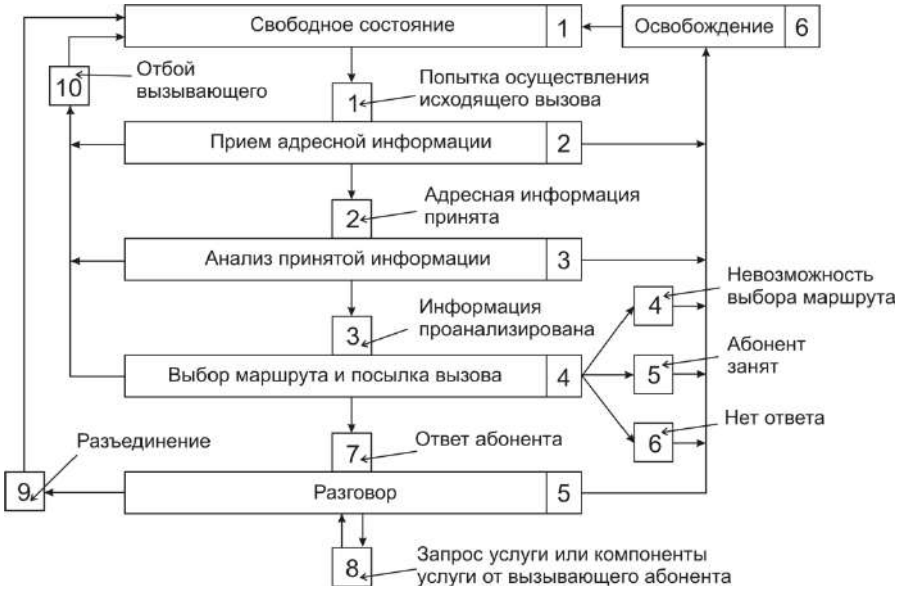


Рис. 2. Платформа управлению сетью

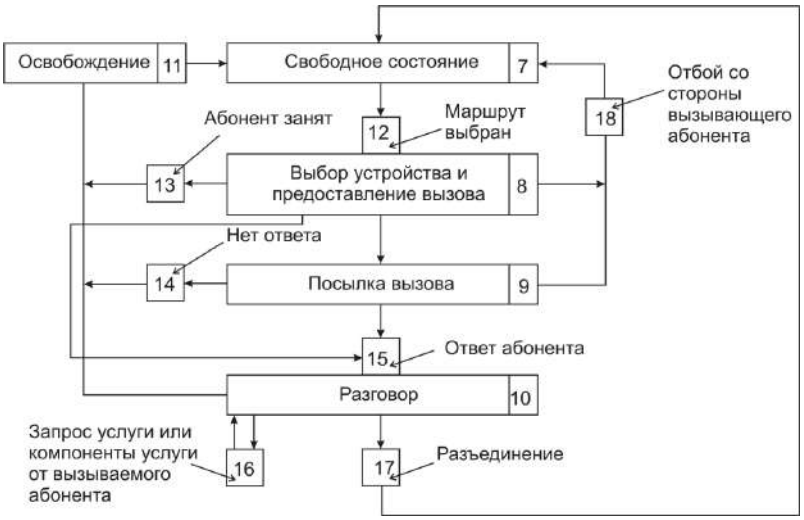


Рис. 3. Схема алгоритма обмена

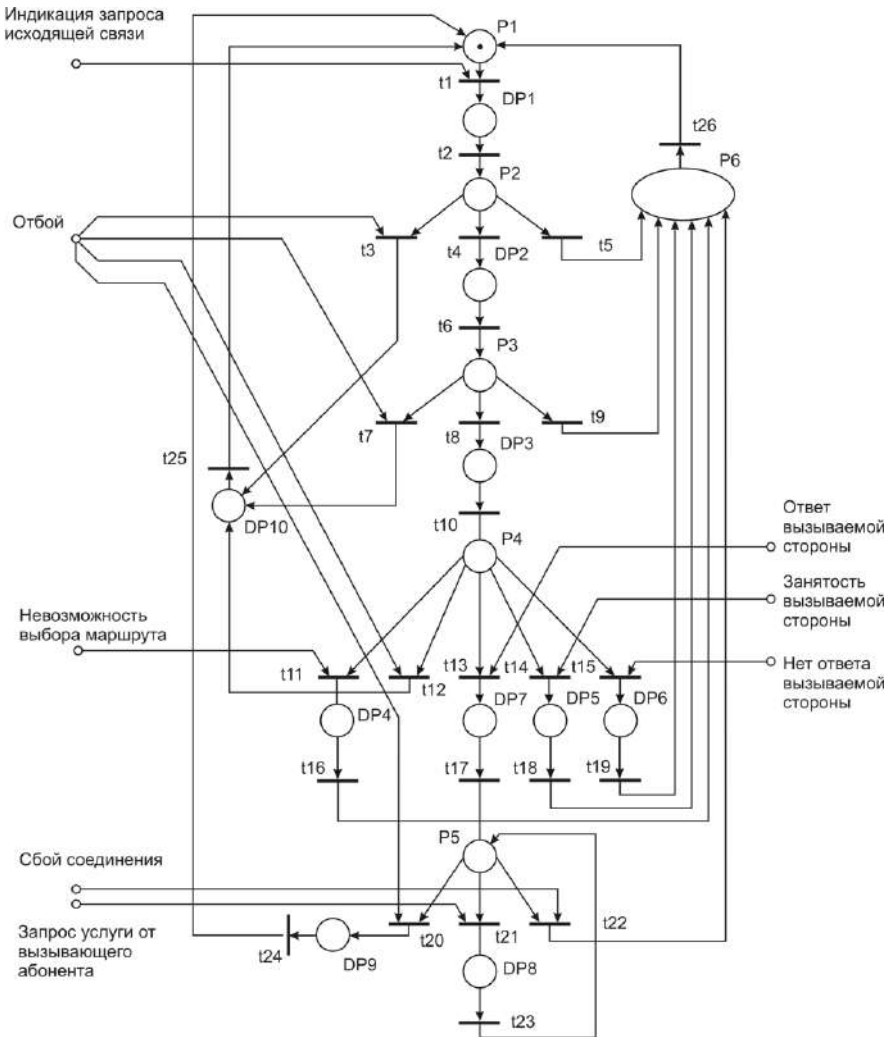


Рис. 4. Схемы обмена данными

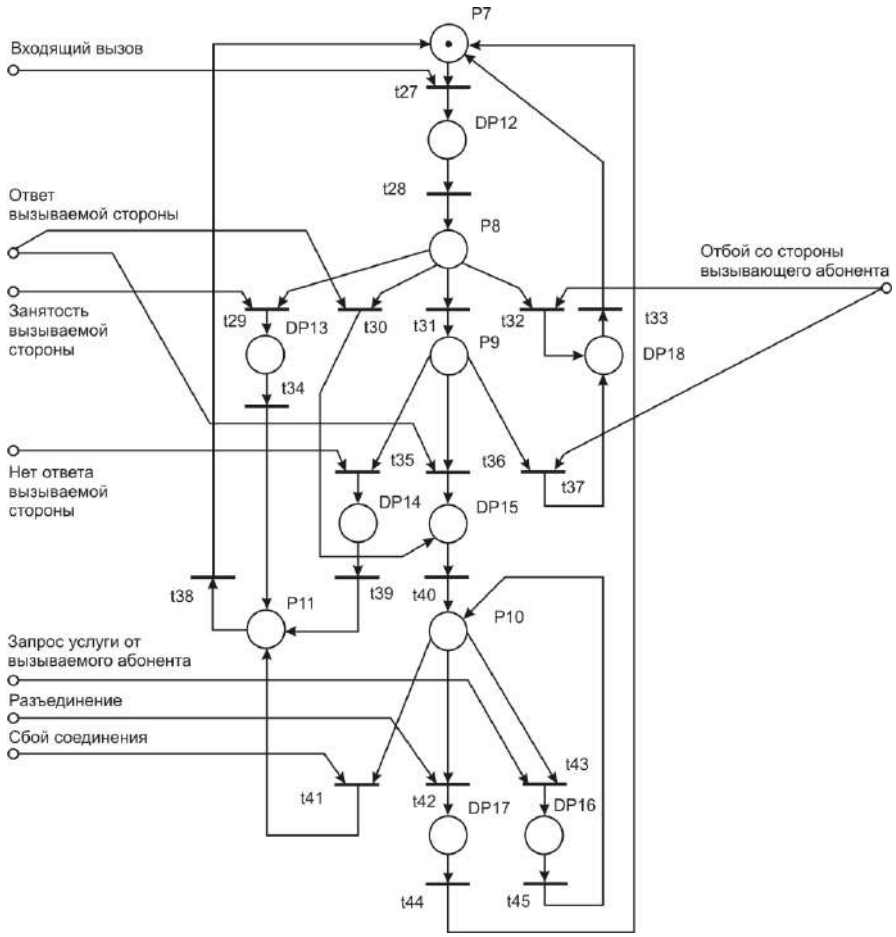


Рис. 5. Результаты расчетов ПКЗ

Таблица 1

Операции базового ПОВ

Переходы СП	**Операции**	**Время, мс**
t1	Связь установлена	5
t2	прием нформации	5
t3, t7, t12, t20	Отказ обслуживания	5
t4	прием завершен	10
t5	сбой	5
t6	контроль информации	5
t8	Окончание контроля	10
t9	Устранение искажений	5
t10	Запрос сеанса связи	5
t11	Маршрут загружен	5
t13	запрос ответа	15
t14	Канал занят	10
t15	ожидание ответа	10
t16, t18, t19, t22	Канал свободен	40
t17	Передача данных	20
t21	запрос на реализацию услуги	10
t23	Завершение обслуживания	20
t24, t25, t26	Ожидание нового запроса	5
t27	Освобождение ресурса	10
t28	выбор ресурса	15

t29	Определение свободного ресурса	10
t30, t36	Ожидание ответа	15
t31	Передача извещения	20
t32, t37	Передача сообщения	15
t33, t38, t44	ожидание	10
t34, t39, t41	Выбор маршрута	10
t35	ожидание ответа	10
t40	Передача данных	20
t42	Освобождение канала	20
t43	запрос новой слуги	10
t45	Конец связи	20

Анализ представленных моделей показывает, что выполнение ПОВ обеспечивается параллельными разветвленными процессами с l ветвями. В каждой ветви реализуется n путей передачи, выбираемых в зависимости от типа формируемой услуги длительностью t_{ji}. Среднее значение времени ожидание выполнения ПОВ можно определить как величину

$$M(t)_j = \sum_{i=1}^{n_j} t_{ji} P_{ji},$$

а математическое ожидание времени выполнение заявки на услугу

$$M(t) = \sum_{j=1}^{l} m_j \sum_{i=1}^{n_j} t_{ji} P_{ji}, \ \sum_{j=1}^{r} m_j = 1,$$

где P_{ij} – вероятности выбора альтернативных путей в j-й ветви.

Данный подход дает возможность определить математическое ожидание времени выполнения заявки на реализуемую услугу.

На рис. 6 и 7 приведены примеры реализации услуг FPH (бесплатный вызов) и ACC (вызов по карте) на основе временных сетей Петри.

Разработанные модели дают возможность определить статистические характеристики протокола сигнализации данной системы управления.

Например, количество пользователей $N_{\text{FPH}} = 1500$ чел., а $N_{\text{ACC}} = 30000$ чел. $\Delta_{\text{FPH}} = 5$, $\Delta_{\text{ACC}} = 0{,}5$.

Тогда, интенсивность поступления запросов на услуги равны:

$$\lambda_{ACC} = \frac{\mathrm{N}_{ACC} \cdot \Delta_{ACC}}{3600} = \frac{30000 \cdot 0{,}5}{3600} = 4{,}16 \frac{1}{c}.$$

Вероятности появления услуги равна:

$$P_{FPN} = \frac{\lambda_{FPN}}{\lambda_{FPN} + \lambda_{ACC}} = \frac{2{,}18}{2{,}18 + 4{,}16} = 0{,}34, \ P_{FPH} = \frac{\lambda_{ACC}}{\lambda_{FPN} + \lambda_{ACC}} = \frac{4{,}16}{2{,}18 + 4{,}16} = 0{,}66.$$

Среднее значение времени реализации заявки:

$$M\left(t\right) = P_{FPH} \cdot \sum_{i=1}^{n} P_i \cdot t_i + P_{ACC} \cdot \sum_{j=1}^{m} P_j \cdot t_j,$$

где P_i, P_j – вероятности выполнения процедуры при реализации услуги;

t_i, t_j – время выполнения процедуры.

Поставим в соответствие вероятности P_i и P_j вероятностям выбора альтернативных путей при срабатывании СП, тогда

$$M\left(t\right) = 0{,}34 \cdot 205{,}5 + 0{,}66 \cdot 357{,}5 = 306 \, мс.$$

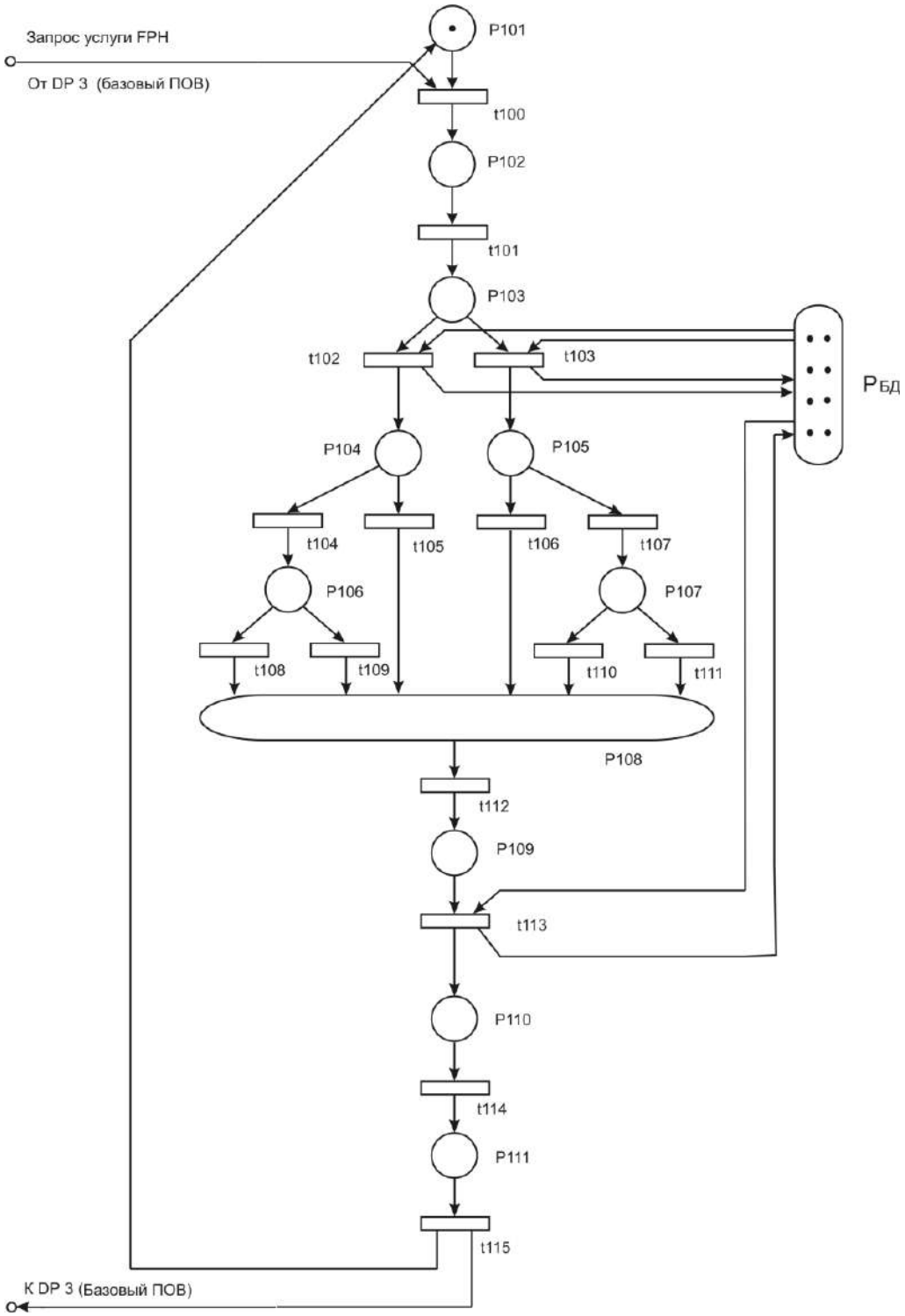


Рис. 6. Модель предоставления услуги «Бесплатный вызов»

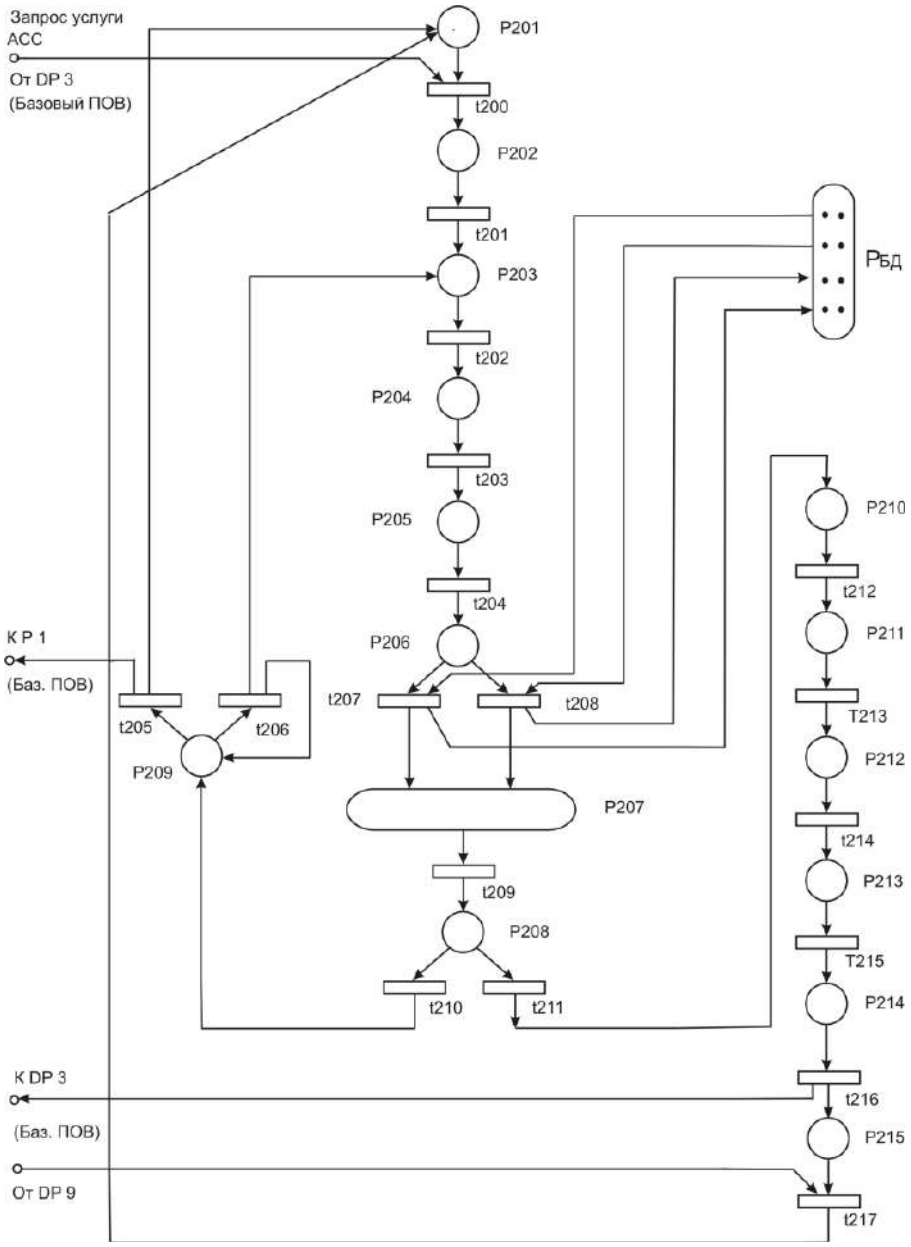


Рис. 7. Модель предоставления услуги «Вызов по карте»

Тогда средняя длительность обмена сообщениями будет равна:

$$M(t) = \sum_{j=1}^{k} P \cdot t_{j,окс}.$$

где $P_{j,окс}$ – вероятность выбора альтернативных путей при срабатывании СП,

$t_{j,окс}$ – время задержки на переходе.

Тогда в прямом направлении $Y = \lambda_{ACC} \cdot M(t)$, $Y_{окс} = 4{,}16 \cdot 0{,}0616 = 0{,}256$ *Эрл.*, в обратном направлении

$$Y_{окс} = 4{,}16 \cdot 0{,}1428 = 0{,}594 \text{ } Эрл.$$

Данный подход дает возможность также оценить объем сигнального оборудования сети ОКС.

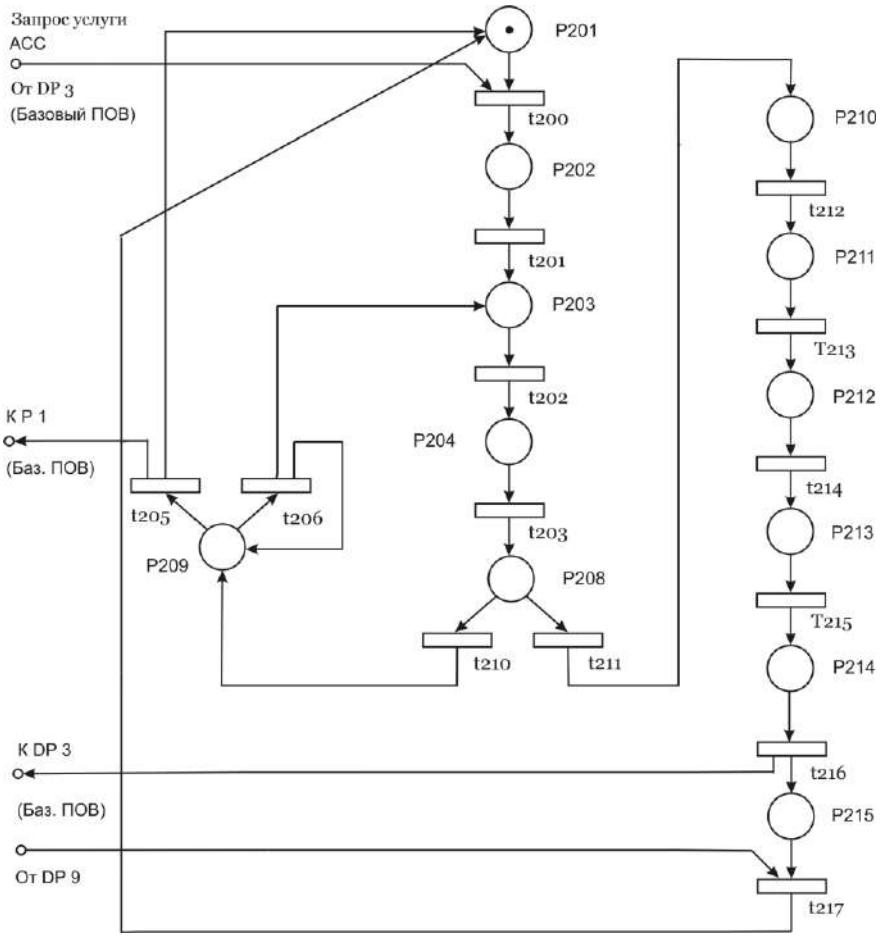


Рис. 8. Преобразованная сеть Петри

Заключение. Таким образом, подробные статистические исследования системы обслуживания заказов оператора связи могут быть получены с использованием платформы моделирования сетей Петри CPN Tools. При помощи языка CPN ML можно создавать собственные функции для более точного описания поведения моделей. Сочетание графического представления СП и системы программирования CPN ML обеспечивает проведение исследования поведения модели, получение основных показателей качества обработки запросов на обслуживание: математическое ожидание и моменты времени обслуживания, наиболее вероятное число одновременно обслуживаемых запросов, статистические характеристики очередей.

Финансирование Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-07-00856\19.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мочалов В. П., Братченко Н. Ю. Разработка процессно-ориентированной системы управления качеством инфокоммуникационных услуг на основе концепции NGOSS (научная монография). Ставрополь: СКФУ, 2013. 194 с.

2. Мочалов В. П., Братченко Н. Ю., Яковлев С. В. Разработка методики построения распределенной системы управления телекоммуникационными сетями на основе технологии CORBA // Вестник СевКавГТУ, №6(45). Ставрополь: СевКавГТУ, 2014. С. 50-57.

3. Мочалов В. П., Братченко Н. Ю. Алгоритм субоптимального распределения программных компонент распределенной системы управления телекоммуникациями // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2015. № 2(47). С. 56-60.

4. Мочалов В. П., Братченко Н. Ю., Яковлев С. В. Беспроводная автоматизированная система сбора и обработки данных (научная статья). Научно-технический журнал «Теория и техника радиосвязи». Воронеж: Изд-во ОАО Концерн «Созвездие», 2014. № 1. С. 79-87.

5. Мочалов В. П., Братченко Н. Ю., Яковлев С. В. Модель управления вызовами системы управления телекоммуникациями на основе технологии CORBA. Научный журнал «Вестник Северо-Кавказского федерального университета». Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2014. № 1. С. 21-26.

6. Мочалов В. П., Братченко Н. Ю., Яковлев С. В. Архитектура распределенной системы управления телекоммуникационными сетями на основе технологии CORBA (научная статья). Научно-технический журнал «Теория и техника радиосвязи». Воронеж: Изд-во ОАО Концерн «Созвездие», 2014. № 3. С. 19-26.

7. Мочалов В. П., Ямбулатов Э. И., Братченко Н. Ю., Яковлев С. В. Разработка отказоустойчивых распределенных систем управления телекоммуникационными сетями и услугами (научная монография). Ставрополь: изд-во СКФУ, 2015. 147 с.

8. Мочалов В. П., Яковлев С. В., Братченко Н. Ю. Алгоритм интеграции сетевых приложений распределенной системы управления телекоммуникациями // Современная наука и инновации, 2017.№3 (19). С. 83-88.

9. Братченко Н. Ю., Мочалов В. П., Яковлев С. В. Модель системы функциональных интерфейсов управляемых сетевых устройств // Современная наука и инновации. 2018. № 2. С. 61-65.

REFERENCES

1. Mochalov V. P., Bratchenko N. Yu. Razrabotka protsessno-orientirovannoy sistemy upravleniya kachestvom infokommunikatsionnykh uslug na osnove kontseptsii NGOSS (nauchnaya monografiya). Stavropol′: SKFU, 2013. 194 s.

2. Mochalov V. P., Bratchenko N. Yu., Yakovlev S. V. Razrabotka metodiki postroeniya raspredelennoy sistemy upravleniya telekommunikatsionnymi setyami na osnove tekhnologii CORBA // Vestnik SevKavGTU, №6(45). Stavropol′: SevKavGTU, 2014. S. 50-57.

3. Mochalov V. P., Bratchenko N. Yu. Algoritm suboptimal′nogo raspredeleniya programmnykh komponent raspredelennoy sistemy upravleniya telekommunikatsiyami // Vestnik Severo-Kavkazskogo federal′nogo universiteta. Stavropol′: Izd-vo SKFU, 2015. № 2(47). S. 56-60.

4. Mochalov V. P., Bratchenko N. Yu., Yakovlev S. V. Besprovodnaya avtomatizirovannaya sistema sbora i obrabotki dannykh (nauchnaya stat′ya). Nauchno-tekhnicheskiy zhurnal «Teoriya i tekhnika radiosvyazi». Voronezh: Izd-vo OAO Kontsern «Sozvezdie», 2014. № 1. S. 79-87.

5. Mochalov V. P., Bratchenko N. Yu., Yakovlev S. V. Model′ upravleniya vyzovami sistemy upravleniya telekommunikatsiyami na osnove tekhnologii CORBA. Nauchnyy zhurnal «Vestnik Severo-Kavkazskogo federal′nogo universiteta». Stavropol′: Izd-vo SKFU, 2014. № 1. S. 21-26.

6. Mochalov V. P., Bratchenko N. Yu., Yakovlev S. V. Arkhitektura raspredelennoy sistemy upravleniya telekommunikatsionnymi setyami na osnove tekhnologii CORBA (nauchnaya stat′ya). Nauchno-tekhnicheskiy zhurnal «Teoriya i tekhnika radiosvyazi». Voronezh: Izd-vo OAO Kontsern «Sozvezdie», 2014. № 3. S. 19-26.

7. Mochalov V. P., Yambulatov Eh. I., Bratchenko N. Yu. Yakovlev S. V. Razrabotka otkazoustoychivykh raspredelennykh sistem upravleniya telekommunikatsionnymi setyami i uslugami (nauchnaya monografiya). Stavropol′: izd-vo SKFU, 2015. 147 s.

8. Mochalov V. P., Yakovlev S. V., Bratchenko N. Yu. Algoritm integratsii setevykh prilozheniy raspredelennoy sistemy upravleniya telekommunikatsiyami // Sovremennaya nauka i innovatsii, 2017.№3 (19). S. 83-88.

9. Bratchenko N. Yu., Mochalov V. P., Yakovlev S. V. Model′ sistemy funktsional′nykh interfeysov upravlyaemykh setevykh ustroystv // Sovremennaya nauka i innovatsii. 2018. № 2. S. 61-65.

ОБ АВТОРАХ

Мочалов Валерий Петрович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры инфокоммуникаций, ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет», институт информационных технологий и телекоммуникаций, кафедра инфокоммуникаций, +7 9624004447, (8652) 95-69-97, nb20062@rambler.ru

Mochalov Valeriy Petrovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor, SI NCFU, Stavropol, Russia

Яковлев Сергей Владимирович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры инфокоммуникаций, ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет», институт информационных технологий и телекоммуникаций, кафедра инфокоммуникаций, +79283100210, (8652) 95-69-97, Yak0vlevSV@yandex.ru

Yakovlev Sergey Vladimirovich, Candidate of Technical Sciences Associate Professor, Associate Professor, SI NCFU, Stavropol, Russia, +79283100210, (8652) 95-69-97, Yak0vlevSV@yandex.ru

Братченко Наталья Юрьевна, кандидат физико-математических наук, доцент доцент кафедры инфокоммуникаций, ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет», институт информационных технологий и телекоммуникаций, кафедра инфокоммуникаций, +79187435162, (8652) 95-69-97, nb20062@rambler.ru
Bratchenko Natalia Yurievna Candidate of Physical and Mathematical Sciences Associate Professor SI NCFU, Stavropol, Russia, +79187435162, (8652) 95-69-97, nb20062@rambler.ru

Дата поступления в редакцию: 1 апреля 2019 г.
После доработки: 21 мая 2019 г.
Дата принятия к публикации: 12 июня 2019 г.

Е. О. Тарасенко [E. O. Tarasenko]
А. В. Гладков [A. V. Gladkov]
В. С. Тарасенко [V. S. Tarasenko]
А. В. Шапошников [A. V. Shaposhnikov]

УДК 51-7
DOI 10.33236/2307-910X-2019-2-26-35-45

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РОСТА ТОНКИХ ПЛЁНОК НА ПОДЛОЖКАХ, ДОПУСКАЮЩЕЕ ПОСТРОЕНИЕ РЕШЕНИЯ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ, ВОЗНИКАЮЩИХ В РАМКАХ МОДЕЛИ, МЕТОДОМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ КООРДИНАТ

MATHEMATICAL MODELING OF THIN FILM GROWTH ON SUBSTRATES, ALLOWING THE CONSTRUCTION OF SOLUTIONS TO INVERSE PROBLEMS ARISING IN THE FRAMEWORK OF THE MODEL, BY COORDINATE TRANSFORMATION METHOD

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет», г. Ставрополь, Россия

Аннотация. *Развитие микроэлекториники, оптоэлекторроники и др. отраслей науки итехнике способствует прогрессу в оболасти пленочногг моделирования*

Материалы и методы. *Статья посвящена математическому моделированию роста тонких плёнок на подложках. При решении прикладных задач особое значение имеют обратные задачи, возникающие в рамках рассматриваемой математической модели.*

Результаты и обсуждения. *В настоящей статье предлагается решение обратных задач модели роста тонких плёнок на подстилающей поверхности методом преобразования координат. Получены аналитические и численные решения задач восстановления мощности источника атомов плёнки, высоты расположения источника для случаев полного отражения и полного поглощения атомов плёнки подстилающей поверхностью.*

Заключение. *Численное решение получено с использованием программного продукта «Плёнка европия на кремниевой подложке» для решения обратных задач, возникающих в рамках математической модели роста тонких плёнок на подложках, допускающей построение решения методом преобразования координат.*

Установлено, что предложенная математическая модель роста тонких плёнок на подложках проста и удобна в использовании, и может быть применена в последующих научных исследованиях.

Ключевые слова: математическое моделирование, тонкоплёночная структура, подстилающая поверхность, обратные задачи, мощность источника, высота расположения источника, метод преобразования координат.

Abstract. *The development of microelectronics, optoelectronics and other branches of science and technology contributes to progress in the field of film modeling*

Materials and methods. *The article is devoted to mathematical modeling of thin film growth on substrates. When solving applied problems, inverse problems arising within the framework of the considered mathematical model are of particular importance.*

Results and discussions. *In this article the solution of inverse problems of the model of growth of thin films on the underlying surface by the method of coordinate transformation is proposed. Analytical and numerical solutions of the problems of restoring the power of the source of the film atoms, the height of the source for the cases of complete reflection and complete absorption of the film atoms by the underlying surface are obtained.*

Conclusion. *The numerical solution is obtained using the software product "europium Film on a silicon substrate" to solve inverse problems arising in the framework of a mathematical model of the growth of thin films on substrates, allowing the construction of the solution by the method of coordinate transformation. It is established that the proposed mathematical model of the growth of thin films on substrates is simple and easy to use, and can be applied in subsequent research.*

Key words: mathematical modeling, thin-film structure, underlying surface, inverse problems, power source, height of the source, the method of coordinate transformation.

Введение. Непрерывное развитие микроэлектроники, оптоэлектроники, машиностроения, медицины и других отраслей науки и техники способствует прогрессу и углублению научных знаний в области плёночного материаловедения. Применяемые математические методы моделирования процессов роста тонких плёнок на подложках, использующие при этом возможности современных ЭВМ, способствуют оптимизации условий выращивания таких материалов.

В настоящее время актуальным является исследование математической модели образования тонких плёнок на подложках. Сегодня вопросу исследования и математического описания процесса диффузионного роста таких материалов посвящено немало работ. Математическая модель диффузии представляет собой краевую задачу с заданными для её решения начальным и граничными условиями [1, 2, 3, 5].

Особое внимание следует уделить решению обратных задач, порождаемых указанной моделью (восстановление мощности источника атомов плёнки; определение высоты расположения источника и т.д.). Они имеют большое прикладное значение [10].

Построение и решение обратных задач в математической модели роста тонких плёнок на подложках, уравнение которой допускает построение решения методом преобразования координат, остается малоисследованным.

Постановка задачи

Рассмотрим полуэмпирическое уравнение [5, 6, 9]

$$\frac{\partial q}{\partial t}+U\frac{\partial q}{\partial x}=\frac{\partial}{\partial x}K_x\frac{\partial q}{\partial x}+\frac{\partial}{\partial y}K_y\frac{\partial q}{\partial y}+\frac{\partial}{\partial z}K_z\frac{\partial q}{\partial z},\ t\in[0,T], \tag{1}$$

которое описывает образование тонкой плёнки на подстилающей поверхности от мгновенного источника (для удобства рассуждений полагаем, что коэффициент сноса случайного процесса $\alpha(t)=0$; если $\alpha(t)\neq 0$, то в конечном результате $\alpha(t)$ можно учесть, используя соотношение

$$q^*(t,x,y,z)=q(t,x,y,z)\exp\left\{-\int_{t_0}^{t}\alpha(s)ds\right\},$$

где $q^*(t,x,y,z)$ – решение $q(t,x,y,z)$). Относительно коэффициентов U, K_x, K_y предполагаем, что они удовлетворяют условиям

$$U=const,\ K_x=K_y=K_0U,\ K_0=const,$$

а K_z является дважды непрерывно дифференцируемой функцией одного аргумента z: $K_z=K(z)$. Начальное условие имеет вид:

$$q(0,x,y,z)=Q\delta(x)\delta(y)\delta(z-H),\ Q=const \tag{2}$$

граничное условие в бесконечности имеет вид:

$$q(t,x,y,z)\to 0,\ x^2+y^2+z^2\to\infty,\ z\geq 0 \tag{3}$$

а граничное условие на подстилающей поверхности, в частности,

$$\left\{K_z\frac{\partial q}{\partial z}+wq\right\}\Big|_{z=0}=\{V_sq\}\big|_{z=0}$$

пока не будем учитывать. Оно будет учтено и уточнено ниже, после построения решения задачи (1) – (3).

Если $q_1(t,x)$, $q_2(t,x)$, $q_3(t,x)$ являются решениями краевых задач

$$\frac{\partial q_1}{\partial t}+U\frac{\partial q_1}{\partial x}=K_x\frac{\partial^2 q_1}{\partial x^2} \tag{4}$$

$$U=const,\ K_x=K_0U,\ K_0=const,$$

$$q_1(0,x)=Q\delta(x) \tag{5}$$

$$q_1(t,x)\to 0,\ |x|\to\infty \tag{6}$$

$$\frac{\partial q_2}{\partial t}=K_y\frac{\partial^2 q_2}{\partial y^2} \tag{7}$$

$$K_x = K_y = const,$$

$$q_2(0,y) = \delta(y) \tag{8}$$

$$q_2(t,y) \to 0, \ |y| \to \infty \tag{9}$$

$$\frac{\partial q_3}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} K(z) \frac{\partial q_3}{\partial z} \tag{10}$$

$$q_3(0,z) = \delta(z-H) \tag{11}$$

$$q_3(t,z) \to 0, \ z \to \infty \tag{12}$$

то решение задачи (1) – (3) имеет вид:

$$q(t,x,y,z) = q_1(t,x) q_2(t,y) q_3(t,z) \tag{13}$$

Убедимся в этом. Если $q_1(t,x)$, $q_2(t,y)$, $q_3(t,z)$ есть решения задач

$$\frac{\partial q_1(t,x)}{\partial t} + U \frac{\partial q_1(t,x)}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} K_x \frac{\partial q_1(t,x)}{\partial x} \tag{14}$$

$$U = const, \ K_x = const.$$

$$q_1(\tau,x) = \delta(x) \tag{15}$$

$$q_1(t,x) \to 0, \ |x| \to \infty \tag{16}$$

$$\frac{\partial q_2(t,y)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial y} K_y \frac{\partial q_2(t,y)}{\partial y} \tag{17}$$

$$K_y = K_x = K_0 U, \ K_0 = const,$$

$$q_2(\tau,\eta;\tau,y) = \delta(y-\eta) \tag{18}$$

$$q_2(t,y) \to 0, \ |y| \to \infty \tag{19}$$

$$\frac{\partial q_3(t,z)}{\partial t} - w \frac{\partial q_3(t,z)}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} K(z) \frac{\partial q_3(t,z)}{\partial z} \tag{20}$$

$$w = const, \ K_z = K_2 z^n, \ K_2 = const, \ n = const, \ 0 < n < 2,$$

$$q_3(\tau,z) = \delta(z) \tag{21}$$

$$\left\{ K_z \frac{\partial q_3}{\partial z} + w q_3 \right\}\Big|_{z=z_0} = \{V_s q_3\}|_{z=z_0} \tag{22}$$

$$q_3(t,z) \to 0, \ |z| \to \infty \tag{23}$$

$$\tau, t \in [t_0, T], \ \tau \le t,$$

то функция

$$q_0(t,x,y,z) = q_1(t,x) q_2(t,y) q_3(t,z) \tag{24}$$

является решением краевой задачи

$$\frac{\partial q_0}{\partial t} + U \frac{\partial q_0}{\partial x} - w \frac{\partial q_0}{\partial z} = K_x \frac{\partial^2 q_0}{\partial x} + K_y \frac{\partial^2 q_0}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} K_z \frac{\partial q_0}{\partial z} \tag{25}$$

$$K_x = K_y = const,$$

$$q_0 = q_0(t,x,y,z),$$

$$q_0(\tau,x,y,z) = \delta(x)\delta(y)\delta(z), \ \tau \in [t_0, T] \tag{26}$$

$$\left\{ K_z \frac{\partial q_0}{\partial z} + w q_0 \right\}\Big|_{z=z_0} = \{V_s q_0\}|_{z=z_0} \tag{27}$$

$$q_0(t,x,y,z)\to 0,\ x^2+y^2+z^2\to\infty,\ z\ge z_0 \tag{28}$$

Действительно, умножив (14) на $q_2(t,y)\cdot q_3(t,z)$:

$$\frac{\partial q_1(t,x)}{\partial t}\cdot q_2(t,y)\cdot q_3(t,z)+U\frac{\partial q_1(t,x)}{\partial x}\cdot q_2(t,y)\cdot q_3(t,z)=$$

$$=\frac{\partial}{\partial x}K_x\frac{\partial q_1(t,x)}{\partial x}\cdot q_2(t,y)\cdot q_3(t,z),$$

(17) на $q_1(t,x)\cdot q_3(t,z)$:

$$\frac{\partial q_2(t,y)}{\partial t}\cdot q_1(t,x)\cdot q_3(t,z)=\frac{\partial}{\partial y}K_y\frac{\partial q_2(t,y)}{\partial y}\cdot q_1(t,x)\cdot q_3(t,z),$$

(20) на $q_1(t,x)\cdot q_2(t,y)$:

$$\frac{\partial q_3(t,z)}{\partial t}\cdot q_1(t,x)\cdot q_2(t,y)-w\frac{\partial q_3(t,z)}{\partial z}\cdot q_1(t,x)\cdot q_2(t,y)=$$

$$=\frac{\partial}{\partial z}K(z)\frac{\partial q_3(t,z)}{\partial z}\cdot q_1(t,x)\cdot q_2(t,y)$$

и сложив полученные равенства, убедимся, что (24) удовлетворяет условию (25); условие (26) следует из (15), (18), (21); условие (27) – из (22) (если (22) умножить на $q_1(\tau,\xi;t,x)\cdot q_2(\tau,\eta;t,y)$); условие (28) – из (16), (19), (23).

Методология и методы исследования

Решения задач (4) – (6), (7) – (9) можно построить, воспользовавшись методом преобразования координат [4, 8]:

$$q_1(t,x)=\frac{Q}{2\sqrt{\pi K_x(t-t_0)}}\exp\left\{-\frac{(x-U(t-t_0))^2}{4K_x(t-t_0)}\right\} \tag{29}$$

$$q_2(t,y)=\frac{1}{2\sqrt{\pi K_y(t-t_0)}}\exp\left\{-\frac{y^2}{4K_y(t-t_0)}\right\} \tag{30}$$

$t_0=0$.

Уравнение (10) представим следующим образом:

$$\frac{\partial q_3}{\partial t}+K'(z)\frac{\partial q_3}{\partial z}+K''(z)q_3=\frac{1}{2}\frac{\partial^2(2K(z)q_3)}{\partial z^2} \tag{31}$$

и предположим, что $K(z)$ в (16) удовлетворяет условию

$$K''(z)=0 \tag{32}$$

то есть

$$K(z)=c_1z+c_2 \tag{33}$$

где c_1, c_2 – произвольные постоянные. Тогда $\gamma(t,x)\equiv 0$, $Q(t,x)\equiv 0$, $R(t,x)\equiv 0$, $\Delta\equiv 0$. Следовательно, при выполнении условия (32), задача (31), (11), (12) сводится к решению

$$q_3'(t',z')=\frac{1}{\sqrt{2\pi t'}}-\exp\left\{-\frac{(z'-H')^2}{2t'}\right\} \tag{34}$$

где $t'=\varphi(t)=t$.

$$z'=\psi(t,z)=\frac{1}{c_1}\left(\sqrt{2c_1z+2c_2}-\sqrt{2c_2}\right), \tag{35}$$

$$H'=\psi(t,z)=\frac{1}{c_1}\left(\sqrt{2c_1H+2c_2}-\sqrt{2c_2}\right),$$

$$\frac{\partial\psi}{\partial z}=\frac{1}{\sqrt{2c_1z+2c_2}}.$$

Отсюда следует, что при выполнении условия (32) решение задачи (31), (11), (12), т.е. (10) – (12), имеет вид:

$$q_3(t,z)=\frac{1}{\sqrt{2\pi t(2c_1z+2c_2)}}\exp\left\{-\frac{\left(\sqrt{2c_1z+2c_2}-\sqrt{2c_1H+2c_2}\right)}{2c_1^2t}\right\} \tag{36}$$

Подставляя (29), (30), (36) в (8), найдем решение $q(t,z,y,z)$ задачи (1) – (3) (в предположении что условие (32) выполнено).

Тот факт, что c_1,c_2 произвольные постоянные, удобно использовать при аппроксимации $K(z)$, приводя $K(z)$ к виду (33).

Пусть теперь, кроме граничного условия (3), учитывается граничное условие на подстилающей поверхности. Будем предполагать, что *подстилающей поверхностью* (т.е. при $z=0$) *атомы плёнки полностью поглощаются*. В этом случае

$$q(t,x,y,0)=0. \tag{37}$$

С ростом времени всё большее и большее число частиц будет поглощаться подстилающей поверхностью и в пределе при $t\to\infty$ атомы плёнки должны полностью исчезнуть над подстилающей поверхностью, т.е.

$$\lim_{t\to\infty}q(t,x,y,z)=0 \tag{38}$$

Снова вернёмся к задаче (31), (11), (12) и предположим, что $q_3(t,z)$ удовлетворят, дополнительно к условиям (11), (12), условиям, аналогичным (31), (38):

$$q_3(t,0)=0, \tag{39}$$

$$\lim_{t\to\infty}q_3(t,z)=0. \tag{40}$$

Применяя известный метод отражения с переменой знака [9] к решению (34) краевой задачи, получим

$$\frac{\partial q_3'}{\partial t'}+\frac{1}{2}\frac{\partial^2 q_3'}{\partial z'^2}=0,$$

$$q_3'(t_0',z')=\delta(z'-H'),$$

$$q_3'(t_1'z)\to 0,\ z'\to\infty.$$

Возвращаясь по формулам (35) к старым переменным t, z, аналогично решению (36) задачи (31), (11), (12), найдем решение задачи (31), (11), (12), (39), (40):

$$q_3(t,z)=\frac{1}{\sqrt{2\pi t(2c_1z+2c_2)}}\times$$

$$\times\left[\exp\left\{-\frac{\left(\sqrt{2c_1z+2c_2}-\sqrt{2c_1H+2c_2}\right)^2}{2c_1^2t}\right\}-\right.$$

$$\left.-\exp\left\{-\frac{\left(\sqrt{2c_1z+2c_2}+\sqrt{2c_1H+2c_2}-2\sqrt{2c_2}\right)^2}{2c_1^2t}\right\}\right]. \tag{41}$$

Подставляя (29), (30), (41) в (13), найдём решение задачи (1) – (3) при дополнительных ограничениях (38), (39), если только $K(z)$ имеет вид (33).

Аналогично находится решение (1) – (3) для случая *распространения атомов плёнки над подстилающей поверхностью, полностью отражающей эти атомы*. Решение $q_3(t,z)$ в этом случае также будет иметь вид (41), если только предварительно в (41) в квадратных скобках заменить знак минус (-) на знак плюс (+):

$$q_3(t,z)=\frac{1}{\sqrt{2\pi t(2c_1z+2c_2)}}\times$$

$$\times\left[\begin{array}{l}\exp\left\{-\dfrac{\left(\sqrt{2c_1z+2c_2}-\sqrt{2c_1H+2c_2}\right)^2}{2c_1^2t}\right\}+\\ +\exp\left\{-\dfrac{\left(\sqrt{2c_1z+2c_2}+\sqrt{2c_1H+2c_2}-2\sqrt{2c_2}\right)^2}{2c_1^2t}\right\}\end{array}\right]. \quad (42)$$

Из (13), (29), (30) следует, что

$$q=q_1q_2q_3=\left(\frac{Q}{2\sqrt{\pi K_x(t-t_0)}}\exp\left\{-\frac{(x-U(t-t_0))^2}{4K_x(t-t_0)}\right\}\right)\times$$

$$\times\left(\frac{1}{2\sqrt{\pi K_y(t-t_0)}}\exp\left\{-\frac{y^2}{4K_y(t-t_0)}\right\}\right)\times$$

$$\times\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi t(2c_1z+2c_2)}}\left[\begin{array}{l}\exp\left\{-\dfrac{\left(\sqrt{2c_1z+2c_2}-\sqrt{2c_1H+2c_2}\right)^2}{2c_1^2t}\right\}\pm\\ \pm\exp\left\{-\dfrac{\left(\sqrt{2c_1z+2c_2}+\sqrt{2c_1H+2c_2}-2\sqrt{2c_2}\right)^2}{2c_1^2t}\right\}\end{array}\right]\right). \quad (43)$$

Соотношение (43) можно использовать для решения обратных задач в рамках математических моделей образования тонкоплёночных структур на подстилающей поверхности от мгновенного точечного источника.

Результаты и обсуждения

Рассмотрим некоторые обратные задачи, возникающие при математическом моделировании роста тонкоплёночных структур на подстилающей поверхности, построение решение которой допускает применения метода преобразования координат.

Задача 1. Определить Q по известным K_x, K_y, U, H, c_1, c_2 и q. Эту задачу легко решить аналитически:

$$Q=\left(2q\sqrt{\pi K_x(t-t_0)}\exp\left\{\frac{(x-U(t-t_0))^2}{4K_x(t-t_0)}\right\}\right)\times$$

$$\times\left(2\sqrt{\pi K_y(t-t_0)}\exp\left\{\frac{y^2}{4K_y(t-t_0)}\right\}\right)\times$$

$$\times\left(\sqrt{2\pi t(2c_1z+2c_2)}\left[\begin{array}{l}\exp\left\{\dfrac{\left(\sqrt{2c_1z+2c_2}-\sqrt{2c_1H+2c_2}\right)^2}{2c_1^2t}\right\}\pm\\ \pm\exp\left\{\dfrac{\left(\sqrt{2c_1z+2c_2}+\sqrt{2c_1H+2c_2}-2\sqrt{2c_2}\right)^2}{2c_1^2t}\right\}\end{array}\right]\right) \quad (44)$$

Задача 2. Определить H по известным K_x, K_y, U, Q, c_1, c_2 и q при условиях полного отражения атомов плёнки от подстилающей поверхности.

Задачу легко решить с помощью методов решения трансцендентных уравнений, например, методом простой итерации [8].

Покажем принцип решения задачи при условии полного отражения атомов плёнки от подстилающей поверхности. Считается, что известен интервал (a,b) (находим a и b методом подбора), в котором находится только один корень H уравнения

$$q=\left(\frac{Q}{2\sqrt{\pi K_x\left(t-t_0\right)}}\exp\left\{-\frac{\left(x-U\left(t-t_0\right)\right)^2}{4K_x\left(t-t_0\right)}\right\}\right)\times$$
$$\times\left(\frac{1}{2\sqrt{\pi K_y\left(t-t_0\right)}}\exp\left\{-\frac{y^2}{4K_y\left(t-t_0\right)}\right\}\right)\times$$
$$\times\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi t\left(2c_1z+2c_2\right)}}\left[\begin{array}{l}\exp\left\{-\frac{\left(\sqrt{2c_1z+2c_2}-\sqrt{2c_1H+2c_2}\right)^2}{2c_1^2t}\right\}+\\+\exp\left\{-\frac{\left(\sqrt{2c_1z+2c_2}+\sqrt{2c_1H+2c_2}-2\sqrt{2c_2}\right)^2}{2c_1^2t}\right\}\end{array}\right]\right). \quad (45)$$

Уравнение (45) представим в виде

$$H=\frac{2\sqrt{2c_1z+2c_2}\sqrt{2c_1H+2c_2}-2c_2-2c_1z-2c_2}{2c_1}-$$
$$-\frac{\left(2c_1H+2c_2+2(\sqrt{2c_1H+2c_2})(\sqrt{2c_1z+2c_2}-2\sqrt{2c_2})\right)}{2c_1}-$$
$$-\frac{(\sqrt{2c_1z+2c_2}-2\sqrt{2c_2})^2}{2c_1}+$$
$$+\frac{c_1t\ln(q)}{\left(\ln\left(\frac{Q}{2\sqrt{\pi K_x\left(t-t_0\right)}}\right)\left\{\frac{\left(x-U\left(t-t_0\right)\right)^2}{4K_x\left(t-t_0\right)}\right\}\right)}\left(\ln\left(\frac{1}{2\sqrt{\pi K_y\left(t-t_0\right)}}\right)\left\{-\frac{y^2}{4K_y\left(t-t_0\right)}\right\}\right)^{-1}\times$$
$$\times\left(\ln\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi t\left(2c_1z+2c_2\right)}}\right)\right)^{-1},$$

тогда последовательные приближения к искомому корню можно найти по итерационной формуле

$$H^{(n+1)}=\frac{2\sqrt{2c_1z+2c_2}\sqrt{2c_1H^{(n)}+2c_2}-2c_2-2c_1z-2c_2}{2c_1}-$$
$$-\frac{\left(2c_1H^{(n)}+2c_2+2(\sqrt{2c_1H^{(n)}+2c_2})(\sqrt{2c_1z+2c_2}-2\sqrt{2c_2})\right)}{2c_1}-$$
$$-\frac{(\sqrt{2c_1z+2c_2}-2\sqrt{2c_2})^2}{2c_1}+\frac{c_1t\ln(q)}{\left(\ln\left(\frac{Q}{2\sqrt{\pi K_x\left(t-t_0\right)}}\right)\left\{\frac{\left(x-U\left(t-t_0\right)\right)^2}{4K_x\left(t-t_0\right)}\right\}\right)}\times$$
$$\times\left(\ln\left(\frac{1}{2\sqrt{\pi K_y\left(t-t_0\right)}}\right)\left\{-\frac{y^2}{4K_y\left(t-t_0\right)}\right\}\right)^{-1}\times$$
$$\times\left(\ln\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi t\left(2c_1z+2c_2\right)}}\right)\right)^{-1} \quad (46)$$

В качестве первого приближения $H^{(1)}$ к искомому корню (первая итерация) можно принять любое значение H на интервале изоляции корня (a,b).

Критерий окончания:

$$\left|H^{(n)} - H^{(n-1)}\right| < \varepsilon,$$

где ε – желаемая погрешность.

Задача 3. Определить H по известным K_x, K_y, U, Q, c_1, c_2 и q при условиях полного поглощения атомов плёнки подстилающей поверхностью.

По аналогичной итерационной схеме решается также задача 3. Считается, что известен интервал (a,b) (находим a и b методом подбора), в котором находится только один корень H уравнения

$$q = \left(\frac{Q}{2\sqrt{\pi K_x(t-t_0)}}\exp\left\{-\frac{(x-U(t-t_0))^2}{4K_x(t-t_0)}\right\}\right)\times$$
$$\times\left(\frac{1}{2\sqrt{\pi K_y(t-t_0)}}\exp\left\{-\frac{y^2}{4K_y(t-t_0)}\right\}\right)\times$$
$$\times\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi t(2c_1z+2c_2)}}\left[\begin{array}{l}\exp\left\{-\dfrac{\left(\sqrt{2c_1z+2c_2}-\sqrt{2c_1H+2c_2}\right)^2}{2c_1^2t}\right\}-\\ -\exp\left\{-\dfrac{\left(\sqrt{2c_1z+2c_2}+\sqrt{2c_1H+2c_2}-2\sqrt{2c_2}\right)^2}{2c_1^2t}\right\}\end{array}\right]\right) \quad (47)$$

Уравнение (46) представим в виде

$$H = \frac{2\sqrt{2c_1z+2c_2}\sqrt{2c_1H+2c_2}-2c_2-2c_1z-2c_2}{2c_1}+$$
$$+\frac{\left(2c_1H+2c_2+2(\sqrt{2c_1H+2c_2})(\sqrt{2c_1z+2c_2}-2\sqrt{2c_2})\right)}{2c_1}+$$
$$+\frac{(\sqrt{2c_1z+2c_2}-2\sqrt{2c_2})^2}{2c_1}+$$
$$+\frac{c_1t\ln(q)}{\left(\ln\left(\dfrac{Q}{2\sqrt{\pi K_x(t-t_0)}}\right)\left\{\dfrac{(x-U(t-t_0))^2}{4K_x(t-t_0)}\right\}\right)}\left(\ln\left(\frac{1}{2\sqrt{\pi K_y(t-t_0)}}\right)\left\{-\frac{y^2}{4K_y(t-t_0)}\right\}\right)^{-1}\times$$
$$\times\left(\ln\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi t(2c_1z+2c_2)}}\right)\right)^{-1},$$

тогда последовательные приближения к искомому корню можно найти по итерационной формуле

$$+\frac{\left(2c_1H^{(n)}+2c_2+2(\sqrt{2c_1H^{(n)}+2c_2})(\sqrt{2c_1z+2c_2}-2\sqrt{2c_2})\right)}{2c_1}+$$
$$\times\left(\ln\left(\frac{1}{2\sqrt{\pi K_y(t-t_0)}}\right)\left\{-\frac{y^2}{4K_y(t-t_0)}\right\}\right)^{-1}\times$$
$$\times\left(\ln\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi t(2c_1z+2c_2)}}\right)\right)^{-1} \quad (48)$$

В качестве первого приближения $H^{(1)}$ к искомому корню (первая итерация) можно принять любое значение H на интервале изоляции корня (a,b).

Критерий окончания:

$$\left|H^{(n)} - H^{(n-1)}\right| < \varepsilon,$$

где ε – желаемая погрешность.

Численное решение указанных задач найдём с помощью разработанной программы «Плёнка европия на кремниевой подложке» по их аналитическим представлениям (44), (46), (48).

Пример 1. Рассмотрим образование плёнки европия на кремниевой подложке. Определим мощность источника атомов европия Q.

Согласно [7]: источник атомов плёнки расположен на высоте H = 0,25(м); средняя скорость вектора горизонтального переноса $U = 0{,}3$ (м/с); среда изотропна $K_x = K_y = c_1 = c_2$ =2·10^{-12}(см^2/с); концентрация $q = 10^{18}$ (см$^{-3}$) атомов плёнки на подложке. Диффузия протекала в течении t =60(с) при температуре T = 1100^{0}C.

Согласно проведенным вычислениям мощность источника атомов европия Q =0,927458 (1/(см^3·с)). На рисунке 1 представлен результат работы программы «Плёнка европия на кремниевой подложке».

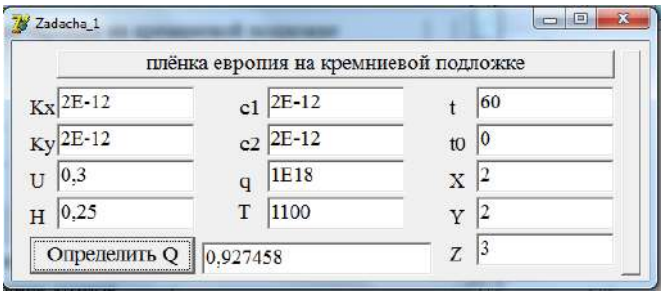


Рис. 1. Определение мощности источника атомов европия оседающих на кремниевую подложку

Пример 2. Рассмотрим образование плёнки европия на кремниевой подложке. Определим высоту источника атомов плёнки европия H.

Согласно [7]: мощность источника атомов европия Q = 0,927458 (1/(см^3·с)); средняя скорость вектора горизонтального переноса $U = 0{,}3$ (м/с); $K_x = K_y$ =0; $c_1 = c_2$ =2·10^{-12}(см^2/с); концентрация $q = 0$ (см$^{-3}$) атомов плёнки на подложке. Диффузия протекала в течении t = 60(с) при температуре T = 20^{0}C.

Согласно проведенным вычислениям высота источника атомов плёнки европия H = 0,27 (м). На рисунке 2 представлен результат работы программы «Плёнка европия на кремниевой подложке».

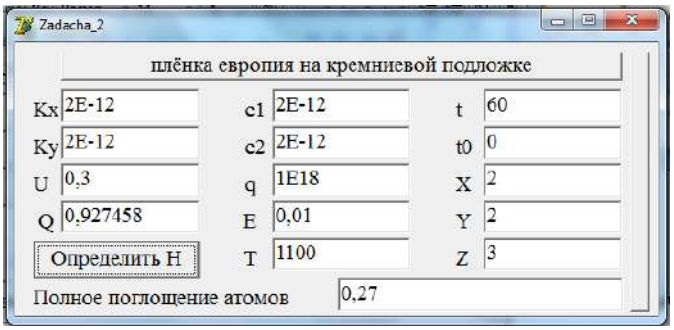


Рис. 2. Определение высоты источника при условиях полного поглощения атомов плёнки подстилающей поверхностью

Пример 3. Рассмотрим образование плёнки европия на кремниевой подложке. Определим высоту источника атомов плёнки европия H.

Согласно [7]: мощность источника атомов европия Q = 0,927458 (1/(см^3·с)); средняя скорость вектора горизонтального переноса $U = 0{,}3$ (м/с); среда изотропна $K_x = K_y = c_1 = c_2$ =2·10^{-12}(см^2/с); концентрация $q = 10^{18}$ (см$^{-3}$) атомов плёнки на подложке. Диффузия протекала в течении t =60(с) при температуре T = 1100^{0}C.

Согласно проведенным вычислениям высота источника атомов плёнки европия H = 0,3000147 (м). На рисунке 3 представлен результат работы программы «Плёнка европия на кремниевой подложке».

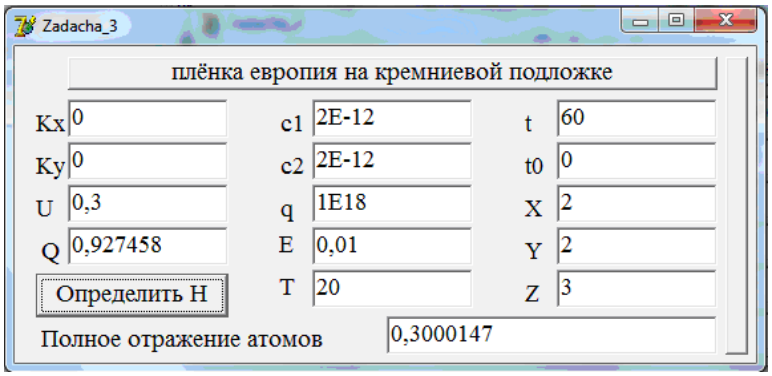


Рис. 3. Определение высоты источника при условиях полного отражения атомов плёнки от подстилающей поверхности

Заключение. В статье проведено построение решений (аналитических и численных) обратных задач, порождаемых математической моделью диффузионного роста тонких плёнок на подложке, методом преобразования координат. Поставлены задачи и приведены их аналитические решения. Рассмотрены задачи нахождения мощности источника атомов плёнки оседающих на подложку; определения высоты источника атомов плёнки при условиях полного поглощения атомов плёнки подстилающей поверхностью и при условиях полного отражения атомов плёнки от подстилающей поверхности.

Численное решение получено с использованием программного продукта «Плёнка европия на кремниевой подложке» для решения обратных задач, возникающих в рамках математической модели роста тонких плёнок на подложках, допускающей построение решения методом преобразования координат.

Установлено, что предложенная математическая модель роста тонких плёнок на подложках проста и удобна в использовании, и может быть применена в последующих научных исследованиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mahan J. E. Physical Vapor Deposition of Thin Films. Wiley-Interscience. 2000. 340 p.
2. Oura K., Lifshits V. G., Saranin A. A., Zotov A. V., Katayama M. Surface Science: An Introduction. Springer, 2003. 443 p.
3. Venables, J. Introduction to Surface and Thin Film Processes. Cambridge: Cambridge University Press, 2003. 372 p.
4. Бакушский А. Б., Гончарский А. В. Итеративные методы решения некорректных задач. М.: Физматлит, 1989. 130 с.
5. Галай Е. О. Математическая модель образования плёнок на подложках // Обозрение прикладной и промышленной математики. 2005. Т.12. Вып. 4. С. 932.
6. Ладыженская О. А. Краевые задачи математической физики. М.: Наука, 1973. 406 с.
7. Назыров Д. Э. Диффузия европия в кремнии // Физика и техника полупроводников. 2003. Т. 37. Вып. 5. С. 570-571.
8. Самарский А. А, Гулин А.В. Численные методы математической физики. М.: Научный мир. 2003. 316 с.
9. Семенчин Е. А. Аналитические решения краевых задач в математической модели атмосферной диффузии. Ставрополь: Издательство Ставропольского Краевого института усовершенствования учителей. 1993. 141с.
10. Тарасенко Е. О., Гладков А. В. Аналитические и численные решения некоторых обратных задач в рамках математической модели роста тонких пленок на подложках, уравнение которой допускает решение гауссового вида // Параллельная компьютерная алгебра и её приложения в новых инфокоммуникационных системах. Ставрополь: Издательско-информационный центр «Фабула», 2014. С. 93-98.

REFERENCES

1. Mahan J. E. Physical Vapor Deposition of Thin Films. Wiley-Interscience. 2000. 340 p.
2. Oura K., Lifshits V. G., Saranin A. A., Zotov A. V., Katayama M. Surface Science: An Introduction. Springer, 2003. 443 p.
3. Venables, J. Introduction to Surface and Thin Film Processes. Cambridge: Cambridge University Press, 2003. 372 p.
4. Bakushskiy A. B., Goncharskiy A. V. Iterativnye metody resheniya nekorrektnykh zadach. M.: Fizmatlit, 1989. 130 s.
5. Galay E. O. Matematicheskaya model′ obrazovaniya plyonok na podlozhkakh // Obozrenie prikladnoy i promyshlennoy matematiki. 2005. T.12. Vyp. 4. S. 932.
6. Ladyzhenskaya O. A. Kraevye zadachi matematicheskoy fiziki. M.: Nauka, 1973. 406 s.

7. Nazyrov D. Eh. Diffuziya evropiya v kremnii // Fizika i tekhnika poluprovodnikov. 2003. T. 37. Vyp. 5. S. 570-571.

8. Samarskiy A. A, Gulin A. V. Chislennye metody matematicheskoy fiziki. M.: Nauchnyy mir. 2003. 316 s.

9. Semenchin E. A. Analiticheskie resheniya kraevykh zadach v matematicheskoy modeli atmosfernoy diffuzii. Stavropol′: Izdatel′stvo Stavropol′skogo Kraevogo instituta usovershenstvovaniya uchiteley. 1993. 141s.

10. Tarasenko E. O., Gladkov A. V. Analiticheskie i chislennye resheniya nekotorykh obratnykh zadach v ramkakh matematicheskoy modeli rosta tonkikh plenok na podlozhkakh, uravnenie kotoroy dopuskaet reshenie gaussovogo vida // Parallel′naya komp′yuternaya algebra i eyo prilozheniya v novykh infokommunikatsionnykh sistemakh. Stavropol′: Izdatel′sko-informatsionnyy tsentr «Fabula», 2014. S. 93-98.

ОБ АВТОРАХ

Тарасенко Елена Олеговна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры прикладной математики и математического моделирования (ПМиММ) Северо-Кавказского федерального университета (СКФУ). Тел. (8905) 443-68-24. E-mail: galail@mail.ru

Tarasenko Elena Olegovna, candidate of physical and mathematical sciences, associate professor of applied mathematics and mathematical simulation (PMIMM) of the North Caucasian Federal University (NCFU). Ph. (8905) 443-68-24. E-mail: galail@mail.ru

Гладков Андрей Владимирович, старший преподаватель кафедры ПМиММ СКФУ. Тел. (8905) 497-53-38. E-mail: gavandrew@mail.ru

Gladkov Andrey Vladimirovich, high teacher of department PMIMM SKFU. Ph. (8905) 497-53-38. E-mail: gavandrew@mail.ru

Тарасенко Василий Сергеевич, специалист по эксплуатационно-техническому обслуживанию (ЭТО) сектора эксплуатации ИТ инфраструктуры учебных корпусов эксплуатационно-технического отдела средств вычислительной техники управления информатизации СКФУ. Тел. (8652) 33-02-82 доб. 49-32. E-mail: tarasenkovs@mail.ru

Tarasenko Vasily Sergeyevich, specialist in the plant service (PS) of a sector of maintenance of IT of infrastructure of the educational casing of the plant department of computer aids of control of informatization of SKFU. Ph. (8652) 33-02-82 of ext. 49-32. E-mail: tarasenkovs@mail.ru

Шапошников Алексей Вячеславович, кандидат технических наук, доцент кафедры ПМиММ СКФУ. Тел. (8652) 33-02-82 доб. 49-32. E-mail: ashaposhnikov@ncfu.ru

Shaposhnikov Alexey Vyacheslavovich, Candidate of Technical Sciences, associate professor PMIMM SKFU. Ph. (8652) 33-02-82 of ext. 49-32. E-mail: ashaposhnikov@ncfu

Дата поступления в редакцию: 07.06.2018 г.
После доработки: 12.01.2019 г.
Дата принятия к публикации: 01.06.2019 г.

А. Б. Чебоксаров [A. B. Cheboksarov]
В. А.Чебоксаров [V. A. Cheboksarov]
Б. А. Казаров [B. A. Kazarov]
Н. П. Хариш [N. P. Kharish]

УДК 519.711.3
DOI 10.33236/2307-910X-2019-2-26-46-53

О ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДА РАЗДЕЛЕНИЯ ПЕРЕМЕННЫХ ПРИ НАХОЖДЕНИИ РЕШЕНИЙ НЕЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

ON APPLICATION OF THE METHOD OF SEPARATION OF VARIABLES TO FIND SOLUTIONS OF NONLINEAR DIFFERENTIAL EQUATIONS

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет», г. Ставрополь, Россия

Аннотация. *Настоящая работа посвящена весьма актуальному для занимающихся математической физикой вопросу, – некоторых аспектах методики решения нелинейных дифференциальных уравнений. Практически всегда при изучении природных и создании технологических процессов приходится создавать их технологические модели, а они, в свою очередь, почти всегда приводят к созданию дифференциальных уравнений и, безусловно, к необходимости отыскать их решение, по возможности, точное. Мы рассмотрим методику применения наиболее часто используемого способа решения дифференциальных уравнений, – метода разделения переменных. Новизна настоящей работы в том, что анализом применения метода, по существу, занимались мало. Проблема же заключается в том, что для нелинейных дифференциальных уравнений, а они, как правило, и являются конечным результатом моделирования процесса, решение методом разделения переменных выглядит совсем иначе, чем для линейных уравнений, гораздо сложнее. Например, при разделении переменных в дифференциальных уравнениях со степенной нелинейностью, возникает необходимость при имеющихся двух аргументах, вводить три дополнительные переменные, в результате чего появляется возможность существования нескольких вариантов решения этого уравнения, что сильно осложняет анализ процесса.*

Материалы и метод, результаты и обсуждения. *В настоящей работе обобщаются случаи применения разделения переменных. Мы рассматриваем задачи с различными видами нелинейностей и для каждого случая предлагаем оптимальный метод разделения переменных. Начинаем с рассмотрения стандартных методов, например, метода Фурье при решении задачи о теплопереносе от точечного источника тепла, когда описывающее процесс дифференциальное уравнение имеет степенную нелинейность. Затем рассматриваем менее тривиальный случай, волновое уравнение с нелинейностью в экспоненте. При рассмотрении этого уравнения нашим методом удаётся получить точные решения. Далее, рассматриваем случай с логарифмической нелинейностью, в котором, после некоторых нестандартных преобразований, удаётся получить вид, доступный для применения стандартных, описанных в литературе, методик. Далее переходим к случаю со степенной нелинейностью, когда при решении применяются специальные методики. Случай рассматривается подробно, с анализом производимых преобразований. Обобщая применение метода разделения переменных в классическом проявлении, делаем вывод, что оно становится возможным только при выполнении некоторых дополнительных условий. Для подтверждения этого, рассматриваем модель вязкой жидкости, описываемую дифференциальным уравнением четвёртого порядка относительно тока жидкости и параболическое уравнение второго порядка, описывающее процесс массопереноса.*

Можно сделать вывод, что метод разделения переменных для решения нелинейных дифференциальных уравнений обладает безусловными преимуществами, такими как широкая область применения, чётко прослеживаемый алгоритм использования и надёжность результатов.

Заключение. *В работе исследована методика применения способа разделения переменных для решения нелинейных дифференциальных уравнений. Рассмотрены все случаи возможного использования метода. Считаем, что данная работа может быть полезна для специалистов, занимающихся математическим моделированием и для молодых учёных.*

Ключевые слова: математическое моделирование, теория нелинейных процессов, нелинейные дифференциальные уравнения, метод разделения переменных, функционально - дифференциальные уравнения.

Abstract. *This work is devoted to a very topical issue for those engaged in mathematical physics-some aspects of the method of solving nonlinear differential equations. Almost always, when studying natural and creating technological processes, it is necessary to create their technological models, and they, in turn, almost always lead to the creation of differential equations and, of course, to the need*

to find their solution, if possible, accurate. We consider the method of application of the most commonly used method of solving differential equations - the method of separation of variables. The novelty of this work is that the analysis of the application of the method, in fact, engaged in a little. The problem is that for nonlinear differential equations, which are usually the final result of modeling the process, the solution by the method of separating variables looks quite different than for linear equations, much more difficult. For example, when separating variables in differential equations with power nonlinearity, there is a need for the existing two arguments, to introduce three additional variables, resulting in the possibility of several options for solving this equation, which greatly complicates the analysis of the process.

Materials and method, results and discussions. *In this paper, we generalize the cases of using variable separation. We consider problems with different types of nonlinearities and for each case we propose an optimal method of separating variables. We begin by considering standard methods, for example, the Fourier method in solving the problem of heat transfer from a point heat source, when the differential equation describing the process has a power nonlinearity. Then we consider the less trivial case, the wave equation with nonlinearity in the exponent. When considering this equation, our method is able to obtain accurate solutions. Next, we consider the case of logarithmic nonlinearity, in which, after some non-standard transformations, it is possible to obtain a form available for the application of standard methods described in the literature. Next, we turn to the case with power nonlinearity, when special methods are used in the solution. The case is considered in detail, with the analysis of the transformations. Generalizing the application of the method of separation of variables in the classical manifestation, we conclude that it becomes possible only under certain additional conditions. To confirm this, we consider a viscous fluid model described by a fourth-order differential equation with respect to the fluid current and a second-order parabolic equation describing the mass transfer process.*

It can be concluded that the method of variable separation for solving nonlinear differential equations has unconditional advantages, such as a wide range of applications, a clearly traceable algorithm of use and the reliability of the results.

Conclusion. *The method of application of the method of separation of variables for the solution of nonlinear differential equations is investigated. All cases of possible use of the method are considered. We believe that this work can be useful for specialists involved in mathematical modeling and for young scientists.*

Key words: mathematical modeling, theory of nonlinear processes, nonlinear differential equations, method of variable separation, functional differential equations.

Математическое моделирование природных и технологических процессов почти всегда приводит к созданию дифференциальных уравнений и, естественно, к необходимости найти их решение. В случае, когда дифференциальное уравнение линейно, наиболее часто пользуютсяметодом решения, известным как метод разделения переменных. Он подробно описан в великом множестве учебников по математическому анализу. Для нелинейных дифференциальныхуравнений эта процедура выполняется несколько иначе, сложнее.

Известно довольно много случаев применения метода разделения переменных для нахождения аналитического решения дифференциальных уравнений в частных производных, когда алгоритм решения совершенно другой, чем для решения линейного дифференциального уравнения. В частности, при разделении переменных в дифференциальном уравнении со степенной нелинейностью, возникает необходимость вводить три функции при имеющихся двух аргументах. Вследствие этого, возникает возможность существования нескольких вариантов решения функционально-дифференциального уравнения.

В работах [1: 259; 6: 12 - 19; 8: 143; 10: 39 и др.] рассматриваются различные виды нелинейных дифференциальных уравнений (в частности, с квадратичной нелинейностью),когда аналитическое решение находится путём перестановки независимых переменных, если число слагаемых в соотношениях разделения больше двух. Хорошо известны методы функционального разделения переменных, используемые при решении уравнений вида

$$\frac{\partial^2 w}{\partial t^2} \pm \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = f(w)\cdot$$

Иногда решение для нелинейного дифференциального уравнения ищут в виде произведения независимых аргументов

$$u(x,t) = X(x)\cdot T(t) \tag{1}$$

или суммы независимых аргументов

$$u(x,t) = X(x) + T(t) \tag{2}$$

По стандартной схеме решения, (1) или (2) подставляют в рассматриваемое нелинейное дифференциальное уравнение и получают равенство двух соотношений для разных аргументов, значение которого равно неопределённой постоянной. В результате получают обыкновенные дифференциальные уравнения для искомых величин.

В настоящей работе мы постараемся обобщить случаи применения метода разделения переменных.

Случай 1. При рассмотрении задачи о точечном источнике тепла возникает дифференциальное уравнение теплопроводности со степенной нелинейностью

$$u_t = a(u^k u_x)_x. \tag{3}$$

Разделяя переменные, приходим к следующим выражениям:

$$\frac{T_t}{T^{k+1}} = C; \qquad \frac{a\left(X^k \cdot X_x\right)_x}{X} = C \tag{4}$$

Для решения этих уравнений и последующего нахождения искомой функции $u(x, t)$ применяем стандартный метод Фурье [1:257; 6:308 - 312].

Для нелинейных дифференциальных уравнений, которые можно представить в виде

$$f_1(x)\partial_1(t)\Pi_1(u) + f_2(x)\partial_2(t)\Pi_2(u) + \ldots + f_m(x)\partial_m(t)\Pi_m(u) = 0, \tag{5}$$

где выражения $\Pi_i(u)$ есть функции, рассматриваемые как произведения как произведения целых неотрицательных степеней переменной u и ее частных производных $u_x, u_t, u_{xx}, u_{xt}, u_{tt}, u_{xxx}$, можно найти точные аналитические решения, имеющие следующий вид

$$u(x,t) = X_1(x)\cdot T_1(t) + X_2(x)\cdot T_2(t) + \ldots + X_n(x)\cdot T_n(t), \tag{6}$$

Для нахождения их, выражение (5) подставляют в (6). Чтобы найти $X_i(x)$ и $T_i(t)$, используют уравнение

$$\Phi_1(X)\Psi_1(T) + \Phi_2(X)\Psi_2(T) + \ldots + \Phi_k(X)\Psi_k(T) = 0, \tag{7}$$

где $\Phi_i(X)$ и $\Phi_j(T)$ зависят от x и t:

$$\Phi_j(X) \equiv \Phi_j(x, X_1, X_{1x}, X_{1xx}, \ldots, X_n, X_{nx}, X_{nxx}), \tag{8}$$

$$\Psi_j(T) \equiv \Psi_j(t, T_1, T_{1x}, T_{1xx}, \ldots, T_n, T_{nt}, T_{ntt}) \tag{9}$$

Случай 2. Рассмотрим волновое уравнение с экспоненциальной нелинейностью

$$u_{tt} = a(e^{\lambda U} u_x)_x. \tag{10}$$

Используя (7), можно получить точное решение этого уравнения. Для этого подставляем (7) в (10) и делим обе части уравнения на экспоненту $exp(\lambda T)$, в результате получаем два уравнения

$$e^{-\lambda T} T_{tt} = C; \qquad a(e^{\lambda X} X_x)_x = C. \tag{11}$$

Дальше – по стандартнойметодике.

Случай 3. Предположим, что необходимо исследовать математическую модельтеплопереноса в анизотропной среде, когда температурная зависимость мощности источника тепла логарифмическая. Уравнение такого процесса может быть записано так

$$\left[f(x)u_x\right]_x + \left[\partial(y)u_y\right]_y = au\ln u. \tag{12}$$

Решение этого уравнения – функция $u(x,y)$ можно представитьследующим выражением

$$u(x,y) = X(x)\cdot Y(y). \tag{13}$$

Подставив (13) в (12), разделим обе части на (X ·Y) и перераспределив слагаемые $aXY\ln(XY) = aXY\left(\ln X + \ln Y\right)$, мы получим два таких уравнения

$$\frac{1}{X}\left[f(x)X_x\right]_x - a\ln X = C, \tag{14}$$

$$\frac{1}{Y}\left[\ddot{a}(y)Y_y\right]_y - a\ln Y = -C. \tag{15}$$

От вида функций f(x) и f(y) зависит возможность нахождения точных аналитических решений этих уравнений. Дальше – по стандартной методике [1: 254;4: 63 - 65; 6: 179 - 180].

Случай 4. Здесь будем рассматривать гораздо более сложное дифференциальное уравнение со степенной

$$u_t = f(t)u_{xx} + uu_x^2 - au^3. \tag{16}$$

Для разделения переменных в этом случае, применим уравнение (7). Вычислим производныеи, подставляя их в выражение (15),почленно разделим полученное уравнение на произведение $f(x)X(x)T(t)$:

$$\frac{T_t}{fT} = \frac{X_{xx}}{X} + \frac{X^2}{f}\left(X_x^2 - aX^2\right). \tag{17}$$

В общем виде данное соотношение представить в виде равенства функций от*различных* независимых переменных *x* и *t*нельзя. Но это не значит, что решения$X(x)$ и $T(t)$ найти нельзя. Просто для этого необходимо применять некоторые специальные методики.Тогда становиться возможным нахождение несколько видов решений для различных значений параметра *a*.

1. Выражение(17)для *положительных* значений, *a* имеет следующие решения

$$X(x) = C\exp(\pm x\sqrt{a}); \qquad T(t) = \exp\left[a\int f(t)dt\right], \tag{18}$$

Здесь *C* – неопределённая постоянная. Решения (18) для $X(x)$ превращают выражение, стоящее в правой части уравнения (17) в скобках, в нуль.Благодаря этому становится возможным разделить переменные и закончитьнахождение решения уравнения (16), используя стандартный алгоритм.

2. Для случая, когда значение параметра*a неотрицательно*, уравнение (17) имеет решения вида:

$$X(x) = C_1\exp(x\sqrt{a}) + C_2\exp(-x\sqrt{a}), \tag{19}$$

$$T(t) = e^F(C_3 + 8aC_1C_2\int e^{2F}dt)^{-\frac{1}{2}},\ F = a\int f(t)dt, \tag{20}$$

здесь параметры C_1, C_2, C_3есть неопределённые постоянные, а функция $X(x)$ имеет такое свойство, что различные комбинации величин, входящих в (17) и зависящие от переменной *x*, равны одновременно некоторым постоянным величинам:

$$\frac{X_{xx}}{X} = const, \quad X_x^2 - aX^2 = const \tag{21}$$

Данные условия и позволяют намосуществить разделение переменных.

Обратим внимание и на тот факт, что функция T(t) из уравнения (20) удовлетворяет уравнению T_t, известному как уравнениеБернулли: $T_t = af(t)T - 4aC_1C_2T^3$.

3. Рассмотрим теперь решения уравнения (18) (и, конечно, (19) при *отрицательных* значениях параметра *a*:

$$X(x) = C_1\exp(x\sqrt{-a}) + C_2\cos(x\sqrt{-a}), \tag{22}$$

$$T(t) = e^F\left[C_3 + 2a(C_1^2 + C_2^2)\int e^{2F}dt\right]^{-\frac{1}{2}},\ F = a\int f(t)dt, \tag{22A}$$

здесь C_1, C_2, C_3 – неопределённые постоянные. Функция $X(x)$ в (22) обладает следующим свойством: что обе комбинации величин в (17), зависящие от аргумента *x*, есть постоянные величины. Выражение (22А) тоже удовлетворяет уравнению Бернулли $T_t = af(t)T - a(C_1^2 + C_2^2)T^3$, как и уравнение (20).

Можно отыскать и другие случаи использования метода разделения переменных, хотя и вышеизложенного хватает, чтобы привести ряд обобщений.

Из рассмотренного обзора литературных источников [2: 84; 3: 237 - 240; 4: 63 - 67; 5: 179 - 180; 7: 47 - 49; 9: 39] можно сделать вывод, что для решения дифференциальных уравнений в частных производных, вполне успешно используется метод разделения переменных в классическом проявлении, или некоторых его усовершенствованиях. Однако, выбор способа разделения переменных можно произвести, только если имеетсяконкретное уравнение, причём, в рамках конкретной задачи. Более того, разделение переменных зачастую возможна только при выполнении некоторых определённых, дополнительных условий (см. Случай 4).

Случай 5. Рассмотрим математическую двухмерную модель вязкой несжимаемой жидкости. Для упрощения предположим, что она стационарна.Модель сводится к одному нелинейному дифференциальному уравнению четвертого порядка относительно функции токажидкости [1: 260,6: 338; 7: 52; 10: 712].

$$u_y(\Delta u)_x - u_x(\Delta u)_y = \nu\Delta\Delta u, \quad \Delta u = u_{xx} + u_{yy} \tag{23}$$

Решение (23) будем искать в виде суммы двух переменных

$$u(x, y) = X(x) + Y(y). \tag{24}$$

Подставив(24) в (23), получим

$$T_y \cdot X_{xxx} - X_x Y_{yyy} = \nu X_{xxxx} + \nu Y_{yyyy}. \tag{25}$$

Продифференцировав обе части (25) по переменным *x* и *y*, получим уравнение с разделяющимися переменными [4: 66;5: 181; 9: 42]:

$$Y_{yy} \cdot X_{xxxx} - X_{xx} Y_{yyyy} = 0. \tag{26}$$

Разберём сначала *невырожденный случай.* Допустим, что вторые производные $X_{xx} \not\equiv 0$ и $Y_{yy} \not\equiv 0$. Тогда, после разделения переменных получаем два уравнения

$$X_{xxxx} = CX_{xx}, \tag{27}$$

$$Y_{yyyy} = CY_{yy}. \tag{28}$$

Вид решений этих уравнений, очевидно, зависит от величины неопределённой постоянной*C*.

1) Предположим, что*C* = 0, тогда решения (27) и (28)будут иметь вид полиномов

$$\begin{aligned} X(x) &= A_1 + A_2 x + A_3 x^2 + A_4 x^3, \\ Y(y) &= B_1 + B_2 y + B_3 y^2 + B_4 y^3 \end{aligned} \tag{29}$$

здесь A_k, B_k ($k = 1, 2, 3, 4$) – неопределённые постоянные.

Подставляя (29) в (25), получаемтакие варианты возможных значений неопределённых постоянных

$A_4 = B_4 = 0, \quad A_n, B_n$ *(*$n = 1,2,3$*) – любые,*

$A_k = 0, \qquad B_k$ *(*$k = 1,2,3,4$*) – любые,*

$B_k = 0, \qquad A_k$ *(*$k = 1,2,3,4$*) – любые.*

Первые два комплекта констант определяют два решения уравнения (23) второй и третьей степени по *x* и *y* [1: 254; 3: 239; 4: 64; 5: 181].

$$u(x, y) = C_1 x^2 + C_2 x + C_3 y^2 + C_4 y + C_5,$$

$$u(x, y) = C_1 y^3 + C_2 y^2 + C_3 y + C_4.$$

здесь $C_1, \ldots, C_5$ – неопределённые постоянные.

2) Предположим теперь, что $C = \lambda^2 > 0$. В этом случае решение (27), (28) будут такими

$$\begin{aligned} X(x) &= A_1 + A_2 x + A_3 e^{\lambda x} + A_4 e^{-\lambda x}, \\ Y(y) &= B_1 + B_2 y + B_3 e^{\lambda y} + B_4 e^{-\lambda y}. \end{aligned} \tag{30}$$

Подставив (30) в (25), сократив на λ^3 и приводя подобные слагаемые, получим следующее выражение

$$A_3(\nu\lambda - B_2)e^{\lambda x} + A_4(\nu\lambda + B_2)e^{-\lambda x} + B_3(\nu\lambda + A_2)e^{\lambda y} + B_4(\nu\lambda - A_2)e^{-\lambda x} = 0$$

Приравнивая коэффициенты при экспонентах к нулю, получим такие варианты значений констант (остальные постоянные могут пока остаться неопределёнными):

вариант 1 $A_3 = A_4 = B_3 = 0, \quad A_2 = \nu\lambda$,

вариант 2 $A_3 = B_3 = 0, A_2 = \nu\lambda, \quad B_2 = -\nu\lambda$,

вариант 3 $A_3 = B_4 = 0, A_2 = -\nu\lambda, \quad B_2 = -\nu\lambda$.

Эти комплектыконстант определяют следующие три решения (23) в форме (24):

$$u(x, y) = C_1 e^{-\nu\lambda} + C_2 y + C_3 + \nu\lambda x,$$

$$u(x, y) = C_1 e^{-\nu\lambda} + \nu\lambda x + C_2 e^{-\lambda y} - \nu\lambda y + C_3,$$

$$u(x, y) = C_1 e^{-\nu\lambda} - \nu\lambda x + C_2 e^{\lambda y} - \nu\lambda y + C_3,$$

здесь λ, C_1, C_2, C_3 – произвольные постоянные.

3) Предположим теперь, что $C=\lambda^2<0$.В этом случае решения (27), (28) будут такими

$$X(x)=A_1+A_2x+A_3\cos(\lambda x)+A_4\sin(\lambda x),$$
$$Y(y)=B_1+B_2y+B_3\cos(\lambda y)+B_4\sin(\lambda y). \quad (31)$$

Подставляя(31) в (26), мы не получаем новых действительных решений.

Рассмотримтеперь *вырожденные случаи.* Если $X_{xx}\equiv 0$ и $Y_{yy}\equiv 0$, то уравнение (26) превращается в тождество для любых $Y(y)$ и $X(x)$, то есть каждый случай необходимо рассматривать самостоятельно. Например, при $X_{xx}\equiv 0$ мы получаем $X(x)=Ax+B$, где A и B – произвольные константы. Подставляя $X(x)=Ax+B$ в (26), мы получаем уравнение $-AY_{yyy}=\nu Y_{yyyy}$. Общее решение для этого уравнения будет иметь вид

$$Y(y)=C_1\exp\left(\frac{-Ay}{\nu}\right)+C_2y^2+C_3y+C_4\cdot$$

В результате мынаходим еще одно решение [7: 49] уравнения (23) в форме (24):

$$u(x,y)=C_1e^{-\lambda y}+C_2y^2+C_3y+C_4+\nu\lambda x;\ \left(A=\nu\lambda,\ B=0\right).$$

Случай 6. Рассмотрим математические моделидля процессов переноса и исследуем, как используется метод дифференцирования при нахождении решения нелинейного параболического уравнения второго порядка [2: 86;5: 181; 6: 19;9: 40]

$$u_t=auu_{xx}+bu_x^2+C. \quad (32)$$

Чтобы решить это уравнение, используем способ разделения переменных с применением:

$$U(x,t)=T(t)+\psi(t)\cdot X(x) \quad (33)$$

Подставив (33) в (32), получим

$$T_t-c+\psi_tX=a\psi TX_{xx}+\psi^2\left[aXX_{xx}+b\left(X_x\right)^2\right] \quad (34)$$

Разделим обе части (34) на ψ^2, а потомбудем дифференцировать поx иt. Получится выражение

$$\left(\frac{\psi_t}{\psi^2}\right)_t X_x=a\left(\frac{T}{\psi}\right)_t\cdot X_{xxx}\cdot$$

Разделив в этом уравнении переменные, получим к два дифференциальных уравнения с произвольной константой K:

$$X_{xxx}=KX_x, \quad (35)$$

$$\left(\frac{\psi_t}{\psi^2}\right)_t=aK\left(\frac{T}{\psi}\right)_t \quad (36)$$

Общее решение (35) имеет вид:

$$X(x)=\begin{cases}A_1x^2+A_2x+A_3 & при\ K=0,\\ A_1e^{\lambda x}+A_2e^{-\lambda x}+A_3 & при\ K=\lambda^2>0,\\ A_1\sin(\lambda x)+A_2\cos(\lambda x)+A_3 & при\ K=-\lambda^2<0,\end{cases} \quad (37)$$

здесь A_1, A_2, A_3 – неопределённые постоянные. Интегрируя (36), получим

$$T(t)-\text{любая функция},\ \psi(t)=\frac{B}{t+C_1},\ B=const,\ при\ K=0,$$
$$\psi(t)-\text{любая функция},\ T(t)=B\psi+\frac{1}{aK}\cdot\frac{\psi_t}{\psi},\ при\ K=0. \quad (38)$$

Подставив (37) и (38) в (34) и избавляясь от некоторых постоянных, определимвид функций $T(t)$ и $\psi(t)$. В результатенаходим $u(x, t)$ для различных соотношений между a и b и различных K.

1) $a\neq -b, a\neq -2b, (K=0); C_1, C_2, C_3-const$:

$$u(x,t)=\frac{c(a+2b)}{2(a+b)}\left(t+C_1\right)+C_2\left(t+C_1\right)^{-\frac{a}{a+2b}}-\frac{(x+C_3)^2}{2(a+2b)\cdot(t+C_1)}\cdot$$

2) $b=-a, (K=\lambda^2>0)$:

$$u(x,t)=\frac{1}{a\lambda^2}\cdot\frac{\psi_t}{\psi}+\psi\left(A_1e^{\lambda x}+A_2e^{-\lambda x}\right),$$

где ψ(t) находим как решение дифференциального уравнения

$$Z_{tt}=ac\lambda^2+4a^2\lambda^4A_1A_2e^{2Z},\quad \psi=e^{Z},$$

решение которого представляется в неявной форме. В случае, если $A_1 = 0$ или $A_2 = 0$, найдём, что $\psi=C_1\exp\left(\frac{1}{2}ac\lambda^2t^2+C_2t\right)$.

3) $b=-a,(K=-\lambda^2<0)$:

$$u(x,t)=-\frac{1}{a\lambda^2}\cdot\frac{\psi_t}{\psi}+\psi\left[A_1\sin(\lambda x)+A_2\cos(\lambda x)\right],$$

где ψ(t) найдём из выражения

$$Z_{tt}=-ac\lambda^2+a^2\lambda^4(A_1^2+A_2^2)e^{2Z},\quad \psi=e^{Z}.$$

Его решение также можно получить в неявной форме.

Методы решения (32) другими способамиизложен в [1: 257; 8: 142 - 144].

Таким образом, можно сделать вывод, что метод разделения переменных для решения нелинейных дифференциальных уравнений обладает безусловными преимуществами, такими как широкая область применения, чётко прослеживаемый алгоритм использования и надёжность результатов.

В настоящей работе мы исследовали методику применения способа разделения переменных для решения нелинейных дифференциальных уравнений. Рассмотрены все случаи возможного использования этого способа. Считаем, что данная работа может быть полезна для специалистов, занимающихся математическим моделированием и для молодых учёных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Галактионов В. А. Обобщенное разделение переменных для дифференциальных уравнений с полиномиальными правыми частями / С. А Посашков, С. Р Свирщевский // Дифференциальные уравнения. 1995. Т. 31. №2. С. 253-261.

2. Чебоксаров А. Б., Игропуло В. С. Метод обобщенного моделирования для нелинейного параболического уравнения // Вестник Ставропольского государственного университета. 2006. № 47. С. 84-87.

3. Чебоксаров А. Б. Теплоперенос в нелинейных средах и наноматериалах // Труды форума молодых ученых и выездного заседания экспертного совета по проблемам интеграции образования, науки и промышленности комитета ГД РФ «Перспективные материалы и технологии микро-, наноэлектроники» (ПМиТМН-1) ПГТУ. Пятигорск, 2009. С. 236-243.

4. Чебоксаров А. Б. Аналитическое решение нелинейных физических задач / А. Б. Чебоксаров, Ю. А. Лопухов // Материалы международной молодёжной научной конференции «Математическая физика и её приложения». Том 4. Пятигорск, 2012. С. 62-67.

5. Чебоксаров А. Б., Хариш Н. П. Математическое моделирование некоторых природных и технологических процессов // Материалы 2-й ежегодной научно-практической конференции преподавателей, студентов и молодых учёных СКФУ «Университетская наука – региону». Пятигорск: ФГАОУ ВПО «СКФУ» (филиал) в г. Пятигорске, 2014. Т.1. С. 178-183.

6. Крылов Н. В. Нелинейные эллиптические и параболические уравнения второго порядка // Наука. М., 2005. 376 с.

7. Чебоксаров А. Б., Чебоксаров В. А., Хариш Н. П. Решение одномерных нелинейных дифференциальных уравнений высших порядков методом эталонного моделирования // «Современная наука и инновации». – Ставрополь – Пятигорск: ФГАОУ ВО «СКФУ» (филиал) в г. Пятигорске, 2016. № 1 (17). С. 46-54.

8. Чебоксаров А. Б., Чебоксаров В. А., Казаров Б. А. Исследование процессов массопереноса методом эталонного моделирования // «Современная наука и инновации». Ставрополь – Пятигорск: ФГАОУ ВО «СКФУ» (филиал) в г. Пятигорске, 2018. № 1 (18). С. 53-58.

9. Drovosekova T. I. Development of a computerized model of hydrolithospheric processes // In the World of Scientific Discoveries, Series B. 2013. T. 1. № 1. C. 36-43;

10. Segur H., Ablowitz M.J. Asymptotic solutions and conservation laws for the nonlinear Schrodinger equation, part I // J.Math.Phys., 2006,Vol. 17, pp. 710-713.

REFERENCES

1. Galaktionov V. A. Obobshchennoe razdelenie peremennykh dlya differentsial′nykh uravneniy s polinomial′nymi pravymi chastyami / S. A. Posashkov, S. R. Svirshchevskiy // Differentsial′nye uravneniya. 1995. t.31. №2. S. 253-261.

2. Cheboksarov A. B., Igropulo V. S. Metod obobshchennogo modelirovaniya dlya nelineynogo parabolicheskogo uravneniya // Vestnik Stavropol′skogo gosudarstvennogo universiteta. 2006. № 47. S. 84-87.

3. Cheboksarov A. B. Teploperenos v nelineynykh sredakh i nanomaterialakh // Trudy foruma molodykh uchenykh i vyezdnogo zasedaniya ehkspertnogo soveta po problemam integratsii obrazovaniya, nauki i promyshlennosti komiteta GD RF «Perspektivnye materialy i tekhnologii mikro-, nanoehlektroniki» (PMiTMN-1) PGTU. Pyatigorsk, 2009. S. 236-243.

4. Cheboksarov A. B. Analiticheskoe reshenie nelineynykh fizicheskikh zadach / A. B. Cheboksarov, Yu. A. Lopukhov // Materialy mezhdunarodnoy molodyozhnoy nauchnoy konferentsii «Matematicheskaya fizika i eyo prilozheniya» Tom 4. Pyatigorsk, 2012. S. 62-67.

5. Cheboksarov A. B., Kharish N. P. Matematicheskoe modelirovanie nekotorykh prirodnykh i tekhnologicheskikh protsessov // Materialy 2-y ezhegodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii prepodavateley, studentov i molodykh uchyonykh SKFU «Universitetskaya nauka – regionu». Pyatigorsk. FGAOU VPO «SKFU» (filial) v g. Pyatigorske, 2014. T.1. S. 178-183.

6. Krylov N. V. Nelineynye ehllipticheskie i parabolicheskie uravneniya vtorogo poryadka // Nauka. M., 2005. 376 s.

7. Cheboksarov A. B., Cheboksarov V. A., Kharish N. P. Reshenie odnomernykh nelineynykh differentsial′nykh uravneniy vysshikh poryadkov metodom ehtalonnogo modelirovaniya // «Sovremennaya nauka i innovatsii». Stavropol′ – Pyatigorsk: FGAOU VO «SKFU» (filial) v g. Pyatigorske, 2016. № 1 (17). S. 46–54.

8. Cheboksarov A. B., Cheboksarov V. A., Kazarov B. A. Issledovanie protsessov massoperenosa metodom ehtalonnogo modelirovaniya // «Sovremennaya nauka i innovatsii». Stavropol′ – Pyatigorsk: FGAOU VO «SKFU» (filial) v g. Pyatigorske, 2018. № 1 (18). S. 53-58.

9. Drovosekova T. I. Development of a computerized model of hydrolithospheric processes// In the World of Scientific Discoveries, Series B. 2013. T. 1. № 1. S. 36-43.

10. Segur H., Ablowitz M. J. Asymptotic solutions and conservation laws for the nonlinear Schrodinger equation, part I // J.Math.Phys., 2006,Vol.17, pp. 710-713.

ОБ АВТОРАХ

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

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

Чебоксаров Виктор Александрович, СКФУ, ИСТиД (филиал) в г. Пятигорске, аспирант, кафедра «Информационной безопасности, систем и технологий», Naweron@yandex.ru

Cheboksarov Victor Aleksandrovich, NCFU, (branch) in Pyatigorsk, postgraduate, Department of Information Security, Systems and Technologies», E-mail: Naweron@yandex.ru

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

Kazarian Benjamin Agopovich, NCFU, (branch) in Pyatigorsk, Candidate of Physical Mathematical Sciences, Associate Professor, Department of Physics, Electrical Engineering and Electricity, kazarovbeniamin@mail.ru

Хариш Нелля Петровна, СКФУ, ИСТиД (филиал) в г. Пятигорске, кандидат технических наук, доцент, кафедра «Физики, электротехники и электроэнергетики», vitalj-vx@mail.ru

Kharish Nelly Petrovna, NCFU, (branch) in Pyatigorsk, Candidate of Physical Mathematical Sciences, Associate Professor, Department of Physics, Electrical Engineering and Electricity, vitalj-vx@mail.ru.

Дата поступления в редакцию: 05.06.2018 г.
После доработки: 01.01.2019 г.
Дата принятия к публикации: 01.06.2019 г.

Б. Б. Михаляев [B. B. Mikhalyaev]
Л. Н. Джимбеева [L. N. Dzhimbeeva]
Г. А. Манкаева [G. A. Mankaeva]
А. Э. Дорджиев [A. E. Dordzhiev]

УДК 519.63; 533.95
DOI 10.33236/2307-910X-2019-2-26-54-65

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МОДУЛЯЦИОННОЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ БЫСТРЫХ МАГНИТОЗВУКОВЫХ ВОЛН В МАГНИТНОЙ ТРУБКЕ

NUMERICAL MODELING OF MODULATING INSTABILITY OF FAST MAGNETOACOUSTIC WAVES IN MAGNETIC FLUX

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова», г. Элиста, Россия

Аннотация. *Мы изучаем модуляционную неустойчивость осесимметричных быстрых магнитозвуковых волн в цилиндрической магнитной трубке. Движение плазмы описывается уравнениями идеальной магнитной гидродинамики в приближении так называемой холодной плазмы, когда в уравнениях не учитывается газовое давление. Для описания поведения огибающей несущей волны используется нелинейное уравнение Шрёдингера. Оно решается численно для различных значений волновых параметров с помощью конечно-разностной схемы Кранка-Николсона. При этом учитываются дисперсионные свойства несущей волны. Получены значения параметров, для которых имеет место модуляционная неустойчивость. Рассматривается поведение решений в таких случаях.*

Методы, результаты и обсуждения. *В данной работе численно решается методом прогонки задача Коши для нелинейного уравнения Шрёдингера, записанного в системе отчета, движущейся с групповой скоростью. Динамику корональной плазмы описываем уравнениями идеальной магнитной гидродинамики в приближении сильного поля или холодной плазмы. Получены дисперсионные кривые и кривые зависимости групповой скорости от волнового числа для фундаментальной моды. Коэффициенты нелинейного уравнения Шрёдингера определяются параметрами и структурой магнитозвуковой модой трубки. Модуляция обусловлена аксиально-симметричными колебаниями трубки вследствие колебаний плотности плазмы, которые имеют квазипериодический характер.*

Заключение. *Проведено численное исследование модуляционной неустойчивости аксиально-симметричной быстрой магнитозвуковой моды цилиндрической магнитной трубки. Данная мода широко используется в физике плазмы для объяснения наблюдаемых пульсаций микроволнового излучения плазмы. Показано, что неустойчивость регулярной волны модуляции в виде цуга одинаковых волн более эффективна в случае волн большой амплитуды. Такой же вывод следует из теоретических оценок. Поведение волны модуляции в виде локализованного волнового пакета существенно различно для длинноволновой и коротковолновой области.*

Ключевые слова: односолитонное решение, монохроматическая волна, нелинейное уравнение Шрёдингера, модуляционная неустойчивость, метод прогонки, точки отсечки, дисперсионные кривые, осесимметричная быстрая магнитозвуковая мода.

Abstract. *We study a modulation instability of axi-symmetric fast magnetosonic waves trapped by a cylindrical magnetic flux tube. The plasma motion is described by the ideal magnetohydrodynamic equations in so-called cold plasma approximation where the gas pressure is neglected. Nonlinear Schrödinger equation is used for describing the nonlinear evolution of an envelope of a carrier wave. It is calculated numerically by the Crank-Nicolson finite difference scheme for various values of wave parameters. Dispersion properties of the carrier wave are taken into account. Values of wave parameters are derived for which the modulation instability takes place. Solutions of Nonlinear Schrödinger equation for that values are discussed.*

Methods and results. *In this paper, the Cauchy problem for the nonlinear Schrödinger equation written in a report system moving at a group speed is solved numerically by the sweep method. We describe the dynamics of coronal plasma by the equations of ideal magnetic hydrodynamics in the approximation of a strong field or a cold plasma. The dispersion curves and the curves of the dependence of the group velocity on the wave number for the fundamental mode are obtained. The coefficients of the nonlinear Schrödinger equation are determined by the parameters and structure of the magnetosonic mode of the tube. Modulation is due to axially symmetric tube oscillations due to fluctuations in plasma density, which are quasiperiodic.*

Conclusion. *A numerical study of the modulation instability of the axially symmetric fast magnetosonic mode of a cylindrical magnetic tube is carried out. This mode is widely used in plasma physics to explain the observed pulsations of plasma microwave radiation. It is shown that the instability of a regular modulation wave in the form of a Zug of identical waves is more effective in the case of waves*

of large amplitude. The same conclusion follows from theoretical estimates. The behavior of the modulation wave in the form of a localized wave packet is significantly different for the long-wave and short-wave region.

Key words: single-solution solution, monochromatic wave, nonlinear Schrödinger equation, modulation instability, sweep method, cut-off points, dispersion curves, axisymmetric fast magnetosonic mode.

Введение. Модуляционная неустойчивость есть один из важнейших физических эффектов нелинейной теории волн [1 , 2]. Она проявляет себя, в частности, как изменение амплитуды монохроматической волны, имеющее периодический или квазипериодический характер. По мере развития модуляционной неустойчивости первоначально регулярно распределенный цуг волн усложняется и приобретает вид волнового пакета – чередования отдельных волн различной амплитуды. В результате появляются колебания с дополнительными частотами, то есть происходит усложнение спектра.

Рассмотрим линейную монохроматическую волну

$$v(z,t) = Ae^{ikz-i\omega t} \quad (1)$$

с амплитудой A, волновым числом k и частотой ω. Последние два параметра являются вещественными и связаны между собой дисперсионным уравнением

$$\omega = \omega(k), \quad (2)$$

вид которого определяется физическими свойствами конкретной волны. Амплитуда, вообще говоря, является комплекснозначной. Для волнового пакета амплитуда будет некоторой функцией $A(z,t)$ – огибающей или волной модуляции, удовлетворяющей уравнению [3-5]

$$i(A_t + V_g A_z) + \alpha A_{zz} = 0, \quad (3)$$

$$V_g = \frac{d\omega}{dk}, \alpha = \frac{1}{2}\frac{d^2\omega}{dk^2}. \quad (4)$$

В слабонелинейном приближении, если принимать во внимание нелинейные члены до третьего порядка, это уравнение дополняется кубической нелинейностью:

$$i(A_t + V_g A_z) + \alpha A_{zz} + \beta|A|^2 A = 0, \quad (5)$$

где параметр β является веществennозначной функцией $\beta(k)$, определяемой конкретным характером нелинейности. Величина V_g есть групповая скорость волнового пакета. В слабонелинейном приближении волна модуляции $A(z,t)$ есть медленно меняющаяся функция в сравнении с экспонентой в формуле (1), которая по отношению к волне модуляции имеет название несущей волны.

В системе отсчета, движущейся с групповой скоростью, уравнение сводится к виду уравнения Шредингера

$$iA_t = -\alpha A_{zz} - \beta|A|^2 A, \quad (6)$$

с «потенциалом» $-\beta|A|^2$. Этот потенциал обусловлен самой волной, и здесь мы имеем дело с явлением «самовоздействия» волны. Уравнение (5) носит название нелинейного уравнения Шредингера. Самовоздействие волны, заложенное в этом уравнении, приводит к нелинейным эффектам, в том числе – модуляционной неустойчивости, которая в данном ключе может рассматриваться как самомодуляция [5].

Подобное явление имеет место в самых различных физических процессах, от гидродинамики до оптики и физики плазмы. Явление самомодуляции наблюдается в поведении внутренних гравитационных волн в океане [6]. Возможно, и появление так называемого «девятого вала» или отдельной большой волны на воде во время шторма обусловлено именно модуляционной неустойчивостью ветровых волн [5]. Модуляционная неустойчивость рассматривается также при изучении процессов распространения электромагнитных волн в световодах [7, 8] и многих других физических задачах.

В настоящей работе исследуется поведение нелинейных быстрых магнитозвуковых волн в цилиндрической магнитной трубке. Рассматриваются осесимметричные быстрые магнитозвуковые колебания, заключенные в трубке, то есть захваченные волны. Ранее в слаболинейном приближении получено нелинейное уравнение Шредингера, описывающее волну модуляции для этих волн [9, 10]. Здесь мы проводим анализ модуляционной неустойчивости посредством построения волны модуляции, для чего нелинейное уравнение Шредингера решается численно. Учитываются дисперсионные свойства несущей волны.

Нелинейное уравнение Шредингера

Переходя в уравнении (5) к движущейся системе отсчета, о которой уже говорилось, и произведя масштабное преобразование, можно получить каноническое выражение для нелинейного уравнения Шредингера (НУШ)

$$iu_t + u_{zz} + p|u|^2u = 0, \qquad u = u(z,t). \tag{7}$$

НУШ относится к классу вполне интегрируемых нелинейных уравнений математической физики, в частности, интегрируемых методом обратной задачи теории рассеяния [2, 3]. Характерным свойством таких уравнений является существование особых решений, имеющих вид одной или нескольких уединенных волн и называемых солитонами.

Односолитонное решение уравнения (7) существует для значений параметра $p > 0$ и записывается в виде [11]

$$u(z,t) = \pm C_1\sqrt{\frac{2}{p}}\frac{\exp[iC_2z + i(C_1^2 - C_2^2)t]}{\cosh(C_1z - 2C_1C_2t)}, \tag{8}$$

где C_1 и C_2 есть произвольные вещественные постоянные. Очевидно, оно представляет собой модулированную монохроматическую волну, амплитуда которой описывается быстроубывающей функцией. Волна оказывается локализованной в окрестности точки $z - 2C_2t = 0$ на оси z, которая со временем перемещается со скоростью $2C_2$. При этом огибающая не меняет своей формы.

С формальной точки зрения условие $p > 0$ приводит к появлению в уравнении «потенциала» в виде ямы $-p|u|^2$, которая способствует образованию локализованной волны. Для монохроматической волны такой ямы нет, но любое малое возмущение амплитуды ведет к ее образованию, что, в свою очередь, будет способствовать к локализации возмущения и еще большему его увеличению. Таково объяснение причин рождения модуляционной неустойчивости. Для уравнения (5) условие модуляционной неустойчивости приобретает вид

$$\alpha\beta > 0, \tag{9}$$

известный в теории волн как условие Лайтхилла [5]. Оно означает, что уравнение имеет эллиптический тип и поэтому решение задачи Коши для него является неустойчивым. Таковы формально – математические причины модуляционной неустойчивости, которая имеет другое название неустойчивости Бенджамина – Фейра.

С волновой точки зрения здесь происходит нелинейное взаимодействие несущей волны заданной частоты ω с двумя волнами-сателлитами с близкими частотами, расположенными симметрично относительно основной: $\omega_\pm = \omega \pm \Delta\omega, \Delta\omega \ll \omega$. При этом энергия несущей волны передается двум дополнительным, и происходит их рост [5]. Взаимодействие здесь имеет вид четырех волнового взаимодействия с условиями синхронизма

$$2\omega = \omega_+ + \omega_-, \qquad 2\,k(\omega) = k(\omega_+) + k(\omega_-). \tag{10}$$

Близость частот проявляется в том, что результирующее волновое распределение имеет форму модулированной волны.

Для оценки эффективности модуляционной неустойчивости рассмотрим неустойчивость пространственно-однородного решения [5]. В уравнении (11) перейдем к движущейся системе отсчета

$$iA_t + \alpha A_{zz} + \beta|A|^2A = 0, \tag{11}$$

Запишем решение в виде $A = ae^{i\phi}$ с вещественными функциями $a = a(z,t)$ и $\phi = \phi(z,t)$. Подставляя его в уравнение (11), получим

$$-a\phi_t + \alpha(a_{zz} - a(\phi_z)^2) + \beta a^3 = 0. \tag{12}$$

$$a_t + \alpha(2a_z\phi_z + a\phi_{zz}) = 0. \tag{13}$$

Полученные уравнения (12) и (13) тождественны уравнению (11) и представляют его вещественную форму. Рассмотрим пространственно-однородное решение: $a_z = 0, \phi_z = 0$. Из уравнений следует

$$a_t = 0, \qquad \phi_t = \beta a^2, \tag{14}$$

то есть решение имеет вид

$$A = a_0e^{i\beta a_0^2t}, a_0 - \text{const}. \tag{15}$$

Оно описывает монохроматическую волну с частотой

$$\Omega = \beta a_0^2. \tag{16}$$

Проверим его на устойчивость. Для этого рассмотрим малые возмущения величин, которые мы положили быть постоянными: $a = a_0 + \tilde{a}(z,t), \phi_z = \tilde{K}(z,t)$. Перепишем уравнения (12) и (13) в терминах функций a и $K = \phi_z$

$$K_t + 2\alpha K K_2 = \alpha\left(\frac{a_{zz}}{a}\right)_z + 2\beta a a_z, \tag{17}$$

$$(a^2)_t + 2\alpha(a^2K)_z = 0. \tag{18}$$

Линеаризуя полученные уравнения, находим уравнения для малых возмущений

$$\tilde{K}_t = \alpha\frac{\tilde{a}_{zzz}}{a_0} + 2\beta a_0\tilde{a}_z, \tag{19}$$

$$\tilde{a}_t + \alpha a_0\tilde{K}_z = 0. \tag{20}$$

Записав отсюда условие совместности для функции $\tilde{K}$, получим уравнение для $\tilde{a}$:

$$\tilde{a}_{tt} + 2\alpha\beta a_0^2\tilde{a}_{zz} + (\alpha)^2\tilde{a}_{zzzz} = 0. \tag{21}$$

Уравнение имеет волновые решения. Для решения вида $\tilde{a} \sim e^{\gamma t + ilz}$ получим соотношение

$$\gamma^2 = 2\alpha\beta a_0^2 l^2 - \alpha^2 l^4. \tag{22}$$

Если выполнен критерий Лайтхилла, полученное соотношение допускает положительные вещественные значения параметра γ, что ведет к росту возмущения. Неустойчивыми являются возмущения с волновыми числами из интервала $-l_0 < l < l_0$, $l_0^2 = 2\beta a_0^2/\alpha$. Инкремент неустойчивости принимает наибольшее значение γ_m при $l = l_m$,

$$\gamma_m = \beta a_0^2, \qquad l_m^2 = \frac{\beta a_0^2}{\alpha}. \tag{23}$$

Таким образом, инкремент модуляционной неустойчивости определяется нелинейным членом в НУШ и амплитудой волны модуляции.

Конечно-разностная схема

Мы решаем численно задачу Коши для уравнения (5), записанного в системе отсчета, движущейся с групповой скоростью,

$$iA_t + \alpha A_{zz} + \beta|A|^2A = 0, \quad A = A(z,t). \tag{24}$$

для различных значений параметров α и β. Используем взвешенную конечно-разностную схему Кранка-Николсона [12, 13].

Пространственный интервал $(0, L)$ делим на N равных частей $\Delta x = L/N$. Узлы сетки есть точки $x_n = n\Delta x, n = 0, 1, \ldots, N$. Первый и последний узлы соответствуют границам интервала: $x_0 = 0, x_N = L$. Конечно-разностное уравнение имеет вид

$$i\frac{v_n^{k+1} - v_n^k}{\Delta t} + \delta_1\alpha\frac{v_{n+1}^k - 2v_n^k + v_{n-1}^k}{\Delta x^2} + (1-\delta_1)\alpha\frac{v_{n+1}^{k+1} - 2v_n^{k+1} + v_{n-1}^{k+1}}{\Delta x^2} + \\ +\beta\left|v_n^k\right|^2\left(\delta_2 v_n^k + (1-\delta_2)v_n^{k+1}\right) = 0, \qquad n = 1, \ldots, N-1. \tag{25}$$

Используются веса δ_1 и $1 - \delta_1$ для аппроксимации второй производной и веса δ_2 и $1 - \delta_2$ для аппроксимации нелинейного члена. Уравнение (25) имеет смысл системы линейных алгебраических уравнений, которую мы запишем в виде

$$v_{n-1}^{k+1} - bv_n^{k+1} + v_{n+1}^{k+1} = d_n, \qquad n = 1 \ldots N-1, \tag{26}$$

$$b = 2 - \frac{i(\Delta x)^2}{(1-\delta_1)\alpha\Delta t} - \frac{1-\delta_2}{1-\delta_1}\frac{(\Delta x)^2}{\alpha}\beta\left|v_n^k\right|^2, \tag{27}$$

$$d_n = \frac{2\delta_1}{1-\delta_1}v_n^k + \frac{i(\Delta x)^2}{(1-\delta_1)\alpha\Delta t}v_n^k - \frac{\delta_2(\Delta x)^2}{(1-\delta_1)\alpha}\beta\left|v_n^k\right|^2v_n^k - \\ -\frac{\delta_1}{1-\delta_1}\left(v_{n+1}^k + v_{n-1}^k\right) \tag{28}$$

Система (26) – (28) решается методом прогонки.

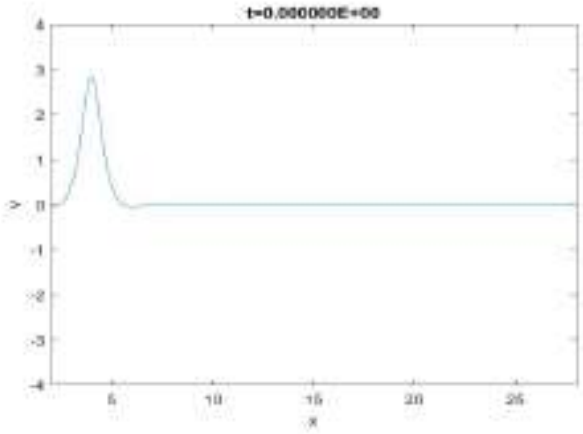


Рис. 1: Одиночный солитон (2.2) в начальном положении. Параметры солитона: $p = 1$, $C_1 = 2$, $C_2 = 1$.

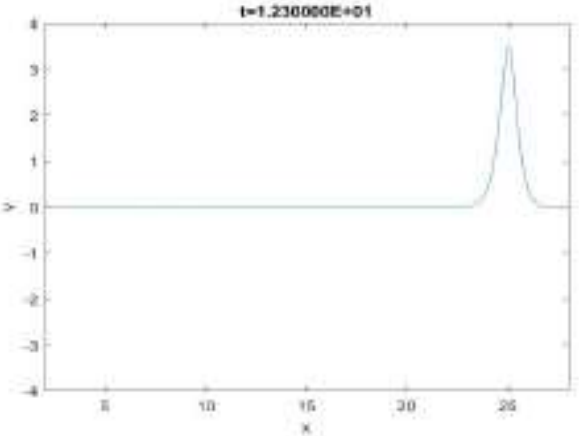


Рис. 2: Динамика солитона. Параметры конечно-разностной схемы: $\delta_1 = \delta_2 = 0$. Наблюдается увеличение высоты волны, при этом увеличивается и норма решения.

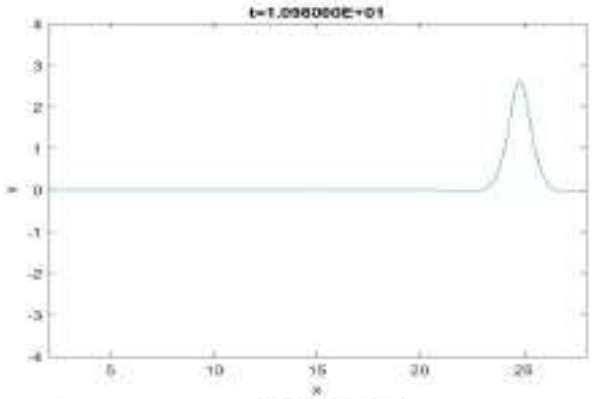


Рис. 3: Динамика солитона. Параметры конечно-разностной схемы: $\delta_1 = \delta_2 = 1$. Наблюдается уменьшение высоты волны, при этом уменьшается и норма решения.

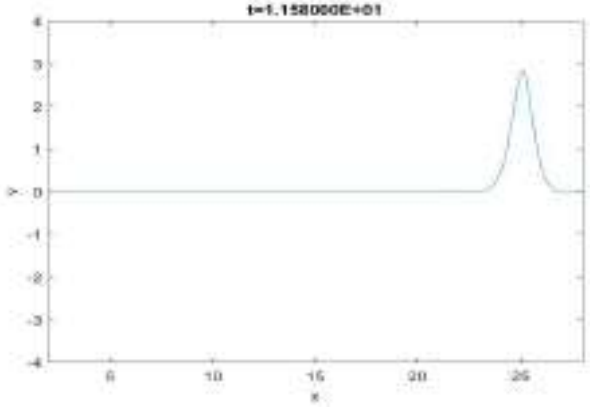


Рис. 4: Динамика солитона. Параметры конечно-разностной схемы: $\delta_1 = \delta_2 = 0.5$. Высота волны и норма решения не меняются.

Быстрые магнитозвуковые моды магнитной трубки

При описании динамики корональной плазмы мы придерживаемся приближения идеальной МГД:

$$\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + (\mathbf{v}\cdot\nabla)\mathbf{v} = \frac{1}{4\pi\rho}(\nabla\times\mathbf{B})\times\mathbf{B}, \tag{29}$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla\cdot\rho\mathbf{v} = 0, \tag{30}$$

$$\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = \nabla\times(\mathbf{v}\times\mathbf{B}). \tag{31}$$

В уравнениях отсутствует газовое давление. Им мы пренебрегаем, считая его малым в сравнении с магнитным давлением. Подобное приближение в магнитной гидродинамике имеет название приближения сильного поля или холодной плазмы.

Рассмотрим круглую цилиндрическую трубку радиуса a, ось которой разместим по оси z. Равновесное магнитное поле является однородным и продольным: $\mathbf{B}_0 = B_0\mathbf{e}_z$. Равновесные значения плотности в трубке ρ_i и во внешней среде ρ_e. Будем считать, что в трубке находится более плотная плазма: $\rho_i > \rho_e$. Трубка характеризуется альвеновской скоростью $V_i = B_0/\sqrt{4\pi\rho_i}$, а окружающая среда – скоростью $V_e = B_0/\sqrt{4\pi\rho_e}$, причем $V_i < V_e$. Последнее означает, что трубка служит волноводом для быстрых магнитозвуковых волн, то есть существуют соответствующие моды в виде захваченных волн.

МГД-моды магнитной трубки хорошо изучены в линейном приближении [14, 15]. Нас будет интересовать осесимметричная быстрая магнитозвуковая мода, имеющая приложение к модуляции микроволнового излучения плазмы. При $V_i < \omega/k < V_e$ она допускает описание в терминах радиальной компоненты скорости в цилиндрических координатах в следующем виде

$$v_r = AV_iV(r)\mathrm{e}^{ikz-i\omega t}, \tag{32}$$

$$V(r) = \begin{cases} J_0(\lambda r), & \lambda = \sqrt{\omega^2/k^2 - V_i^2}, \\ \dfrac{J_0(\lambda a)K_0(\chi r)}{K_0(\chi a)}, & \chi = \sqrt{V_e^2 - \omega^2/k^2}\,. \end{cases} \tag{33}$$

Здесь J_0 и K_0 есть функции Бесселя и Макдональда. В линейном приближении безразмерная амплитуда A является постоянной. Частота и волновое число связаны дисперсионным уравнением

$$\frac{\rho_i(\omega^2 - V_i^2k^2)}{\lambda}\frac{J_0(\lambda a)}{J_0'(\lambda a)} = \frac{\rho_e(\omega^2 - V_e^2k^2)}{\chi}\frac{K_0(\chi a)}{K_0'(\chi a)}. \tag{34}$$

На рис. 5 и 6 показаны дисперсионные кривые и кривые зависимости групповой скорости от волнового числа для фундаментальной моды, для которой радиальная компонента не имеет нулей, отличных от точки нулевой точки $r = 0$. В данном случае колебания плазмы во всей трубке происходят синхронно, с одной фазой. Колебания имеют отсечку в области малых частот, и дисперсионные кривые обрываются при некотором значении волнового числа k_{cut}.

Точки отсечки для рассмотренных случаев: $k_{cut}a \approx 0.85$ для $V_e = 3V_i, k_{cut}a \approx 0.41$ для $V_e = 6V_i$ и $k_{cut}a \approx 0.27$ для $V_e = 9V_i$. Захват волны имеет место до некоторого критического значения длины волны $\lambda_{cut} = 2\pi/k_{cut}$, причем это значение увеличивается с относительным возрастанием плотности плазмы в трубке. Иными словами, увеличивается эффективность захвата.

Кривые также показывают, что волны имеют большую дисперсию в длинноволновой области, то есть для малых волновых чисел. В этой области групповая скорость V_g быстро уменьшается с ростом волнового числа до минимума в некоторой точке k_1. Значения групповой скорости в окрестности минимума $k \approx k_1$ значительно меньше соответствующих значений фазовой скорости ω/k. Очевидно, минимуму групповой скорости соответствует нуль коэффициента α, значения которого приведены далее. С возрастанием волнового числа групповая скорость стремится к альвновской скорости в трубке. Дисперсионные свойства волны играют важную роль в ее нелинейном поведении.

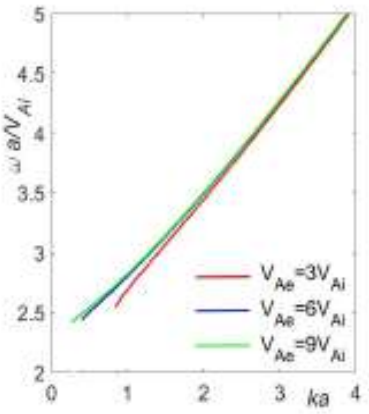


Рис. 5: Дисперсионные кривые фундаментальной аксиально-симметричной быстрой магнитозвуковой моды.

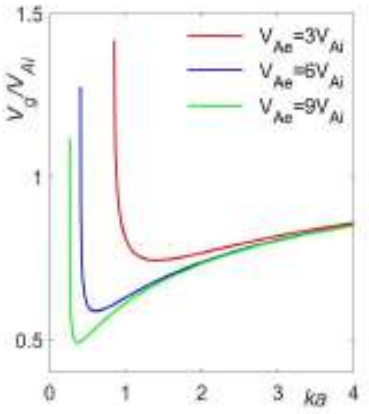


Рис. 6: Кривые групповой скорости аксиально-симметричной быстрой магнитозвуковой моды.

В нелинейном приближении амплитуда волны в выражении (4.4) есть функция $A = A(z,t)$, удовлетворяющая уравнению (1.5). Коэффициенты уравнения есть функции параметров несущей волны $\alpha = \alpha(\omega,k), \beta = \beta(\omega,k)$. Они определяются не только ее дисперсионными свойствами, но и ее структурой [9, 10]. На рисунках 7 и 8 показаны их зависимости от волнового числа с учетом зависимости $\omega = \omega(k)$.

При исследовании модуляционной неустойчивости необходимо знать области знакоопределенности этих коэффициентов. Область положительных значений α: $k > k_1; k1 \approx 1.40$ для $V_e = 3V_i; k_1 \approx 0.60$ для $V_e = 6V_i$; $k_1 \approx 0.38$ для $V_e = 9V_i$. Область положительных значений β: $k_2 < k < k_3; k_2 \approx 1.57$ и $k_3 \approx 3.75$ для $V_e = 3V_i; k_2 \approx 1.43$ и $k_3 \approx 3.48$ для $V_e = 6V_i; k_2 \approx 1.39$ и $k_3 \approx 3.50$ для $V_e = 9V_i$.

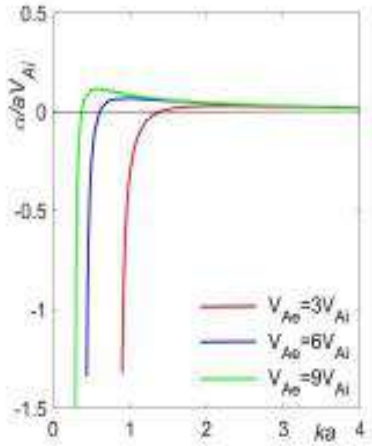


Рис. 7: Кривые зависимости $\alpha(k)$.

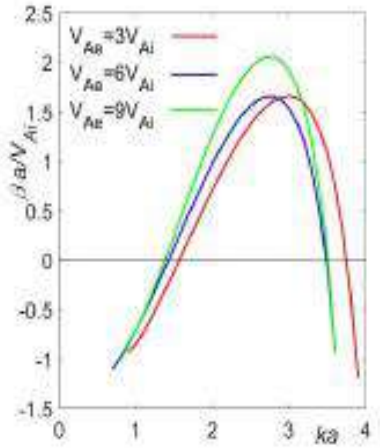


Рис. 8: Кривые зависимости $\beta(k)$.

Модуляционная неустойчивость быстрых магнитозвуковых мод

Условие Лайтхилла (2.3) выполняется для быстрых магнитозвуковых мод магнитной трубки в двух интервалах значений волнового числа (k_{cut}, k_1) и (k_2, k_3). Будем называть их интервалами длинных и коротких волн. Первый из них характеризуется высокой дисперсией, второй – низкой дисперсией. Проверим эффективность модуляционной неустойчивости на примере монохроматической волны.

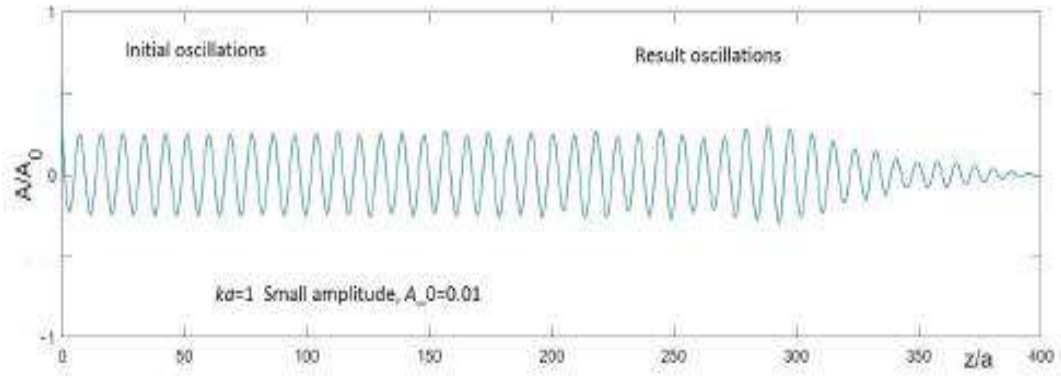


Рис. 9: Модуляция монохроматической волны малой амплитуды. Параметры магнитной трубки: $V_a = 3V_i$.

Зададим на левой границе области колебания вида

$$A = A_0 \mathrm{e}^{-i\omega t}, \tag{37}$$

и рассмотрим их распространение в направлении оси OZ. Результаты моделирования представлены на рисунках 9 и 10 для случаев волн разных амплитуд. Они показывают, что для волны малой амплитуды глубина модуляции незначительна, в то время как для волны большой амплитуды она достигает значений порядка единицы. Во втором случае первоначально монохроматическая волна распадается в цуг солитонов (рис. 10). Тем самым подтверждается зависимость эффективности модуляционной неустойчивости от амплитуды волны, полученная ранее с помощью аналитических оценок.

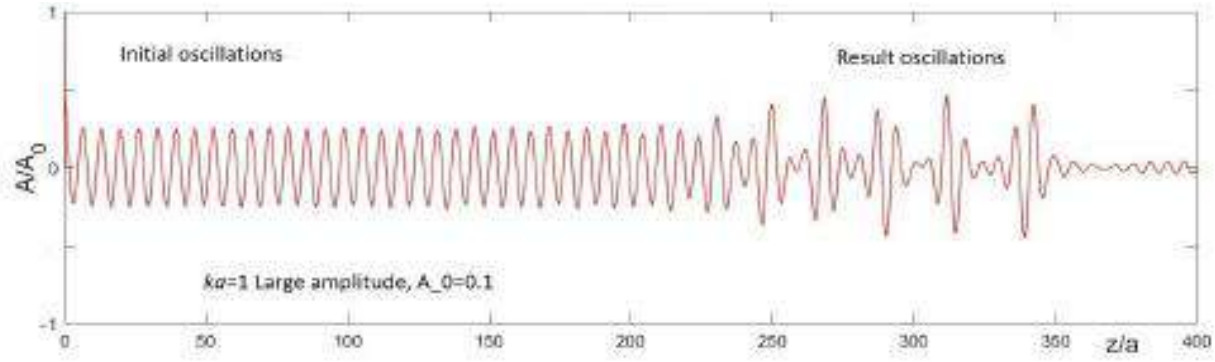


Рис. 10: Модуляция монохроматической волны большой амплитуды. Параметры магнитной трубки: $V_a = 3V_i$.

Характерным свойством осесимметричной быстрой магнитозвуковой моды магнитной трубки является наличие минимума групповой скорости при $k = k_1$, ведущего к нулевому значению коэффициента α. В этом случае уравнения (2.6) и (2.7) дают простое решение

$$A = a(z)\mathrm{e}^{i\beta a^2(z)t}, \tag{38}$$

где $a(z)$ есть произвольная дифференцируемая функция. Мы получаем стационарную волну модуляции с неоднородным сдвигом фазы. В лабораторной системе отсчета она распространяется с групповой скоростью $V_g = V_g(k_1)$.

Условие Лайтхилла для рассматриваемых нами мод выполняется для волновых чисел несущей из интервалов (k_{cut}, k_1) и (k_2, k_3). Рассмотрим их по отдельности. В первом, длинноволновом, интервале оба коэффициента НУШ имеют отрицательные значения, тогда выражение (2.16) можно записать в виде

$$\gamma^2 = 2|\alpha||\beta|a_0^2 t^2 - \alpha^2 t^4. \tag{39}$$

Это означает, что максимальное значение инкремента неустойчивости и соответствующее ему волновое число возмущения определяются модулем коэффициента β:

$$\gamma_m = |\beta| a_0^2, l_m = a_0 \sqrt{\frac{|\beta|}{|\alpha|}}. \quad (40)$$

Во втором, коротковолновом, интервале сохраняют свое значение формулы (2.17).

Обратим внимание на абсолютные значения коэффициентов. В коротковолновом интервале коэффициент α имеет относительно небольшие значения, поэтому возмущения огибающей также имеют большие значения волнового числа l_m. Например, при $V_e = 3V_i$ получаем: $l_m/a_0 \approx 0.83$ для $ka = 0.9$ и $l_m/a0 \approx 8.6$ для $ka = 3.2$. Значения вычисляются в единицах величины a^{-1}. При $a_0 = 0.1$ получаем соответственно $l_m a \approx 0.083$ и $l_m a \approx 0.86$. Это означает, что длина волны модуляции значительно превосходит длину волны несущей, и модуляция представляет собой медленное изменение амплитуды несущей. В данном примере мы имеем дело с модуляцией в ее классическом понимании, введенном Л. И. Мандельштамом [1].

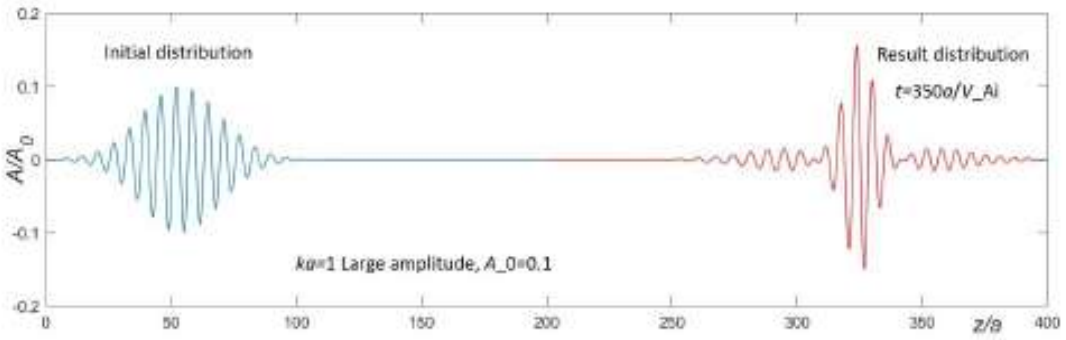


Рис. 11: Распространение пакета волн модуляции больших амплитуд в длинноволновом интервале. Параметры магнитной трубки: $V_e = 3V_i$.

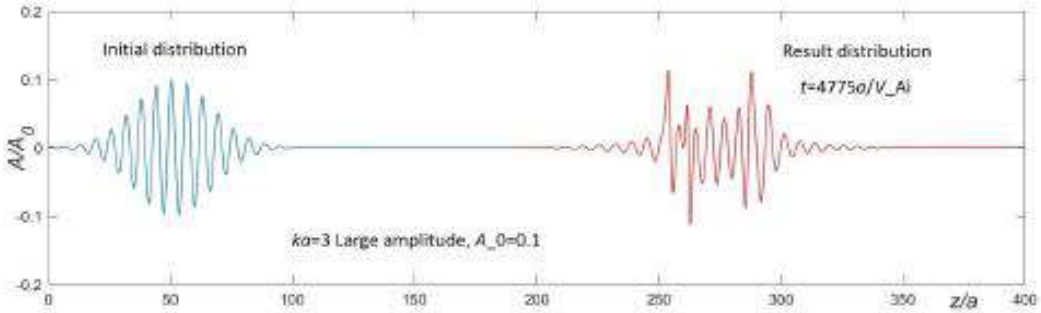


Рис. 12: Распространение пакета волн модуляции больших амплитуд в коротковолновом интервале. Параметры магнитной трубки: $V_e = 3V_i$.

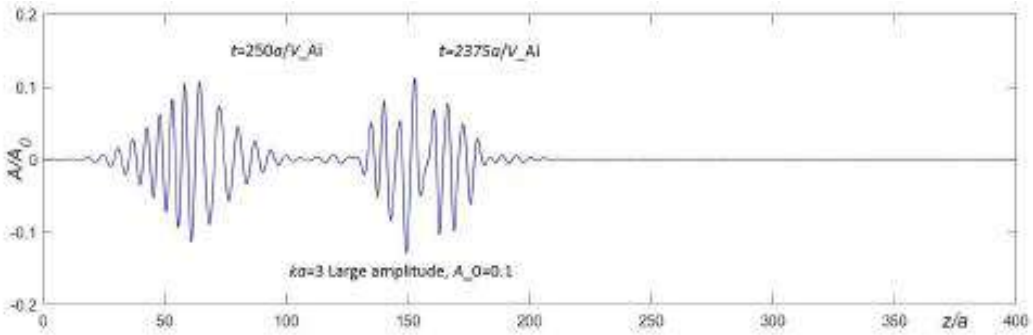


Рис. 13: Распространение пакета волн модуляции больших амплитуд в коротковолновом интервале с начальным распределением, показанным на рисунке 12. Параметры магнитной трубки: $V_e = 3V_i$.

Рассмотрим более реалистичный пример поведение волнового пакета, локализованного цуга волн модуляции больших амплитуд. Исследование проведем в длинноволновом и коротковолновом мнтервалах (рис. 11, 12). Моделирование волн малых амплитуд показывает, изменения формы волны очень малы.

В примере длинноволнового интервала имеем: $ka = 1.0$, $\alpha \approx -0.315, \beta \approx -0.852$. В примере коротковолнового интервала $ka = 3.0, \alpha \approx 0.023, \beta \approx 1.664$. В первом примере в распределении волны модуляции наблюдается появление осцилляций к моменту времени $t_2 = 350a/V_i$. Осцилляции нарастают постепенно. Во втором случае выраженные осцилляции достигаются к моменту времени $t_4 = 4775a/V_i$, на порядок большему, чем t_1. Связано это с малым значением параметра α. К моментам времени $t_1 = 250a/V_i$ и $t_3 = 2375a/V_i$ наблюдаются картины, показанные на рис. 13. Сначала заметных изменений в распределении амплитуды $a(z,t)$ не наблюдается, зато видны изменения в распределении фазы $\phi(z,t)$. Мало продвижение пакета вдоль оси z, что также объясняется малостью α. Напомним, что здесь рассматривается движение в системе отсчета, движущейся с групповой скоростью.

Заключение. Проведено численное исследование модуляционной неустойчивости аксиально-симметричной быстрой магнитозвуковой моды цилиндрической магнитной трубки. Данная мода широко используется в физике плазмы для объяснения наблюдаемых пульсаций микроволнового излучения плазмы. Считается, что модуляция обусловлена аксиально-симметричными колебаниями трубки вследствие колебаний плотности плазмы и направления магнитного поля [14, 15]. Наблюдаемые пульсации часто имеют квазипериодический характер, возможным объяснением которого может быть генерация нескольких периодов из-за модуляционной неустойчивости рассматриваемых колебаний.

Исследование проведено с использованием полученного ранее в рамках идеальной магнитной гидродинамики нелинейного уравнения Шредингера (НУШ), описывающего поведение амплитуды волны [9, 10]. Решение уравнения проводится численно на основе конечно-разностной схемы Кранка-Николсона, для проверки которой были использованы солитонные решения НУШ. В рассматриваемой задаче коэффициенты уравнения определяются параметрами и структурой магнитозвуковой моды трубки. Дисперсионные свойства моды существенно влияют на поведение решения НУШ. В спектре колебаний можно выделить две области с большими и малыми длинами волн. Длинноволновая область характеризуется высокой дисперсией, и групповая скорость в этой области имеет минимум.

Показано, что неустойчивость регулярной волны модуляции в виде цуга одинаковых волн более эффективна в случае волн большой амплитуды. Такой же вывод следует из теоретических оценок. Поведение волны модуляции в виде локализованного волнового пакета существенно различно для длинноволновой и коротковолновой области. В первом случае первоначальный волновой пакет испытывает сжатие в продольном направлении, затем развиваются квазипериодические колебания. Это процесс происходит относительно быстро, поскольку коэффициент α при второй производной в НУШ принимает большие по модулю значения. Во втором случае значения α малы, поэтому волна модуляции распространяется со скоростью, близкой к групповой. В поведении волны сначала наблюдается изменения в фазе без заметных изменений амплитуды. Квазипериодические колебания тоже имеют место, но возникают они через продолжительное время, то есть можно констатировать, что более эффективно генерируют квазипериодические колебания моды с относительно большими длинами волн, лежащие с области высокой дисперсии.

Михаляев Б. Б. выражает благодарность Российскому научному фонду за поддержку работы в рамках проекта № 15-12-20001П.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гапонов-Грехов А. В., Рабинович М. И. Л. И. Мандельштам и современная теория нелинейных колебаний и волн // Успехи физических наук. 1979. Т. 128, вып. 4. С. 579-624.

2. Sulem C., Sulem P.-L. The Nonlinear Schrodinger Equation. Self-Focusing and Wave Collapse. New York: Springer, 1999. 362 p.

3. Карпман В. И. Нелинейные волны в диспергирующих средах. М.: Наука, 1973. 176 с.

4. Уизем Дж. Линейные и нелинейные волны. М.: Мир, 1977. 622 с.

5. Рыскин Н. М., Трубецков Д. И. Нелинейные волны. М.: Физматлит, 2000. 272 с.

6. Миропольский Ю. З. Динамика внутренних гравитационных волн в океане. Л.: Гидрометеоиздат, 1981. 302 с.

7.Дегтярев А. А., Деркач А. Е. Численное решение нелинейного уравнения Шредингера в декартовой системе координат // Компьютерная оптика. 2001. Вып. 21. С. 9-13.

8. Витковский В. Э., Федорук М. П. Численное исследование свойств решений нелинейного уравнения Шредингера при распространении лазерных импульсов в ветоводах // Вычислительные технологии. 2008. Т. 13, No 6. С. 40-49.

9. Mikhalyaev B. B., Ruderman M. S. Nonlinear fast sausage waves in homogeneous magnetic ux tubes // Journal of Plasma Physics. 2015. V. 81. 90581061 1 .doi: 10. 101 7/S002237781 500135X

10. Mikhalyaev B. B., Ruderman M. S., and Naga Varun E. Nonlinear radial oscillations of coronal loops // Geomagnetism and Aeronomy. 2016. V. 56, No 8. P. 1040-1044.

11. Полянин А. Д., Зайцев В. Ф. Справочник по нелинейным уравнениям математической физики: Точные решения. М.: Физматлит, 2002. 432 с.

12. Калиткин Н. Н. Численные методы. Учеб. пособие. 2-е изд., исправленное. СПб: БХВ-Петербург, 2011. 592 с.

13. Бахвалов Н. С., Жидков Н. П., Кобельков Г. М. Численные методы. 6-е изд. М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2008. 636 с.

14. Зайцев В. В., Степанов А. В. О природе пульсаций солнечного радиоизлучения IV типа. Колебания плазменного цилиндра // Исследования по геомагнетизму, аэрономии и физике Солнца. 1975. Вы. 37. С. 3-10.

15. Edwin P. M., Roberts B. Wave propagation in a magnetic cylinder // Solar Physics.1983 . V. 88 . P. 179-191.

REFERENCES

1. Gaponov-Grekhov A. V., Rabinovich M. I. L. I. Mandel′shtam i sovremennaya teoriya nelineynykh kolebaniy i voln // Uspekhi fizicheskikh nauk. 1979. T. 128, vyp. 4. S. 579-624.

2. Sulem C., Sulem P.-L. The Nonlinear Schrodinger Equation. Self-Focusing and Wave Collapse. New York: Springer, 1999. 362 p.

3. Karpman V. I. Nelineynye volny v dispergiruyushchikh sredakh. M.: Nauka, 1973. 176 s.

4. Uizem Dzh. Lineynye i nelineynye volny. M.: Mir, 1977. 622 s.

5. Ryskin N. M., Trubetskov D. I. Nelineynye volny. M.: Fizmatlit, 2000. 272 s.

6. Miropol′skiy Yu. Z. Dinamika vnutrennikh gravitatsionnykh voln v okeane. L.: Gidrometeoizdat, 1981. 302 s.

7. Degtyarev A. A., Derkach A. E. Chislennoe reshenie nelineynogo uravneniya Shredingera v dekartovoy sisteme koordinat // Komp′yuternaya optika. 2001. Vyp. 21. S. 9-13.

8. Vitkovskiy V. Eh., Fedoruk M. P. Chislennoe issledovanie svoystv resheniy nelineynogo uravneniya Shredingera pri rasprostranenii lazernykh impul′sov v vetovodakh // Vychislitel′nye tekhnologii. 2008. T. 13, No 6. S. 40-49.

9. Mikhalyaev B. B., Ruderman M. S. Nonlinear fast sausage waves in homogeneous magnetic ux tubes // Journal of Plasma Physics. 2015. V. 81. 90581061 1 .doi: 10. 101 7/S002237781 500135X

10. Mikhalyaev B. B., Ruderman M. S., and Naga Varun E. Nonlinear radial oscillations of coronal loops // Geomagnetism and Aeronomy. 2016. V. 56, No 8. P. 1040-1044.

11. Polyanin A. D., Zaytsev V. F. Spravochnik po nelineynym uravneniyam matematicheskoy fiziki: Tochnye resheniya. M.: Fizmatlit, 2002. 432 s.

12. Kalitkin N. N. Chislennye metody. Ucheb. posobie. 2-e izd. , ispravlennoe. SPb: BKHV-Peterburg, 201 1 . 592 s.

13. Bakhvalov N. S. , Zhidkov N. P. , Kobel′kov G. M. Chislennye metody. 6-e izd. M.: BINOM, Laboratoriya znaniy, 2008. 636 s.

14. Zaytsev V. V., Stepanov A. V. O prirode pul′satsiy solnechnogo radioizlucheniya IV tipa. Kolebaniya plazmennogo tsilindra // Issledovaniya po geomagnetizmu, aehronomii i fizike Solntsa. 1975. Vy. 37. S. 3-10.

15. Edwin P. M., Roberts B. Wave propagation in a magnetic cylinder // Solar Physics. 1983. V. 88. P. 179-191.

ОБ АВТОРАХ

Михаляев Бадма Борисович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической физики, Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова, г. Элиста, улица Пушкина, 11, e-mail: bbmikh@mail.ru, phone number: +79613967444

Mikhalyaev Badma Borisovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Head of the Department of Theoretical Physics, Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, Elista, Pushkin Street, 11, e-mail: bbmikh@mail.ru, phone number: + 79613967444

Джимбеева Людмила Нарановна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры теоретической физики, Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова, г. Элиста, улица Пушкина, 11, e-mail: dzjimbeeva_ln@mail.ru, phone number: +79054843794

Dzhimbeeva Lyudmila Naranovna, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Theoretical Physics, Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, Elista, Pushkin Street, 11, e-mail: dzjimbeeva_ln@mail.ru, phone number: +79054843794

Манкаева Галина Алексеевна, старший преподаватель кафедры математики, информатики и методики преподавания, Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова, г. Элиста, улица Пушкина, 11, e-mail: mankaeva.galina@yandex.ru, phone number: +79061764200
Mankaeva Galina Alekseevna, Senior Lecturer, Department of Mathematics, Computer Science and Teaching Methods, Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, Elista, Pushkin Street, 11, e-mail: mankaeva.galina@yandex.ru, phone number: +79061764200

Дорджиев Арлтан Эрдниевич, студент 2 курса направления «Физика и астрономия», магистерская программа «Астрофизика. Физика космических излучений и космоса», Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова, г. Элиста, улица Пушкина, 11, e-mail: arltan.dordzhiev.97@mail.ru, phone number: +79615443536
Dordzhiev Arltan Erdnievich, 2nd year student of the direction "Physics and Astronomy", master's program "Astrophysics. Physics of cosmic radiation and space ", Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov, Elista, Pushkin street, 11, e-mail: arltan.dordzhiev.97@mail.ru, phone number: +79615443536

Дата поступления в редакцию: 02.03.2019 г.
После доработки: 01.04.2019 г.
Дата принятия к публикаци: 04.05.2019 г.

В. В. Булатов [V. V. Bulatov]

УДК 004.932
DOI 10.33236/2307-910X-2019-2-26-66-73

ВЫДЕЛЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ И ЭЛЛИПСОВИДНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИИ НА ОСНОВЕ РАСЧЕТА КОЭФФИЦИЕНТА КОРРЕЛЯЦИИ

SELECTION OF LINEAR AND ELLIPTICAL OBJECTS IN THE IMAGE BASED ON THE CALCULATION OF THE CORRELATION COEFFICIENT

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения,
г. Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. *В статье представлена методика классификации простейших геометрических образов на основе расчета коэффициента корреляции связных объектов на бинаризованном изображении, опытным путем получены диапазоны значений коэффициента корреляции для распознавания линий, эллипсовидных объектов, а также объектов неправильной геометрической формы.*

Классификация объектов – корневая задача анализа и обработки изображений. В последнее время данному направлению уделяют большое внимание, так как корректное распознавание объектов на изображении актуально для разных областей: робототехники, оптическом контроле дефектов материалов и изделий, анализе аэрокосмических изображений и др. Традиционно для распознавания объектов применяется фильтрация, бинаризация, вейвлет-анализ, контурный анализ. Также в последнее время стали популярны алгоритмы на основе нейронных сетей. Многие классификаторы обладают большой вычислительной сложностью и не удовлетворяют возрастающим требованиям к точности и скорости распознавания, поэтому актуальным является задача разработки новых высокоэффективных методов и алгоритмов.

Цель. *Разработка классификатора простейших геометрических объектов на основе корреляционного анализа связных областей на изображении.*

Материалы и методы. *Для решения поставленной задачи использовались методы статистической обработки данных.*

Результаты. *Разработан метод распознавания линейных и эллипсовидных объектов на изображении на основе расчета коэффициента корреляции. Предложено разбивать исходную бинаризованную матрицу яркостей на подматрицы со связными объектами и осуществлять расчет коэффициента корреляции с дальнейшей классификацией для каждой из них. Алгоритм реализован в среде PTC Mathcad. Опытным путем получены диапазоны значений коэффициента корреляции для классификации линий, эллипсовидных объектов, а также объектов неправильной геометрической формы.*

Заключение. *Представленный метод инвариантен к направлению линий на изображении. Для проведения классификации не требуется дополнительной фильтрации (методы Робертса, Собелла, Кани и др.). К недостаткам предложенного метода можно отнести неоптимальность алгоритма, которая сказывается на времени вычислений при увеличении размерности матрицы. При использовании данного классификатора следует обратить внимание на предварительную подготовку изображения и максимально исключить факторы, влияющие на внесение погрешностей отображения связных объектов.*

Ключевые слова: коэффициент корреляции, классификация, бинаризация, геометрические образы, обработка изображений.

Abstract. *The article presents the method of classification of the simplest geometric images based on the calculation of the correlation coefficient of connected objects in a binarized image. Experimentally obtained ranges of values of the correlation coefficient for line recognition, elliptical objects, and objects of irregular geometric shape.*

Object classification is the root task of image analysis and processing. Recently, this area has paid a lot of attention, since correct recognition of objects in an image is relevant for different areas: robotics, optical inspection of defects in materials and products, analysis of aerospace images, etc. Traditionally, filtering, binarization, wavelet analysis, contour analysis are used. Also recently, algorithms based on neural networks have become popular. Many classifiers have a large computational complexity and do not meet the increasing requirements for recognition accuracy and speed, so the challenge is to develop new high-performance methods and algorithms.

Purpose. *To develop a classifier of the simplest geometric objects based on the correlation analysis of connected regions in the image.*

Methods. *Methods of statistical data processing were used.*

Results. *A method has been developed for recognizing linear and elliptical objects in an image based on the calculation of the correlation coefficient. It was proposed to break the initial binarized brightness matrix into submatrices with connected objects and to*

calculate the correlation coefficient with further classification for each of them. The algorithm is realized in the PTC Mathcad. Experimentally obtained ranges of values of the correlation coefficient for the classification of lines, elliptical objects, as well as objects of irregular geometric shape.

Conclusion. *The presented method is invariant to the direction of the lines in the image. For the classification does not require additional filtering (methods of Roberts, Sobell, Kani, etc.). The disadvantages of the proposed method include the nonoptimality of the algorithm, which affects the computation time as the matrix dimension increases. When using this classifier, one should pay attention to the preliminary preparation of the image and exclude as much as possible the factors affecting the introduction of errors in the display of connected objects.*

Key words: correlation coefficient, classification, binarization, geometric images, image processing.

Введение. В настоящее время задача цифровой обработки и распознавания изображений является актуальной и востребованной для многих отраслей народного хозяйства. Постоянно улучшается техническая база для получения качественного изображения, и появляются открытые библиотеки алгоритмов машинного зрения, например, библиотека Open CV с открытым кодом [1].

Классификация объектов на изображении является одной из корневых задач машинного зрения. Основные объекты распознавания: точки, линии, края и контуры.

Один из подходов к выделению линии на изображении состоит в том, что производится пространственное объединение откликов детектора перепада яркости внутри локальной области. Линии единичной ширины можно распознавать, осуществляя свертку изображения с набором линейных масочных фильтров [2].

В [3] представлен расширенный алгоритм поиска линий на изображении путем наложения масок 4 типов (горизонтальная, вертикальная, +45° и -45°) и применения преобразования Хафа, суть которого заключается в определении подмножества точек, лежащих на одной линии.

Для выделения краев и контуров применяются операторы Робертса, Собелла, Марра и Кани, подробное описание работы которых представлено в [4-6].

В [7] представлен алгоритм распознавания контуров изображений как последовательности отрезков цифровых прямых.

Несмотря на большое количество работ в данном направлении, до сих пор продолжается поиск новых решений и разработка алгоритмов распознавания.

Классификация объектов на основе корреляционного анализа

Рассмотрим выделение линейных и эллипсовидных объектов на изображении. Существует огромное количество классификаторов для определения интересующих объектов, некоторые из которых описаны в работах [8-10].

Широкое применение на сегодняшний день находят следующие классификаторы:

– Байесовский классификатор;
– минимаксный подход в классификации;
– классификатор Неймана-Пирсона;
– классификация с помощью деревьев решений;
– классификация методом опорных векторов;
– статистические методы, в частности, линейная регрессия;
– классификация методом ближайшего соседа;
– классификация на основе искусственных нейронных сетей;
– классификация на основе генетических алгоритмов.

Для задач распознавания большого количества классов объектов наиболее эффективным является статистический подход, который основан на анализе числовых данных.

На практике при решении технических задач довольно часто сталкиваются с потребностью установления факта присутствия функциональных или других зависимостей между данными, полученными в ходе серии опытов. Данную зависимость можно оценить, применив корреляционный анализ.

Задача корреляционного анализа - это количественная оценка тесноты и направления связи между двумя признаками (при парной связи) [11].

Применим корреляционный анализ для классификации связных объектов на бинаризованном изображении.

Алгоритм предложенного метода представлен на рисунке1.

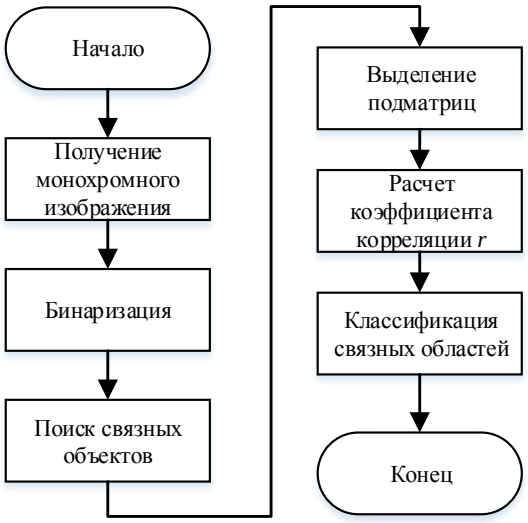


Рис. 1. Алгоритм классификация объектов на основе корреляционного анализа

Рассмотрим блок «Бинаризация». Создадим модель монохромного изображения с 256 градациями серого в виде матрицы значений яркости размером 8x8 (рис. 2).

$$A := \begin{pmatrix} 250 & 255 & 253 & 86 & 8 & 8 & 255 & 255 \\ 3 & 7 & 36 & 6 & 11 & 11 & 5 & 255 \\ 10 & 2 & 74 & 2 & 5 & 7 & 4 & 253 \\ 150 & 251 & 254 & 245 & 3 & 1 & 253 & 195 \\ 170 & 0 & 255 & 255 & 253 & 254 & 230 & 18 \\ 250 & 254 & 0 & 0 & 252 & 4 & 10 & 9 \\ 250 & 255 & 252 & 0 & 252 & 253 & 0 & 7 \\ 254 & 255 & 253 & 251 & 0 & 251 & 251 & 8 \end{pmatrix}$$

Рис. 2. Модель изображения

Осуществим бинаризацию матрицы по следующему правилу: если значение яркости пикселя попадает в промежуток между 248 и 255 включительно – определим его как «тёмный» и присвоим значение «1». В случае же, когда значение яркости пикселя попадает в промежуток от 0 до 15 включительно – определим его как «светлый» и присвоим значение «0». Все остальные пиксели попадают под определение «серый» и им присваивается значение «0» (рис. 3).

$$\begin{aligned} B := \; & \text{for } i \in 0..\text{cols}(A) - 1 \\ & \quad \text{for } j \in 0..\text{rows}(A) - 1 \\ & \quad\quad B_{i,j} \leftarrow 0 \text{ if } 248 \le A_{i,j} \le 255 \\ & \quad\quad B_{i,j} \leftarrow 1 \text{ if } 0 \le A_{i,j} \le 15 \\ & (B) \end{aligned}$$

Рис. 3. Листинг бинаризации исходного изображения в PTC Mathcad

В итоге получаем бинаризированное изображение в виде матрицы B (рис. 4):

$$B = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Рис. 4. Бинаризация исходного изображения

Для определения связности объектов можно использовать четырехсвязные (крестообразные) и восьмисвязные алгоритмы.

Рассмотрим более подробно блоки «Расчет коэффициента корреляции» и «Классификация связных областей».

Для классификации объекта по форме произведем расчет коэффициента корреляции для каждой из подматриц:

$$r = \frac{m_{xy}}{S_x \cdot S_y} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left(x_i - \overline{x} \right) \cdot \left(y_i - \overline{y} \right)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} \left(x_i - \overline{x} \right)^2 \cdot \left(y_i - \overline{y} \right)^2}}, \quad (1)$$

где n – серия опытов;

x_i – координата числа отличного от нуля по x в матрице Z;

y_i – координата числа отличного от нуля по y в матрице Z;

$\overline{x}$ – среднее значение по координате x;

$\overline{y}$ – среднее значение по координате y.

Алгоритм расчета коэффициента корреляции на изображении представлен на рис. 5.

В соответствии с алгоритмом на первом этапе происходит расчет средних значений по координате $x_{ср}$ и $y_{ср}$ для матрицы Z, где i – номер столбца, j – строки. Далее происходит расчет математического ожидания mxy и среднего квадратического отклонения по x и y (sx и sy) и количественная оценка корреляционной зависимости.

Рассмотрим реализацию алгоритма в среде PTC Mathcad. Выделим матрицы со связными объектами как показано на рис. 6. Для удобства отображения пронумеруем пиксели каждого связного объекта 1…4.

Произведем расчет коэффициента корреляции для каждой матрицы Z_1…Z_4. Листинг расчета коэффициента корреляции (1) на примере матрицы Z_2 в Mathcad представлен на рис. 7.

Зададим граничные условия:

1. Прямая – это объект, длина которого намного больше ширины и толщиной не более 2 пикселей.

2. При этом диагональную прямую шириной 2 пикселя будем рассматривать как, либо прямую, либо объект неправильной геометрической формы.

3. Вертикальную/горизонтальную прямую длиной 3 пикселя, шириной 2 пикселя будет рассматривать как, либо прямую, либо эллипс, а длиной более 3 пикселей – как прямую.

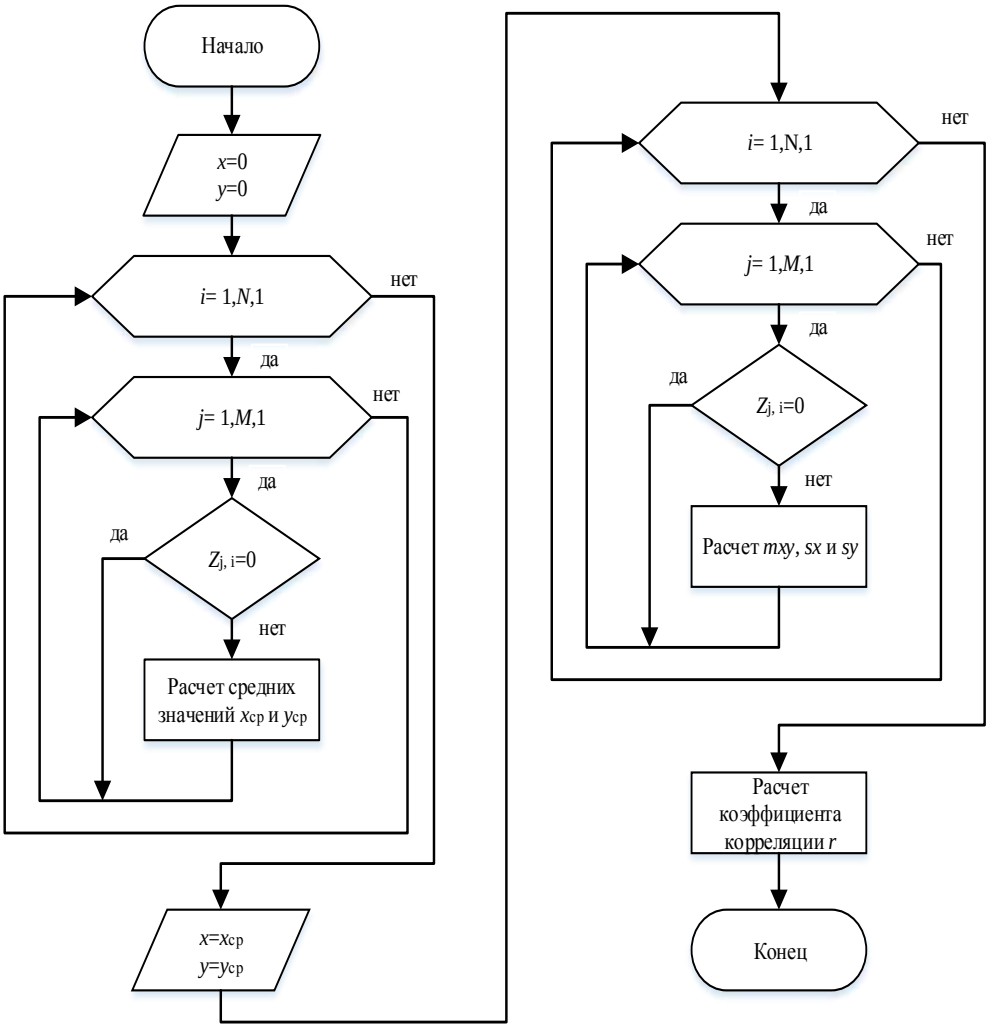


Рис. 5. Алгоритм расчета коэффициента корреляции

$$Z := \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 2 & 2 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 2 & 2 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3 & 3 & 0 & 4 & 4 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 3 & 0 & 0 & 4 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 3 & 0 & 0 & 4 \end{pmatrix}$$

Рис. 6. Матрица со связными объектами

```
K(Z2) := | x ← 0
         | y ← 0
         | for i ∈ 0..cols(Z2) − 1
         |   for j ∈ 0..rows(Z2) − 1
         |     continue if Z2[i,j] = 0
         |     if Z2[i,j] ≠ 0
         |       x ← x + i + 1
         |       y ← y + j + 1
         |     K ← ( x/(cols(Z2)·rows(Z2))  y/(cols(Z2)·rows(Z2)) )
         | x ← K[0,0]
         | y ← K[0,1]
         | mxy ← 0
         | sx ← 0
         | sy ← 0
         | for i ∈ 0..cols(Z2) − 1
         |   for j ∈ 0..rows(Z2) − 1
         |     continue if Z2[i,j] = 0
         |     if Z2[i,j] ≠ 0
         |       mxy ← mxy + (i + 1 − x)·(j + 1 − y)
         |       sx ← sx + (i + 1 − x)^2
         |       sy ← sy + (j + 1 − y)^2
         | ( mxy/√(sx·sy) )
```

Рис. 7. Листинг расчета коэффициента корреляции для поиска линейных и эллипсовидных объектов на изображении

Для заданных граничных условий проведена серия опытов. В результате получены диапазоны значений коэффициента корреляции для классификации объектов на изображении:

• при коэффициенте корреляции $r = 0$ вся область подматрицы изображения занята одним связным объектом;

• при коэффициенте корреляции $0 < r < 0{,}2$ область подматрицы изображения является объектом неправильной геометрической формы, которая близка к эллипсовидной;

• при коэффициенте корреляции $0{,}2 \le r < 0{,}68$ связная область подматрицы изображения является эллипсовидным объектом;

•при коэффициенте корреляции $0{,}68 \le r < 0{,}88$ связная область подматрицы изображения является объектом неправильной геометрической формы;

• при коэффициенте корреляции $0{,}88 \le r \le 1$ связная область подматрицы изображения является линейным объектом.

Таким образом, на анализируемой модели изображения обнаружено четыре связных объекта: эллипсовидной, линейной, неправильной формы, а также область, целиком занятая одним объектом (рис. 8).

$$K(Z1) = 0.299 \qquad K(Z2) = 0 \qquad K(Z3) = 0.979 \qquad K(Z4) = 0.709$$

$$Z1 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} \qquad Z2 = \begin{pmatrix} 2 & 2 \\ 2 & 2 \end{pmatrix} \qquad Z3 = \begin{pmatrix} 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 3 \end{pmatrix} \qquad Z4 = \begin{pmatrix} 4 & 4 & 4 \\ 0 & 4 & 4 \\ 0 & 0 & 4 \end{pmatrix}$$

Рис. 8. Результаты подсчета коэффициента корреляции

Заключение. Анализ результатов позволяет сделать вывод о возможности применения данной методики для классификации линейных и эллипсовидных объектов на изображении.

К преимуществам данного метода можно отнести простоту реализации на любом языке программирования, инвариантность к направлению линий на изображении, отсутствие необходимости дополнительной фильтрации. Недостатком является неоптимальность алгоритма, которая сказывается на времени вычислений при увеличении размерности матрицы. Следует отметить, что на результаты классификации влияет предварительная подготовка данных, а также искажения, которые присутствуют при использовании оптико-электронных методов контроля дефектов материалов и изделий.

Дальнейшая модификация алгоритма должна дать возможность определять пересекающиеся объекты на изображении, например, при контроле царапин листовых материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Modrzyk N. Java Image Processing Recipes with OpenCV and JVM.Apress, 2018. 356 p.

2. Прэтт У. Цифровая обработка изображений (в 2-х книгах) М.: Мир, 1982. 311 с., 479 с.

3. Gonzales R., Woods R. Digital Image Processing. 4th Edition. Pearson, 2018. 797 p.

4. Визильтер Ю. В., Желтов С. Ю., Князь В. А., Ходарев А. Н., Моржин А. Обработка и анализ цифровых изображеий с примерами на LabVIEW IMAQ Vision. М.: ДМК Пресс, 2007. 464 с.

5. Russ J., Neal B. The Image processing handbook. CRC Press, 2016. 1046 p.

6. McAndrew A. A Computational introduction to digital image processing 2th edition. CRC Press, 2016. 643 p.

7. Власова Т. М., Калмыков Т. М. Алгоритм и программа распознавания контуров изображений как последовательности отрезков цифровых прямых // Математичні машини і системи, 2005. №4. С. 84-95.

8. Бусленко Н. П., Шрейдер Ю. А. Метод статистических испытаний. М.: Физматгиз, 1961. 226 с.

9. Орлов А. А. Методы, модели и алгоритмы автоматической обработки снимков для определения дефектов в промышленных изделиях: дис. … д-ра тех. наук. Владимир, 2010. 365 с.

10. Разин И. В. Автоматизированный комплекс анализа полутоновых изображений на основе принципов инвариантного их описания: дис. … канд. тех. наук. Спб, 2003. 192 с.

11. Минашкин В. Г., Шмойлова Р. А., Садовникова Н. А., Моисейкина Л. Г., Рыбакова Е. С. Теория статистики. М.: Изд. Центр ЕАОИ, 2008. 296 с.

REFERENCES

1. Modrzyk N. Java Image Processing Recipes with OpenCV and JVM.Apress, 2018. 356 p.

2. Prehtt U. Tsifrovaya obrabotka izobrazheniy (v 2-kh knigakh) M.: Mir, 1982. 311 s., 479 s.

3. Gonzales R., Woods R. Digital Image Processing. 4th Edition. Pearson, 2018. 797 p.

4. Vizil′ter Yu. V., Zheltov S. Yu., Knyaz′ V. A., Khodarev A. N., Morzhin A. Obrabotka i analiz tsifrovykh izobrazheiy s primerami na LabVIEW IMAQ Vision. M.: DMK Press, 2007. 464 s.

5. Russ J., Neal B. The Image processing handbook. CRC Press, 2016. 1046 p.

6. McAndrew A. A Computational introduction to digital image processing 2th edition. CRC Press, 2016. 643 p.

7. Vlasova T. M., Kalmykov T. M. Algoritm i programma raspoznavaniya konturov izobrazheniy kak posledovatel′nosti otrezkov tsifrovykh pryamykh // Matematichni mashini i sistemi, 2005. №4. S. 84-95.

8. Buslenko N. P., Shreyder Yu. A. Metod statisticheskikh ispytaniy. M.: Fizmatgiz, 1961. 226 s.

9. Orlov A. A. Metody, modeli i algoritmy avtomaticheskoy obrabotki snimkov dlya opredeleniya defektov v promyshlennykh izdeliyakh: dis. … d-ra tekh. nauk. Vladimir, 2010. 365 s.

10. Razin I. V. Avtomatizirovannyy kompleks analiza polutonovykh izobrazheniy na osnove printsipov invariantnogo ikh opisaniya: dis. … kand. tekh. nauk. Spb, 2003. 192 s.

11. Minashkin V. G., Shmoylova R. A., Sadovnikova N. A., Moiseykina L. G., Rybakova E. S. Teoriya statistiki. M.: Izd. Tsentr EAOI, 2008. 296 s.

ОБ АВТОРЕ

Булатов Виталий Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры электромеханики и робототехники, Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения, bulatov-vitaly@yandex.ru

Bulatov Vitaly Vladimirovich, candidate of technical Sciences, associate Professor of electromechanics and robotics, St.-Petersburg state University of aerospace instrumentation, bulatov-vitaly@yandex.ru

Дата поступления в редакцию: 25.04.2019 г.
После доработки: 23.05.2019 г.
Дата принятия к публикации; 01.06.2019 г.

А. Ингабире [A. Ingabire]
А. А. Скляров [A. A. Sklyarov]

УДК 681.51
DOI 10.33236/2307-910X-2019-2-26-74-82

УПРАВЛЕНИЕ ДИНАМИКОЙ ПОЛЕТА БПЛА С ЖЕСТКИМ КРЫЛОМ НА ПРИМЕРЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ LQR, LQG И НЕЛИНЕЙНЫХ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ

THE DYNAMICS CONTROL OF THE RIGID WING UAV BY THE EXAMPLE OF USING LQR, LQG AND NONLINEAR CONTROL METHODS

Южный федеральный университет (ЮФУ), Таганрог

Аннотация. *Малогабаритные беспилотные летательные аппараты (БПЛА) с фиксированным крыломстали популярной темой исследований в последние годы.*

Материалы, методы, результаты и обсуждения. *Цель статьи представить сравнительное исследование между линейным квадратичным регулятором (LQR), линейным квадратичным гауссовым регулятором (LQG) и нелинейными методами управления беспилотного летательного аппарата с фиксированным крылом (БПЛА) для стабилизации угла тангажа. Обоснованием выбора метода LQR стал достаточно простая процедура синтеза и высокая устойчивость результирующей системы. Обоснованием выбора LQG стала необходимость преодолевать внешние возмущения, такиекак например порывы ветра. В статье также рассматривается фильтр Калмана для создания системы управления полетом беспилотного летательного аппарата. В конце статьи приводится результаты моделирования замкнутая система с полученными законами управления в среде Matlab / Simulink.*

Заключение. *Полученные результаты сравниваются, чтобы увидеть, какой метод является более быстрым, устойчивым и более надежным.*

Ключевые слова: БПЛА с фиксированным крылом, управление LQR, управление LQG, фильтр Калмана, нелинейное управление.

Abstract. *Small-sized fixed-wing unmanned aerial vehicles (UAVs) have become a popular research topic in recent years.*

Materials, methods, results and discussions. *The purpose of the article is to present a comparative study between the linear quadratic regulator (LQR), linear quadratic Gaussian regulator (LQG) and nonlinear control methods of a fixed-wing unmanned aerial vehicle (UAV) to stabilize the pitch angle. The rationale for the choice of the LQR method was a fairly simple synthesis procedure and high stability of the resulting system. The rationale for the choice of LQG was the need to overcome external disturbances, such as gusts of wind. The article also discusses the Kalman filter to create a flight control system of an unmanned aerial vehicle. At the end of the paper we present simulation results of the closed-loop system with the obtained control laws in the environment of Matlab / Simulink.*

Conclusion. *The results are compared to see which method is faster, more stable, and more reliable.*

Key words: fixed wing UAVs, LQR control, LQG control, Kalman filter, nonlinear control.

Introduction. Fixed-wing Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) have become a popular research topic in the last years. They are very different from conventional quadcopters. Unlike quadcopters, they are not able to take off vertically into the air, but instead require a runway to launch and land. Even though their methods of taking off are different, they are able to stay in the air a lot longer as a result of their ability to glide, can hold more payload weight, and have improved overall power efficiency [1]. Fixed-wing UAVs can be used for many different missions including, data gathering, rescue and currently different organizations have begun to use them for delivery since they are capable of flying longer, higher and faster [2]. They offer a smooth transition of autonomous flight control design from theory to practice in addition to providing a proper solution in locations with difficult access or unsafe to human life. However, the lack of a human pilot on board implies that the fixed-wing UAVs rely on automation to navigate or to avoid obstacles.

Fixed-wing UAVs are very susceptible to external disturbances such as winds and gusts due to their low velocities, small mass and moments of inertia [3]. Therefore, advanced methods are needed for the control system of fixed-wing UAVs. In this paper LQR, LQG with Kalman Filter and nonlinear control methods are presented. The LQR and LQG controllers are widely applied in feedback control of industrial processes [4]. They are described with their simple structure and principle providing great performance.

The fixed-wing UAV motion can be categorized into longitudinal and lateral motion resulting in two main types of control: longitudinal control and lateral control. For longitudinal control, elevator plays its role in controlling longitudinal motion and pitch while for lateral control, aileron and rudder perform their role in controlling lateral motion [5]. In this work a design of an autopilot that controls the pitch angle of a fixed-wing UAV is presented.

1. Flight dynamics of a fixed-wing UAV

To address the problem of designing an autonomous flight controller for a fixed-wing UAV (figure 1), first an accurate nonlinear dynamic model of the vehicle needs to be derived. A nonlinear model of the fixed-wing UAV is generated from first-principles modeling approach [6]. The UAV models are developed with medium-complexity based on only basic flight dynamics.

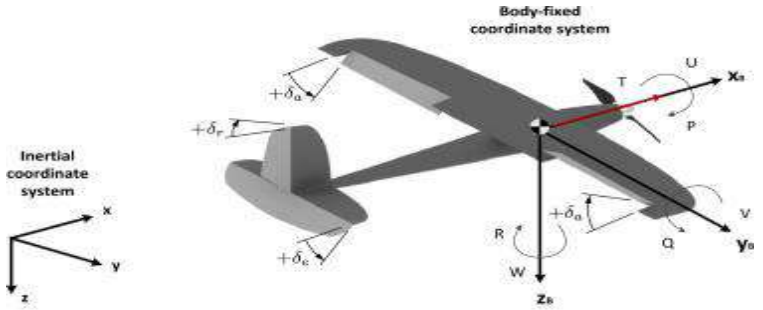


Fig. 1. Coordinate systems and parameter definitions

1.1. Equations of motion

The nonlinear equations of motion for the fixed-wing UAV are obtained from Newton's Second Law along with Euler's rotational [7]. The UAV flight dynamics are simulated using the following mathematical models describing the UAV 6DOF (Degree of Freedom) equations of motion:

$$\begin{gathered}
\dot{u} = rv - qw - gsin\theta + X_b/m; \\
\dot{v} = pw - ru + gcos\theta sin\phi + Y_b/m; \\
\dot{w} = qu - pv + gcos\phi cos\theta + Z_b/m; \\
\dot{p} = (I_{xz}\dot{r} - (I_{zz} - I_{yy})qr + I_{xz}pq + L)/I_{xx}; \\
\dot{q} = (-(I_{xx} - I_{zz})rp - I_{xz}(p^2 - r^2) + M)/I_{yy}; \\
\dot{r} = (I_{xz}\dot{p} - (I_{yy} - I_{xx})pq - I_{xz}qr + N)/I_{zz}; \\
\dot{\phi} = p + tan\theta(qsin\phi + rcos\phi); \\
\dot{\theta} = qcos\phi - rsin\phi; \\
\dot{\psi} = sec\theta(qsin\phi + rcos\phi); \\
\dot{x} = uc\theta c\psi + v(s\phi s\theta c\psi - c\phi s\psi) + w(c\phi s\theta c\psi + s\phi s\psi); \\
\dot{y} = uc\theta s\psi + v(s\phi s\theta s\psi + c\phi c\psi) + w(c\phi s\theta s\psi - s\phi c\psi); \\
\dot{z} = -us\theta + vs\psi c\theta + wc\psi c\theta,
\end{gathered} \tag{1}$$

where $c = cos, s = sin, m$ is mass of the aircraft, u, v and w are forward, sideway and vertical velocity (m/s), p, q and r are roll, pitch and yaw rate (rad/s), φ,θ and ψ are Euler angles (rad), x, y and z are north, east and down position (X,Y,Z-axis), I_{xx}, I_{xx}, I_{yy} and I_{zz} are rolling, pitching and yawing moment of inertia, X_b, Y_b, and Z_b are aerodynamic forces along the different body axes and L, M and N are aerodynamic moments about the center of gravity.

1.2. Fixed-wing UAV aerodynamic data

The aircraft data used in this study and analysis corresponds to that of a fixed-wing Ultra Stick 25e UAV (figure 2) developed at the University of Minnesota [8], is given in Table 1.



Fig. 2. Ultra Stick 25e Fixed-wing UAV

Table1

Stick 25e UAV specifications

Property	Symbol	Value	Units
Mass	m	1.959	kg
Wing Span	b	1.27	m
Wing Area	S	0.31	m^2
Mean Aerodynamic Chord	c	0.25	m
Lift Coefficient	C_{L_α}	4.58	$-$
Trim drag coefficient	C_{d_0}	0.0434	$-$
Oswald efficiency factor	e	0.75	$-$
Stall speed	V_{min}	10	m/sec
Maximum speed	V_{max}	25	m/sec

2. Linear Model

The nonlinear dynamic model of the fixed-wing UAV needs to be linearized before applying the optimal control techniques. For controlling the pitch of the fixed-wing UAV, it is mandatory to use only the longitudinal equations of motion, therefore the derived linear model for Ultra Stick 25e UAV is given as decoupled longitudinal dynamics.

2.1. Longitudinal equations of motion

The longitudinal nonlinear equations of motion are derived by applying Newton's Laws of motion (figure 3) which relate to the summation of the external forces and moments to the linear and angular accelerations of the system or body [9].

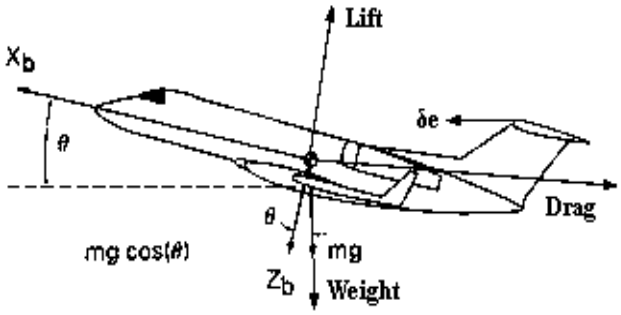


Fig. 3. Pitch control system of the fixed-wing UAV

The longitudinal dynamics are described by states $A_{lon} = [u, w, q, \theta]^T$. The forces *X* and *Z*, and the moment *M* are assumed to be linear functions of u, w, q, θ and the elevator deflection δe, resulting in the following:

$$\dot{x}_{lon} = A_{lon}x_{lon} + B_{lon}\delta_e; \quad (2)$$

$$\dot{x}_{lon} = \begin{bmatrix} X_u & X_w & X_q - W_e & -g\cos\theta_e \\ Z_u & Z_w & Z_q + U_e & -g\sin\theta_e \\ M_u & M_w & M_q & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ w \\ q \\ \theta \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_{\delta_e} \\ Z_{\delta_e} \\ M_{\delta_e} \\ 0 \end{bmatrix} [\delta_e]; \quad (3)$$

$$\begin{bmatrix} \dot{u} \\ \dot{w} \\ \dot{q} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.38 & 0.60 & -0.36 & -9.80 \\ -0.98 & -7.81 & 15.32 & -0.21 \\ 0.18 & -8.31 & -35.21 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ w \\ q \\ \theta \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -0.36 \\ -3.62 \\ -106.32 \\ 0 \end{bmatrix} [\delta_e]; \quad (4)$$

The terms W_e, U_e, and θ_e represent the trim condition. Coefficients in the A_{lon} matrix ($X_u, X_w, X_q, Z_u, Z_w, Z_q, M_u, M_w$ and M_q) are the stability derivatives, and the B_{lon} matrix ($X_{\delta_e}, Z_{\delta_e}, M_{\delta_e}$) holds the control derivatives.

3. Flight controllers design

In this section, we describe LQR (figure 4) and LQG (figure 5) controllers that have been designed for the control of fixed-wing UAV.

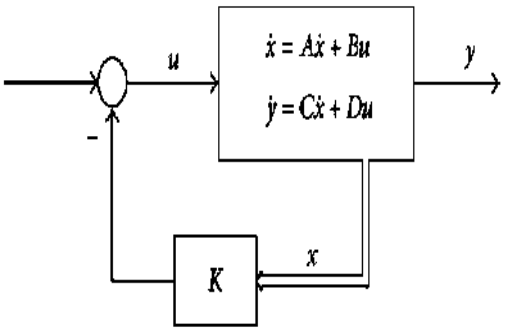


Fig. 4. Architecture of LQR control system

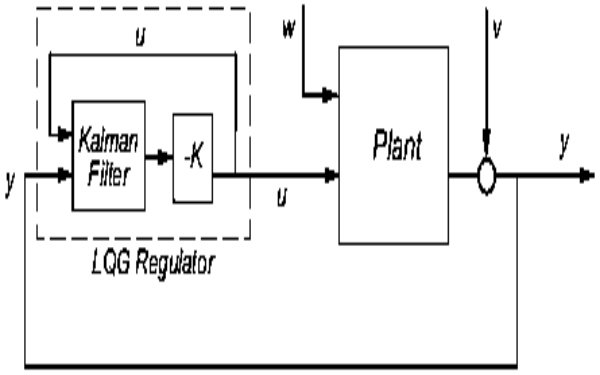


Fig. 5. Architecture of LQG control system

3.1. Linear Quadratic Regulator (LQR)

Linear Quadratic Regulator (LQR) approach is a well-known powerful control system design method for linear time-invariant (LTI) system that provides practical feedback gains [10]. LQR is an optimal control technique that gives the best possible performance with respect to some given performance measure [11]. The LQR design problem is to design a state feedback controller K such that the objective function J is minimized.

For the derivation of the linear quadratic regulator, we assume the plant to be written in state-space form as

$$\dot{x} = Ax + Bu; \quad (5)$$

$$y = Cx + Du; \quad (6)$$

with a quadratic cost function defined as

$$J = \int_0^\infty (x^T Q x + u^T R u) dt \quad (7)$$

where Q and R are the weight matrices. Q is required to be positive definite or positive semi-definite symmetry matrix ($Q \geq 0$) and R is required to be positive definite symmetry matrix ($R > 0$). The feedback control law that minimizes the value of the cost function is given by $u = -Kx$, where K is written as

$$K = R^{-1} B^T P \quad (8)$$

In MATLAB $K = lqr(A, B, Q, R)$. And P is found by solving the continuous time Algebraic Riccati Equation (ARE)

$$PA + A^T P + Q - PBR^{-1}B^T P = 0 \quad (9)$$

3.1.1. Simulation and results

LQR is designed in Matlab and in order to determine the value of gain control K, it is necessary to choose the values of weighting matrix Q and R in longitudinal motion of Ultra Stick 25e given as:

$$Q = \begin{bmatrix} 0.5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, R = 1 \quad (10)$$

Gain control is obtained as

$$K = [0.1252 \ -0.0771 \ -0.0760 \ -1.8131] \quad (11)$$

In this work, we want to control the pitch angle of the fixed-wing UAV from the initial value of 0.4 seconds to the final value of 0.6 radians in a short amount of time as it is shown in figure 6.

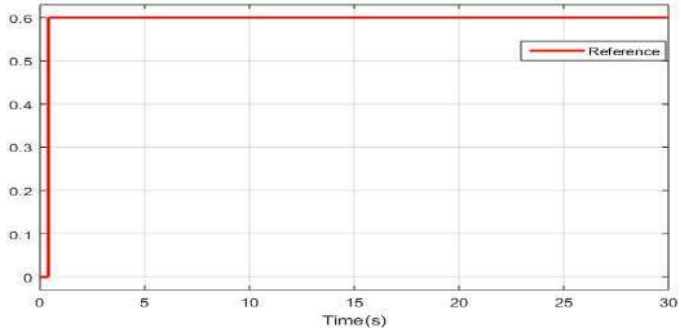


Fig. 6. Step input

The results of the pitch angle obtained with LQR controller without disturbance shows that there is a large over-shoot and steady state error as it can be seen in figure 7.

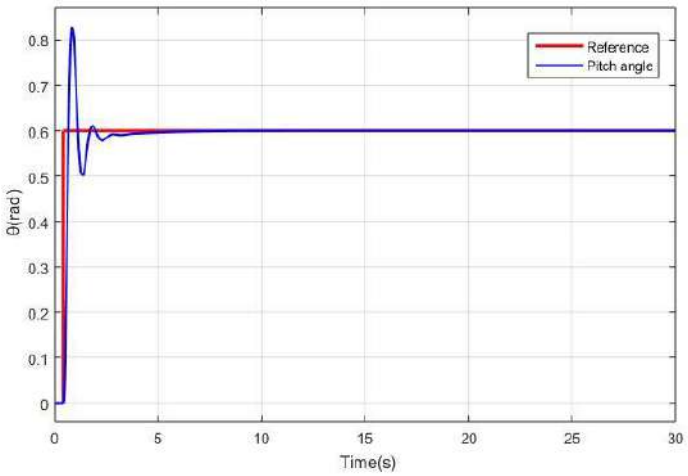


Fig. 7. Pitch angle output with LQR controller

In order to obtain the desired output, it means zero steady state error and to reduce the overshoot; a transfer function and an integral action are included in the LQR controller. The result obtained can be seen in figure 9.

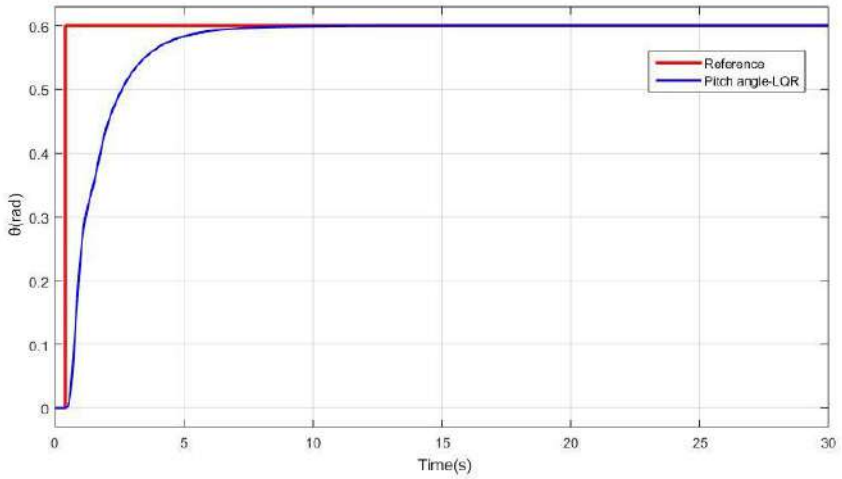


Fig. 8. Pitch Angle output with LQR controller and Transfer function

There is a considerable reduction in the overshoot and steady state error by applying the Integral LQR controller.

3.2. Linear Quadratic Gaussian(LQG)

Linear Quadratic Gaussian controller is a combination of LQR with Kalman Filter, it is better to reject noise and plant disturbances like sensor noise and wind gust. The LQG controller gives a much stable and robust response for the system [12].

To design LQG regulators and integral actions, you perform the following steps [13]:

- Construct the LQ-optimal gain.
- Construct a Kalman filter (state estimator), which is an algorithm that estimates the state of a system from measured data.
- Form the LQG design by connecting the LQ-optimal gain and the Kalman filter.

By defining, a continuous-time process and measurement model is as follows:

$$\dot{x} = Ax + Bu + Gw; \tag{12}$$

$$y = Cx + Hw + v, \tag{13}$$

where x is the state vector, u is the control input vector, y is the measured output vector, w is the process noise vector and v is the measurement noise vector affecting the sensors data acquisition. The matrices A (state matrix), B (control input gain matrix), G (plant noise gain matrix), C (measured state matrix) are all Linear Time Invariant (LTI).

The LQG regulator consists of an optimal state-feedback gain K_r and Kalman state estimator K_e. The regulation performance is measured by a quadratic performance criterion of the form

$$J = \int_0^\infty (x^T Q x + 2x^T N x + u^T R u) dt, \tag{14}$$

where Q, R and N are weighting matrices.

As for pole placement, the LQ-optimal state feedback $u = -Kx$ is not implementable without full state measurement. However, we can derive a state estimate $\hat{x}$ such that $u = -K\hat{x}$ remains optimal for the output-feedback problem. This state estimate is generated by the Kalman filter

$$\frac{d}{dt}\dot{\hat{x}} = A\hat{x} + Bu + L(\bar{y} - C\hat{x} - Du) \tag{15}$$

with input u(controls) and $\bar{y}$(measurements). The noise covariance data

$$E(ww^T) = Q_n, E(vv^T) = R_n, \; E(wv^T) = N_n \tag{16}$$

determines the Kalman gain L through an algebraic Riccati Equation.

The Kalman filter is an optimal estimator when dealing with Gaussian white noise. Specifically, it minimizes the asymptotic covariance of the estimation error $x - \hat{x}$.

$$\lim_{t\to\infty} E((x - \hat{x})(x - \hat{x})^T). \tag{17}$$

3.2.2. Simulation and results

This simulation was done in Matlab/Simulink. The state weighting matrices Q,R and N in longitudinal motion of Ultra Stick 25e fixed-wing UAV are:

$$Q = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, R = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, N = 0. \quad (18)$$

The gain matrix of state feedback controller K_r is obtained as

$$K_r = \begin{bmatrix} 0.7877 & 0.0284 & -0.2069 & -4.3734 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}. \quad (19)$$

Evaluate the Kalman filter gains K_e , the process noise w and measurement noise, v are white Gaussian random sequence with zero mean. Kalman filter is an optimal estimator when dealing with Gaussian white noise.

$$w = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, v = \begin{bmatrix} 0.01 & 0 \\ 0 & 0.01 \end{bmatrix}. \quad (20)$$

The Kalman Filter gain is obtained as

$$K_e = \begin{bmatrix} 16.8077 & -0.3846 \\ -0.3846 & 4.5186 \\ 0.1048 & -0.3116 \\ -9.9978 & 0.1439 \end{bmatrix}. \quad (21)$$

The pitch angle output with LQG controller with disturbance can be seen in the figure 9.

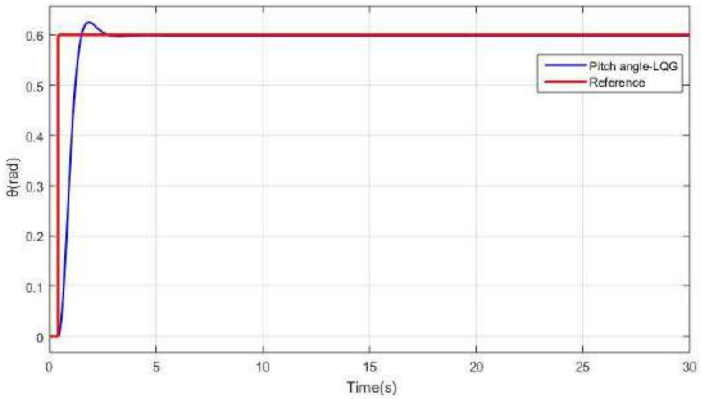


Fig. 9. Pitch angle output with LQG controller with disturbance

The response of the system obtained shows that there is a minimal overshoot and zero steady state error. However, LQG controller has good disturbance rejection ability and the fixed-wing UAV moves smoothly and faster than it does with LQR controller without disturbance as it is shown in figure 8.

4. Nonlinear Model

It requires a mathematical presentation of the system dynamics analytically as a set of differential equations in the form of strict-feedback systems in order to develop a nonlinear control system for a fixed-wing UAV.

The longitudinal dynamics are described by states $A_{lon} = [u, w, q, \theta]^T$. The forces X_b and Y_b, and the moment M are assumed to be nonlinear functions of u, w, q, θ and δe the control input vector where δe is the elevator angle. The nonlinear equations of motion of the fixed-wing UAV longitudinal dynamics are the following:

$$\dot{u} = rv - qw - gsin\theta + X/m; \quad (22)$$

$$\dot{w} = qu - pv + gcos\phi cos\theta + Z/m; \quad (23)$$

$$\dot{q} = (-(I_{xx} - I_{zz})rp - I_{xz}(p^2 - r^2) + M)/I_{yy}; \quad (24)$$

$$\dot{\theta} = qcos\phi - rsin\phi, \quad (25)$$

4.1. Simulation results

In this section, simulation results of the nonlinear controllers in Matlab by using Ordinary Differential Equations (ODEs) method are presented. The simulation model is composed of nonlinear equations (22)-(25), and the aerodynamic model of Ultra-Stick 25e fixed-wing UAV, developed at the University of Minnesota.

Figure 10 shows state variables such as forward and vertical velocity (u, v), pitching moment (q) and pitch angle (θ). The pitch angle output obtained corresponds to our desired response; fast rise time, zero steady state error and no overshoot. The nonlinear controller response is faster, more stable and more robust than LQR and LQG controller's responses (figure 8 and figure 9).

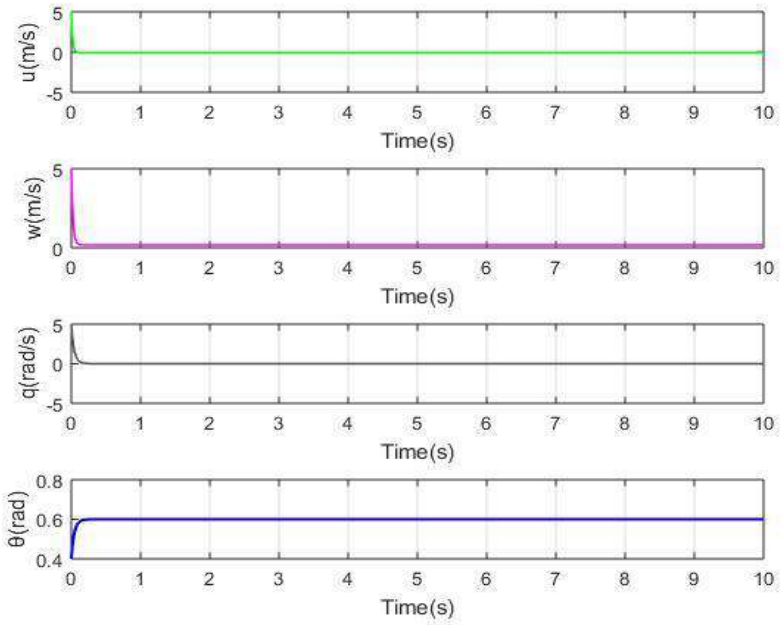


Fig. 10. Longitudinal dynamics responses for nonlinear model

5. Conclusion and future work

The Pitch control of a fixed-wing UAV is a system which needs a pitch controller to keep the angle at it desired response. And this can be achieved by reducing the error signal which is the difference between the output angle and the desired angle. Simulation study has been done in Matlab/Simulink environment and showed that LQR, LQG and nonlinear controllers are capable on controlling the pitch angle of the fixed-wing UAV successfully. LQG controller with disturbance produced better pitch angle response and LQR controller gave a better performance without disturbance; however, nonlinear controller produced greater desired response compared to LQR and LQG controllers. There was a significant result by using the nonlinear control method; it provided a very good following to the pitch angle output. We can conclude that the nonlinear control method is faster, smooth, more stable, reliable and more robust.

In the future work, we will design a control of the lateral flight dynamics on a fixed-wing UAV in the presence of strong winds such as wind gust and wind shear. A method for estimating the intensity and the direction of the wind will be explored and the navigation strategy will be adapted accordingly.

ЛИТЕРАТУРА / REFEENCES

1. Dronethusiast, https://www.dronethusiast.com/fixed-wing-drone-reviews/

Judy E. Scott and Carlton H. Scott, "Drone Delivery Models for Healthcare," Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Sciences, 2017.

2. Cunjia Liu 1and, Wen-Hua Chen "Disturbance Rejection Flight Control for Small Fixed-Wing Unmanned Aerial Vehicles"Journal of Guidance Control and Dynamics, 2016.

3. Labane Chrif, Zemalache Meguenni Kadda "Aircraft Control System Using LQG and LQR Controller with Optimal Estimation-Kalman Filter Design" 3rd International Symposium on Aircraft Airworthiness, ISAA 2013.

4. N. Wahid, N. Hassan and M.F. Rahmat,"Application of Intelligent Controller in Feed-back Control Loop for Aircraft Pitch Control", Australian J. of Basic and Applied Science, 2011.

5. Idris E. Putro, Herma Yudhi Irwanto, Ahmad Riyadl "Control Simulation of Fixed Wing UAV based on First Principle Approach" Conference: Conference: 6th Int'l UAV World Conference, AIRTECH, At Frankfurt, 2012.

6. B. L. Stevens and F. L. Lewis, Aircraft Control and Simulation, 2nd ed.New Jersey, USA: John Wiley & Sons, 2003.

7. Andrei Dorobantu "Test Platforms for Model-Based Flight Research" a dissertation submitted to the faculty of the graduate school of the University of Minnesota, 2013.

8. B. Etkin and L. D. Reid, Dynamics of Flight, Stability and Control, 3nd ed. New York, USA: John Wiley & Sons, 1996.

9. Jan Vlk, Peter Chudy "General aviation digital autopilot design based on LQR/LQG control strategy" AIAA 36th Digital Avionics Systems Conference (DASC), IEEE, 2017.

10. Anjali B. S., Vivek A.and Nandagopal J. L. "Simulation and Analysis of Integral LQR Controller for Inner Control Loop Design of a Fixed Wing Micro Aerial Vehicle (MAV), Global Colloquium in Recent Advancement and Effectual Researches in Engineering, Science and Technology (RAEREST), 2016.

11. Meera P. Nair, R. Harikumar," Longitudinal dynamics control of UAV" 2015 International Conference on Control Communication & Computing India (ICCC), IEEE, 2015.

12. Josep Llobera Capllonch "Longitudinal stability Control System design for the UAV Ultra Stick 25e" Final project, 2015.

ОБ АВТОРАХ

Скляров Андрей Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры синергетики и процессов управления, Южный федеральный университет. 347900, Россия, Ростовская обл., г. Таганрог, ул. Чехова, 2, к. 403. Тел.: +7(961) 2957403, E-mail: aasklyarov@sfedu.ru

Sclyarov Andrey Anatolevich, Candidate of Technical Sciences, Synergy and control processes department, associate professor, Southern Federal University. Taganrog, Chehov str., 2, ap. 403. Phone: +7(961) 2957403, E-mail: aasklyarov@sfedu.ru

Алин Ингабире, аспирант кафедры синергетики и процессов управления, Южный федеральный университет. 347900, Россия, Ростовская обл., г. Таганрог, ул. Чехова, 2, к. 403. Тел.: +7 (938) 106-92-81, E-mail: lilz0021@yahoo.fr

Ingabire Aline, Postgraduate Student, Department of Synergetics and Control Processes, Southern Federal University. Taganrog, Chehov str., 2, ap. 403. Phone: +7 (938) 106-92-81, E-mail: lilz0021@yahoo.fr

Дата поступления в редакцию: 24.04.2019 г.
После доработки: 03.05.2019 г.
Дата принятия к публикации: 27.05.2019 г.

Г. А. Манкаева [G. A. Mankaeva]
Л. Н. Джимбеева [L. N. Dzhimbeeva]
Б. Б. Михаляев [B. B. Mikhalyaev]
С. Б. Дертеев [S. B. Derteev]
И. А. Лагаев [I. A. Lagaev]

УДК 533.95:004.9:
519.6(470.47)
DOI 10.33236/2307-
910X-2019-2-26-83-89

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАДАННОЙ КОНФИГУРАЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ВНУТРИ ПЛАЗМЕННОГО ОБЛАКА

MODELING OF THE PROVIDED CONFIGURATION OF THE MAGNETIC FIELD IN THE PLASMA CLOUD

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова», г. Элиста, Россия

Аннотация. *За последние годы исследования динамики магнитных облаков накоплено множество данных об их поведении под действием магнитных полей. В случае изучения корональных выбросов массы проблема заключается в постановке граничных и начальных условий как для магнитных полей, так и для других физических параметров: температуры, скорости, давления и т.д.*

Методы и результаты. *Корональный выброс массы (КВМ) представлен в виде цилиндра, при этом магнитные поля внутри и вне плазменного облака заданы определенными конфигурациями. После некоторых математических преобразований и упрощений было получено уравнение Пуассона для векторного потенциала, также для облегчения решения использовалась кулоновская калибровка. Уравнение Пуассона решалось численнометодом конечных разностей и графически представлен результат анализа поведения магнитного поля внутри плазменного облака, под действием внешнего магнитного поля, также представлено начальное распределение плотности внутри облака с использованием магнитогидродинамических (МГД) уравнений и схемы WENO.*

Заключение. *На рассмотрение представлена одна из моделей магнитного поля и результаты, которые получаются при использовании МГД уравнений и численных методов.*

Ключевые слова: Компьютерное моделирование, физика плазмы, динамика выбросов плазмы, технология численного решения, уравнение Пуассона.

Abstract. *In recent years researches of the dynamics of magnetic clouds have accumulated a wealth of data on their behavior under the action of magnetic fields. In the case of researching coronal mass ejections, the problem lies in setting boundary and initial conditions for magnetic fields and other physical parameters: temperature, velocity, pressure, etc.*

Methods and results. *The coronal mass ejection is represented in the form of a cylinder, the magnetic fields inside and outside the plasma cloud given by certain configurations. After some mathematical transformations and simplifications, the Poisson's equation for the vector potential was obtained, and the Coulomb gauge was also used to facilitate the solution. The Poisson's equation was solved numerically by the finite-difference method and graphically presents the result of analyzing the behavior of the magnetic field inside the plasma cloud, under the action of an external magnetic field, and also the initial density distribution inside the cloud using the MHD equations and the WENO scheme.*

Conclusion. *One of the models of the magnetic field and the results obtained using the MHD equations and numerical methods are presented for consideration.*

Key words: Computer modeling, plasma physics, dynamics of plasma emissions, technology of numerical solution, Poisson's equation.

Введение. В научных исследованиях используются различные технологии, в том числе компьютерное моделирование. Большое значение имеет выбор подходящих методов и подходов при решении конкретных задач. Например, в физике плазмы широко используется подход, основанный на применении численных методов при решении уравнений магнитной гидродинамики.

Одним из перспективных направлений таких исследований стал учет различных физических и технологических факторов при постановке и численного решения задач динамики выбросов плазмы на Солнце. Этот класс задач, несмотря на его значимость, мало исследован, что связано, прежде всего, со значительными трудностями в построении алгоритмов их решения. Применение новых технологий разработки программ, использующих современный аппарат математического моделирования, способствует достижению высоких технологических показателей и повышению критерия качества решения.

В конкретных ситуациях, при выборе технологии численного решения важно учитывать те или иные физические эффекты магнитной гидродинамики, а именно вязкость, теплопроводность и электрическое сопротивление плазмы, а также правильно подбирать начальные и граничные условия.

Задание начальных и граничных условий. Во многих исследованиях корональный выброс массы, его также называют магнитным или плазменным облаком, представляют в виде петли. В данном случае выбираем небольшой объем в виде цилиндра, который заполнен плазмой с внутренним магнитным полем и находится во внешнем магнитном поле. Если посмотреть на него сверху, то получим прямоугольник (рис. 1).

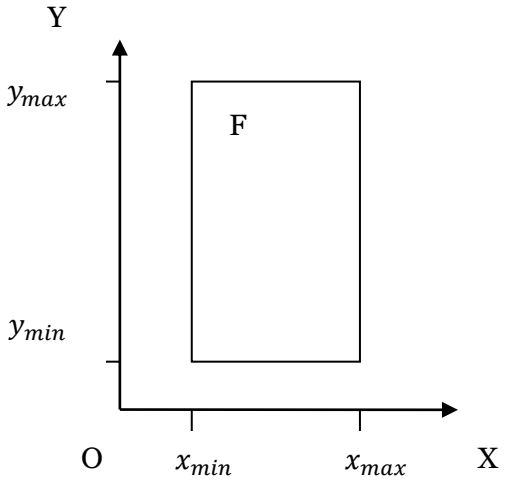


Рис. 1. Вид сверху на выделенный объем КВМ

Накладываем сетку: по оси OX с шагом Δx: $\{x_i : i = \overline{1,n}\}$, и по оси OY с шагом Δy: $\{y_j : j = \overline{1,m}\}$, тогда область F имеет такие границы: $F =: \{(x_i = i\Delta x, y_j = j\Delta y), i = \overline{1,n}, j = \overline{1,m}\}$.

Перейдем непосредственно к уравнениям Максвелла, а именно $div\vec{B} = 0$ и $rot\vec{B} = 4\pi/c \cdot \vec{j}$. Представим вектор магнитной индукции через векторный потенциал $\vec{B} = rot\,\vec{A}$, далее получим, что $rotrot\vec{A} = \nabla div\vec{A} - \Delta\vec{A} = 4\pi/c \cdot \vec{j}$, наложим еще одно условие или так называемую калибровку Кулона:$div\vec{A} = 0$, тогда $\Delta\vec{A} = -4\pi/c \cdot \vec{j}$. Рассмотрим только x-компоненту уравнения Пуассона, тогда $\Delta A_x = -4\pi/c \cdot j_x$. Будем считать, что внутри цилиндра магнитное поле представляет собой винтовую линию, аналитический вид которого представляем в следующем виде[1]:

$$\vec{B} = -\frac{yB_0b}{1+b^2(x^2+y^2+z^2)}\vec{e}_x + \frac{xB_0b}{1+b^2(x^2+y^2+z^2)}\vec{e}_y + \frac{B_0}{1+b^2(x^2+y^2+z^2)}\vec{e}_z,$$

Соответственно xкомпонента плотности тока имеет вид

$$j_x = \frac{2xB_0b^3z}{(1+b^2(x^2+y^2+z^2))^2} - \frac{2yB_0b^2}{(1+b^2(x^2+y^2+z^2))^2}$$

Окончательно получаем уравнение Пуассона в виде:

$$\Delta A_x = -\frac{2xB_0b^3z}{(1+b^2(x^2+y^2+z^2))^2} + \frac{2yB_0b^2}{(1+b^2(x^2+y^2+z^2))^2}$$

Теперь нужно построить магнитное поле вокруг петли: магнитное поле направлено воль оси OXи имеет вид [2]:

$$B = \frac{B_0}{1 - 2\ln\left(\frac{1}{2}\gamma\delta\right)}\left[-1 + \frac{a^2}{x^2 + y^2} + 2ln\frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{a^2}\right]\frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}}.$$

Записываем граничные условия I рода (Дирихле) и II рода (Неймана), далее проводим дискретизацию граничных условий методом конечных разностей и дискретизацию внутренних точек. Получаем систему линейных алгебраических уравнений размерности n·m, которая содержит (n-2)(m-2) уравнений для внутренних точек области $\{(x_{min}, x_{max}); (y_{min}, y_{max})\}$ и 2n+2(m-2) для граничных условий.

В итоге мы получим распределение A_x на плоскости XOY.

На рис. 2, по оси OX, *x*имеет характерную длину ~ 1000 *км*, векторный потенциал A_x представлен в единицах СГС.

Теоретические исследования динамики корональных выбросов массы (КВМ), как крупномасштабного явления, обычно проводятся в приближении магнитной гидродинамики. Проблема гидродинамического описания здесь осложняется необходимостью учета структуры магнитного поля, которая в большинстве случаев не является очевидной.

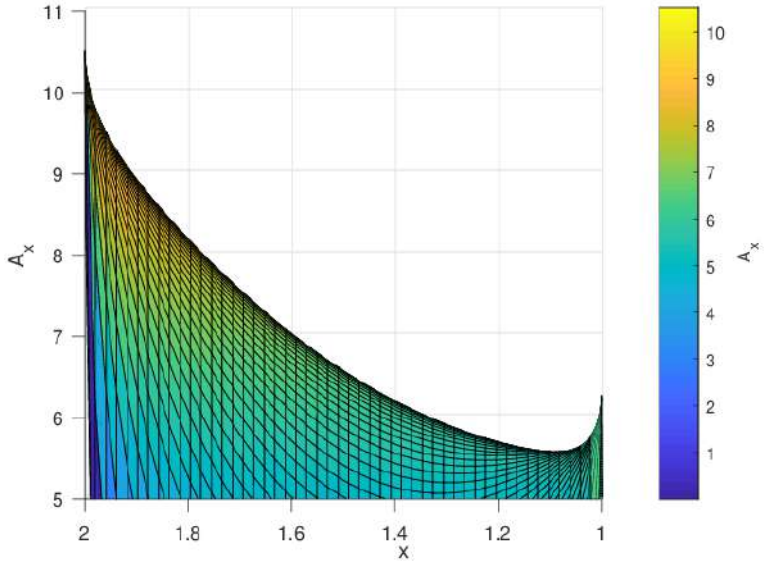


Рис. 2. Распределение векторного потенциала магнитного поля внутри КВМ

В связи с тем, что постановка задачи о моделировании КВМ не является однозначной ни с физической, ни с математической точки зрения особенно важен выбор технологического подхода. Поэтому задача определения технологических показателей численного решения делает актуальной проблему построения соответствующих математических моделей, выбора подходящего технологического критерия качества, а также разработки численных методов решения соответствующих задач.

История наблюдений КВМ насчитывает около полувека, однако использование в последнее время различных новых технических средств позволило получить большое количество подробных данных, из которых можно сделать ряд заключений о характере этого явления. Отдельной важной проблемой является описание механизма запуска КВМ, которое здесь мы не затрагиваем.

Одним из часто обсуждаемых вопросов, связанных с изучением возникновения и динамики КВМ, является роль магнитного пересоединения. В настоящее время принято считать, что вспышки, эрупция протуберанцев и КВМ есть составные части единого процесса глобальной магнитной эрупции. Согласно стандартной модели вспышки (КВМ), магнитное пересоединение играет ключевую роль на начальной стадии эрупции, когда процесс развивается в нижних, относительно плотных областях короны.

В обзоре [3] подробно проанализированы кинематические свойства 6621 событий, наблюдавшихся при помощи SOHO/LASCO. Замедленное движение (DDCME) оказалось далеко не характерным для их динамики и наблюдалось только в 1797 из рассмотренных случаев, в то время как в 2132 случаях наблюдалось ускорение (AACME). Наблюдалось также движение со знакопеременным ускорением: ускорение с последующим замедлением (ADCME, 1482 случая) и даже замедление с последующим ускорением (DACME, 1210 случаев). Обозначена

корреляция кинематических свойств с условиями возникновения КВМ: тип АА наблюдается перед вспышками, тип DD – после вспышек, в других случаях подобная корреляция не очевидна.

Подобная статистика свидетельствует о неоднозначности в целом динамики КВМ и существовании множества факторов, приводящих к этому результату. Механизм их распространения в гелиосфере так же до конца не понят, как и механизм начального ускорения. На распространение могут оказывать влияние как солнечный ветер (аэродинамическое торможение), так и ударная волна, возникающая впереди самого облака КВМ [4].

Адекватное моделирование процесса распространения КВМ до расстояний в несколько десятков$R_\odot$ является существенно трехмерной задачей, которая требует для своего решения солидных технических и программных ресурсов. В последние годы оно становится доступным для широкого круга исследователей, что объясняет появление целого ряда работ на эту тему. Для постановки задачи требуется определить модель процесса, то есть необходимо сформулировать уравнения, начальные и граничные условия, первоначальный вид можно задать в виде петли [5], например, можно задать начальные условия магнитного поля, которые зависят от ускорения КВМ [6, 7]:

$$\begin{cases} B_{rCME}(r,\theta,\varphi) = -\dfrac{1}{r^2 sin\theta}\dfrac{\partial\psi(r,\theta,\varphi)}{\partial\theta} \\ B_{\theta CME}(r,\theta,\varphi) = \dfrac{1}{rsin\theta}\dfrac{\partial\psi(r,\theta,\varphi)}{\partial\theta} \end{cases}, \quad (1)$$

$$\psi(r,\theta,\varphi) = \psi_0\left(a(r,\theta,\varphi) - \frac{a_{CME}}{2\pi} sin\left(\frac{2\pi a(r,\theta,\varphi)}{a_{CME}}\right)\right).$$

Имеется много работ с использованием уравнений идеальной МГД. Распространены также модели, где учитываются диссипативные эффекты:

$$\begin{gathered} \frac{\partial\rho}{\partial t} + \mathrm{div}(\rho\boldsymbol{v}) = 0, \\ \frac{\partial\boldsymbol{B}}{\partial t} = \mathrm{rot}(\boldsymbol{v}\cdot\boldsymbol{B}) + \frac{\mathrm{c}^2}{4\pi\sigma}\Delta\boldsymbol{B}, \\ \frac{1}{\gamma-1}\left(\frac{\partial T}{\partial t} + \boldsymbol{v}\cdot\nabla T\right) = -T\nabla\cdot\boldsymbol{v} - \frac{m_p}{2k\rho}\left(\nabla\cdot\boldsymbol{q} + n_e n_p Q(T) - H_{ch}\right), \\ \rho\left(\frac{\partial\boldsymbol{v}}{\partial t} + \boldsymbol{v}\cdot\nabla\boldsymbol{v}\right) = -\nabla p + \frac{1}{4\pi}\mathrm{rot}\boldsymbol{B}\times\boldsymbol{B} + \rho\boldsymbol{g} + \nabla\cdot(\nu\rho\nabla\boldsymbol{v}), \\ p = p(\rho,T), \\ \boldsymbol{q} = \begin{cases} -\varkappa\nabla T, R_\odot \le r \lesssim 10R_\odot \\ \alpha n_e kT\boldsymbol{v}, r > 10R_\odot \end{cases}, \end{gathered} \quad (2)$$

где ρ – плотность, $\boldsymbol{v}$ – скорость, $\boldsymbol{B}$ – вектор магнитной индукции, σ – коэффициент электропроводности, T – температура, k – постоянная Больцмана, m_p – масса протона, γ – адиабатический коэффициент, n_e, n_p – концентрация электронов и протонов, p – давление, $\boldsymbol{g}$ – ускорение свободного падения, ν – динамическая вязкость, H_{ch} – функция нагрева солнечной короны, $Q(T)$ – функция радиационных потерь, $\varkappa$ – коэффициент теплопроводности, α – постоянная. Даже система уравнений (2) не является полным набором всех МГД уравнений. Решение системы уравнений (2) сводится к нахождению скорости или координат КВМ в виде зависимости или численных значений. При решении возникает ряд проблем, которые связаны с заданием магнитного поля, распределения температуры, плотности, вида функций радиационных потерь и нагрева солнечной короны.

Из-за вращения Солнца и наличия активных областей, общее магнитное поле все время меняет свою конфигурацию, поэтому можно использовать только приближенные полуэмпирические зависимости вектора магнитной индукции от времени и координат. Одной из главных проблем астрофизики, до сих пор является задача нагрева солнечной атмосферы и, соответственно, неизвестны распределения температуры и плотности, а функцию H_{ch} можно только выбирать различными способами, отталкиваясь от конкретной используемой модели, для построения функции радиационных потерь нужно учитывать множество факторов, в том числе химический состав. Также можно упростить систему, если рассматривать полностью ионизованную водородную плазму, тогда функция состояния выглядит так:

$$p = p(\rho, T) = \frac{k}{m_p}\rho T. \quad (3)$$

Типичным примером подхода на основе идеальной МГД можно считать модели, в которых начальное положение КВМ задается аналитически магнитной трубкой, а окружающая среда представлена в виде упрощенной модели солнечного ветра с учетом эффектов гравитации и дополнительных источников нагрева [5, 6]. Область, в которой разворачивается картина движения, обычно простирается от расстояний порядка $1R_\odot$ до нескольких десятков и сотен $R_\odot$.

Более реалистичный подход должен основываться на конкретных данных о КВМ и внешней среде на определенную дату. Необходимо также отметить, что свойство идеальности в некоторой степени является относительным при численном моделировании, поскольку влияние искусственной вязкости способно привести к тем же результатам, которые могут дать вполне реальные диссипативные эффекты.

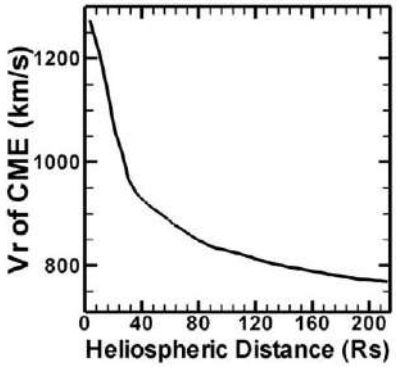


Рис. 3. Изменение скорости КВМ с расстоянием [7]

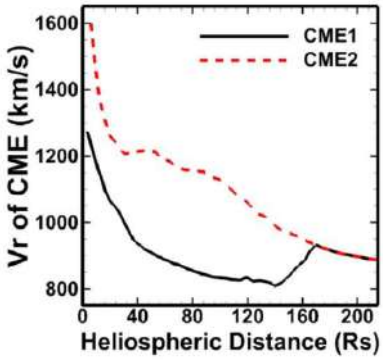


Рис. 4. Иллюстрация процесса взаимодействия двух КВМ [7]

На рис. 3 и 4 показаны результаты моделирования события от 28–31 марта 2001 года [7]. Силы, приводящие к замедлению движения КВМ, в данном случае есть силы аэродинамического торможения, магнитного натяжения и гравитационного притяжения. Силы, приводящие к ускорению, – это силы магнитного и газового давлений. На движение может влиять также обмен моментом количества движения с солнечным ветром, особенно значительно этот эффект проявляется при взаимодействии двух различных КВМ.

В диссипативном приближении широко используются уравнения так называемой термодинамической МГД, в которых учтены вязкость, теплопроводность, электрическое сопротивление, а также излучение и нагрев короны [8, 9]. Для численного моделирования разработан код MAS (Magnetohydrodynamic Algorithm outside a Sphere) с расчетами в сферических координатах, в данном коде используется система уравнений (2). Имеются версии с векторным потенциалом, один из таких способов представлен в данном случае, что освобождает от проблемы выполнения условия $div\vec{B} = 0$.

MAS-код используется при моделировании начального выброса. Для описания движения КВМ в межпланетном пространстве используется его гелиосферная версия, где в уравнении для энергии исключены диссипативные эффекты, нагрев и радиационные потери, но в уравнении для момента количества движения учтены сила Кориолиса и центростремительная сила. При описании движения межпланетных КВМ учитывается также структура межпланетного магнитного поля.

Результаты исследования и их обсуждение. На рис. 2, видно как во фронтальной части относительно центральной и задней частей, увеличено магнитное поле, это обусловлено тем, что внешнее магнитное поле удерживает эруптивный протуберанец перед выбросом.

Для определения начальных данных потребуется задать распределения плазмы и магнитного поля внутри и вне цилиндра. Распределения внутри цилиндра, описывающие КВМ, будут осесимметричными. Распределение поля вне цилиндра, изображающее внешнее поле, имеет однородный характер на большом удалении от КВМ. Также для понимания сложности постановки задачи представлено распределение плотности плазмы внутри цилиндра, практически в начальный момент времени. Для моделирования использовалась система уравнений МГД и использовался численный метод решения по схеме WENO (weightedessentiallynon – oscillatory).

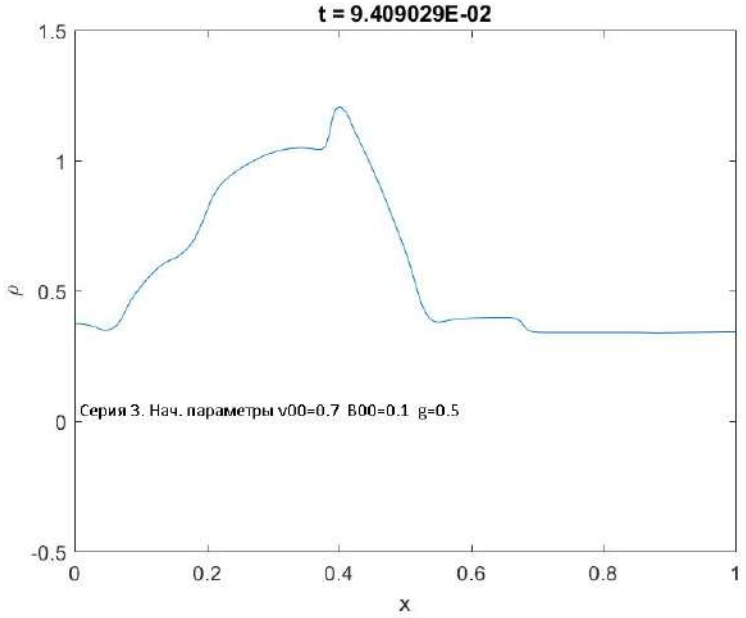


Рис. 5. Начальное распределение плотности вещества в солнечной короне, под действием КВМ

Заключение. Для того, чтобы описать поведение КВМ необходимо использовать большой объем вычислительных ресурсов. Необходимо выбрать модель, которая будет как можно ближе к наблюдательным данным, для дальнейшего предсказания динамики КВМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Aschwanden M. J. A nonlinear force – free magnetic field approximation suitable for fast forward – fitting to coronal loops. I. Theory. SolarPhysics. 2013. vol. 287. issue 1-2. P. 323-344.

2. Слезкин Н. А. Динамика вязкой несжимаемой жидкости. М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1955. 520 с.

3. Nicewicz J., Michalek G. Classification of CMEs based on Their Dynamics. Solar Physics. 2016. vol. 291. issue 5. P. 1417-1432.

4. Howard T. Coronal Mass Ejections: An Introduction. New York: Springer, 2011. 244 p.

5. Poedts S., Jacobs C., van der Holst B., et al. Numerical simulations of the solar corona and Coronal Mass Ejections. Earth, Planets and Space. 2009. vol. 61. issue 5. P. 599-602.

6. Shen F., Shen C., Zhang J. et al. Evolution of the 12 July 2012 CME from the Sun to the Earth: Data – constrained three – dimensional MHD simulations. Journal of Geophysical Research: Space Physics. 2014. vol. 119. P. 7128-7141.

7. Shen F., Wu S. T., Feng X., Wu C.-C. Acceleration and deceleration of coronal mass ejections during propagation and interaction. JournalofGeophysicalResearch: Atmospheres. 2012. vol. 117. A11101.

REFERENCES

1. Aschwanden M. J. A nonlinear force – free magnetic field approximation suitable for fast forward – fitting to coronal loops. I. Theory. SolarPhysics. 2013. vol. 287. issue 1-2. P. 323-344.

2. Slezkin N. A. Dinamika vyazkoy neszhimaemoy zhidkosti. M.: Gosudarstvennoe izdatel'stvo tekhniko-teoreticheskoy literatury, 1955. 520 s.

3. Nicewicz J., Michalek G. Classification of CMEs based on Their Dynamics. Solar Physics. 2016. vol. 291. issue 5.P. 1417-1432.

4. Howard T. Coronal Mass Ejections: An Introduction. New York: Springer, 2011. 244 p.

5. Poedts S., Jacobs C., van der Holst B., et al. Numerical simulations of the solar corona and Coronal Mass Ejections. Earth, Planets and Space. 2009. vol. 61. issue 5. P. 599-602.

6. Shen F., Shen C., Zhang J. et al. Evolution of the 12 July 2012 CME from the Sun to the Earth: Data – constrained three – dimensional MHD simulations. Journal of Geophysical Research: Space Physics. 2014. vol. 119. P. 7128-7141.

7. Shen F., Wu S. T., Feng X., Wu C.-C. Acceleration and deceleration of coronal mass ejections during propagation and interaction. JournalofGeophysicalResearch: Atmospheres. 2012. vol. 117. A11101.

ОБ АВТОРАХ

Манкаева Галина Алексеевна, старший преподаватель кафедры математики, информатики и методики преподавания, Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова, г. Элиста, ул. Пушкина, 11, e-mail: mankaeva.galina@yandex.ru, phone number: +79061764200
Mankaeva Galina Alekseevna, Senior Lecturer, Department of Mathematics, Computer Science and Teaching Methods, Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, Elista, Pushkin Street, 11, e-mail: mankaeva.galina@yandex.ru, phone number: +79061764200

Джимбеева Людмила Нарановна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры теоретической физики, Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова, г. Элиста, ул. Пушкина, 11, e-mail: dzjimbeeva_ln@mail.ru, phone number: +79054843794.
Dzhimbeeva Lyudmila Naranovna, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Theoretical Physics, Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, Elista, Pushkin Street, 11, e-mail: dzjimbeeva_ln@mail.ru, phone number: +79054843794

Михаляев Бадма Борисович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической физики, Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова, г. Элиста, ул. Пушкина, 11, e-mail: bbmikh@mail.ru, phone number: +79613967444
Mikhalyaev Badma Borisovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Head of the Department of Theoretical Physics, Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, Elista, Pushkin Street, 11, e-mail: bbmikh@mail.ru, phone number: + 79613967444

Дертеев Сергей Бадмаевич, ассистент кафедры теоретической физики, Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова, г. Элиста, улица Пушкина, 11, e-mail:derteevsergei@mail.ru, phone number: +79613963655
Derteev Sergey Badmaevich, Assistant of the Department of Theoretical Physics, Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov, Elista, Pushkin Street, 11, e-mail: derteevsergei @ mail.ru, phone number: +79613963655

Лагаев Иван Анатольевич, студент 2 курса направления «Физика и астрономия», магистерская программа «Астрофизика. Физика космических излучений и космоса», Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова, г. Элиста, улица Пушкина, 11, e-mail: lagaev96@mail.ru, phone number: +79275965556
Lagaev Ivan Anatolyevich, 2nd year student of the direction "Physics and Astronomy", master's program "Astrophysics. Physics of cosmic radiation and space ", Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov, Elista, Pushkin street, 11, e-mail: lagaev96@mail.ru, phone number: +79275965556

Дата поступления в редакцию: 01.01.2019 г.
После доработки: 23.04.2019 г.
Дата принятия к публикаци: 22.05.2019 г.

Г. В. Алексеев [G. V. Alekseyev]
И. И. Бриденко [I. I. Bridenko]
А. А. Суомалайнен [A. A. Suomalainen]

УДК 642.5:001.895
DOI 10.33236/2307-910X-2019-2-26-90-100

ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПРЕССОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЕГО КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ

EXERGETIC ANALYSIS OF COMPRESSOR CHARACTERISTICS USING ITS COMPUTER MODEL

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики. Санкт-Петербург, Россия, e-mail: gva2003@mail.ru

Аннотация. *Современные требования по ресурсосбережению все более серьезно ставят вопросы вторичного использования основного сырья и вспомогательных материалов в производственном цикле. Пищевые производства, кроме рецептурного использования воды, используют ее в значительных количествах и как вспомогательный материал. Безусловное первенство в таких процессах занимают разные этапы мойки перерабатываемого сырья и транспортировка отходов.*

Метериалы и методы, результаты и обсуждения. *В статье рассматриваются вопросы оценки эффективности работы одного из главных составляющих практически всех систем подготовки использованной воды к возвращению в производственный цикл. Пройдя первичную очистку в физических фильтрах, усредненные сточные воды, свободные от жировых включений, попадают в аэротенк, где доочищаются под воздействием микроорганизмов. На данном этапе очистки вода насыщается кислородом, являющимся источником энергии для микроорганизмов. В кислородной среде при достаточном объеме питательных веществ и соответствующей температуре, аэробные организмы начинают активно размножаться, формируя макроколонии. Именно эти колонии являются активным илом, выпадающим в виде осадка и циркулирующим в толще воды при аэрации. В аэротенке очистка воды происходит путем окисления органики с последующим её поглощением. Прошедшие аэрацию стоки отводятся вуспокоитель, где активный ил оседает и перенаправляется по водообменной системе на участок анаэробной очистки или на повторную аэрацию. Вместе с тем, существуют издержки, которые следует учитывать при выборе системы очистки. Аэротенки являются энергозависимыми устройствами и их функционирование невозможно при отсутствии электропитания. Микроорганизмы, осуществляющие очистку стоков, погибают менее чем через 12 часов простоя. Поэтому, при повышенном энергопотреблении возникает необходимость подключения очистной установки к резервной сети или генератору, способному обеспечить бесперебойную работу компрессора. В зависимости от производителя и модели очистной установки аэротенки могут отличаться по технологическим и конструкционным принципам. Большинство отечественных компаний, выпускающих бытовые и промышленные установки, используют пневматические компрессоры для аэрации стоков, поступающих в аэротенк. Аэраторы изготавливаются из керамики, металла или полимерных материалов. Существует комбинированная система аэрации, где нагнетаемый компрессором воздух выходит через форсунку и направляется в фильтр-пластину, повышающую площадь распределения воздуха и уменьшающую размеры пузырьков. Такая технология нашла широкое применение в импортных бытовых установках и некоторых отечественных моделях. Работа таких систем невозможна без участия различного рода воздухонагнетателей, в частности вентиляторов. Конструкция этих устройств существенно зависит от геометрии отдельных рабочих органов, например, лопастей.*

Заключение. *Авторами предлагается подход отработки таких деталей с использованием компьютерного моделирования осуществляемых процессов.*

Ключевые слова: ресурсосбережение, вторичное использование вспомогательных материалов, пищевые производства, мойка перерабатываемого сырья, транспортировка отходов, оценка эффективности работы, аэротенк.

Abstract. *Modern requirements for resource saving are increasingly serious questions of the secondary use of primary raw materials and auxiliary materials in the production cycle. Food production, in addition to the prescription use of water, use it in large quantities and as an auxiliary material. Unconditional superiority in such processes is occupied by different stages of washing of processed raw materials and transportation of waste.*

Materials and methods, results and discussions. *The article deals with the evaluation of the effectiveness of one of the main components of almost all systems of preparation of used water for return to the production cycle. After primary cleaning in physical filters, the average waste water free from fat inclusions enters the aeration tank, where they are cleaned under the influence of microorganisms. At this stage of purification, the water is saturated with oxygen, which is a source of energy for microorganisms. In the oxygen environment,*

with a sufficient amount of nutrients and the appropriate temperature, aerobic organisms begin to actively multiply, forming macrocolonies. These colonies are the active silt, falling in the form of sediment and circulating in the water column during aeration. In the aeration tank, water purification occurs by oxidation of organic matter with its subsequent absorption. The last aeration of the effluent discharged uspokoitel, where the activated sludge settles and is vodoobmena system to the site anaerobic treatment or for re-aeration. However, there are costs to consider when choosing a cleaning system. Aeration tanks are energy-dependent devices and their operation is impossible in the absence of power supply. Microorganisms that clean wastewater die in less than 12 hours of downtime. Therefore, with increased power consumption, it is necessary to connect the treatment plant to a backup network or generator that can ensure the smooth operation of the compressor. Depending on the manufacturer and model of the treatment plant aeration tanks may differ in technological and structural principles. The majority of domestic companies producing household and industrial installations, use of pneumatic compressors for the aeration of the wastewater entering the aeration tank. Aerators are made of ceramic, metal or polymeric materials. There is a combined aeration system, where the air injected by the compressor goes out through the nozzle and is directed to the filter plate, which increases the air distribution area and reduces the size of the bubbles. This technology is widely used in imported domestic installations and some domestic models. The operation of such systems is impossible without the participation of various types of air blowers, in particular fans. The design of these devices depends significantly on the geometry of the individual working bodies, for example, blades.

Conclusion. *The authors propose an approach of working out such details using computer simulation of the processes.*

Key words: resource saving, reuse of subsidiary materials, food production, washing of processed raw material, transportation of waste, the assessment of the effectiveness of an aeration tank.

Introduction. After primary purification in physical filters, the averaged wastewater, free of fatty inclusions, enter the aerotank, where it's cleaned up under the influence of microorganisms. At this stage of purification, water is saturated with oxygen, which is a source of energy for microorganisms. In an oxygen medium with a sufficient volume of nutrients and a corresponding temperature, aerobic organisms begin to multiply actively, forming macrocolonies. It's these colonies that are active silt, precipitating as a sediment and circulating in the water column during aeration. In the aeration tank, the water is purified by oxidizing the organic matter and then absorbing it. Passed aeration sinks are diverted to the soot, where the active sludge settles and is redirected through the water exchange system to the anaerobic treatment site or to repeated aeration.

However, there are costs that should be considered when choosing a cleaning system. Aerotanks are volatile devices and their operation is impossible when there is no power supply. Microorganisms that purify sewage are killed in less than 12 hours of downtime. Therefore, with increased power consumption, it becomes necessary to connect a cleaning plant to a backup network or a generator capable of ensuring uninterrupted operation of the compressor. Depending on the manufacturer and model of the treatment plant, aerotanks may differ in terms of technological and design principles. Most domestic companies that produce domestic and industrial installations use pneumatic compressors for aeration of effluents entering the tenk. Aerators are made of ceramics, metal or polymeric materials. There is a combined aeration system where the air injected by the compressor exits through the nozzle and is directed to the filter plate, which increases the air distribution area and reduces the bubble size. Such technology has found wide application in imported domestic installations and some domestic models. The operation of such systems is impossible without the participation of various kinds of air blowers, in particular fans. The design of these devices is highly dependent on the geometry of the individual working elements, for example, blades. The authors propose an approach for working out such details with the use of computer modeling of the implemented processes.

Compressor technology nowadays used not only for equipment used for environmental protection, but also in a wide range of areas of the economy. With its help, air masses are injected into various mines during the extraction of minerals, oil wells, as well as powerful ventilation of production premises or the movement of special products in food or biotechnological industries. It's known that the force interaction of a gas or liquid flow with a streamlined body is carried out through two types of force reactions: through the action of distributed forces of excess pressure and through the action on the body of tangential friction forces. In some cases, the design of compressors, which are the main component of injection systems for the purpose of energy-saving for their experimental development, are using the models of these devices.

Calculation practice shows that for practically used compressors in the range of large Reynolds numbers, the total force of the aerodynamic action of the blades of the rotating rotor is determined mainly by the force from the distributed pressure. Only with zero lift for very thin wing profiles does the component from frictional forces begin to be

significant in the overall strength of the resistance. Proceeding from this, it's advisable for the non-fine profile of the injection blade to determine the force action created exclusively by the distributed pressure forces [5-6].

Materials and methods. Experimental definition of distribution of pressure on such structure can be made at a purge in a subsonic wind tunnel rectangular, by way of the blade, a constant structure in all cross-section sections. On the average section the blade drained. Each aperture of a drainage on the blade is hermetically connected with the top end of a tube battery manometer. At blow covered with airflow on a wing some distribution of pressure is established. To some the accuracy depending on number of points of a drainage, cleanliness of processing of reception apertures, etc., it is possible to define this distribution by gauging of pressure in all points of a drainage [7].

If, at the same time, a positive excess pressure is set in the hole on the wing, the liquid level in the manometer tube drops below the zero mark; If the excess pressure is negative (rarefaction in this part of the wing), then the liquid level rises. Denoting the height of the change in the liquid level in the tube of the manometer and considering it to be an algebraic value (h> 0, if the liquid in the tube drops, and h <0, if the liquid rises), it is possible for each measured value to find an overpressure:

$$\Delta p_i = p_i - p_\infty = \gamma_\delta \Delta h_i \tag{1}$$

where γ_δ – specific gravity of liquid in manometer (if manometer is filled with colored water, $\gamma_\delta = 10^{-3}$ кгс/см^3).

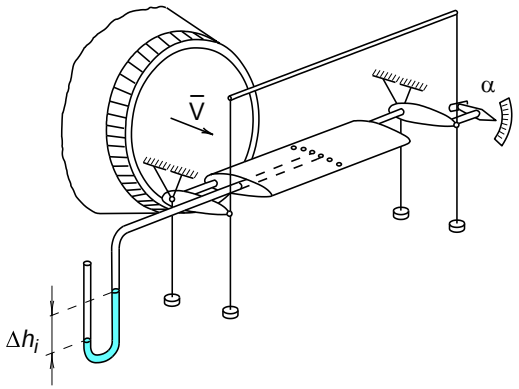


Fig. 1. Overpressure measuring circuit

Simultaneously with the fixation of pressure at various points in the profile, the velocity head must be measured, using the Pitot tube. Then the pressure coefficient in the i-th hole on the profile is:

$$c_{pi} = \frac{p_i - p_\infty}{\rho_\infty \frac{v_\infty^2}{2}} = \frac{\gamma_\delta \Delta h_i}{\gamma_p \Delta h_{pito}} \tag{2}$$

Using the obtained data on the pressure distribution, it is possible to construct the so-called vector diagram, Fig. 2. On the vector diagram, the blade is plotted accurately and the drainage points are drawn; at each point, a vector equal to the magnitude of the pressure coefficientat c_{p_i} a given point is attached to the wing surface. If the coefficient c_{p_i} is positive, then the vector is directed to the wing, if negative, then the vector is directed to the outside. The ends (or beginnings) of a vector are connected by an envelope line. Such a vector diagram gives a graphically clear picture of the distribution of the rarefaction and compression zones along the profile of the blade profile [8-10].

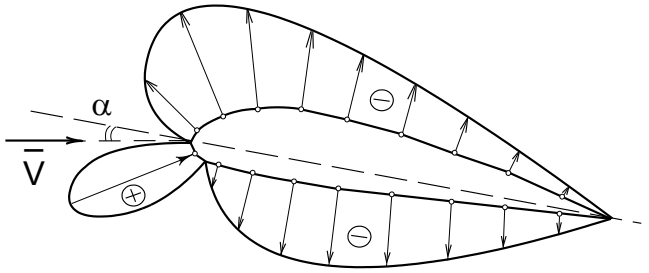


Fig. 2. The vector diagram of the blade

The axis $0x_1$ is directed in parallel to a vector of not indignant speed of an accumulating stream. The angle between axes $0x$ and $0x_1$ is angle of attack α. On a contour of a considered structure we shall note the bottom surface covered OBA and top surface OCA. On these surfaces of a point B and C is special. These points at the most are removed from a chord of the blade accordingly on the bottom and top surfaces of the blade and allocate a frontal surface covered BOC and a fodder surface BAC.

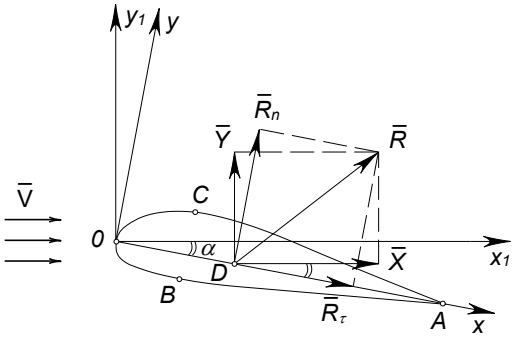


Fig. 3. The diagram of the appendix to a structure of the blade of various forces

On fig. 3 point D notes the center of pressure in which equally effective aerodynamic force $\vec{R}$ is enclosed. Aerodynamic force $\vec{R}$ can be spread out on two mutually perpendicular components. If these components are parallel to axes of high-speed coordinate system component X refers to as force of frontal resistance, and Y - elevating force. If these components are parallel to axes of the associated coordinate system component R_τ refers to as longitudinal force, $R_п$ - cross-section. Let's consider a surface of the blade of individual scope. On this blade it is possible to allocate an elementary rectangular platform dS, formed with an element of a contour dS so $dS = ds \cdot 1$. The Elementary piece of a contour dS is inclined to axis $0x$ under angle θ (fig. 4).

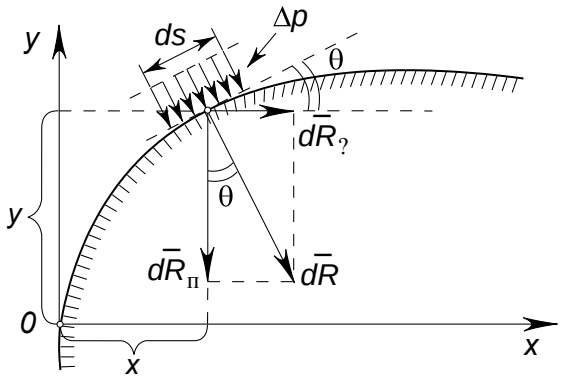


Fig. 4. Occurrence of horizontal and vertical components

If on a surface of a streamline structure in this seat superfluous pressure Δp force is enclosed to the given site dR where $dR = \Delta p ds$ on a normal to a surface operates. This force can be spread out on two mutually perpendicular components dR_τ and $dR_п$, parallel to axes $0x$ and $0y$:

$$dR_\tau = dR\sin\theta = \Delta p \sin\theta ds;\ dR_п = -dR\cos\theta = -\Delta p\cos\theta ds \quad (3)$$

From fig.4 is visible that $ds\cos\theta = dx; ds\sin\theta = dy$. Than:

$$dR_\tau = \Delta p dy; dR_п = -\Delta\ pdx$$

Being based on dependences (3), we shall find total forces: longitudinal R_τ, parallel to chord OA, and cross-section $R_п$, perpendicular to a chord.

For reception of force $R_п$ it is necessary to integrate dependence for $dR_п$ on top and the bottom surface of a structure:

$$R_{\text{п}} = -\int_{y_O}^{x_A} \Delta p_{\text{в}} dx + \int_{y_O}^{x_A} \Delta p_{н} dx,$$

where $\Delta p_{\text{в}}$ and $\Delta p_{\text{н}}$ - superfluous pressure accordingly on the top and bottom surface of a structure. Considering, that $x_o = 0; x_{\text{A}} = b$; we have:

$$R_{\text{п}} = \int_0^b (\Delta p_{\text{н}} - \Delta p_{\text{в}}) dx \tag{4}$$

In a similar way for reception of force R_τ, it is necessary to integrate dependence for from (3) on frontal (site BOC) and fodder (site BAC) to parts of a structure:

$$R_\tau = \int_{y_B}^{y_C} \Delta p_{\text{л}} dy_1 - \int_{y_B}^{y_C} \Delta p_{\text{к}} dy,$$

Notice that:

$$y_B = y_{\min}; \; y_C = y_{\max} \tag{5}$$

Then:

$$R_\tau = \int_{y_{\min}}^{y_{\max}} (\Delta p_{\text{л}} - \Delta p_{\text{к}}) dy \tag{6}$$

Let's pass from longitudinal and cross-section forces R_τ and $R_{\text{п}}$ to forces in high-speed system of coordinates: to force of frontal resistance X and elevating force Y. This transition is carried out under formulas:

$$\begin{aligned} X &= R_\tau \cos\alpha + R_{\text{п}} \sin\alpha; \\ Y &= -R_\tau \sin\alpha + R_{\text{п}} \cos\alpha \end{aligned} \tag{7}$$

Forcos X и Y in aerodynamics are represented through factors of frontal resistance c_x and elevating force c_y under formulas:

$$X = c_x \frac{1}{2} \rho_\infty v_\infty^2 S \quad Y = c_y \frac{1}{2} \rho_\infty v_\infty^2 S; \tag{8}$$

Here the characteristic area S is maybe presented as $S = 1 \cdot b$ (the blade of individual scope).

In a similar way longitudinal and cross-section forces can be presented:

$$R_\tau = c_\tau \frac{\rho_\infty v_\infty^2}{2} S \quad R_{\text{п}} = c_{\text{п}} \frac{\rho_\infty v_\infty^2}{2} S; \tag{9}$$

Substituting (8) and (9) in (7), it is possible to receive:

$$\begin{aligned} c_x &= c_\tau \cos\alpha + c_{\text{п}} \sin\alpha; \\ c_y &= -c_\tau \sin\alpha + c_{\text{п}} \cos\alpha \end{aligned} \tag{10}$$

Dimensionless factors c_τ and c_n also are defined, if (9) to substitute in parities (4) and (6) and to consider definition of factor of pressure under the formula (2):

$$\begin{aligned} c_{\text{п}} &= \frac{1}{b} \int_0^b (c_{p_H} - c_{p_B}) dx; \\ c_\tau &= \frac{1}{b} \int_{y_{\min}}^{y_{\max}} (c_{p_{\text{л}}} - c_{p_{\text{к}}}) dy \end{aligned} \tag{11}$$

It is meaningful to enter dimensionless coordinates:

$$\bar{x} = \frac{x}{b}; \; \bar{y} = \frac{y}{b} \tag{12}$$

Enter also new designations:

$$\Delta c_{p_п} = c_{p_и} - c_{p_В};$$
$$\Delta c_{p_т} = c_{p_л} - c_{p_к} \quad (13)$$

come to following rated formulas:

$$c_п = \int_0^1 \Delta c_{p_п} d\bar{x};$$
$$c_т = \int_{\bar{y}_{min}}^{\bar{y}_{max}} \Delta c_{p_т} dy. \quad (14)$$

Integrating this dependence on a wing contour, we come to dependence

$$M_z = \frac{1}{2}\left[\oint \Delta p \cdot d(x^2) + \oint \Delta p d(y^2)\right] \quad (15)$$

Contour integrals in (15) are calculated at a contour round clockwise.

In an aerodynamics the moment of pitch of M_z is bound to coefficient of the tangazhny moment c_{mz} with formula:

$$M_z = c_{mz} \frac{\rho_\infty v_\infty^2}{2} Sb, \quad (16)$$

where $S = b \cdot 1$

Comparing records (15) and (16) and considering designation of a coefficient of pressure (2), receive:

$$c_{m_z} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{b^2}\left[\oint c_p d(x^2) + \oint c_p d(y^2)\right] \quad (17)$$

Transform one of contour integrals:

$$J_x = \oint c_p d(x^2) = \int_0^b c_{p_В} dx^2 + \int_b^0 c_{p_Н} dx^2 = \int_0^b (c_{p_В} - c_{p_Н}) dx^2$$

Similary:

$$J_y = \oint c_p dy^2 = \int_{y_{min}}^{y_{max}} c_{p_л} dy^2 - \int_{y_{max}}^{y_{min}} c_{p_к} dy^2 = \int_{y_{min}}^{y_{max}} (c_{p_л} - c_{p_к}) dy^2$$

Considering received and also designations (12) and (13), instead of (17) write:

$$c_{m_z} = 0{,}5(J_x + J_y), \quad (18)$$

where:

$$J_{\bar{x}} = -\int_0^1 \Delta c_{p_п} d((\bar{x})^2) \quad J_{\bar{y}} = \int_{\bar{y}_{min}}^{\bar{y}_{max}} \Delta c_{p_т} d(\bar{y}^2) \quad (19)$$

Tangage moment can be show with forses $\vec{X}$ и $\vec{Y}$, attached to a center of pressure in a point D with coordibates $x_D = x_д$; $y_D = 0$:

$$M_z = -Xx_д \sin\alpha - Yx_д \cos\alpha$$

transform:

$$\bar{x}_д = \frac{x_д}{b} = -\frac{M_z}{Y\cos\alpha + X\sin\alpha}$$

or $\bar{x}_д = -\dfrac{c_{m_z}}{c_y \cos\alpha + c_x \sin\alpha}$ (20)

This formula defines the provision of a center of pressure.

An inspection of the explained reasons was carried out by means of the virtual model operation of a wind tunnel of subsonic speeds. The blade model in model is suspended on extensions in a working part of a pipe with realization of the following conditions:

1.to install the blade on the given angle of attack α.

2.to place the receiver of a tube of Pitot-Prandtl in a zone of a nonperturbed stream before model, to measure size $\Delta h_{\text{п}}$ and to put a pipe into operation

3.to measure change from position of equilibrium of fluid levels in pipes of the battery manometer and to enter measured sizes Δh_i with their signs in the table.

4.to provide accuracy of measurements to the tenth shares of centimeter.

After carrying out measurements on a formula (2) values of a coefficient of pressure c_{p_i} are calculated and results are entered in the table.

Then built a coordinate charts of $c_p = f(\bar{x})$ and $c_p = f_1(\bar{y})$. For this purpose, using these tables, the experimental points are $(c_{p_i}, \bar{x}_i)$ and $(c_{p_i}, \bar{y}_i)$. These points connect the smooth curves. With inscriptions $c_{p_{\text{н}}}$ and $c_{p_{\text{в}}}$ put pressure distribution curve on the top and bottom surface of a wing (see fig. 5); on other chart curve pressure profiles on front and fodder parts of a profile are noted by inscriptions $c_{p_{\text{л}}}$ and $c_{p_{\text{к}}}$.

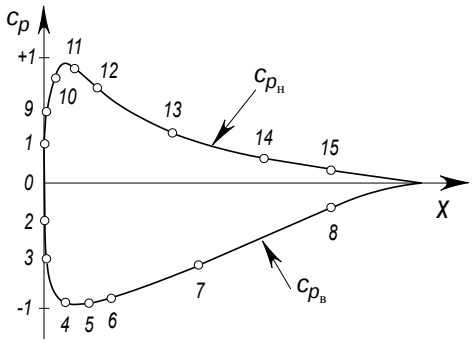


Fig. 5. Coordinate charts

Further it is necessary to calculate value of coefficient $c_{\text{п}}$ on the first formula from (14) For this purpose use Simpson's formula for a numerical integration:

$$c_{\text{п}} = \frac{1}{3(N-1)}\left\{\Delta c_{p_{\text{п}}}^{(1)} + 4\left[\Delta c_{p_{\text{п}}}^{(2)} + \Delta c_{p_{\text{п}}}^{(4)} + \ldots + \Delta c_{p_{\text{п}}}^{(N-1)}\right] + 2\left[\Delta c_{p_{\text{п}}}^{(3)} + \Delta c_{p_{\text{п}}}^{(5)} + \ldots + \Delta c_{p_{\text{п}}}^{(N-2)}\right] + \Delta c_{p_{\text{п}}}^{(N)}\right\}$$

For use of this formula all interval of change $\bar{x}(0 \le x \le 1)$ drop to $N-1$ equal parts, where $N-$ odd number. Any $\Delta c_{p_{\text{п}}}^{(i)}$ is $\Delta c_{p_{\text{п}}} = c_{p_{\text{н}}} - c_{p_{\text{в}}}$ in a point with coordinates $\bar{x} = \bar{x}_i = \frac{i-1}{N-1}$. At practical calculation of value $\Delta c_{p_{\text{п}}}^{(i)}$ act from the schedule measurement of distance between curves $c_{p_{\text{н}}}$ and $c_{p_{\text{в}}}$ with the corresponding coordinate $\bar{x}$ which taking algebraic sign $\Delta c_{p_{\text{п}}}^{(i)}$. Value $\Delta c_{p_{\text{п}}}$ in extreme points, apparently from fig. 5, are always equal to zero: $\Delta c_{p_{\text{п}}}^{(1)} = \Delta c_{p_{\text{п}}}^{(N)} = 0$.

The similar pattern of calculation of integral can be offered also for the second dependence (14). The calculated formula takes a form:

$$c_{\tau} = \frac{\bar{y}_{\max} - \bar{y}_{\min}}{3(N_1-1)}\left\{\Delta c_{p_{\tau}}^{(1)} + 4\left[\Delta c_{p_{\tau}}^{(2)} + \Delta c_{p_{\tau}}^{(4)} + \ldots + \Delta c_{p_{\tau}}^{(N_1-1)}\right] + 2\left[\Delta c_{p_{\tau}}^{(3)} + \Delta c_{p_{\tau}}^{(5)} + \ldots + \Delta c_{p_{\tau}}^{(N_1-2)}\right] + \Delta c_{p_{\tau}}^{(N_1)}\right\}$$

где $\Delta c_{p_{\tau}}$ – value of $\Delta c_{p_{\tau}} = c_{p_{\text{л}}} - c_{p_{\text{к}}}$ in a point with coordinate:

$$\bar{y} = \bar{y}_{\max} - \frac{\bar{y}_{\max} - \bar{y}_{\min}}{N_1 - 1}(i-1)$$

These value can be defined by immediate measurement of distance between curves $c_{p_л}$ and $c_{p_к}$ at the corresponding coordinate $\bar{y}$. Also the sign of size has to be considered Δc_{p_τ}. Here, as well as at calculation of value c_n, r N_1 – odd number, also $\Delta c_{p_\tau}^{(1)} = \Delta c_{p_\tau}^{(N_1)} = 0$.

The calculated values c_n and also allow to find aerodynamic coefficients c_x and c_y according to formulas (10).

For calculation of coefficient of the tangage moment c_{m_z} on a formula (18) calculate integrals $J_{\bar{x}}$ and $J_{\bar{y}}$, set by formulas (19). For this purpose use the same technique of a numerical integration, as at calculation of coefficients $c_п$ and c_τ. Dependences have to be for this purpose graphically constructed c_p by $\bar{x}2$ and c_p by $\bar{y}2$. Having broken an integration interval $0 \le x^2 \le 1$ on an even number of pieces, with use of a formula of Simpson calculate integral $J_{\bar{x}}$, and then similarly $J_{\bar{y}}$. On a formula (20) it is possible to find the provision of a center of pressure $\bar{x}_д$.

The results of the experiment

The virtual experiment for definition of aerodynamic characteristics of a profile of the blade was made on the model containing the wind tunnel of subsonic speeds forming an airflow and a receiver pipe for utilization of an airflow.

In a working gap of a pipe the blade with a number of drainage openings on a profile is installed. Each opening is connected to the measuring manometer (a piezometer with water). All manometers are united in the battery. Besides, Pitot-Prandtl's tube is connected to the battery manometer. The tube is established just before the blade in a nonperturbed part of a stream.

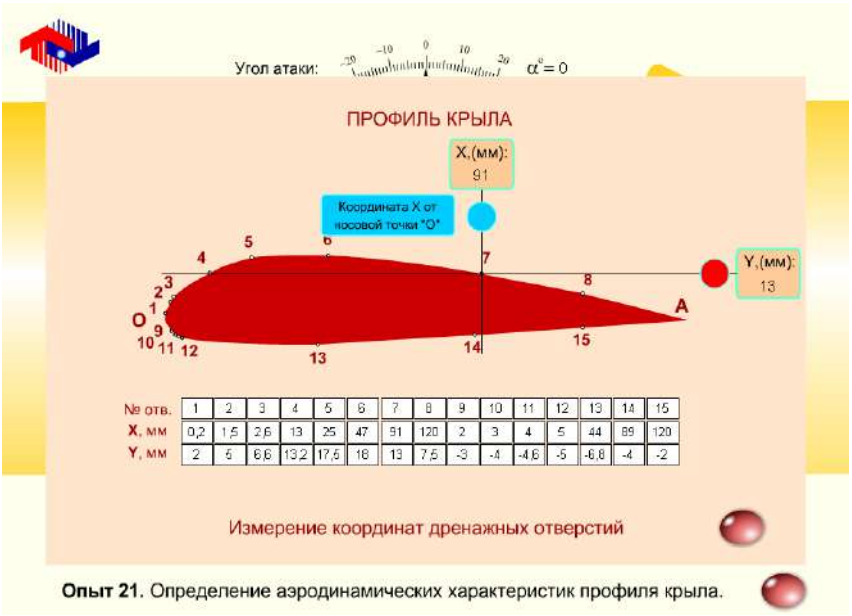
The angle of attack of a wing was changed ranging from -14º to +14º with a step of 1 lake. At the same time indications of all 15 piezometers connected to the corresponding drainage openings of the blade changed.

Geometrical measurements were taken by express measuring rulers on an axis "X" and "Y". Rulers moved by means of a mouse.

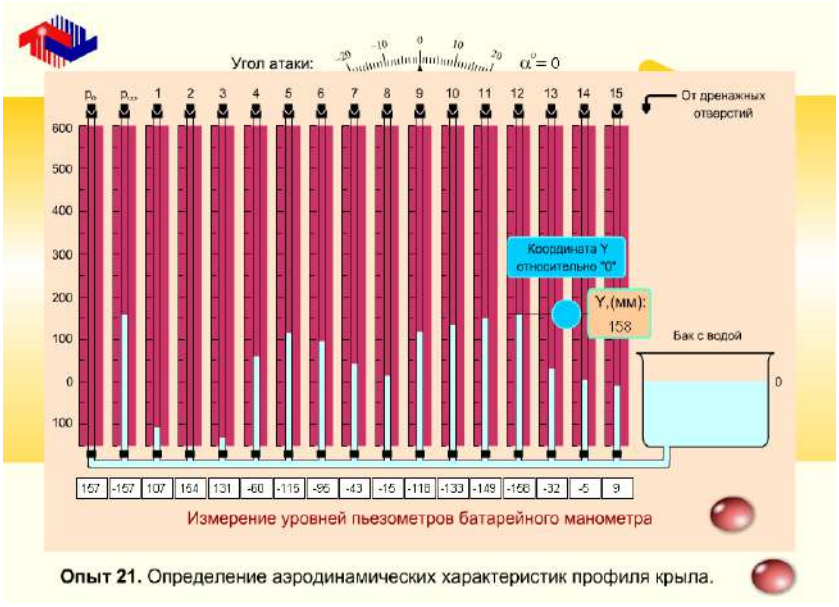
The click in the field of the battery manometer called the panel for measurement of fluid levels in the corresponding piezometers. Measurements were taken a measuring ruler on an axis of "Y", in beforehand the Zoom In mode chosen and providing necessary accuracy.



a)



b)



c)

Fig. 6. The virtual model of laboratory installation

Conclusions The conducted pilot studies showed good convergence with the results received on natural laboratory installations at economy of the electric power by 6-8 times. It allows to investigate more carefully characteristics of compressors for the choice of option more preferable in the eksergetic relation. Data interpretation was carried out by means of a software package of Mathcad according to the known aerodynamic model of a wing not of a thin profile which is written down in a look:

$$J_x = \oint c_p d(x^2) = \int_0^b c_{p_B} dx^2 + \int_b^0 c_{p_H} dx^2 = \int_0^b (c_{p_B} - c_{p_H}) dx^2 .$$

$$J_y = \oint c_p dy^2 = \int_{y_{\min}}^{y_{\max}} c_{p_л} dy^2 - \int_{y_{\max}}^{y_{\min}} c_{p_к} dy^2 = \int_{y_{\min}}^{y_{\max}} (c_{p_л} - c_{p_к}) dy^2 .$$

The error of the obtained data made 15–17%, in comparison with calculated results on analytical model that testifies to a possibility of preliminary estimate of new designs of compressors by the used technique.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила охраны поверхностных вод (типовое положение). М.: Гос. комитет по охране природы, 1991.
2. Рябчиков Б. Е. Современная водоподготовка. М.: ДеЛи плюс, 2013. 680 с.
3. Спеллман Ф. Р. Справочник по очистке природных и сточных вод. Водоснабжение и канализация / пер. с англ.; под ред. М. И. Алексеева. СПб.: ЦОП «Профессия», 2014. 1312 с.
4. Солодянников В. В. Расчет и математическое моделирование процессов водоподготовки. М.: Энергоатомиздат, 2003.
5. Голубев В. В. Труды по аэродинамике. М.- Л.: ГИТТЛ, 1957. 979 с.
6. Петров Г. И. Аэромеханика больших скоростей и космические исследования. Избранные труды. М.: Наука, 1992. 306 с.
7. Осипцов А. Н. Тонкий профиль в потоке дисперсной смеси. Изв. АН СССР, МЖГ, 1981. N 5. С.147-154.
8. Холявин И. И., Кравцова Е. В., Леу А. Г. Математическое моделирование возможностей ресурсосбережения // Интеграция науки, общества, производства и промышленности. Сборник статей Международной научно-практической конференции. 2016. С. 52-54.
9. Алексеев Г. В., Бриденко И. И. Виртуальный лабораторный практикум по курсу "Механика жидкости и газа". СПб., 2007. 198 с.
10. Баранов В. Б. Гидроаэромеханика и газовая динамика. М.: Изд-во МГУ, 1987. 184 с.
11. Лабораторный практикум. Задачи общего практикума по аэромеханике и газовой динамике. М.: Изд-во МГУ, 1972. 115 с.
12. Попов С. Г. Некоторые задачи и методы экспериментальной аэромеханики. М.: ГИТТЛ, 1952. 96 с.
13. Холявин И. И., Новиков И. В., Леу А. Г. Оценка эффективности предварительной подготовки при выработке крахмала // Инновационно-технологическое развитие науки. Сборник статей международной научно-практической конференции: в 3 частях. 2017. С. 162-166.
14. Алексеев Г. В., Мосина Н. А. Абразивная обработка картофеля и овощей с дискретным энергоподводом: монография. Саратов, 2013. 215 с.

REFERENCES

1. Pravila okhrany poverkhnostnykh vod (tipovoe polozhenie). M.: Gos. komitet po okhrane prirody, 1991.
2. Ryabchikov B. E. Sovremennaya vodopodgotovka. M.: DeLi plyus, 2013. 680 s.
3. Spellman F. R. Spravochnik po ochistke prirodnykh i stochnykh vod. Vodosnabzhenie i kanalizatsiya / per. s angl.; pod red. M. I. Alekseeva. SPb.: TSOP «Professiya», 2014. 1312 s.
4. Solodyannikov V. V. Raschet i matematicheskoe modelirovanie protsessov vodopodgotovki. M.: Ehnergoatomizdat, 2003.
5. Golubev V. V. Trudy po aehrodinamike. M.- L.: GITTL, 1957. 979 s.
6. Petrov G. I. Aehromekhanika bol'shikh skorostey i kosmicheskie issledovaniya. Izbrannye trudy. M.: Nauka, 1992. 306 s.
7. Osiptsov A. N. Tonkiy profil' v potoke dispersnoy smesi. Izv. AN SSSR, MZHG, 1981. N 5. S.147-154.
8. Kholyavin I. I., Kravtsova E. V., Leu A. G. Matematicheskoe modelirovanie vozmozhnostey resursosberezheniya // Integratsiya nauki, obshchestva, proizvodstva i promyshlennosti. Sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2016. S. 52-54.
9. Alekseev G. V., Bridenko I. I. Virtual'nyy laboratornyy praktikum po kursu "Mekhanika zhidkosti i gaza". SPb., 2007. 198 s.
10. Baranov V. B. Gidroaehromekhanika i gazovaya dinamika. M.: Izd-vo MGU, 1987. 184 s.
11. Laboratornyy praktikum. Zadachi obshchego praktikuma po aehromekhanike i gazovoy dinamike. M.: Izd-vo MGU, 1972. 115 s.
12. Popov S. G. Nekotorye zadachi i metody ehksperimental'noy aehromekhaniki. M.: GITTL, 1952. 96 s.
13. Kholyavin I. I., Novikov I. V., Leu A. G. Otsenka ehffektivnosti predvaritel'noy podgotovki pri vyrabotke krakhmala // Innovatsionno-tekhnologicheskoe razvitie nauki. Sbornik statey mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: v 3 chastyakh. 2017. S. 162-166.
14. Alekseev G. V., Mosina N. A. Abrazivnaya obrabotka kartofelya i ovoshchey s diskretnym ehnergopodvodom: monografiya. Saratov, 2013. 215 s.

ОБ АВТОРАХ

Алексеев Геннадий Валентинович, Доктор технических наук, профессор кафедры процессов и аппаратов пищевых производств, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики. Санкт-Петербург, Россия, gva2003@mail.ru
Alekseyev Gennady Valentinovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of processes and apparatus of food production, St. Petersburg national research University of information technologies, mechanics and optics. Saint Petersburg, Russia, gva2003@mail.ru

Бриденко Игорь Иосифович, кандидат технических наук, доцент кафедры процессов и аппаратов пищевых производств, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики. Санкт-Петербург, Россия
Bridenko Igor Iosifovich, Candidate of Technical Sciences, associate Professor of the Department of processes and apparatus of food production, St. Petersburg national research University of information technologies, mechanics and optics. Saint Petersburg, Russia

Суомалайнен Анна Алексеевна, магистр, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики. Санкт-Петербург, Россия
Suomalainen Anna Alekseevna, master, St. Petersburg national research University of information technologies, mechanics and optics. Saint Petersburg, Russia

Дата поступления в редакцию: 01.01.2019 г.
После доработки: 08.02.2019 г.
Дата принятия к публикации: 23.05.2019 г.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

Т. В. Вобликова [T. V. Voblikova]

ИССЛЕДОВАНИЕ АМИНОКИСЛОТНОГО ПРОФИЛЯ КОЗЬЕГО МОЛОКА И ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССА ФЕРМЕНТАЦИИ НА СОДЕРЖАНИЕ СВОБОДНЫХ АМИНОКИСЛОТ

УДК 636.3
DOI 10.33236/2307-910X-2019-2-26-101-107

THE RESEARCH OF THE AMINO-ACID PROFILE OF GOAT MILK AND IMPACT OF PROCESS OF FERMENTATION ON THE CONTENT OF FREE AMINO ACIDS

Аннотация. *Козье молоко – ценный продукт функциональной направленности. Исследован качественный и количественный аминокислотный состав козьего молока, с* ***целью*** *определения перспективности его использования для производства продуктов здорового питания и продуктов функциональной направленности.*

Материалы и методы. *Использовались классические методы: органолептические и физико-химические, используемые в пищевой промышленности.*

Результаты исследования.

Рассмотрено влияние процесса ферментации на изменение качественного и количественного состава свободных аминокислот в молочном напитке. Предложен способ регулирования органолептических показателей ферментированного напитка из козьего молока путем внесения экстракта перечной мяты в количестве 5% от массы молочной смеси.

Козье молоко в значительной степени удовлетворяет потребность взрослого человека в незаменимых аминокислотах. При производстве ферментированного напитка из козьего молока с применением симбиотической мезофильной закваски содержание свободных аминокислот увеличивается в 4, 66 раз. Внесение экстракта перечной мяты в количестве 5% от массы смеси не оказывает негативного воздействия на структурно-механические характеристики готового напитка и формирует оптимальные органолептические показатели. Для получения экстракта оптимальной является температура настаивания – 90 ±2 °С с продолжительностью 30 мин, соотношение сырья и экстрагента – 20:80. Применение козьего молока в качестве экстрагента позволяло получить готовый продукт с оптимальными качественными характеристиками.

Заключение. *Результаты проведенных исследований свидетельствуют о целесообразности использования экстракта мяты перечной при производстве ферментированного напитка из козьего молока с целью адаптации вкусоароматических характеристик продукта.*

Ключевые слова: козье молоко, аминокислотный профиль белков, экстракт мяты, ферментация, напиток.

Abstract. *Goat's milk is a valuable product of functional orientation. The qualitative and quantitative amino acid composition of goat's milk was studied in order to determine the prospects of its use for the production of healthy food and functional products.*

Materials and methods. *Classical methods were used: organoleptic and physico-chemical methods used in the food industry.*

Results. *The effect of the fermentation process on the change of qualitative and quantitative composition of free amino acids in a milk drink is considered. A method for regulating the organoleptic characteristics of fermented goat's milk drink by applying peppermint extract in an amount of 5% by weight of the milk mixture is proposed.*

Goat's milk largely satisfies the adult's need for essential amino acids. In the production of fermented drink from goat's milk with the use of symbiotic mesophilic ferment content of free amino acids increases by 4, 66 times. The addition of peppermint extract in an amount of 5% by weight of the mixture does not have a negative impact on the structural and mechanical characteristics of the finished drink and forms the optimal organoleptic characteristics. To obtain the extract is optimal infusion temperature – 90 2 °C with a duration of 30 minutes, the ratio of raw materials and extractant – 20:80. The use of goat milk as an extractant allowed to obtain a finished product with optimal quality characteristics.

Conclusion. *The results of the research indicate the feasibility of using peppermint extract in the production of fermented drink from goat's milk in order to adapt the flavor characteristics of the product.*

Key words: goat milk, amino-acid profile of proteins, mint extract, fermentation, drink.

Введение. Значимость козьего молока, как сырья для производства продуктов функционального питания обусловлена его высокой усвояемостью, гипоаллергенностью, пищевой ценностью, а также его терапевтическими и диетическими характеристиками, что имеет существенное значение в питании детей и людей пожилого возраста.Однако производство молочных продуктов из козьего молока не достигло достаточно значительных объемов производства,как из-за отсутствия сформированной сырьевой базы, так иотсутствия разнообразия продуктов, произведенных из козьего молока [1]. Актуальным является разработка новых молочных продуктов из козьего молока,таких как кисломолочные и молочные напитки. Расширение ассортимента и разработка нормативно-технической документации для производства молочных продуктов из козьего молока направлены на содействие развитию направления молочного козоводства агропромышленного сектора страны.

Йогурты и кисломолочные напитки из козьего молока постепенно увеличивают своюдолюнарынке. В России и во многих западных странах спрос на йогурт из козьего и овечьего молока неуклонно растет, отчасти из-за аллергии к белкам коровьего молока. В связи с этим возросло и количество исследований, посвященных изучению физико-химического состава и биологической ценности козьего молока и продуктов его переработки [2].

Кисломолочные продукты обладают рядом полезных свойств: способствуют нормализации деятельности желудочно-кишечного тракта, по сравнению с молоком они легче и быстрее усваиваются организмом человека. Это связано с тем, что в них при сквашивании происходят изменения, в том числе частичный протеолиз белков. Кисломолочные продукты широко востребованы на российском рынке, поэтому разработка технологии кисломолочного продукта из козьего молока с целью расширения ассортимента продуктов является актуальной [3, 4, 5].

Для улучшения его сенсорных характеристик в производстве кисломолочных напитков целесообразно использование натуральных ароматизаторов, экстрактов, фруктов. В качестве вкусового компонента был выбран экстракт мяты, приготовленный из листьев перечной мяты.

Целью данной работы стало исследование аминокислотного профиля козьего молока и влияние технологических параметров на качественный и количественный состав свободных аминокислот.при производстве кисломолочного напитка с внесением и без внесения экстракта мяты перечной.

Материалы и методы

Основные органолептические и физическое-химическиепоказатели кисломолочного продукта определяли стандартными и общепринятыми в молочной промышленности методами.

Для проведения исследований применялись стандартные методики: определение массовой доли белка выполняли в соответствии с требованиями ГОСТ 25179-2014, оправление массовой доли жира выполняли в соответствие с требованиями ГОСТ 5867-90, определение плотности молока выполняли в соответствие с требованиями ГОСТ Р 54758-2011,определение массовой доли сухого обезжиренного молочного остатка выполняли в соответствие с ГОСТ Р 54761-2011. Определение содержания свободных аминокислот выполняли на автоматическом анализаторе аминокислот ААА 400 в условиях аккредитованной учебно-научной испытательной лаборатории Ставропольского государственного аграрного университета. В качестве основного сырья для производства ферментированного напитка использовали молоко коззааненской породы. Физико-химические показатели козьего молока представлены в таблице 1.

Таблица 1

Физико-химические показатели козьего молока

Вид сырья	**Физико-химические показатели**				
	массовая доля жира, %	массовая доля белка, %	сухой обезжиренный молочный остаток, %	титруемая кислотность, °Т	плотность, кг/м³
козье молоко	4,98	2,85	8,26	20	1027

Технология получения ферментированного напитка из козьего молока с внесением экстракта перечной мяты включала следующую последовательность операций: приемка,оценка качества молока-сырья, холодная очистка, пастеризация 92±2 °С; 2–5 мин, охлаждение смеси до температуры заквашивания, внесение экстракта мяты, Заквашивание при t=32±2°С, Скашивание при t=32±2°С, 8 ч, Охлаждение до 4–6 °С, Розлив, упаковка, маркировка, хранение. В ходе проведения исследований выполнен сравнительный анализ физико-химических, органолептических характеристик ферментированных напитков полученных по вышеописанной технологии с внесе-

нием и без внесения экстракта мяты перечной. Выполнено исследование качественного и количественного состава свободных аминокислот в козьем молоке и в ферментированном напитке. Для производства напитка использовали симбиотическую закваску, состоящую из штаммов мезофильных лактобактерий: Leuconostoc cremoris, Lactococcus lactis, Lactococcus cremoris, Lactococcus diacetylactis.

Результаты и обсуждения. В работе исследовалось два образца продукции, полученных в одинаковых условиях, с внесением и без внесения экстракта мяты перечной.Для производства ферментированных молочных напитков использовалось козье молоко. Аминограмма белков молока коззааненской породы представлена на рис. 1.

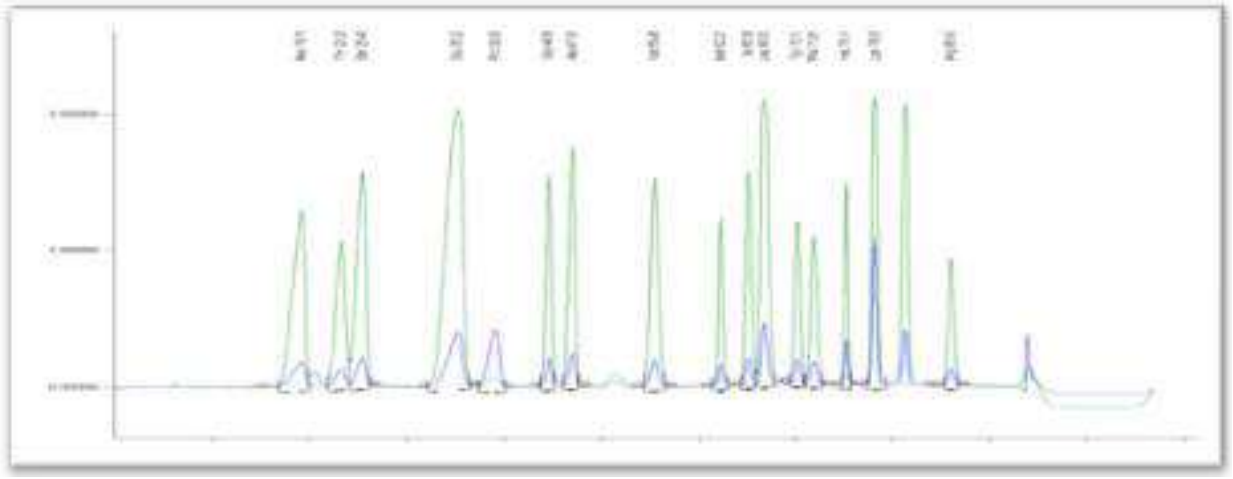


Рис. 1. Аминограмма белков молокакоз зааненской породы

Аминокислотный состав белка козьего молока представлен в табл. 2.

Таблица 2

Аминокислотный состав белка козьего молока

№ пика	Время, мин	Процент площади пика от общего количества пиков	Содержание аминокислоты от общего количества аминокислот, %	Наименование пика	Грамм аминокислоты/ 100 грамм белка
1	19,16	109,7508	8,78	Asp	6,542
2	23,25	69,4525	4,97	Thr	3,499
3	25,45	102,4558	6,47	Ser	4,449
4	35,20	240,3032	21,26	Glu	15,769
5	39,08	31,1583	2,16	Pro	8,621
6	44,58	60,4620	2,73	Gly	1,652
7	47,00	80,3531	4,30	Ala	3,056
8	55,45	87,5823	6,17	Val	4,633
9	62,21	41,1288	3,69	Met	2,411
10	65,08	66,5627	5,25	Lie	3,857
11	66,63	117,4376	9,26	Leu	6,063
12	70,13	48,1940	5,25	Tyr	4,011
13	71,81	49,2882	4,90	Phe	3,752
14	75,11	36,1144	3,37	His	2,160
15	78,05	85,0291	7,47	Lys	5,004
16	85,93	37,6889	3,95	Arg	3,520

Далее выполнен анализ соответствия структуры аминокислотного профиля козьего молока рекомендации ФАО/ВОЗ применительно к суточным потребностям взрослого человека грамм аминокислоты / 100 грамм белка (рис. 2).

На основании рекомендаций ФАО/ВОЗ применительно к суточным потребностям взрослого человека в незаменимых аминокислотах, можно отметить лимитирующее количество пяти незаменимых аминокислот: изолейцин, лейцин, лизин, треонин, фенилаланин. Существенно ниже рекомендованной потребности можно отметить только содержание треонина.

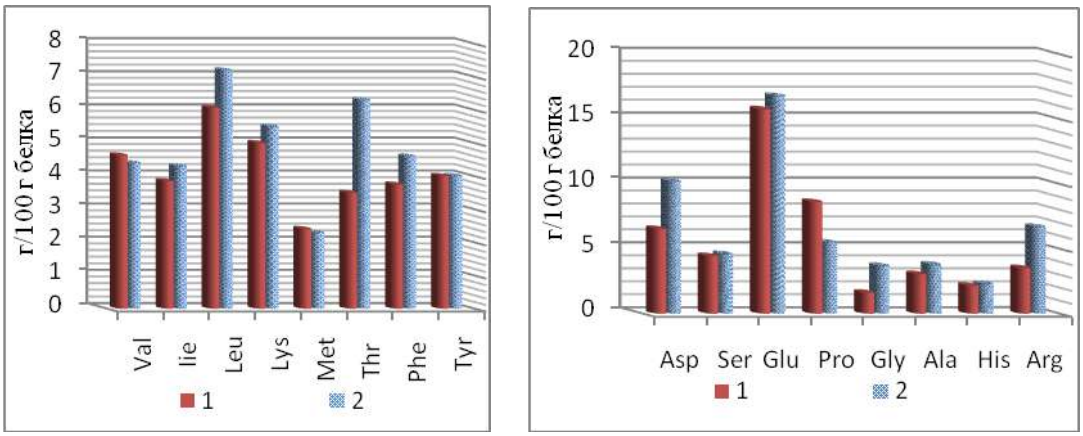


Рис. 2. коззааненской породы; 2 – рекомендации ФАО/ВОЗ применительно к суточным потребностям взрослого человека грамм аминокислоты / 100 грамм белка: а) незаменимые кислоты; б) заменимые кислоты

Отличительной особенностью технологического процесс получения ферментированного молочного напитка из козьего молока с экстрактом мяты от традиционного является подготовкаэкстракта из листьев мяты перечной.Применение козьего молока в качестве экстрагента способствовало получению готового продукта с оптимальными качественными характеристиками. В ходе исследований установлены оптимальные параметры получения экстракта из листьев мяты перечной. Для получения экстракта оптимальной является температура настаивания – 90±2 °С с продолжительностью 30 мин, соотношение сырья и экстрагента – 20:80.

Полученный экстракт вносят в количестве 5% от массы молочной смеси при производстве ферментированного напитка. Внесение экстракта перечной мяты в количестве 5% от массы смеси не оказывает негативного воздействия на структурно-механические характеристики готового напитка и формирует оптимальные органолептические показатели.Органолептические параметры ферментированного напитка с экстрактом мяты и контрольного образца без внесения экстракта мяты представлены в табл. 3.

Таблица 3

Органолептические характеристики ферментированного напитка из козьего молока

Наименование образца	**Органолептическая характеристика**
Контрольный образец (ферментированный напиток)	цвет продукта снежно-белый, вкускисломолочный с выраженным привкусом козьего молока; консистенция однородная с незначительным выделением сыворотки
Опытный образец (ферментированный напиток с внесением экстракта мяты)	цвет напитка кремово-желтый; вкус кисломолочныйс умеренным ароматом мяты; консистенция однородная

Изучен качественный и количественный состав свободных аминокислот в козьем молоке-сырье и кисломолочном напитке по завершению процесса заквашивания. На рис. 3 представленыаминограммы свободных аминокислот в молоке-сырье и ферментированных молочных напитках с внесением и безэкстракта мяты.

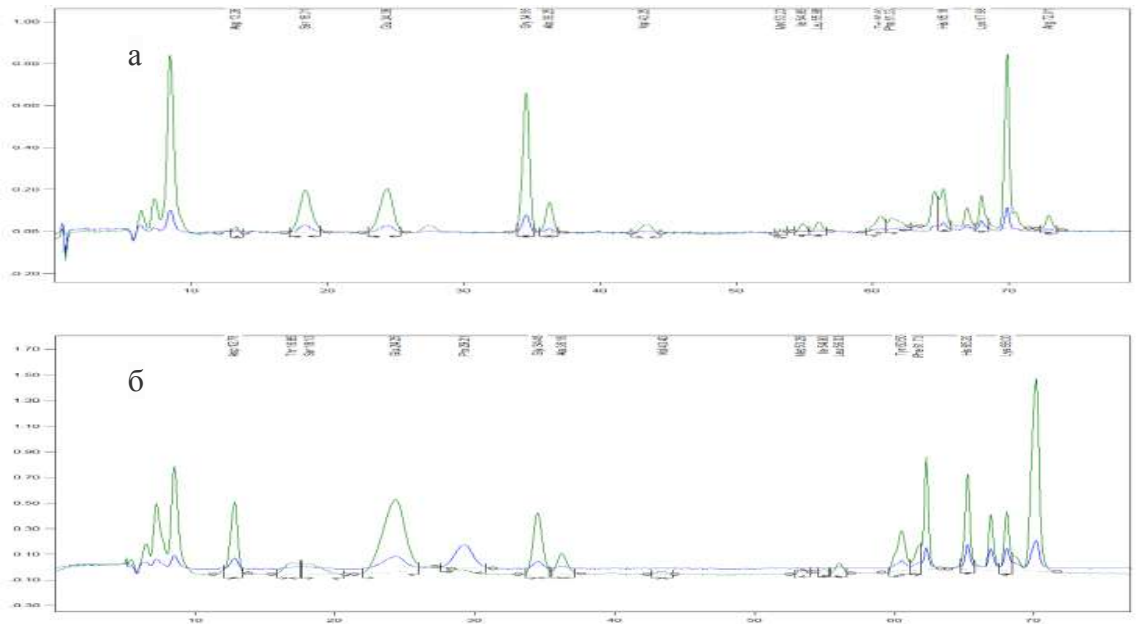


Рис. 3. Аминограмма свободных аминокислот: а) ферментированный напиток без экстракта мяты (контрольный образец); б) ферментированный напиток с внесением экстракта мяты

В составе свободных аминокислот глютаминовая кислота в обоих вариантах составляет около 30%, пролиновая около 20%, аспарагиновая кислота 9%, гистидин – 8%.

В табл. 4 представлено содержание свободных аминокислот в козьем молоке и в ферментированных напитках.

Таблица 4

Содержание свободных аминокислот в козьем молоке и в ферментированных напитках

Аминокислоты	**козье молоко-сырье**		**Контроль образец (ферментированный напиток без внесения экстракта мяты)**		**Опытный образец (ферментированный напиток свнесением экстракта мяты)**	
	мг%	% к сумме	мг%	% к сумме	мг%	% к сумме
Σнезаменимых аминокислот	1,948	25,298	7,734	21,602	7,480	20,619
Σ заменимых аминокислот	5,722	74,600	28,069	78,398	28,797	79,381
Σ свободных аминокислот	7,670	100,000	35,803	100,000	36,277	100,000

В процессе сквашивания козьего молока под воздействие симбиотической закваски состоящей из штаммов мезофильных бактерийобщее количествосвободных аминокислот увеличивается в 4,5 раза. При этом количество незаменимых кислот увеличивается почти в 4 раза, а заменимых аминокислот – в 5 раз. Физико-химические показатели ферментированного напитка представлены в табл. 5.

Таблица 5

Физико-химические показатели ферментированного напитка

Наименование показателя	**Контрольный образец (ферментированный напиток)**	**Опытный образец (ферментированный напиток с внесением экстракта мяты)**
Массовая доля жира, %	4,98	4,98
Массовая доля белка, %	2,85	2,85
Титруемая кислотность, Т◦	111	114

Ферментированный напиток без внесения экстракта мяты имел выраженный привкус козьего молока, однородную консистенцию с незначительным выделением сыворотки, цвет продукта характеризовался, как снежно-белый. Ферментированный напиток с внесением экстракта мяты имел приятный кремово-желтый цвет, кисломолочный с умеренным ароматом мяты вкус и однородную консистенцию.

Заключение. На основании анализа данных исследования аминокислотного профиля молока коз можно сделать вывод о том, что целесообразно использование козьего молока для производства продуктов здорового питания, а также продуктов функциональной направленности. Козье молоко в значительной степени удовлетворяет потребность взрослого человека в незаменимых аминокислотах. При производстве ферментированного напитка из козьего молока с применением симбиотической мезофильной закваски содержание свободных аминокислот увеличивается в 4, 66 раз. Внесение экстракта перечной мяты в количестве 5% от массы смеси не оказывает негативного воздействия на структурно-механические характеристики готового напитка и формирует оптимальные органолептические показатели. Для получения экстракта оптимальной является температура настаивания – 90±2 °С с продолжительностью 30 мин, соотношение сырья и экстрагента – 20:80. Применение козьего молока в качестве экстрагента позволяло получить готовый продукт с оптимальными качественными характеристиками. Результаты проведенных исследований свидетельствуют о целесообразности использования экстракта мяты перечной при производстве ферментированного напитка из козьего молока с целью адаптации вкусоароматических характеристик продукта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вобликова Т. В. Функциональные молочные продукты с новым технологическим подходом // Пища. Экология. Качество: труды XIVМеждунар. науч.-практ. конф. (Новосибирск, 8-10 ноября 2017 г.) / ФАНО России, Минобрнауки РФ, Сиб. науч.-исслед. и технол. ин-т перераб. с.-х. продукции СФНЦА РАН, ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по продовольствию, с.-х. акад. Республики Болгарии ин-т по криобиология и хранителни технологии, ТОО «КазНИИ ППП». Новосибирск, 2017. С. 111-114.

2. Храмцов А. Г. Молоко коз, как дополнительный источник сырья для альтернативных технологий пищевых продуктов / А. Г. Храмцов, Т. В. Вобликова, В. Ю. Котова, Н. О. Ионова // Вестник АПК Ставрополья. 2015. № 3 (19). С. 82-88.

3. Prosekov A. Yu., Babich O. O. Bespomestnykh K. V. Identification of industrially important lactic acid bacteria in foodstuffs // Foods and Raw Materials. 2013. Т. 1. № 2. С. 42-45.

4. Prosekov A. Yu., Ivanova S. A. Providing food security in the existing tendencies of population growth and political and economic instability in the world // Foods and Raw Materials. 2016. Т. 4. № 2. С. 201-211.

5. Голубева Л. В., Долматова О. И., Иванцова М. И. Кисломолочный продукт функционального назначения // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2016. С. 148-152.

REFERENCES

1. Voblikova T. V. Funktsional′nye molochnye produkty s novym tekhnologicheskim podkhodom // Pishcha. Ehkologiya. Kachestvo: trudy XIVMezhdunar. nauch.-prakt. konf. (Novosibirsk, 8-10 noyabrya 2017 g.) / FANO Rossii, Minobrnauki RF, Sib. nauch.-issled. i tekhnol. in-t pererab. s.-kh. produktsii SFNTSA RAN, FGBOU VO Novosibirskiy GAU, Nauch.-prakt. tsentr Nats. akad. nauk Belarusi po prodovol′stviyu, s.-kh. akad. Respubliki Bolgarii in-t po kriobiologiya i khranitelni tekhnologii, TOO «KazNII PPP». Novosibirsk, 2017. S. 111-114.

2. Khramtsov A. G. Moloko koz, kak dopolnitel′nyy istochnik syr′ya dlya al′ternativnykh tekhnologiy pishchevykh produktov / A. G. Khramtsov, T. V. Voblikova, V. YU. Kotova, N. O. Ionova // Vestnik APK Stavropol′ya. 2015. № 3 (19). S. 82-88.

3. Prosekov A. Yu., Babich O. O. Bespomestnykh K. V. Identification of industrially important lactic acid bacteria in foodstuffs // Foods and Raw Materials. 2013. T. 1. № 2. S. 42-45.

4. Prosekov A. Yu., Ivanova S. A. Providing food security in the existing tendencies of population growth and political and economic instability in the world // Foods and Raw Materials. 2016. T. 4. № 2. S. 201-211.

5. Golubeva L. V., Dolmatova O. I., Ivantsova M. I. Kislomolochnyy produkt funktsional′nogo naznacheniya// Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologiy. 2016. C. 148-152.

ОБ АВТОРЕ

Вобликова Татьяна Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Ставропольский государственный аграрный университет, Россия, Ставрополь. Контакты: тел.+79054913034, e-mail: tppshp@mail.ru

Voblikova Tatyana Vladimirovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of production technology and processing of agricultural products, Stavropol State Agrarian University, Russia, Stavropol. Contacts: ph. 79054913034, e-mail: tppshp@mail.ru

Дата поступления в редакцию: 01.02.2019 г.
После доработки: 22.04.2019 г.
Дата принятия к публикации: 23.05.2019 г.

Д. В. Будылин [D. V. Budylin]
Н. В. Макарова [N. V. Makarova]

УДК 663.938.8
DOI 10.33236/2307-910X-2019-2-26-108-116

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И АНТИОКСИДАНТНЫХ СВОЙСТВ РАЗНЫХ ВИДОВ ЗЕРНОВОГО КОФЕ КАК ИСХОДНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭКСТРАКТОВ КОФЕ

COMPARATIVE ANALYSIS OF CHEMICAL COMPOSITION AND ANTIOXIDANT PROPERTIES OF DIFFERENT KINDS OF COFFEE BEANS AS A RAW MATERIAL FOR THE PRODUCTION OF COFFEE EXTRACTS

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», г. Самара, Россия,
e-mail: chief.budylin2013@yandex.ru

Аннотация. *Антиоксиданты – группа веществ, нейтрализующих действие окислителей и способствующие предотвращению последствий окислительного стресса.*

Материалы и методы. *В качестве антиоксидантов нами исследована антиоксидантная активность, общее содержание фенолов, флавоноидов и танинов для различных видов зернового кофе (арабика зеленый и обжаренный, робуста зеленый и обжаренный), антирадикальная активность по методу DPPH, восстанавливающая сила по методу FRAP. Объектами исследования выступали образцы зернового кофеотличные в первую очередь по видовому признаку (Coffea canephora иCoffeaarabica) и по способу обработки (зеленый кофе и обжаренный).*

Результаты и обсуждения. *Определены образцы зернового кофе с наибольшим содержанием антиоксидантныхвеществ – зеленый кофе робуста и обжаренный кофе арабика. Изучен состав веществ, способных противостоять оксидативному стрессу в серебристой пленке (сильверскин) кофейного зерна.*

Заключение. *Можно сделать заключение, что перспективными видами кофе для профилактики заболеваний, возникающих в виду окислительного стресса, являются зеленый кофе Робуста и обжаренный кофе Арабика. Потенциальный интерес представляет серебристая пленка кофейного зерна.*

Ключевые слова: антиоксидантная активность, кофе, фенолы, флавоноиды, танины, свободные радикалы, восстанавливающая сила, робуста, арабика, сильверскин.

Abstract. *Antioxidants – a group of substances that neutralize the action of oxidative stress and contribute to the prevention of the effects of oxidative stress.*

Materials and methods. *As antioxidants we have studied the activity, the total content of phenols, flavonoids and tannins of different types of coffee beans (Arabica green and roasted, Robusta green and fried) was studied, the values of the restoring force by the FRAP method were obtained. The objects of the study were samples of coffee beans excellent in the first place on the basis of species (Coffea canephorauCoffeaarabica) and the method of processing (green coffee and roasted coffee).*

Results and discussions. *The samples of grain coffee with the highest content of antioxidant substances – green Robusta coffee and roasted Arabica coffee were determined. The composition of substances able to resist oxidative stress in silver film (silver skin) of coffee beans was studied.*

Key words: antioxidant activity, coffee, phenols, flavonoids, tannins, free radicals, restoring force, Robusta, Arabica, silverskin.

Введение. Современной науке хорошо известно такое понятие, как окислительный (оксидативный) стресс – деструктивный процесс, приводящий к повреждению клеточных структур в процессе окисления. Он является причиной или важной составляющей многих серьезных болезней: диабет, атеросклероз, гипертензия, болезнь Альцгеймера [1].

Риск возникновения и развития выше упомянутых заболеваний можно снизить, потребляя в пищу достаточное количество веществ, способных противостоять разрушительному действию свободных радикалов. Ан-

тиоксидантные вещества – группа веществ, нейтрализующих окислительное действие свободных радикалов, супероксида, пероксида и валентных переходов ионов железа и меди в организме человека [2]. Наиболее распространенными природными источниками антиоксидантов являются: свежие ягоды и фрукты, сухофрукты, орехи, чай и т.д. [3]. Введение в рацион питания природных источников натуральных антиоксидантов существенно снижает негативное влияние факторов, усиливающих окислительные процессы в организме человека, таким образом защищая от развития серьезных заболеваний [4].

Кофе занимает одну из лидирующих позиций среди потребляемых безалкогольных напитков в мире. Зерна кофейного растения имеют в своем составе широкий спектр биологически значимых веществ: витамины группы В, фенолы, флавоноиды, пентозаны, аминокислоты, органические кислоты, кофеин, микроэлементы. Регулярное употребление кофе имеет благотворное влияние на процессы метаболизма, снижая риск возникновения сахарного диабета 2 типа [5]. Ученые Швейцарии в своих исследовательских работах изучили влияние кофе на функции кровеносно-сосудистой системы и пришли к выводу, что кофе способно заметно улучшить состояние сосудистой системы, в том числе благодаря содержащейся хлорогеновой кислоте (ХГК) [6]. Кроме тоговключение напитка кофе в ежедневный рацион питания положительно сказывается на когнитивные функции, в частности улучшается долговременная память. Это связано с участием биоактивных веществ кофе в регулировании эндогенной антиоксидантной системы головного мозга, которое снижаетриск возрастного ослабления когнитивных функций [7].

Являясь природным источником антиоксидантов, кофе входит в специальные лечебные диеты, разработанные для снижения риска развития катаракты [8]. Также известно, что кофе проявляет свойствагепатопротектора, защищая клетки печени от перекисного окисления липидов [9], и обладает противоопухолевым эффектом [10]. Установлено, что линолевая кислота, содержащаяся в большом количестве в зеленых кофейных зернах, способна блокировать УФ-излучение и используется в производстве солнцезащитных косметических средств [10]. Было исследовано, что экстракт из кофейных зерен Робусты обладает ингибирующим эффектом против возбудителей кариеса (*Streptococcusmutans*) [10]. Исследования американских ученых говорят о снижении риска развития болезни Паркинсона у людей, регулярно потребляющих кофе [10].

Известен факт, чтокофе является лидером по содержанию кофеина, который является психостимулятором и используется в медицине. Доказано, что кофеин проявляет не только психоактивный эффект, но и антиокислительные свойства. При этом антиоксидантные свойства кофеина зназительно выше, чем у аскорбиновой кислоты [11]. Что касается кофе без содержания кофеина, то влияние эффекта декофеинизации на антиокислительные свойства незначительно и требует дополнительного изучения [12].

В современной косметической промышленности используется зеленое кофейное масло - масло, полученное холодным отжимом кофейных зерен и обладающее антиоксидантной активностью [13].

Известно, что степень обжарки кофейных зерен коррелирует с антиокислительной активностью биоактивных веществ кофе [14]. Это связано с разрушением хлорогеновой кислоты при термической обработке зерен [15].

Учеными из Тайланда была изучена [16] мякоть кофейной ягоды (*Coffea ArabicaL.)*, которая является отходом кофейного производства и используется в основном как удобрение для кофейных деревьев. В результате исследования установлено, что перикарпий кофейной ягоды проявляет антиокислительные свойства, а также антибактериальный эффект в отношении грамположительных (*Staphylococcusaureus, Staphylococcusepidermidis*) и грамотрицательных бактерий (*Pseudomonasaeruginosa, Escherichiacoli*).

Целью исследования является определение содержания антиоксидантных веществ (общее содержание фенольных веществ, общее содержание флавоноидов, общее содержание танинов, антирадикальная активность по методу DPPH, восстанавливающая сила по методу FRAP) в различных видах зернового кофеи определение перспективных видов кофе, как исходного сырья для производства экстрактов с высоким содержанием антиоксидантов, с целью снижения риска заболеваний, вызываемых окислительным действием свободных радикалов. Объектами исследования были выбраныобразцы зернового кофе, различные по степени термической обработки (зеленый и обжаренный кофе) и по видовому признаку. Таким образом выбранные объекты способны дать понимание, имеет ли влияние способ обработки и ботанический вид на показатели антиоксидантных свойств, и если имеет, то какое.

Материалы и методы. В качестве образцов кофедля исследования были взяты следующие его виды, различные по видовой принадлежности и степени обжарки:

- кофе Арабика(зеленый);

- кофе Арабика (обжарка CityRoast)
- кофе Робуста (зеленый);
- кофе Робуста (обжарка CityRoast)
- семенная серебристая пленка (silverskin).

Исследование проводилось на экстрактах, полученных из образцов зернового кофе. Изучение образцов листового чая проводилось по следующим показателям:

- общее содержание фенольных веществ;
- общее содержание флавоноидов;
- общее содержание танинов;
- антирадикальная активность по методу DPPH;
- восстанавливающая сила по методу FRAP;
- содержание сухих веществ в изучаемых экстрактах.

Для получения экстрактов навеска кофе весом 1г помещалась в стеклянную колбу с притертой крышкой, заливалась 4г водно-спиртовой смеси (соотношение объемных долей воды и спирта 96.6% 1:1). Далее проводилось экстрагирование при температуре 37°С в течение 24ч. После окончания времени экстракции полученный раствор отфильтровывался центрифугированием при 3000 об/мин в течение 30 мин. Для каждого образца кофедля испытания были взяты 3 пробы. Все исследования проводились трижды. Результаты обработаны с помощью программы обработки статистических данных Minitab 18.

Массовую долю растворенных сухих веществ в экстрактах кофе определяют рефрактометрическим методом по ГОСТ 32775-2014 «Кофе жареный. Общие технические условия (с Поправкой)» (Приложение В.2).

Доводят температуру экстракта до температуры плюс 20°С. Наносят 2–3 капли исследуемого экстракта кофе на неподвижную призму рефрактометра и накрывают подвижной призмой. Подводят линию, разделяющую темное и светлое поле в окуляре, точно на перекрестье в окошке окуляра и считывают показатель массовой доли сухих веществ в исследуемом растворе. Измерение проводят трижды, а из полученных результатоввыводят среднее арифметическое значение.

В качестве исходного метода для определения общего содержания фенольных веществ была взята методика [17] с модификацией для своих экстрактов кофе. Исследуемый экстракт в количестве 0.25 $см^3$ смешивают с 4 $см^3$ дистиллированной воды и прибавляют 0.25 $см^3$ водного раствора реактива Фолина-Чокалтеу (в соотношении 1:1), 0.25 $см^3$ раствора насыщенного карбоната натрия. Полученную смесь оставляют на 30 мин, проводят измерение оптической плотности проб на спектрофотометре при длине световой волны 725 нм. По полученным значениям оптической плотности, используя калибровочную кривую, находят значения общего содержания фенольных веществ в мг галловой кислоты/100 г исходного сырья.

Определение общего содержания флавоноидовпроводят фотометрическим методом путем измерения оптической плотности раствора исследования на спектрофотометре при длине световой волны 510 нм. В качестве исходной методики была взята [18] с изменениями для экстрактов кофе. Исходный экстракт кофе объемом 0.5 $см^3$ смешивают с 2.5 $см^3$ дистиллированной воды и 0.15 $см^3$ раствора нитрита натрия с концентрацией 5%, выдерживают 5 мин, прибавляют 0.3 $см^3$ 10%-го раствора хлорида алюминия, оставляют на 5 мин. Результаты общего содержания флавоноидоввыражают в мг катехина/100г исходного сырья, определенные по калибровочной кривой.

В качестве исходной методики для определения общего содержания танинов взята методика [19] с изменениями для экстракта кофе. Для приготовления исследуемого раствора смешивают 0.5 $см^3$ исходного экстракта кофе, 3 $см^3$ 4%-го раствора ванилина в этаноле и 1.5 $см^3$ концентрированной соляной кислоты. Выдерживают 15 мин, проводят измерение оптической плотности на спектрофотометре при длине световой волны 500 нм. Результаты измерений общего содержания танинов выражают в мг катехина/100 г исходного сырья, определяемые по калибровочному графику.

Для определения антирадикальной активности по методу DPPH объектов исследования используют раствор 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила(DPPH) в этаноле, имеющий насыщенную пурпурно-синюю окраску. За основу взята методика [20] в собственной модификации для экстрактов кофе.Из каждой пробыкофе приготавливают растворы различной концентрации из которых отбирают в пробирку 0.2 $см^3$, добавляют 2 $см^3$ дистиллированной воды, 2 $см^3$ раствора DPPH. Готовые растворы оставляют в защищенном от света месте на 30 мин. На спектрофотометре измеряется оптическая плотность полученных растворов исследования при длине

световой волны 517 нм. Определение антирадикальнойактивности по методу DPPHведется по показателю Ec_{50} как концентрации экстракта, необходимой для поглощения 50% свободных радикалов DPPH.

В качестве исходной методики для определения восстанавливающей силы по методу FRAPиспользуют метод [21] с модификацией для экстрактов кофе. Смешивают в пробирке 0.1 $см^3$ исходного экстракта кофе, 3 $см^3$ дистиллированной воды, 1 $см^3$ раствора реагента FRAP и оставляют на 4 мин в термостате при температуре плюс 37°С. Проводят измерение оптической плотности полученного раствора на спектрофотометре при длине световой волны 593 нм. Результаты восстанавливающей силы по методу FRAP рассчитывают по калибровочному графику в моль Fe^{2+}/1 кг исходного сырья.

Результаты и обсуждение. Полученные значения*массовой доли сухих веществ* в экстрактах кофе, указанные на рис. 1, показывают, что количество растворимых веществ в кофе Робуста (зеленый кофе – 17,9 % масс., обжаренный кофе – 18,4 % масс.) выше, чем в кофе Арабика (зеленый кофе – 16,6 % масс., обжаренный – 17,4 % масс.). Наименьшее количество растворимых веществ зафиксировано в экстракте серебристой кофейной пленки (16,2 % масс.).

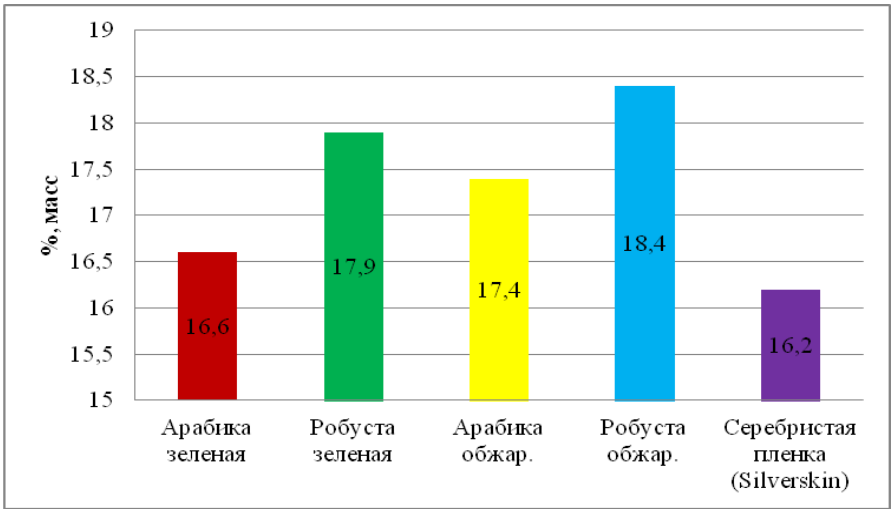


Рис. 1. Результаты определения массовой доли сухих веществ в экстрактах различных видов кофе

Регулярное потребление в пищу продуктов, богатых фенольными соединениями, способствует предотвращению ряда хронических заболеваний из-за антиоксидантных свойств этих соединений, которые действуют как восстановительные и хелатирующие агенты, доноры водорода и «тушители»синглетного кислорода. Кроме того, фенольные соединения могут предотвращать заболевания с помощью механизмов клеточной сигнализации, экспрессии генов и модуляции ферментативной активности [22].

Результаты испытаний определения *общего содержания фенольных веществ* в экстрактах кофе представлены на рис. 2. Лидером по содержанию фенольных веществ является кофе обжаренный Арабика со значением 1195 мг (ГК)/100 г (ГК – галловая кислота). Несколько меньшее содержание обнаружено в обжаренной Робусте – 902 мг (ГК)/100 г. В образцах зеленого кофе значения общего содержания фенольных веществ оказалось ниже, чем в обжаренном: 874 мг (ГК)/100 г и 835 мг (ГК)/100 г для Робусты и Арабики, соответственно. Сильверскин обладает ниаменьшим значением равным 634 мг (ГК)/100 г.

Таким образом, абсолютным лидером по содержанию фенолов является кофе обжаренный Арабика. Очевидно, что при обжарке количество фенольных веществ в зернах кофе возрастает. Причем в кофе Арабика накопление фенольных соединений при обжарке идет интенсивнее, чем в Робусте.

Флавоноиды – класс низкомолекулярных фенольных соединений, широко распространенных в растительном мире. Флавоноиды состоят из подгрупп, к которым относятся халконы, флавоны, флавонолы и изофлавоны. Эти подгруппы имеют уникальные основные источники. Например, лук и чай являются основными пищевыми источниками флавонолов и флавонов.

Соединения флавоноидов обладают благоприятными биохимическими и антиоксидантными эффектами, снижающими риск возникновения заболеваний сердечно-сосудистой системы, раковой природы [23] и болезни Альцгеймера [24].

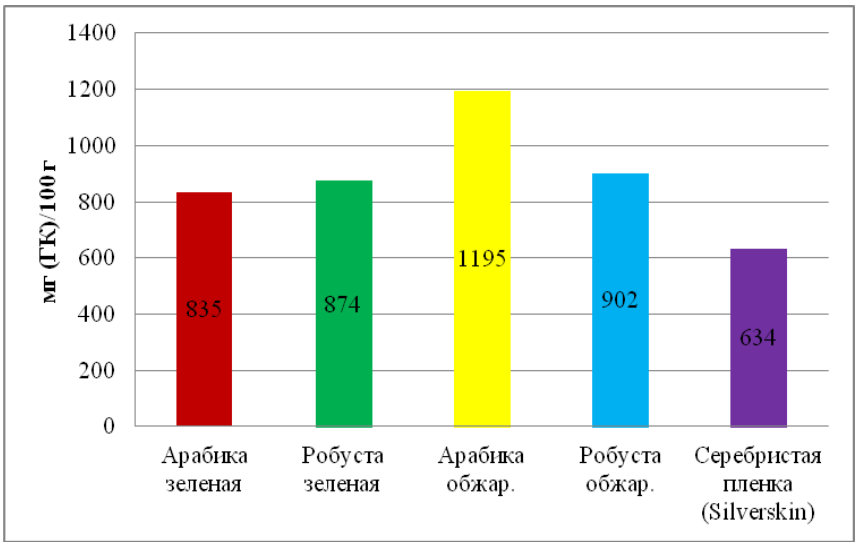


Рис. 2. Результаты исследования общего содержания фенольных веществ в различных видах кофе

Полученные результаты определения*общего содержания флавоноидов*в экстрактах исследуемого кофе (рис. 3) показывают несущественную разницу в содержании флавоноидов в отдельных ботанических видах кофе до и после обжарки. Так максимальное содержание флавоноидовдостигается после обжарки и составляет для Робусты 419 мг (К)/100 г и 393 мг (К)/100 г для Арабики (К – кахетин). В то же время в зеленом кофе сохраняется аналогичное лидерство по содержанию флавоноидов: в Робусте 412 мг (К)/100 г против 382 мг (К)/100 г в Арабике.

Серебристая пленка является аутсайдером по содержанию флавоноидов(104 мг (К)/100 г), что составляет лишь 24,8% от наивысшего показателя обжаренного кофе Робуста.

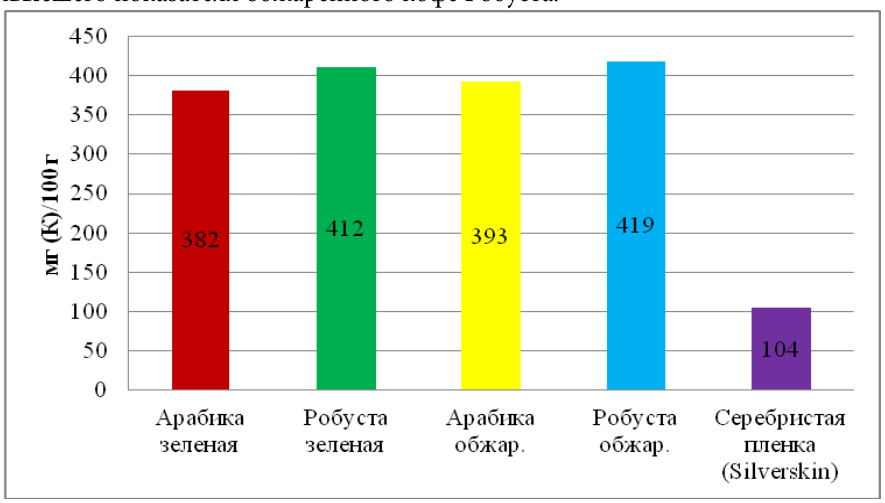


Рис. 3. Результаты исследования общего содержания флавоноидов в различных видах кофе

Итак, при обжарке в зернах кофе наблюдается незначительное пропорциональное увеличение общего содержанияфлавоноидов: в Арабике на 2,88%, в Робусте – на 1,69%.

Танины – группа фенольных соединений, имеющих в своем составе большое количество гидроксильных групп. Танины обладают выраженными свойствами образовывать прочные связи с белками и прочими биополимерами (дубильные свойства). Кроме того танины проявляют противовоспалительные, противовирусные и противомикробные свойства, а также антиокислительные свойства [25].

Основываясь на результатах исследования *общего содержания танинов* в экстрактах кофе (рис. 4), мы можем утверждать, что содержание танинов в кофейном зерне значительно возрастает при обжарке. В зеленом кофе Арабика содержание танинов было минимальным из всех образцов 14,13 мг (К)/100 г, после обжарки содержание увеличилось в 9,3 раза до наивысшего результата в 132,31 мг (К)/100 г. В кофе Робуста при обжарке также произошло значительное повышение содержания танинов в 5,2 раза с 23,63 мг (К)/100 г до 123,64 мг (К)/100 г.

Стоит отметить, что танинов в кофейной семенной пленке содержится 40,14 мг (К)/100 г, что выше начальных значений для зеленого кофе.

Лидером по содержанию танинов является обжаренный кофе Арабика с показателем 132,31 мг (К)/100 г.

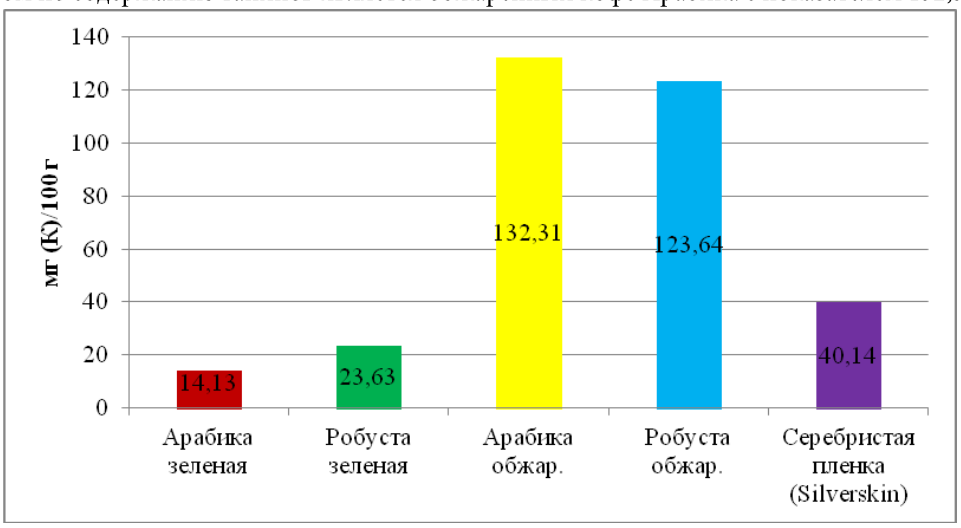


Рис. 4. Результаты исследования общего содержания танинов в различных видах кофе

Таким образом, при обжарке идет активное накопление танинов в зернах кофе. Так же кофе Арабика при термической обработке из «аутсайдера» (по содержанию танинов) превращается в неоспоримого лидера, что подчеркивает видовые различия в исходном составе зерна и происходящих биохимических процессах при производстве кофе.

Свободные радикалы – это высокоактивные и нестабильные частицы. Основными представителями являются: гидроксил-ион, радикал супероксида, перекись водорода, синглетный кислород, гипохлорит, радикал оксида азота и радикал пероксинитрита. Это высокореактивные виды, способные повредить биологически значимые молекулы, такие как ДНК, белки, углеводы и липиды, как в ядре, так и в мембранах клеток, что приводит к их повреждению и нарушению гомеостаза. Основными целями свободных радикалов являются липиды, нуклеиновые кислоты и белки [26].

Из результатов исследования (рис. 5) антирадикальной активности экстрактов кофе видно, что низкая *антирадикальная активность* обнаружена у серебристой пленки Ec_{50} = 65,23 мг/см^3. Зерновой кофе Арабика при обжарке увеличил свою активность с 3,38 мг/см^3 до 2,76 мг/см^3. В свою очередь кофе Робуста при термической обработке снизил антирадикальную активность с 2,41 мг/см^3 до 2,85 мг/см^3.

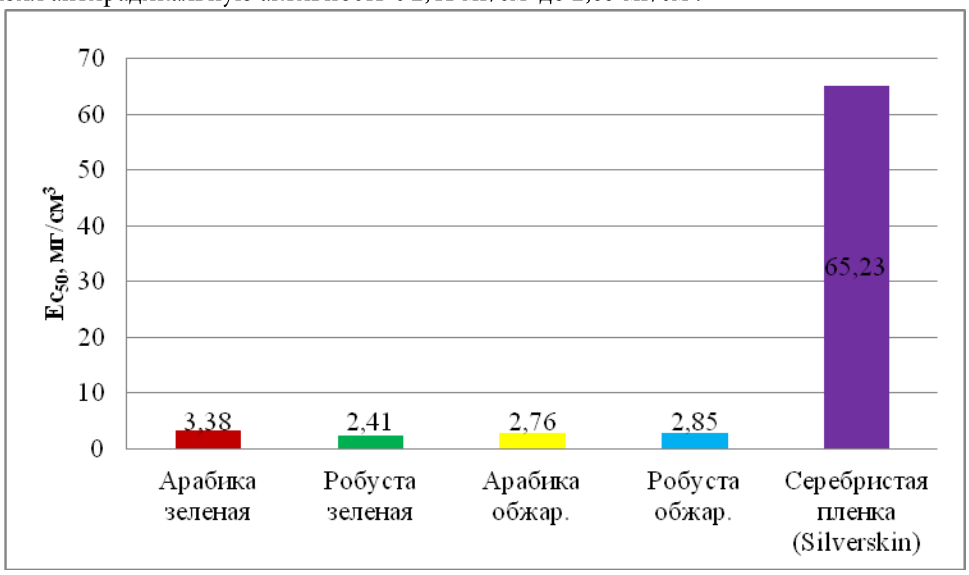


Рис. 5. Результаты исследования антирадикальной активности по методу DPPH в различных видах кофе

Наивысшей активностью обладает кофе Робуста зеленый необжаренный.

Итак, отметим видовую особенность: кофе Арабикаспособнен увеличивать антиоксидантную активность при обжарке,напротив, термическая обработка кофе Робуста снижает его антиокислительную активность.

Ионы металлов, находящиеся в организме, в частности Cu^{+}/Cu^{2+} и Fe^{2+}/Fe^{3+} катализируют продуцирование реактивных радикалов гидроксила, которые приводят к постоянным изменениям липидов клеток, нуклеиновых кислоты и белков, что приводит к тяжелым окислительным повреждениям [27].

Рост *восстанавливающей силы* (рис. 6) наблюдается при обжаривании кофейных зерен, так кофе Арабика обладает наибольшим значением как в зеленом виде 18,18 ммоль Fe^{2+}/кг, так и в обжаренном 21,87 ммоль Fe^{2+}/кг. Робуста до обжарки показала результат в 15,12 ммоль Fe^{2+}/кг, после – 19,38 ммоль Fe^{2+}/кг. Сильверскин имеет низшую восстанавливающую силу 13,86 ммоль Fe^{2+}/кг.

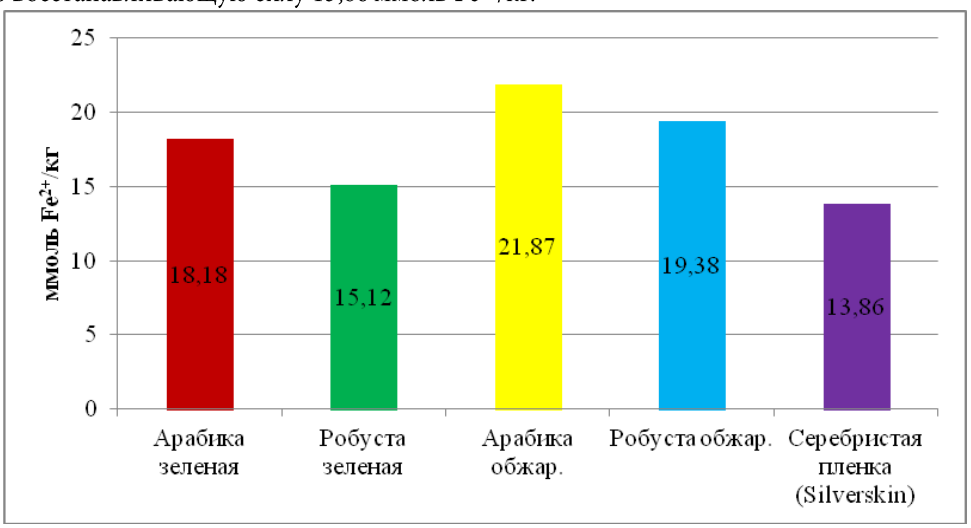


Рис. 6. Результаты исследования восстанавливающей силы по методу FRAP в различных видах кофе

Таким образом, ряд образцов по увеличению показателя восстанавливающей силы выглядит следующим образом: серебристая пленка > зеленый Робуста > зеленый Арабика > обжаренный Робуста > обжаренный Арабика.

Выводы. В ходе проведения исследования различных видов зернового кофе, отличных по видовому признаку и по степени обжарки, было определено, что лидером среди представленных образцов зеленого зернового кофе является кофе Робуста, имеющий все показатели выше, чем у Арабики. Итак, например, общее содержание фенольных веществ в зеленом кофе Робуста составило 874 мг (ГК)/100 г, в зеленом кофе Арабика – 835 мг (ГК)/100 г; общее содержание флавоноидов: кофе Робуста 412 мг (К)/100 г, кофе Арабика – 382 мг (К)/100 г; общее содержание танинов в кофе Робуста и Арабика соответственно 23,63 мг (К)/100 г и 14,13 мг (К)/100 г.

В сравнении между образцами зернового кофев обжарке City Roast установлено, что Арабика превосходит Робусту по всем показателям кроме общего содержания флавоноидов (значение Робусты составило 419 мг (К)/100 г, что выше на 26 мг (К)/100 г значений Арабики).

Сопоставляя между собой показатели лидеров в группах кофе зеленого и обжаренного, мы можем заключить следующее: кофе зеленый Робуста превосходит обжаренныйкофе Арабика по показателям восстанавливающей силы по методу FRAP, по антирадикальной активности по методу DPPH и по общему содержанию флавоноидов; Арабика в обжарке отличилась в сравнении с зеленой Робустой большим общим содержанием фенолов и танинов.

Серебристая пленка показала наивысшую активность восстанавливающей силы по методу FRAP наряду с достаточно высоким общим содержанием фенолов (634 мг (К)/100 г) и танинов (40,14 мг (К)/100 г). Результаты эксперимента говорят о возможности использования сильверскина как источника природных антиоксидантов для получения экстрактов.

Таким образом, перспективными видами кофе для профилактики заболеваний, возникающих в виду окислительного стресса, являются зеленый кофе Робуста и обжаренный кофе Арабика. Потенциальный интерес представляет серебристая пленка кофейного зерна.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Nagao T., Hase T., Tokimitsu I. A green tea extract high in catechins reduced body fat and cardiovascular risks in humans // Obesity (Silver Spring). 2007. Vol. 15. P. 1473-1483.

2. Young I. S., Woodside J. V. Antioxidants in health and disease // F.Clin.Pathol. 2001. Vol. 54. P. 176-186.

3. M.r. AfifyA.E.-M., Shalaby E.A., El-Beltagi H.S. Antioxidant Activity of Aqueous Extracts of Different Caffeine Products // Not. Bot.Horti.Agrobo. 2011. Vol. 39, N 2. P. 117-123.

4. Balentine D. A., Wiseman S. A., Bouwens L. C. M. The chemistry of tea flavonoids // Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 1997. Vol. 37. P. 693-704.

5. Buscemi S., Marventano S.,Antochi M., Cagnetti A., Castorina G., Galvano F., Marranzano M., Mistretta A.Coffee and metabolic impairment: An updated review of epidemiological studies // NFS Journal. 2016. Vol. 3. P. 1-7.

6. Mills C. E., Flury A., Marmet C., Poquet L., Rimaldi S. F., Sartori C., Rexhag E., Brenner R., Allman Y., Zimmerman D., Gibson G. R., Mottram D. S., Oruna-Concha M.-J., Actis-Goretta L., Spencer J. P. E. Mediation of coffee-induced improvements in human vascular function by chlorogenic acids and its metabolites: Two randomized, controlled, crossover intervention trials // Clin.Nutr. 2017. Vol. 36. P. 1520-1529.

7. Abreu R. V., Silva-Oliveira E. M., Moraes M. F. D., Pereira G. S., Moraes-Santos T. Chronic coffee and caffeine ingestion effects on the cognitive function and antioxidant system of rat brains // Pharm., Biochem.and Behavior. 2011. Vol. 99. P. 659-664.

8. Kaur A., Gupta V.,Christopher A. F., Malik M. A., Bansal P. Nutraceuticals in prevention of cataract – An evidence based approach // Saudi Journal of Ophthalmology. 2017. Vol. 31. P. 30-37.

9. Machado S. R., Parise E. R., Carvalho L. Coffee has hepatoprotective benefits in Brazilian patients with chronic hepatitis C even in lower daily consumption than in American and European populations // Infections diseases. 2014. Vol. 18, N. 2. P. 170-176.

10. Patay E. B., Bencsik T., Papp N. Phytochemical overview and medicinal importance of coffee species from the past until now // Asian Pac. J. Trop. Med. 2016. Vol. 9, N. 12. P. 1127-1135.

11. Devasagayam T. P. A., Kamat J. P., Mohan H., Kesavan P. C. Caffeine as an antioxidant: inhibition of lipid peroxidation induced by reactive oxygen species // Biochim.Biophys.Acta. 1996. Vol. 1282. P. 63-70.

12. Lima A.R., Pereira R.G.F.A., Abrahao S.A., Zangeronimo M.G.Effect of decaffeination of green and roasted coffees on the *in vivo* antioxidant activity and prevention of liver injury in rats // Braz. J. Pharm. 2013. Vol. 23, N. 3. P. 506-512.

13. Nosari A. B.F. L., Lima J. F., Serra O. A., Freitas L. A. P. Improved green coffee oil antioxidant activity for cosmetical purpose by spray drying microencapsulation // Braz. J. Pharm. 2015. Vol. 25. P. 307-311.

14. Vignoli J. A., Viegas M. C., Bassoli D. G., Benassi M. T. Roasting process affects differently the bioactive compounds and the antioxidant activity of *Arabica* and *Robusta* coffees // Food Res. Intern. 2014. Vol. 61. P. 279-285.

15. Pokorná J., Venskutonis P.R., Kraujalyte V., Kraujalis P., Dvořák P., Tremlová B., Ošťádalová M. Comparison of different methods of antioxidant activity evaluation of green and roast *C. Arabica* and *C. Robusta* coffee beans // Acta Aliment. 2015. Vol. 44, N. 3. P. 454-460.

16. Duangjai A., Suphrom N., Wungrath J., Ontawong A.,Nuengchamnong N., Yosboonruang A. Comparison of antioxidant, antimicrobial activities and chemical profiles of three coffee *(Coffee Arabica L.)* pulp aqueous extracts // Integ. Med. Res. 2016. Vol. 5. P. 324-331.

17. Afshar, F.H., Delazar A., Nazemiyeh H., Esnaashari S., Moghadam S.B.Comparison of the total phenol, flavonoid contents and antioxidant activity of methanolic extracts of *Artemisia spicigera* and *A. splendens* growing in Iran // Pharm.Sci. 2012. Vol. 18, N 3. P. 165-170.

18. Rohman A., Riyanto S.,Yuniarti N., Saputra W. R., Utami R., Mulatsih W. Antioxidant activity, total phenolic, and total flavonoid of extracts and fractions of red fruit *(Pandanus conoideus Lam)* // Int. Food Res.J. 2010. Vol. 17. P. 97-106.

19. Rebaya A., Belghith S. I., Baghdikian B., Leddet V. M., Mabrouki F., Olivier E., Cherif J. K., Ayadi M. T. Total phenolic, total flavonoid, tannin content, and antioxidant capacity of *Halimiumhalimifolium (cistaceae)* // J. App.Pharm.Sci. 2015. Vol. 5, N 1. P. 52-57.

20. Ditrych M., Kordialic-Bogacka E., Czyzowska A. Antiradical and reducing potential of commercial beers // Czech J. Food Sci. 2015. Vol. 33, N 3. P. 261-266.

21. Babu D., Gurumurthy P., Borra S. K., Cherian K. M. Antioxidant and free radical scavenging activity of triphala determined by using different *in vitro* models // J. Med.Plant Res. 2013. Vol. 7, N 39. P. 2898-2905.

22. Milenkovic D., Deval C., Dubray C., Mazur A. &Morand C. Hesperidin Displays Relevant Role in the Nutrigenomic Effect of Orange Juice on Blood Leukocytes in Human Volunteers: A Randomized Controlled Cross-Over Study // PLoS ONE. 2011. Vol. 6, N. 11. P. 1-9.

23. Burak M., Imen Y. Flavonoids and their antioxidant properties // TurkiyeKlin Tip BilDerg. 1999. Vol. 19. P. 296-304.

24. Lee Y. K., Yuk D. Y., Lee J. W., Lee S. Y., Ha T. Y., Oh K. W., Yun Y. P., Hong J. T. Epigallocatechin-3-gallate prevents lipopolysaccharide-induced elevation of β-amyloid generation and memory deficiency // Brain Res. 2009. Vol. 1250. P. 164-174.

25. Huanga Q., Liub X., Zhaoa G., Huc T., Wang Y. Potential and challenges of tannins as an alternative to in-feed antibiotics for farm animal production // Animal Nutr. 2018. Vol. 4, N. 2. P. 137-150.

26. Lobo V., Patil A., Phatak A., Chandra N. Free radicals, antioxidant and functional foods: Impact of human health // Pharm. Rev. 2010. Vol. 4, N. 8. P. 118-126.

27. Dickinson B. C., Chang C. J. Chemistry and biology of reactive oxygen species in signaling or stress responses // Nature Chem. Biol. 2011. Vol. 7, N. 8. P. 504-511.

ОБ АВТОРАХ

Будылин Дмитрий Валерьевич, аспирант кафедры «Технология и организация общественного питания», Самарский Государственный Технический Университет, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, Тел.: 89376475162, E-mail: chief.budylin2013@yandex.ru

Budylin DmitryValerievich, Post-graduate student of the Department «Technology and organization of public catering», Samara State Technical University, Samara 443100, Samara, Molodogvardeyskaya street, 244, Tel. 89376475162, E-mail: chief.budylin2013@yandex.ru

Макарова Надежда Викторовна, профессор, доктор технических наук, заведующая кафедрой «Технология и организация общественного питания», Самарский Государственный Технический Университет, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, Тел.: (846) 332-27-13, E-mail: makarovanv1969@yandex.ru

Makarova Nadezhda Viktorovna, Professor, Doctor of engineering, Head of the Department «Technology and organization of public catering» Samara State Technical University, 443100, Samara, Molodogvardeyskaya street, 244, Tel. (846) 332-27-13, E-mail: makarovanv1969@yandex.ru

Дата поступления в редакцию: 02.02.2019 г.
После доработки: 23.04.2019 г.
Дата принятия к публикации: 13.05.2019 г.

Н. Л. Наумова [N. L. Naumova]
И. М. Чанов [I. M. Vats]
М. В. Сырвачева [M. V. Syrvacheva]

УДК 664.681.1
+ 664.683.64
DOI 10.33236/2307-910X-2019-2-26-117-122

ПРИМЕНЕНИЕ МУЧНОЙ СМЕСИ В РЕЦЕПТУРЕ ОВСЯНОГО ПЕЧЕНЬЯ

APPLICATION OF THE FLOUR MIXTURE IN THE OATED LIVER RECIPE

ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет
(Национальный исследовательский университет)»

Аннотация. *Проведено исследование качества и пищевой ценности овсяного печенья, выработанного на основе сухой мучной смеси. Изучена рецептура, химический состав, микроструктура, минеральная ценность применяемого сырья, показатели качества и пищевой ценности готовой продукции.*

Материалы и методы. *Материалом для исследований послужили: «Смесь мучная овсяная» (ТУ 9195-012-66312853-2015); мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта (ГОСТ 26574-2017); печенье овсяное «Премиум» (ТУ 9131-069-18256266-2014). Использованы общепринятые методы анализа физико-химических показателей и химического состава сырья и готовой продукции.*

Результаты и обсуждение. *Выявлено, что смесь овсяная количественно превалирует в составе печенья и является носителем пищевых и функциональных компонентов. По содержанию липидов смесь превосходит пшеничную муку в 3,5 раза, растворимого β-глюкана – в 21 раз, макроэлементов (фосфора – в 8 раз, магния – в 3 раза, кальция – на 25,6 %) и микроэлементов (железа – в 6,5 раза, марганца – в 3,4 раза, меди и цинка – в 2,2-2,3 раза), но уступает по количеству нерастворимой клетчатки (на 23,7 %). Печенье на основе сухой овсяной смеси по содержанию белков, жиров, углеводов соответствует регламентированным нормам. Рецептурное соотношение пшеничной муки и овсяной смеси позволяет получить продукцию с фиксированным содержанием β-глюкана (0,93±0,03 %) и определенным количеством пищевых волокон (1,83±0,05 г/100 г). Содержание железа и марганца в 100 г печенья позволяет удовлетворить более 87 % суточной потребности в них взрослого человека, фосфора – 25 %, кальция и меди – 20-21 %, магния – 12,5 %, цинка – 7,2 %.*

Заключение. *Изучаемые физико-химические показатели качества овсяного печенья «Премиум» соответствуют требованиям ТУ 9131-069-18256266-2014, химический состав продукции отличается наличием функциональных микронутриентов.*

Ключевые слова: мучная смесь, овсяное печенье, пшеничная и овсяная мука, пищевая ценность.

Abstract. *A study was made of the quality and nutritional value of oatmeal cookies based on dry flour mix. The recipe, chemical composition, microstructure, mineral value of the raw materials used, quality indicators and nutritional value of the finished product were studied.*

Materials and methods. *The research material was: "Oatmeal flour mixture" (TU 9195-012-66312853-2015); premium baking wheat flour (GOST 26574-2017); Premium oatmeal cookies (TU 9131-069-18256266-2014). The generally accepted methods of analysis of physical and chemical parameters and the chemical composition of raw materials and finished products are used.*

Results and discussion. *It was revealed that the oat mix quantitatively prevails in the composition of cookies and is a carrier of food and functional components. In terms of lipid content, the mixture exceeds wheat flour by 3.5 times, soluble β-glucan – by 21 times, macrocells (phosphorus – 8 times, magnesium – 3 times, calcium – 25.6%) and trace elements (iron – in 6.5 times, manganese – 3.4 times, copper and zinc – 2.2-2.3 times), but inferior in the amount of insoluble fiber (by 23.7%). Cookies based on dry oat mix in terms of protein, fat, carbohydrate content comply with regulated standards. The recipe ratio of wheat flour and oat mix allows to obtain products with a fixed content of β-glucan (0.93 ± 0.03%) and a certain amount of dietary fiber (1.83 ± 0.05 g/100 g). The content of iron and manganese in 100 g of cookies makes it possible to satisfy more than 87% of the daily requirement for an adult, phosphorus – 25%, calcium and copper – 20-21%, magnesium – 12.5%, zinc – 7.2%.*

Conclusion. *The studied physical and chemical indicators of the quality of premium oatmeal cookies meet the requirements of TU 9131-069-18256266-2014, the chemical composition of the products is characterized by the presence of functional micronutrients.*

Key words: flour mixture, oatmeal cookies, wheat and oatmeal, nutritional value.

Овсяное печенье в структуре потребления жителями России занимает около 40 % от всех мучных изделий [1]. На протяжении последних пяти лет наблюдается рост объема продаж этого продукта. В структурной матрице

ассортимента овсяного печенья появилось много предложений, изготовленных с элементами инноваций. Так, выпускается овсяное печенье, производимое на основе сухих смесей [2]. Однако потребители не всегда готовы сделать свой выбор в пользу новинок. Они высказывают свое недоверие к натуральности и пользе инновационных продуктов. В этой связи актуальным вопросом стало изучение качества и пищевой ценности овсяного печенья, произведенного на основе сухой мучной смеси.

Объектами исследований явились:

– смесь сухая «Смесь мучная овсяная» (ТУ 9195-012-66312853-2015) производства ООО «ТРИЭР-СПБ» (Россия, Ленинградская область, г. Санкт-Петербург). Состав: мука текстурированная натуральная овсяная, порошок яичный, разрыхлители Е450i, Е500ii, соль поваренная пищевая, сыворотка молочная сухая, корица молотая, ароматизатор ванильный;

– мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта (ГОСТ 26574-2017) производства ООО «Объединение «Союзпищепром»» (Россия, Челябинская область, г. Челябинск);

– печенье овсяное «Премиум» на основе сухой смеси, приготовленное по ТИ 9131-069-18256266-2014 на соответствие требованиям ТУ 9131-069-18256266-2014 (с дополнениями и изменениями от 24.02.2016 г). В состав печенья входят: смесь мучная овсяная, мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта, сахар-песок, маргарин, питьевая вода. После выпечки печенье охлаждали до температуры 18±2 °С и подвергали испытаниям.

Влажность пшеничной муки определяли по ГОСТ 9404-88, овсяной смеси – по ГОСТ 15113.4-77. Содержание белка, пищевых волокон, фосфора, магния, кальция, марганца в сырье изучали согласно общепринятым методикам [3], содержание железа, меди, цинка – по ГОСТ 30178-96. Массовые доли жира и золы определяли по МУ 4237-86, выделение β-глюкана проводили двухступенчатым щелочным и ферментативным методами [4]. Микроструктуру определяли на растровом электронном микроскопе [5].

В печенье дополнительно определяли количество изделий в 1 кг по гост 5897-90, щелочность – по гост 5670-96, намокаемость – по гост 10114-80, содержание влаги – по гост 21094-75.

Нормы суточной потребности человека в пищевых и биологически активных веществах брали из методических рекомендаций – мр 2.3.1.2432-08. Все исследования проводились в трехкратной повторности.

Общеизвестно, что одним из основополагающих факторов, формирующих пищевую ценность мучных кондитерских изделий, является химический состав мучного сырья. Поэтому на первом этапе испытаний исследовали именно этот показатель. Макронутриентный состав муки пшеничной и мучной смеси показал, что по содержанию липидов овсяная смесь значительно (в 3,5 раза) превосходит пшеничную муку высшего сорта (табл. 1). Жир овсяной муки относится к жирам высокой биологической активности [6].

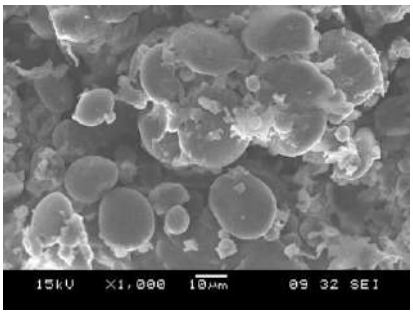
Таблица 1

Химический состав сырья

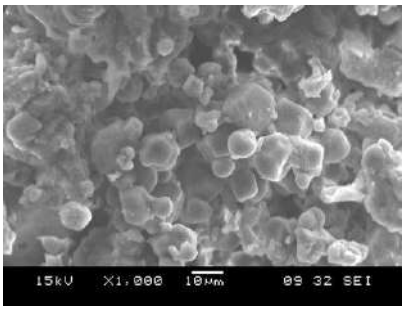
Определяемый показатель	**Результаты испытаний**	
	мука пшеничная высшего сорта	**смесь овсяная**
Массовая доля жира в пересчете на сухое вещество, %	2,21±0,04	7,43±0,05
Массовая доля белка, %	11,9±0,3	13,0±0,2
Массовая доля влаги, %	13,3±0,3	8,2±0,2
Суммарное содержание пищевых волокон, г/100 г, в т.ч.: - растворимых, - нерастворимых	4,41±0,03 1,20±0,07 3,21±0,09	4,09±0,04 1,64±0,08 2,45±0,07
Содержание β-глюкана, %	0,18±0,02	3,79±0,15
Зола в пересчете на сухое вещество, %	0,51±0,03	2,92±0,05

Установлено – овсяная смесь несколько отличается от традиционного сырья количеством белка и влаги. Последнее обстоятельство следует учитывать при расчете воды, необходимой для замеса теста. Известно, что белковые вещества пшеничной муки на 80 % состоят из проламинов и глютелинов [7], а особенностью овсяного белка является высокое (43,4 %) содержание альбуминов и глобулинов [6]. Микроскопирование изучаемого растительного сырья позволило установить (рисунок 1) морфологические особенности белков пшеницы и овсяной смеси. Так, в пшеничной муке присутствуют сферические белковые структуры размером от 3 до 20 мкм с количественным доминированием крупных фракций, в овсяной смеси – с преобладанием мелких фракций, что является

подтверждением различий в природе и свойствах белков изучаемого сырья. Структура и размеры белковых молекул определяют свойства теста и влияют на качество выпеченных изделий.



мука пшеничная высшего сорта



смесь овсяная

Рис. 1. Микроструктура сырья (увеличение в 1000 раз)

По суммарному содержанию пищевых волокон изучаемое сырье имеет некоторые различия. Так, мучная овсяная смесь содержит относительно меньшее (на 23,7 %) количество нерастворимой клетчатки, выполняющей роль своеобразного скраба для кишечника, выводя из организма шлаки. При этом результаты испытаний выявили существенно высокое (в 21 раз больше) содержание растворимого β-глюкана в овсяном сырье, присутствие которого в продукте способствует снижению риска развития сердечно-сосудистых заболеваний и осложнений сахарного диабета. Содержание β-глюкана в овсе может варьировать от 3 до 5 г на 100 г в зависимости от его ботанического сорта, климатических, экологических, агротехнических факторов [8].

Зольность сырья количественно отражает его минеральный состав. Выявлено, что массовая доля золы мучной овсяной смеси значительно превосходит (в 5,7 раза) аналогичный показатель пшеничной муки, что свидетельствует о ее богатом минеральном составе. Предположительно это может быть обусловлено как наличием **молочной сыворотки и яичного порошка, так и** разрыхлителей и **поваренной соли в составе мучной смеси**. В этой связи было изучено содержание отдельных макро- и микроэлементов в растительном сырье. Полученные результаты согласуются с данными зольности соответствующих проб сырья (табл. 3).

Таблица 3

Минеральный состав анализируемого сырья

Определяемый элемент	**Результаты испытаний, мг/кг**	
	мука пшеничная высшего сорта	**смесь овсяная**
P	948,37±172,05	7640,78±1192,42
Ca	2040,63±154,06	2562,50±224,25
Cu	1,81±0,07	4,21±0,33
Fe	19,70±1,65	128,29±11,66
Mg	443,33±37,24	1336,40±131,52
Mn	11,40±1,32	38,72±2,37
Zn	10,10±1,04	22,13±2,09

Установлено преимущество овсяной смеси по содержанию изучаемых минеральных элементов над пшеничной мукой. Так, сухая овсяная смесь в сравнительном аспекте содержит больше макроэлементов (фосфора – в 8 раз, магния – в 3 раза, кальция – на 25,6 %) и микроэлементов (железа – в 6,5 раза, марганца – в 3,4 раза, меди и цинка – в 2,2-2,3 раза).

На втором этапе испытаний изучали питательность и качество овсяного печенья на соответствие требованиям ТУ 9131-069-18256266-2014. Результаты измерений щелочности, намокаемости и количества изделий в 1 кг продукции (табл. 4) установили соответствие ее качества регламентированным требованиям.

Таблица 4

Показатели качества и химический состав овсяного печенья

Определяемый показатель	**Норма по ТУ 9131-069-18256266-2014**	**Результаты испытаний**
Физико-химические показатели:		
Щелочность, градусов	не более 2,0	1,85±0,04
Намокаемость, %	не регламентируется*	185,4**±2,7**
Количество изделий в 1 кг	не менее 55	56
Химический состав:		
Массовая доля **общего сахара (по сахарозе) в пересчете на сухое вещество, %**	**36,8±2,0**	36,1**±0,5**
Массовая доля жира **в пересчете на сухое вещество**, %	23,6**±1,5**	23,8**±0,6**
Массовая доля белка, %	не менее 4,8	5,0**±0,3**
Массовая доля влаги, %	6,0**±1,5**	6,0**±0,4**
Суммарное содержание пищевых волокон, г/100 г, в т.ч.:	не регламентируется	1,83**±0,05**
- растворимых,		0,61**±0,02**
- нерастворимых		1,22**±0,10**
Содержание β-глюкана, %		0,93±0,03
Зола в пересчете на сухое вещество, %		1,66**±0,04**

Примечание: * согласно ГОСТ 24901-2014 - не менее 150 %.

Определено, что печенье на основе сухой овсяной смеси по содержанию основных макронутриентов – белков, жиров, углеводов не выходит за пределы нормы. К сведению, употребление 100 г печенья позволяет удовлетворить суточную потребность в белке взрослого мужчины на 4,3–7,7 % (женщины на 5,7–8,6 %).

Анализ состава печенья показал, что смесь овсяная количественно превалирует над мукой пшеничной хлебопекарной высшего сорта. Ранее были установлены морфологические особенности белков пшеницы и мучной смеси, в этой связи немаловажным стало изучение микроструктуры готовой продукции. Микроскопирование (рис. 2) проб выявило присутствие крупных глобулярных форм белка в достаточных количествах для формирования необходимых структурно-реологических свойств теста и качества готовой продукции.

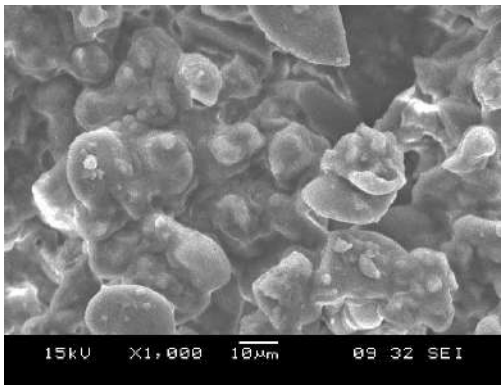


Рис. 2. Микроструктура овсяного печенья (увеличение в 1000 раз)

Рекомендуемое производителем рецептурное соотношение пшеничной муки и овсяной смеси при выработке инновационного печенья позволило получить продукцию с фиксированным содержанием β-глюкана (0,93±0,03 %) и определенным суммарным содержанием пищевых волокон (1,83±0,05 г/100 г). Пищевые волокна имеют огромное значение в стимуляции перестальтики кишечника и выведении из организма различных токсинов [9]. Количества пищевых волокон в 100 г рассматриваемой продукции достаточно для удовлетворения 9 % физиологической потребности в них человека.

Определено, что выявленное содержание железа и марганца в 100 г печенья позволяет удовлетворить более 87 % суточной потребности в них взрослого человека, фосфора – 25 %, кальция и меди – 20-21 %, магния – 12,5 %, цинка – 7,2 % (табл. 6). Минеральные вещества очень важны для поддержания кислотно-щелочного равновесия в организме, для построения тканей и костей скелета [10].

Таблица 6

Минеральный состав овсяного печенья

Определяемый элемент	**Результаты испытаний, мг/кг**
P	2033,41±198,20
Ca	2041,93±203,84
Cu	2,14±0,21
Fe	87,20±7,76
Mg	500,50±50,13
Mn	17,53±1,85
Zn	8,70±0,67

Выявлено, что смесь овсяная количественно превалирует в составе печенья и является носителем пищевых и функциональных компонентов. Изучаемые физико-химические показатели качества овсяного печенья «Премиум» соответствуют требованиям ТУ 9131-069-18256266-2014. Употребление 100 г печенья позволяет удовлетворить суточную потребность взрослого человека: в белке – на 4,3–7,7 %, в пищевых волокнах – на 9 %, железе и марганце – более, чем на 87 %, фосфоре – на 25 %, кальции и меди – на 20-21 %, магнии – на 12,5 %, цинке – на 7,2 %.

Исследования выполнены при поддержке Правительства РФ (Постановление № 211 от 16.03.2013 г.), соглашение № 02.A03.21.0011.

ЛИТЕРАТУА

1. Пушкарева Е. А., Губаненко Г. А., Речкина Е. А., Машанов А. И. Обоснование рецептуры обогащенного овсяного печенья // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2017. № 3. С. 92-100.

2. Группа компаний «СОЮЗСНАБ». Вкус, который длится дольше, или как добиться идеала // Кондитерская сфера. 2016. № 2. С. 46.

3. Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов // под. ред. И.М. Скурихина, В.А. Тутельяна. М.: Брандес, Медицина, 1998. 342 с.

4. Гематдинова В. М., Канарский А. В., Канарская З. А., Сметанская И.И. Влияние щелочной и ферментативной обработки зерна овса и овсяных отрубей на выход β-глюкана // Вестник Воронежского государственного универси-тета инженерных технологий. 2017. Т. 79. № 3. С. 164–168.

5. Пашкеев И. Ю. Растровая электронная микроскопия и рентгеноспектральный микроанализ. Челябинск, 2015. 49 с.

6. Варгач Ю. И., Хорева В. И., Лоскутов И. Г. Содержание белка, масла и крахмала в зерновках голозерных и пленчатых форм овса // Плодоводство и ягодоводство России. 2017. Т. 51. С. 67-71.

7. Маркс Е. И., Лейболт Е. И., Заушицына И. Г. Активность различных форм белка из растений пшеницы и качество клейковины // Инновации и продовольственная безопасность. 2017. № 3. С. 40–49.

8. Красильников В. Н., Барсукова Н. В., Попов В. С. Бета-глюкан овса в функциональном питании // Проблемы экономики и управления в торговле и промышленности. 2014. № 2. С. 78-83.

9. Кондрашина В. В. Пищевые волокна и их роль в формировании здоровья человека // Современные научные исследования и инновации. 2017. № 5. С. 5.

10. Диетология. 4-е изд. // под ред. А. Ю. Барановского. СПб.: Питер, 2012. 1024 с.

REFERENCES

1. Pushkareva E. A., Gubanenko G. A., Rechkina E. A., Mashanov A. I. Obosnovanie recep-tury obogashchennogo ovsyanogo pechen'ya // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 3. S. 92-100.

2. Gruppa kompanij «SOYUZSNAB». Vkus, kotoryj dlitsya dol'she, ili kak dobit'sya ideala // Konditerskaya sfera. 2016. № 2. S. 46.

3. Rukovodstvo po metodam analiza kachestva i bezopasnosti pishchevyh produktov // pod. red. I. M. Skurihina, V. A. Tutel'yana. M.: Brandes, Medicina, 1998. 342 s.

4. Gematdinova V. M., Kanarskij A. V., Kanarskaya Z. A., Smetanskaya I. I. Vliyanie shche-lochnoj i fermentativnoj obrabotki zerna ovsa i ovsyanyh otrubej na vyhod β-glyukana // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernyh tekhnologij. 2017. T. 79. № 3. S. 164–168.

5. Pashkeev I. Yu. Rastrovaya ehlektronnaya mikroskopiya i rentgenospektral'nyj mik-roanaliz. CHelyabinsk, 2015. 49 s.

6. Vargach Yu. I., Horeva V. I., Loskutov I. G. Soderzhanie belka, masla i krahmala v zernovkah golozernyh i plenchatyh form ovsa // Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. 2017. T. 51. S. 67-71.

7. Marks E. I., Lejbolt E. I., Zaushicyna I. G. Aktivnost' razlichnyh form belka iz rastenij pshenicy i kachestvo klejkoviny // Innovacii i prodovol'stvennaya bezopasnost'. 2017. № 3. S. 40–49.

8. Krasil'nikov V. N., Barsukova N. V., Popov V. S. Beta-glyukan ovsa v funkcional'-nom pitanii // Problemy ehkonomiki i upravleniya v torgovle i promyshlennosti. 2014. № 2. S. 78-83.

9. Kondrashina V. V. Pishchevye volokna i ih rol' v formirovanii zdorov'ya cheloveka // Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovacii. 2017. № 5. S. 5.

10. Dietologiya. 4-e izd. // pod red. A. Yu. Baranovskogo. SPb.: Piter, 2012. 1024 s.

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, the city of Chelyabinsk, Avenue of V.I. Lenin 76, 7683512679670, n.naumova@inbox.ru

Чанов Илья Михайлович, студент бакалавриата кафедры пищевых и биотехнологий, Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет), 454080, г. Челябинск, Проспект им. В.И. Ленина, 76
Chanov Ilya Mikhailovich, Student of the Bachelor's Degree in Food and Biotechnology South Ural State University (National Research University), 454080, the city of Chelyabinsk, Avenue of V.I. Lenin 76

Сырвачева Мария Викторовна, студент бакалавриата кафедры пищевых и биотехнологий, Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет), 454080, г. Челябинск, Проспект им. В.И. Ленина, 76
Syrvacheva Maria Viktorovna, Student of the Bachelor's Degree in Food and Biotechnology South Ural State University (National Research University), 454080, the city of Chelyabinsk, Avenue of V.I. Lenin 76

Дата поступления в редакцию: 10.04.2019 г.
После рецензирование: 22.05.2019 г.
Дата принятия к публикации: 26.05.2019 г.

А. В. Паймулина [A. V. Paymulina]
Д. Г. Ускова [D. G. Uskova]
И. Ю. Потороко [I. Yu. Potoroko]

УДК
576.32/.36+663.126+
637.146.34
DOI 10.33236/2307-
910X-2019-2-26-123-
130

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КАВИТАЦИИ НА ПРОЦЕСС МИКРОНИЗАЦИИ ФУКОИДАНА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО В ТЕХНОЛОГИИ ЙОГУРТОВ И ХЛЕБА

INFLUENCE OF ULTRASOUND CAVITATION ON THE PROCESS OF MICRONIZATION OF FUKOIDAN USED IN YOGHURT AND BREAD TECHNOLOGY

ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»,
г. Челябинск, Россия, e-mail: irina_ potoroko@mail.ru

Аннотация. *Фукоидан – высокомолекулярный биологически-активный сульфатированный гетерополисахарид бурых водорослей. Размеры частиц его в среднем составляют 1,7 ± 1,3 мкм, что определяет его низкую биодоступность для активных компонентов, выполняющих важную роль в биотехнологических процессах, происходящих при производстве кисломолочной и хлебобулочной продукции. В этой связи использован эффект ультразвуковой кавитации для увеличения степени дисперсности фукоидана, а следовательно и его биодоступности.*

Методы и результаты. *Объектами исследований являлась биологически-активная добавка (БАД) к пище «Фуколам-С-сырье» на основе полисахарида фукоидана (не менее 60%) и альгинатов, которую подвергали ультразвуковой микронизации мощностью 240, 440 и 630 Вт/л в течение 20-30 минут . Процесс микронизации вели с использованием охлаждающей рубашки для стабильности температуры на уровне 50 °С. В результате ультразвуковой микронизации размеры частиц фукоидана переходят в разряд наноуровня и укладываются в следующие параметры пофракционно от 858 нм (при 240 Вт/л) до 720 нм (при 630Вт/л). При этом увеличивается его антиоксидантная активность – от 6,917 мг/мл до 6,988 мг/мл (при 240 Вт/л) и 8,467 мг/мл (при 630Вт/л) на 1-22,4 % соответственно.*

Изучение влияния микронизированного фукоидана на активность брожения теста показало, что объем теста, обогащенного нативным фукоиданом, увеличивается через 3 часа с начала брожения на 6%; в сравнении с контролем на 17%. При этом образцы теста, обогащенного фукоиданом (до и после микронизации), достигают кислотности 2,2 град (максимальной для контроля) на 60-100 минут раньше, следовательно, процесс брожения идет интенсивнее.

Микронизированный фукоидан позволяет сформировать характерную для йогурта микрофлору в достаточно высоком количестве, включающую Streptococcus salivarius ssp. Thermophilus (до 5,4×10^8 КОЕ/г) и Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus (до 4,4×10^7 КОЕ/г).

Заключение. *Таким образом, использование предлагаемой технологии микронизации фукоидана на основе ультразвуковой кавитации позволяет увеличить степень его биодоступности путем тонкого диспергирования частиц данного полисахарида и активировать биотехнологические процессы, происходящие при производстве хлебобулочной и кисломолочной продукции.*

Ключевые слова: фукоидан, микронизация, ультразвуковое воздействие, хлеб, йогурт.

Abstract. *Fucoidan is a high molecular weight, biologically active, sulfated brown algae heteropolysaccharide. The size of the particles on average is 1.7 ± 1.3 microns, which determines its low bioavailability for active components that play an important role in the biotechnological processes that occur during the production of sour-milk and bakery products. In this regard, the effect of ultrasonic cavitation is used to increase the degree of dispersion of fucoidan, and hence its bioavailability.*

Methods and results. *The objects of research were the biologically active additive (BAA) to food "Fucolam-C " based on fucoidan polysaccharide (not less than 60%) and alginates, which were subjected to ultrasonic micronization with a capacity of 240, 440 and 630 W/l for 20-30 minutes The micronization process was carried out using a cooling jacket for temperature stability at 50 ° C. As a result of ultrasonic micronization, the size of fucoidan particles goes into the nanoscale level and fits in the following parameters fractionally from 858 nm (at 240 W/l) to 720 nm (at 630 W/ l). At the same time, its antioxidant activity increases from 6.917 mg / ml to 6.988 mg / ml (at 240 W/l) and 8.467 mg/ml (at 630 W/ l) by 1-22.4%, respectively.*

A study of the effect of micronized fucoidan on the fermentation activity of the dough showed that the volume of dough enriched with native fucoidan increases after 3 hours from the beginning of the fermentation by 6%; in comparison with the control by 17%. At the

same time, test samples enriched with fucoidan (before and after micronisation) reach an acidity of 2.2 degrees (maximum for control) 60-100 minutes earlier, therefore, the fermentation process is more intensive.

Micronized fucoidan allows you to form a characteristic for yogurt microflora in a sufficiently high amount, including Streptococus salivarius ssp. Termophilus (up to 5.4 × 10^8 CFU /g) and Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus (up to 4.4 × 10^7 CFU / g).

Conclusion. *The use of the proposed micronization technology of fucoidan based on ultrasonic cavitation allows increasing its bioavailability degree by finely dispersing particles of this polysaccharide and activating biotechnological processes occurring during the production of bakery and sour-milk products.*

Key words: fucoidan, micronization, ultrasound, bread, yogurt.

Введение. В настоящее время в практике хлебопечения и производства кисломолочных продуктов достаточно часто возникают проблемы низкой активности применяемых культур микроорганизмов. Активность микрофлоры, используемой в технологиях, напрямую связана с активностью спиртового и молочнокислого брожения. Спиртовое брожение – процесс превращения углеводов в результате культивирования дрожжей в этанол и диоксид углерода. Под действием ферментов дрожжей происходит превращение сахара в спирт и углекислый газ. Молочнокислое брожение является основным процессом в производстве кисломолочных продуктов, а также в производстве ржаного хлеба. В этой связи поиск путей активизации процессов брожения весьма актуален [7-9].

В мировой науке накоплен обширный материал, свидетельствующий о применении полисахаридов бурых морских водорослей в качестве адаптогенных растительных ингредиентов. При этом особого внимания заслуживает матричный сульфатированнnnый гетерополисахарид, обнаруженный в клеточных стенках бурых водорослей – фукоидан, содержащий редкий моносахарид a-L-фукозу. Известно, что фукоидан обладает широким спектром биологической активности, в том числе противоопухолевыми, антиоксидантными, иммуномодулирующими свойствами и др. [3, 5, 6, 10, 11, 15]. Однако, являясь полисахаридом, фукоидан имеет очень большой молекулярный вес. В зависимости от способа извлечения, как правило, известны атомные единицы массы (а.е.м.) в 100~1.000 кДа. Размеры частиц порошка при его растворении в среднем составляют 1,7 ± 1,3 мкм, что определяет его низкую биодоступность [4, 13]. Соответственно, возникает необходимость разрушить макромолекулы фукоидана для активирования биотехнологических процессов, происходящих при производстве хлебобулочной и кисломолочной продукции.

Материалы и методы. Целью настоящего исследования явилось изучение влияния ультразвуковой кавитации на процесс микронизации фукоидана, используемого в технологии йогуртов и хлеба.

Объектами исследований послужили:

– БАД к пище «Фуколам-С-сырье» (ТУ 9284–067–02698170–2010) на основе полисахарида фукоидана, выделенного из водоросли F. Evanescens, с содержанием фукоидана не менее 60% и альгинатов. Свидетельство Федерального центра гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора о государственной регистрации № 77.99.23.3.У.739.1.06 от 30.01.06. Правообладателем товарного знака Фуколам-Fucolam является ТИБОХ ДВО РАН (свидетельство № 308197 от 07.06-2006 г) [2];

– образцы пшеничного теста из муки 1 сорта, замешанного безопарным способом (контроль и опытные образцы);

– образцы молока, ферментированного йогуртовой закваской, состоящей из *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii ssp.bulgaricus* (контроль и опытные образцы).

В качестве ультразвукового источника был использован аппарат «ВОЛНА-Л», модель УЗТА-0,63/22-ОЛ (ООО «Центр ультразвуковых технологий АлтГТУ» г. Бийск, 2017), предназначенный для интенсификации физико-химических процессов в системах с жидкой дисперсионной средой. Механизм ультразвукового воздействия (УЗВ) обусловлен образованием ударных волн, возникающих при захлопывании пузырьков, и возникновением микропотоков вблизи них – эффект кавитации. При этом происходит сверхтонкое диспергирование твердых частиц в жидкой системе [14, 16]. Процесс сопровождается быстрым увеличением температуры, поэтому для стабильности температуры использовали охлаждающую водную рубашку (рис. 1).

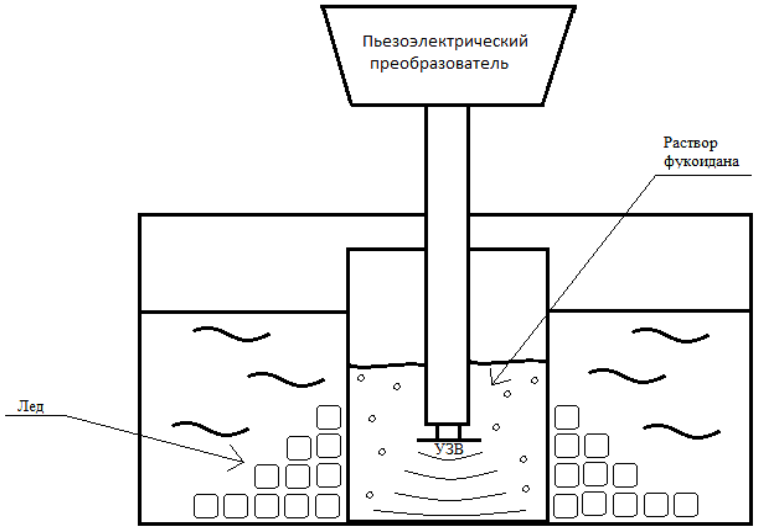


Рис. 1. Схема ультразвуковой установки для микронизации фукоидана

Для оценки размера частиц образцов фукоидана использовали анализатор Nanotrac Ultra и Microtrac S3500 (Microtrac Inc., США). Анализ основан на методе динамического рассеяния света. Минимальный размер частиц, обнаруживаемых прибором Nanotrac Ultra – 0,8 нм, Microtrac S3500 – 0,024…2800 мкм.

Для определения антиоксидантной активности (АОА) фукоидана был использован электрохимический метод кулонометрического титрования. В работе использовали универсальный прецизионный кулонометр «Эксперт-006-антиоксиданты», разработанный и серийно выпускаемый НПК ООО «Эконикс-Эксперт», г. Москва, № 23192–02 в Госреестре СИ РФ средств измерений РФ.

В полуфабрикатах (пшеничное тесто) исследовали: общую кислотность начальную и через каждый час в течение 3 часов; объем теста начальный и через каждый час в течение 3 часов.

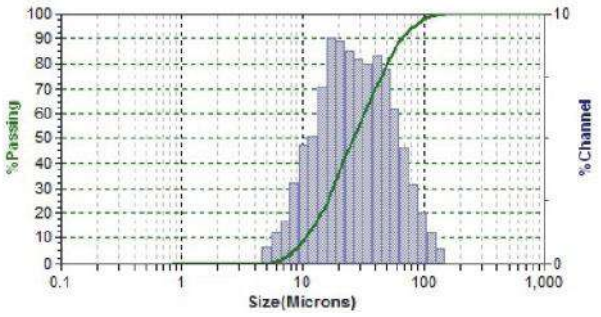
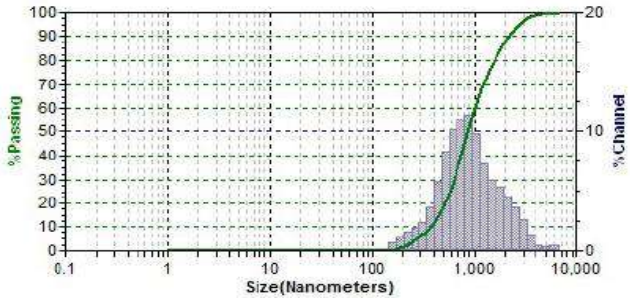
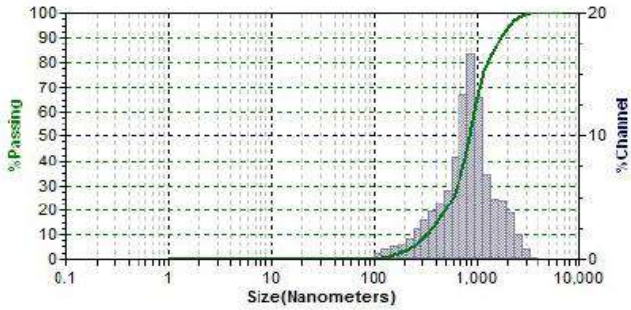
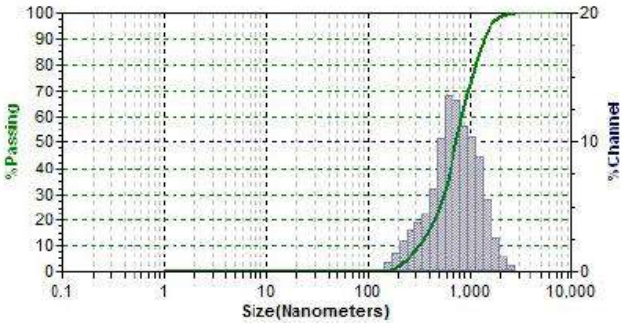
Исследование колониеобразующих единиц проводилось с помощью метода MALDI TOFMS. Изоляты микроорганизмов выращивали на поверхности питательной среды агара Рогоза. Анализ масс-пиковых списков спектров рибосомных белков проводили с использованием программного обеспечения MALDI Biotyper (Bruker Daltonics, Германия). Источники из микробной коллекции DMZS (Германия), отобранные производителем, были использованы для сравнения штаммов. Результаты были интерпретированы с использованием шкалы, предложенной производителем: показатель Score, равный 2 и более, считался надежным для определения вида, в диапазоне от 1,7 до 2 – надежным для определения рода, менее 1,7 считался ненадежным [1, 12].

Результаты. Для изучения влияния ультразвуковой микронизации на дисперсию частиц пищевого ингредиента фукоидана готовили водные растворы 1 %-ной концентрации, которые затем подвергали УЗВ мощностью 240, 440 и 630 Вт/л в течение 20-30 минут. Процесс микронизации вели с использованием охлаждающей рубашки для стабильности температуры на уровне 50 °С. Контрольные растворы фукоидана были получены путем растворения его в дистиллированной воде с температурой 50 °С.

Результаты исследования дисперсного состава растворов фукоиданов после микронизации ультразвуком по отношению к контролю указывают на изменение размерного ряда частиц (табл. 1). Так, контрольные образцы растворов фукоидана имели дисперсию с размером частиц в разряде микрометров 16,02…44,44 мкм. В результате ультразвукового воздействия размеры частиц переходят в разряд наноуровня и укладываются в следующие параметры пофракционно от 858 нм (при 240 Вт/л) до 720 нм (при 630Вт/л).

Таблица 1

Результаты исследования дисперсного состава фукоиданов до и после микронизации

Образец	Суммарные пики	Размерный ряд частиц
Контроль, мкм	Dia(nm) Vol% 44.44 50.0 16.02 50.0	
Микронизация УЗВ 240 Вт/л, 20-30 мин, нм	Dia(nm) Vol% 858.0 100.0	
Микронизация УЗВ 440 Вт/л, 20-30мин, нм	Dia(nm) Vol% 846.0 100.0	
Микронизация УЗВ 630 Вт/л, 20-30 мин, нм	Dia(nm) Vol% 720.0 100.0	

При микронизации УЗВ мощностью ниже 240 Вт/л значение показателя антиоксидантной активности практически не меняется, также данный эффект не наблюдается при воздействии менее 20 минут. При обработке ультразвуком мощностью 630 Вт более 30 минут перестает происходить наращивание показателя антиоксидантной активности (рис. 2), также при этом происходит удорожание технологии, связанное с увеличением энергозатрат.

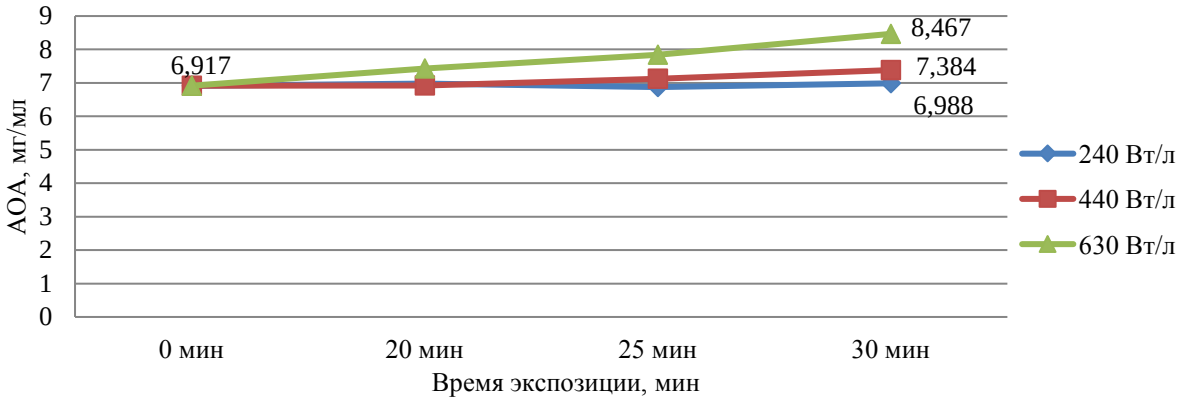


Рис. 2. Динамика изменения антиоксидантной активности фукоидана после микронизации

Изучение влияния микронизированного фукоидана на активность брожения теста показало, что объем теста увеличивается с его использованием. Так, объем теста, обогащенного микронизированным фукоиданом, через 180 минут с начала брожения был выше в сравнении с тестом, обогащенным нативным фукоиданом на 6%; в сравнении с контролем на 17% (рис. 3).

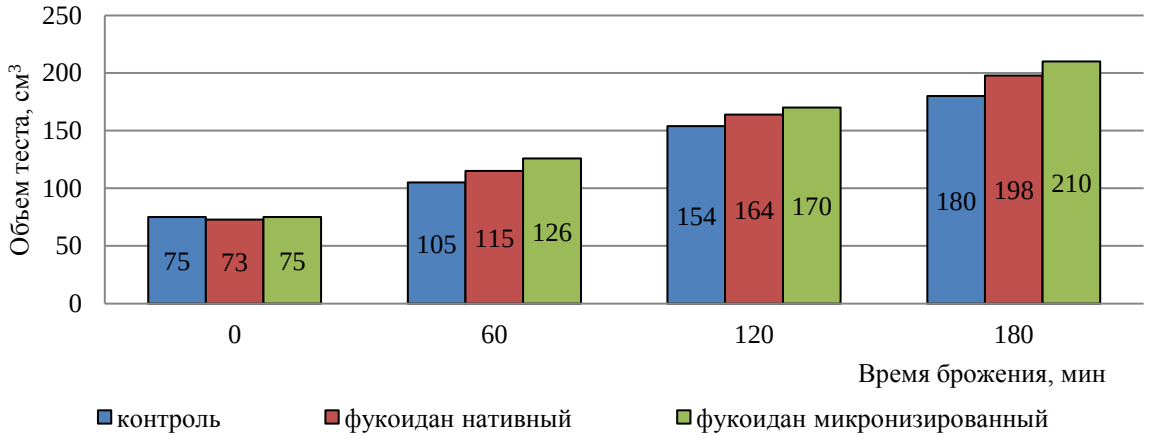


Рис. 3. Влияние фукоидана на объем теста в процессе брожения

В процессе брожения теста исследована динамика кислотности (рис. 4). Из графика видно, что образцы теста, обогащенного фукоиданом (до и после микронизации), достигают кислотности 2,2 град (максимальной для контроля) на 60-100 минут раньше, следовательно, процесс брожения идет интенсивнее. Полученные результаты объясняются положительным влиянием углеводных компонентов добавки на рост и развитие культуры дрожжей.

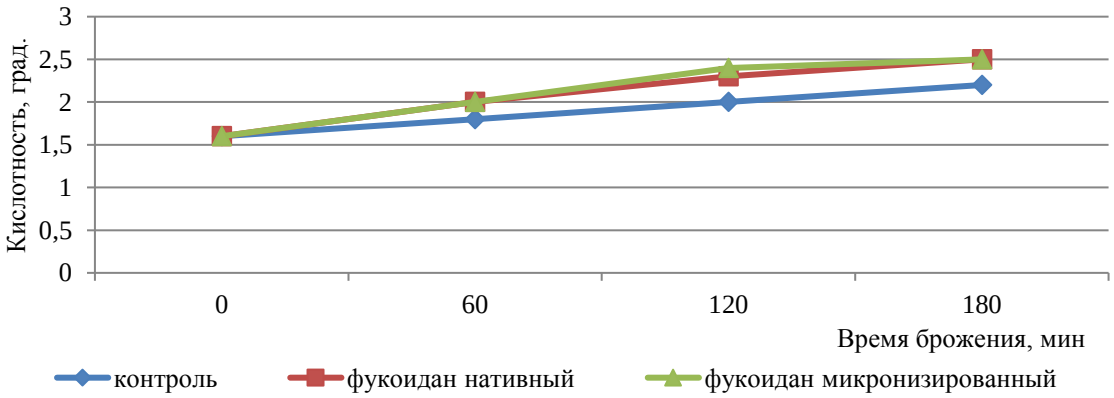
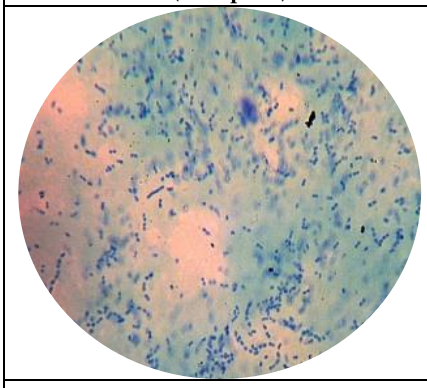
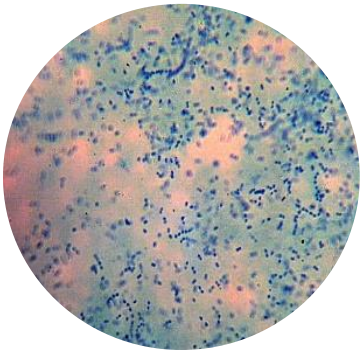
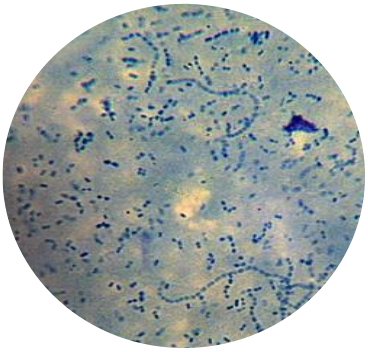


Рис. 4. Влияние фукоидана на кислотность теста в процессе брожения

Для оценки эффективности данного подхода при молочнокислом брожении были получены опытные образцы ферментированного йогуртовой закваской молока. Идентификацию молочнокислой микрофлоры проводили на основе метода MALDI-TOFMS (табл. 2).

Таблица 2

Микрофотографии микрофлоры исследуемых образцов йогуртовой закваской (увеличение х1350) и результаты идентификации методом MALDI-TOFMS

Образец 1 (контроль)	**Образец 2 (фукоидан нативный)**	**Образец 3 (фукоидан микронизированный)**
		
Streptococcus salivarius ssp. Thermophilus ***скор 2,008***	*Streptococcus salivarius ssp. Thermophilus* ***скор2,010***	*Streptococcus salivarius ssp. Thermophilus* ***скор2,054***
Lactobacillus delbruecki issp. Bulgaricus ***скор 1,950***	*Lactobacillus delbruecki issp. Bulgaricus* ***скор1,948***	*Lactobacillus delbruecki issp. Bulgaricus* ***скор2,225***

Микронизированный фукоидан вносился в количестве 0,02 % к массе, что было установлено в процессе прогностических исследований, для активации заквасочной микрофлоры. На основании полученных результатов можно утверждать, что микронизация фукоидана позволяет сформировать характерную для йогурта микрофлору в достаточно высоком количестве, включающую *Streptococcus salivarius ssp. Thermophilus* (до $5{,}4\times10^8$ КОЕ/г) и *Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus* (до $4{,}4\times10^7$ КОЕ/г). Использование микронизированного фукоидана обеспечивает активацию заквасочной микрофлоры, на что указывает высокий скор *Streptococcus salivarius ssp. Thermophilus* (2,054) и *Lactobacillus delbruecki issp. Bulgaricus* (2,225).

Заключение. Таким образом, использование предлагаемой технологии микронизации фукоидана на основе ультразвуковой кавитации позволяет увеличить степень его биодоступности путем тонкого диспергирования частиц данного полисахарида и активировать биотехнологические процессы, происходящие при производстве хлебобулочной и кисломолочной продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондаренко В. М. Препараты пробиотики, пребиотики и синбиотики в терапии и профилактике кишечных дисбактериозов / В. М. Бондаренко, Н. М. Грачева // Фарматека. 2003. № 7. С. 56–63.

2. Гажа А. К. Биологически активные добавки к пище (БАД) Приморского края (пособие для врачей и фармацевтов) / А.К. Гажа и др. Владивосток, 2006. 118 с.

3. Головкова Е. В. Молочный напиток «Приморский» – продукт нового поколения / Е. В. Головкова, Е. В. Медведева, Т.К. Каленик // Технические науки – от теории к практике. 2013. № 21. С. 153–159.

4. Дрозд Н. Н. Антикоагулянтная активность сульфатированных полисахаридов / Н. Н. Дрозд, Г. Е. Банникова, В. А. Макаров // Экспериментальная и клиническая фармакология. 2006. Том 69, №6. С. 51–60.

5. Кузнецова Т. А. Исследование пребиотического потенциала биологически активных веществ из морских гидробионтов и разработка новых продуктов функционального питания / Т. А. Кузнецова, Т. С. Запорожец, Н. Н. Беседнова и др. // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2011. № 2 (156). С. 147–150.

6. Лобуцкая Н. В. Биотехнологические аспекты производства комбинированных напитков с использований каррагинанов водорослей российского Тихоокеанского шельфа: дис. … канд. биол. наук: 03.00.23. Владивосток, 2003. 215 с.

7. Потороко И. Ю. Использование ультразвуковой микронизации растительного ингредиента фукоидана для применения в технологиях пищевых производств / И. Ю. Потороко, Д. Г. Ускова, А. В. Паймулина, Удей Багале // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2019. Т. 7, № 1. С. 58–70.

8. Потороко И. Ю. Разработка технологии хлеба с лечебно-профилактическими свойствами на основе применения комплексной растительной добавки / И. Ю. Потороко, А. В. Паймулина, Д. Г. Ускова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2016. Т. 4, № 3. С. 39–46.

9. Ускова Д. Г. Формирование улучшенных потребительских свойств йогуртов на основе ультразвукового воздействия и использования полисахарида фукоидана / Д. Г. Ускова, И. Ю. Потороко, Н. В. Попова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2016. Т. 4, № 3. С. 80–88.

10. Усов, А. И. Полисахаридный состав некоторых бурых водорослей Камчатки / А. И. Усов, Г. П. Смирнова, Н. Г. Клочкова // Биоорганическая химия. –001. Т. 27, № 6. С. 444–448.

11. Becker D. J. Fucose: biosynthesis and biological function in mammals / D. J. Becker, J. B. Lowe // Glycobiology. 2003. V. 13. P. 41–53.

12. Cheftel J. C. Review: high-pressure, microbial inactivation and food preservation / J. C. Cheftel // Food Science and Technology International. 1995. Vol. 1. P. 75–90.

13. Hmelkov A. B. Ultrasound-assisted extraction of polysaccharides from brown alga Fucus evanescens. Structure and biological activity of the new fucoidan fractions / A. B. Hmelkov, T. N. Zvyagintseva, N. M. Shevchenko et al. // Journal of Applied Phycology. 2018. V. 30, Iss. 3. P. 2039–2046.

14. Knorr D. Applications and potential of ultrasonics in food processing / D. Knorr, M. Zenker at al. // Trends in Food Science & Technology. 2004. V. 15. P. 261–266.

15. Patankar M. S. A revised structure for Fucoidan may explain some of its biological activities / M. S. Patankar, S. Oehninger, T. Barnett et al. // Journal of Biological Chemistry. 1993. Vol. 268. P. 770–776.

16. Villamiel M. Review: effect of ultrasound processing on the quality of dairy products / M. Villamiel, E. H. van Hamersveld, P. de Jong // Milchwissenschaft. 1999. V. 54. P. 69–73.

REFERENCES

1. Bondarenko V. M., Gracheva N. M. [Probiotics, Prebiotics and Synbiotics in the Treatment and Prevention of Intestinal Dysbacteriosis]. Farmateka [Pharmateca], 2003, no. 7, pp. 56–63. (in Russ.)

2. Gazha A. K. et al. Biologicheski aktivnye dobavki k pishche (BAD) Primorskogo kraya (posobie dlya vrachey i farmatsevtov) [Biologically Active Dietary Supplements of the Primorsky Territory (Manual for Doctors and Pharmacists)]. Vladivostok, 2006. 118 p.

3. Golovkova E. V., Medvedeva E. V., Kalenik T. K. [Primorsky Milk Drink, a Product of a New Generation]. Tekhnicheskie nauki – ot teorii k praktike [Technical Sciences - from Theory to Practice], 2013, no. 21, pp. 153–159. (in Russ.)

4. Drozd N. N., Bannikova G. E., Makarov V. A. [Anticoagulant Activity of Sulfated Polysaccharides]. Eksperimental'naya i klinicheskaya farmakologiya [Experimental and Clinical Pharmacology (Eksperimentalnaya i Klinicheskaya Farmakologiya)], 2006, vol. 69, no. 6, pp. 51–60. (in Russ.)

5. Kuznetsova T. A., Zaporozhets T. S., Besednova N. N. et al. [Investigation of the Prebiotic Potential of Biologically Active Substances from Marine Hydrobionts and the Development of New Functional Food Products]. Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk [Vestnik of Far East Branch of the Russian Academy of Sciences], 2011, no. 2 (156), pp. 147–150. (in Russ.)

6. Lobutskaya N. V. Biotekhnologicheskie aspekty proizvodstva kombinirovannykh napitkov s ispol'zovaniy karraginanov vodorosley rossiyskogo Tikhookeanskogo shel'fa [Biotechnological Aspects of the Production of Combined Drinks with the Use of Carrageenans of Algae of the Russian Pacific shelf: Thesis of a Candidate of Sciences (Biology)]. Vladivostok, 2003. 215 p.

7. Potoroko I. Yu., Uskova D. G., Paymulina A.V., Uday Bagale. Ultrasound Micronization of Fucoidan Vegetable Ingredient for the Use in Food Production Technology. Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology, 2019, vol. 7, no. 1, pp. 58–70. (in Russ.)

8. Potoroko I. Yu., Paymulina A. V., Uskova D.G. The Technology of Bread with Health-Promoting Properties Based on the Use of a Complex Herbal Supplement. Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology, 2016, vol. 4, no. 3, pp. 39–46. (in Russ.)

9. Uskova D. G., Potoroko I. Yu., Popova N. V. The Formation of Improved Consumer Properties of Yoghurts Based on Ultasionic Exposure and the Use of Fucoidan Polysaccharide. Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology, 2016, vol. 4, no. 3, pp. 80–88. (in Russ.)

10. Usov A. I., Smirnova G. P., Klochkova N. G. [Polysaccharide Composition of Some Kamchatka Brown Algae]. Bioorganicheskaya khimiya [Russian Journal of Bioorganic Chemistry], 2001, vol. 27, no. 6, pp. 444–448. (in Russ.)

11. Becker D. J. Fucose: biosynthesis and biological function in mammals / D. J. Becker, J. B. Lowe // Glycobiology. 2003. V. 13. P. 41–53.

12. Cheftel J. C. Review: high-pressure, microbial inactivation and food preservation / J. C. Cheftel // Food Science and Technology International. 1995. Vol. 1. P. 75–90.

13. Hmelkov A. B. Ultrasound-assisted extraction of polysaccharides from brown alga Fucus evanescens. Structure and biological activity of the new fucoidan fractions / A. B. Hmelkov, T. N. Zvyagintseva, N. M. Shevchenko et al. // Journal of Applied Phycology. 2018. V. 30, Iss. 3. P. 2039–2046.

14. Knorr D. Applications and potential of ultrasonics in food processing / D. Knorr, M. Zenker at al. // Trends in Food Science & Technology. 2004. V. 15. P. 261–266.

15. Patankar M. S. A revised structure for Fucoidan may explain some of its biological activities / M.S. Patankar, S. Oehninger, T. Barnett et al. // Journal of Biological Chemistry. 1993. Vol. 268. P. 770–776.

16. Villamiel M. Review: effect of ultrasound processing on the quality of dairy products / M. Villamiel, E. H. van Hamersveld, P. de Jong // Milchwissenschaft. 1999. V. 54. P. 69–73.

ОБ АВТОРАХ

Паймулина Анастасия Валериановна, аспирант кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет), 454080, г. Челябинск, Проспект им. В.И. Ленина, 76, 89043038946, aaaminaaa@mail.ru
Paymulina Anastasia Valerianovna, Postgraduate Student of the Department of Food Technology and Biotechnology, South Ural State University (National Research University), 454080, the city of Chelyabinsk, Avenue of V.I. Lenin, 76, 89043038946, aaaminaaa@mail.ru

Ускова Дарья Геннадьевна, магистрант кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет), 454080, г. Челябинск, Проспект им. В.И. Ленина, 76, 89617932442, twins.23@mail.ru
Uskova Dariya Gennadievna, Master's Degree Student of the Department of Food Technology and Biotechnology, South Ural State University (National Research University), 454080, the city of Chelyabinsk, Avenue of V.I. Lenin, 76, 89617932442, twins.23@mail.ru

Потороко Ирина Юрьевна, доктор технических наук, профессор кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет), 454080, г. Челябинск, Проспект им. В.И. Ленина, 76, 89507259750, irina_ potoroko@mail.ru
Potoroko Irina Yuryevna, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Food Technology and Biotechnology, South Ural State University (National Research University), 454080, the city of Chelyabinsk, Avenue of V.I. Lenin, 76, 89507259750, irina_ potoroko@mail.ru

Дата поступления в редакцию: 01.02.2019 г.
После рецензирования: 04.04.2019 г.
Дата принятия к публикации: 26.05.2019 г.

Л. Д. Петрова [L. D. Petrova] [1]
В. Д. Богданов [V. D. Bogdanov] [2]

УДК 664.959.5 / 664.69
DOI 10.33236/2307-910X-2019-2-26-131-137

РЫБНЫЙ ФАРШ С БЕЛОКСОДЕРЖАЩИМИ РАСТИТЕЛЬНЫМИ ДОБАВКАМИ

THE FISH-FARCE WITH PROTEIN-CONTAINING PLANT-BASED ADDITIVES

[1] Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия
[2] Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия

Аннотация. *Устойчивым трендом развития рыбоперератывающей отрасли является рациональное и эффективное использование гидробионтов. Перспективным направлением в этой связи является поиск технологий переработки рыбного сырья с низкими функционально-технологическими свойствами, одними из которых являются донные виды рыб. Мясо донных рыб - минтай, лемонема, треска.*

Материалы и методы, результаты и обсуждения. *Рассмотрены вопросы возможности использования муки, вырабатываемой из семян амаранта и нута в технологии производства фаршевых систем из минтая. 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 и 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 sustainable development trend of the fish processing industry is the rational and efficient use of hydrobionts. A promising direction in this regard is the search for technologies for processing fish raw materials with low functional and technological properties, one of which is bottom fish species. Meat of bottom fish-Pollock, lemon, cod.*

Materials and methods, results and discussions. *This paper explores the perspectives of using flour made of amaranth and chickpea seeds to manufacture Alaska Pollock farce systems. We studied the chemical composition of amaranth and chickpea flour, which makes it very useful as a protein-containing and structure-forming additive to manufacture shaped farce products. We also researched how amaranth and chickpea flour affects the functional and technological properties, such as water-retaining capacity of Alaska Pollock farce systems, loss of mass during the heat treatment, as well as organoleptic parameters of the finished products. Based on the research conducted, we found the optimal concentration for adding plant-based additives to the fish farce systems, which is 10.0% to the total raw mass input. Chemical composition analysis shows that adding amaranth and chickpea flour to Alaska Pollock farce increases the nutritional value of farce compositions as compared to the control sample.*

Conclusion. *Based on the data obtained, we find it perspective to manufacture Alaska Pollock farce with amaranth and chickpea flour added at the rate of 10.0% to the total raw mass input, so that to improve the functional and technological properties of the farce, as well as its nutritional value. This way it is also possible to extend the variety of domestically produced protein-containing additives used by the fish industry.*

Key words: amaranth flour, chickpea flour, fish farce, functional and technological properties.

Введение. Устойчивым трендом развития рыбоперератывающей отрасли является рациональное и эффективное использование гидробионтов. Перспективным направлением в этой связи является поиск технологий 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 корректировки их структуры. Для повышения функционально-технологических свойств измельченной мышечной ткани рыб, водоудерживающей, формующей 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 (Theraqra chalcoqramma) мороженый, хранившийся при температуре не выше минус 18 ºС 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 Δ±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 – водоудерживающей 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 до минус 2 °С, разделывают 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 нутовую 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 рис. 1, показывают, что с увеличением количества амарантовой и нутовой муки водоудерживающая способность фаршевых систем возрастает. Необходимо отметить, что водоудерживающая способность образцов с амарантовой мукой несколько выше, чем в случае использования нутовой муки. Так, при применении амарантовой муки в количестве от 5,0 до 15,0 % водоудерживающая способность составляет от 54,3 до 72,3 %, нутовой муки в тех же количествах от 53,4 до 70,2 %.

Анализ экспериментальных данных, приведенных на рис. 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 нутовой 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 нутовой муке и с их высокой способностью к связыванию, удержанию воды и набуханию [4, 7, 8, 10].

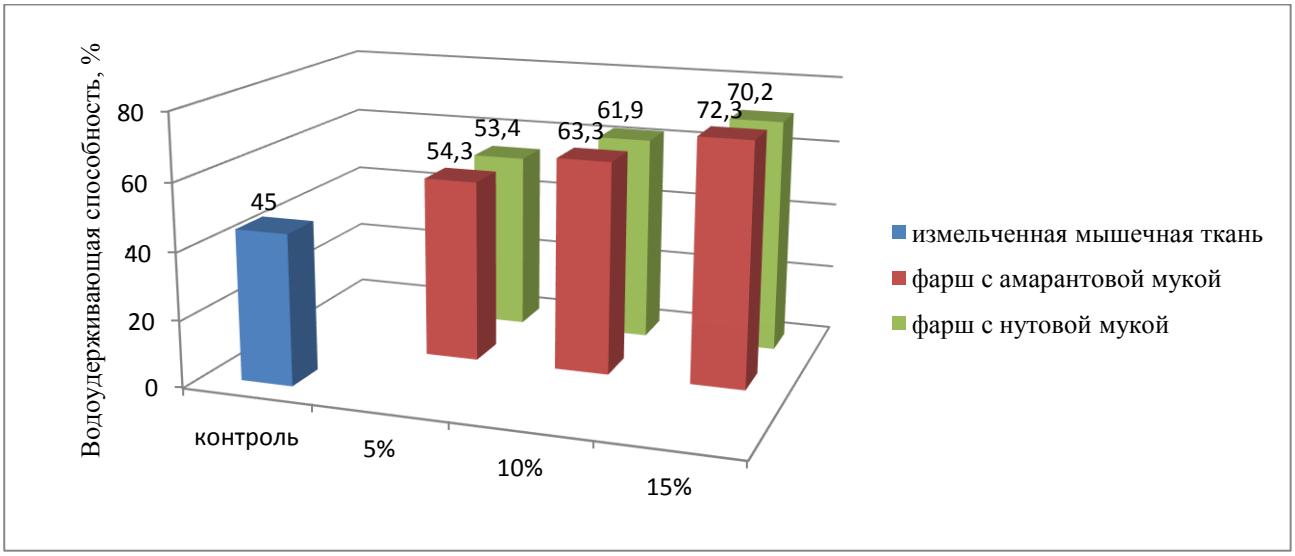


Рис. 1. Влияние содержания амарантовой и нутовой муки на водоудерживающую способность фаршевых систем из минтая

Приведены исследования органолептических показателей изделий из фаршевых систем минтая (табл. 2), в которые вносили амарантовую и нутовую 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.

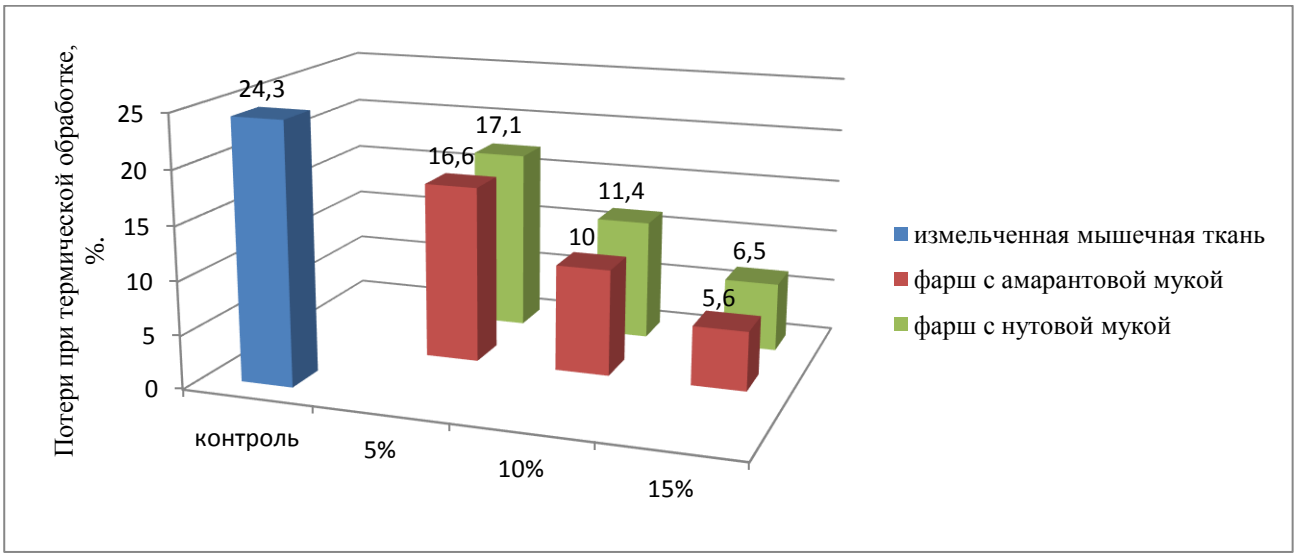


Рис. 2. Влияние содержания амарантовой и нутовой муки на потери воды при термической обработке в готовых изделиях из минтая

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 рыборастительных полуфабрикатов свидетельствуют о том, что амарантовая и нутовая мука улучшает их пищевую ценность.

Выводы. Проведенные исследования показывают, что для улучшения функционально-технологических свойств фарша из минтая с содержанием воды более 80,0 % необходимо использование белоксодержащих 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 свойства – сочной и нежной консистенцией с приятным ореховым ароматом.

В результате исследования пищевой ценности установлено, что разработанные рыборастительные 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 pokazateley farshey iz glubokovodnykh ryb i produktsii iz nikh // Izvestiya TINRO (Tikhookeanskogo nauchno-issledovatel'skogo rybokhozyaystvennogo tsentra). 2013. T. 172. S. 274-281.

4. Korneva O. A. i dr. Obosnovanie ispol'zovaniya nutovoy 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 amarantovoy muki na kachestvo khlebobulochnykh izdeliy // 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 izdeliy // Khlebopechenie Rossii. 2012. № 2. S. 30-31.

7. Sharipova T. V. Perspektivy ispol'zovaniya zernobobovoy kul'tury nut v proizvodstve myasorastitel'nykh produktov dlya gerodieticheskogo pitaniya / T. V. Sharipova, N. M. Mandro // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2012. №12. S. 102-106.

8. Reshetnik E. I. i dr. Metodologiya proektirovaniya produktov pitaniya s trebuemym kompleksom pokazateley pishchevoy tsennosti: monografiya / E. I. Reshetnik, T. V. Sharipova, V. A. Maksimyuk. Blagoveshchensk: Dal'nevostochnyy 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. Ehkonomika 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 sovremennoy nauki molodykh uchenykh agrariev materialy V-oy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchyonykh, posvyashchyonnye 25-letiyu FGBNU "Prikaspiyskiy NII aridnogo zemledeliya". 2016. S. 756-760.

12. Zaynullina L. Kh. Tekhnologiya proizvodstva tvoroga funktsional'nogo naznacheniya s dobavleniem amarantovoy mukoy // Nauka i innovatsii v APK KHKHI veka Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh, posvyashchennoy 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. тел.+79046280671, e-mail: petrova_ld@mail.ru

Petrova Larisa Daniilovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Innovation, Quality, Standardization and Certification,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 Dmitrievich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Food Technology,Russia, Vladivostok. Tel. +79089950083, e-mail: bogdanovvd@dgtru.ru

Дата поступления в редакцию: 09.02.2019 г.
После рецензирования: 23.04.2019 г.
Дата принятия к публикации: 20.05.2019 г.

С. А. Рябцева [S. A. Ryabtseva]
С. Н. Сазанова [S. N. Sazanova]
А. А. Дубинина [A. A. Dubinina]

УДК 663.12:
637.146.2: 616.34
DOI 10.33236/2307-910X-2019-2-26-138-150

SACCHAROMYCES BOULARD II, КАК ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ ПРОБИОТИК ДЛЯ ИННОВАЦИОННЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

THE SACCHAROMYCES BOULARD II, AS A POTENTIAL PROBIOTIC FOR INNOVATIVE FOODS

ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», Кафедра прикладной биотехнологии, Институт живых систем, г. Ставрополь, Россия, e-mail: ryabtseva07@mail.ru

Аннотация. *Рассмотрены вопросы биохимии, генетики и таксономии Saccharomyces boulardii; систематизированы данные о пробиотическим свойствах этих дрожжей, позволяющих использовать их для получения новых функциональных пищевых добавок и продуктов.*

Целью данного обзора является обобщение и анализ информации о свойствах и направлениях применения дрожжей Saccharomyces boulardii. Рассмотрены вопросы биохимии, генетики и таксономии этих грибов-аскомицет, систематизированы данные о механизмах их действия на организм человека и доказательствах эффективности применения в медицине. Особое внимание уделено пробиотическим свойствам Saccharomyces boulardii, позволяющим использовать их для получения новых функциональных пищевых продуктов.

Ключевые слова: *Saccharomyces boulardii*, дрожжи, пробиотики, свойства, применение.

Abstract. *Biochemistry, genetics and taxonomy of Saccharomyces boulardii are considered; data on the probiotic properties of this yeast to produce new functional additives and foods are systematized.*

The purpose of this review is to summarize and analyze information on the properties and application of yeast Saccharomyces boulardii. Biochemistry, genetics and taxonomy of this Ascomycetes Fungi are considered, data on the mechanisms of their action on the human body and evidence of effectiveness in medicine are systematized. Particular attention is paid to the probiotic properties of Saccharomyces boulardii, allowing them to be used to produce new functional foods.

Key words: *Saccharomyces boulardii*, yeast, probiotics, properties, application.

Введение. Дрожжи рода *Saccharomyces* служат человеку в течение тысячелетий, помогая готовить хлеб, пиво и вино. В настоящее время эти микроорганизмы также являются «клеточной фабрикой» для производства биотоплива, химических реагентов, пищевых ингредиентов, моделью для изучения биологии эукариот, клеточной и генной инженерии. Дрожжи все шире используют для получения фармацевтических препаратов, растет интерес к их антимикробным и пробиотическим свойствам [14, 18, 42, 43].

Согласно определению Всемирной организации здравоохранения, пробиотики – это живые микроорганизмы, которые при употреблении в адекватных количествах приносят пользу для здоровья. Они оказывают благоприятное воздействие на организм человека в результате нормализации состава и (или) повышения биологической активности нормальной микрофлоры кишечника при систематическом употреблении в пищу в виде препаратов или в составе пищевых продуктов. Самыми известными пробиотиками являются бактерии родов *Bifidobacterium* и *Lactobacillus,* а также дрожжи *Saccharomyces* [48].

Saccharomyces boulardii названы в честь Анри Булара (Henri Boulard). Во время эпидемии холеры в Индокитае французский биолог заметил, что кожура плодов личи и мангустина используется местным населением для лечения поноса. Исследуя микрофлору этих тропических растений, ученый выделил чистую культуру дрожжей, обладавших противодиарейными свойствами. В 1923 году сахаромицеты Буларди (*Saccharomyces boulardii)* были зарегистрированы в Институте Пастера, а в 1954 году права на штаммы живого дрожжевого грибка приобрели учредители компании Biocodex [10, 41].

С 2014 года фармацевтические препараты с *S. boulardii* зарегистрированы и продаются более чем в 90 странах мира и имеют больше 20 названий. Физиологические свойства сахаромицет Буларди позволяют широко

использовать их в лечении диарей различной этиологии, особенно у детей, и других заболеваний. Интерес к этим дрожжам как пробиотикам постоянно растет, что подтверждается данными о количестве публикаций по темам изучения их свойств и применения (рис. 1).

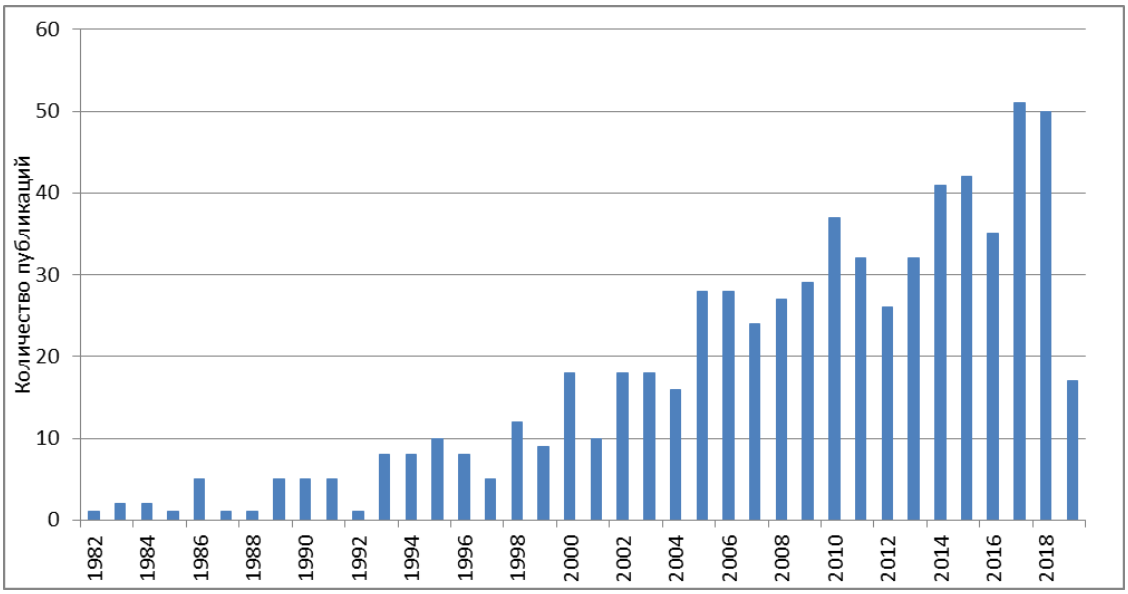


Рис. 1. Количество публикаций со словами «*Saccharomyces boulardii* » в PubMed по годам (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/Saccharomyces)

В последние годы проведены глубокие исследования, показывающие механизмы действия *S.boulardii* и возможность их применения для производства продуктов функционального назначения в качестве пробиотиков. При этом ферментации чаще всего подвергается сырье растительного происхождения, но некоторые работы посвящены получению новых молочных продуктов. Пробиотические дрожжи выделяют и модифицируют вторичные метаболиты, которые могут улучшить нутрицевтические свойства продуктов питания и напитков. В то же время биохимические изменения пищевых компонентов, которые вызывают сахаромицеты Буларди, влияют на реологические, органолептические и микробиологические показатели ферментированных продуктов, и могут быть нежелательными, что следует учитывать при создании новых технологий [18, 33].

Целью данного обзора является обобщение и анализ информации о свойствах и направлениях применения сахаромицет Буларди как потенциальных пробиотиков для инновационных пищевых продуктов.

Общая характеристика и таксономия *S. boulardii*

Дрожжи – это одноклеточные эукариотические микроорганизмы, принадлежащие к царству Грибы. Они широко распространены в природной среде, на растениях, в воздухе и воде, в пищевых продуктах и во многих других экологических нишах, включая нормальную микрофлору человека. Дрожжи играют важную роль во многих сложных экосистемах как часто встречающиеся ранние колонизаторы субстратов, богатых питательными веществами. Они участвуют во многих взаимодействиях с другими микроорганизмами, включая симбиоз, мутуализм, паразитизм и конкуренцию [7].

Дрожжи являются гетеротрофными организмами. Синтез аденозинтрифосфата (АТФ) обеспечивается окислением органических молекул, которые также являются источниками углерода для биосинтеза, и в конечном итоге используются в качестве энергетического промежуточного продукта практически для всех видов деятельности клетки. Дрожжи метаболизируют главным образом гексозы в виде моносахаридов (глюкоза, фруктоза, галактоза, манноза) или дисахариды (мальтоза, сахароза) в качестве основных источников углерода. Метаболизм и физиология дрожжей существенно зависят от наличия сахара и кислорода. Дрожжевое аэробное дыхание протекает как полное окисление органических веществ до CO_2 и H_2O, связанное с процессами цикла трикарбоновых кислот и фосфорилированием. В анаэробном метаболизме дрожжей, часто называемом «спиртовое брожение», образующийся при гликолизе пируват расщепляется на этанол и CO_2. Тип энергогенерирующих процессов определяется одним из трех часто наблюдаемых эффектов – Pasteur, Cabtree или Custer, связанных с метаболизмом

сахара и наличием кислорода. Знание метаболизма дрожжей необходимо для понимания процессов образования первичных и вторичных метаболитов и их влияния на здоровье человека [10, 22].

По современной классификации дрожжей сахаромицеты Буларди относятся к роду *Saccharomyces*, входящему в состав семейства *Saccharomycetaceae* порядка *Saccharomycetales*, относящемуся к классу *Saccharomycetes* отдела Аскомицеты (*Ascomycota*) царства Грибы (*Fungi*). Род *Saccharomyces* наиболее изучен среди дрожжей, принадлежащих к отделу *Ascomycota*. Многие из примерно 20 видов этого рода имеют большое биотехнологическое значение из-за промышленного применения, включающего получение этилового спирта и спиртосодержащих напитков, хлебопечение, производство витаминных и белковых добавок, синтез рекомбинантных белков и биологический контроль. Самым значительным видом, безусловно, является *S. cerevisiae* (пекарские и пивные дрожжи) из-за его экономического значения. *S. cerevisiae* используется для ежегодного производства примерно 60 миллионов тонн пива, 30 миллионов тонн вина, 800 000 тонн белка и 600 000 тонн пекарских дрожжей. Вегетативные клетки *S. cerevisiae* обычно диплоидны, но некоторые штаммы были зарегистрированы как анеуплоидные или тетраплоидные [33, 42].

За последние четыре десятилетия дрожжи, впервые идентифицированные как *Saccharomyces boulardii*, были тщательно изучены в качестве потенциальных пробиотиков. Таксономическое положение *S. boulardii* было определено с использованием анализа множественной локусной последовательности, нацеленного на домен D1 / D2 субъединицы 26S рДНК, последовательности ITS1-5.8S rDNA-ITS2 и гена митохондриального цитохрома С-оксидазы II. Каждый локус *S. boulardii* был очень похож на соответствующие локусы в *S. cerevisiae*, поэтому было предложено считать эти дрожжи их штаммом *Saccharomyces cerevisiae* Hansen CBS 5926. Однако позже было установлено, что дрожжи Буларди отличаются количеством копий генов в субтеломерных областях и ретротранспозонах. Различия наблюдались как на геномном, так и на физиологическом уровнях, особенно при споруляции. Они заключались в разнице числа хромосом и количеств копий гена, способности к псевдопереключениям и выживаемости при низких уровнях pH, причем последние две особенности имеют прямое отношение к пробиотической природе *S. boulardii* [30, 49].

Тип спаривания дрожжей определяется двумя различными аллелями локусов MATa (MAT) и MATα. Предполагается, что *S. boulardii* является диплоидным и должен содержать как MATα, так и MAT– последовательности на хромосоме III в гетерозиготном локусе. При сравнении локуса *S. cerevisiae* с *S. boulardii*, были получены результаты с 99% идентичностью в хромосоме III. Пробиотические дрожжи *S. boulardii* являются гомоталлическим диплоидом, в котором оба локуса MAT присутствуют в геноме. Как известно, как гетероталлические, так и гомоталлические диплоидные штаммы образуют споры в условиях дефицита питательных веществ, но *S. boulardii* не образует спор даже после одной недели инкубации. Все белки *S. boulardii* были на 99% идентичны соответствующим белкам *S. cerevisiae*. Установлено, что *S. boulardii* выращивали на неферментируемом углеродном источнике (глицероле), чтобы определить, не влияет ли спорообразование *S. boulardii* на дыхательный путь [15, 58]. В современной микробиологии считается правильным написание названия дрожжей Буларди как варианта - *Saccharomyces cerevisiae var. boulardii* [49]. В то же время обозначение вида *S. boulardii*, часто с указанием коллекции иномера штамма (например, *S. boulardii* CNCM I-745) по-прежнему используется в научной литературе [30].

Клетки *S. boulardii* обычно имеют размеры 5-10 х 5-13 мкм, круглую или овальную форму, размножаются почкованием, хорошо окрашиваются анилиновыми красителями, грамположительные. Сахаромицеты Буларди растут на плотных и жидких мясопептонных средах при pH 5,4 - 5,5 и температуре 30°С, но могут размножаться при более высокой температуре (37°С), и в более широком диапазоне pH. *S. boulardii*, как и все представители рода *Saccharomyces*, на плотных средах формируют крупные гладкие выпуклые белого или кремового цвета колонии; на жидких средах дают легкое помутнение и осадок. Эти дрожжи ферментируют некоторые углеводы с образованием кислоты и газа через 24 - 72 ч инкубации при 30°С [41, 49].

Механизмы действия *S. boulardii*

Глубокое понимание механизмов действия пробиотиков важно для научного осознания их потенциальных преимуществ. К этим механизмам относят регуляцию кишечного микробного гомеостаза, препятствие способности патогенов образовывать колонии и инфицировать слизистую, модуляцию местного и системного иммунных ответов, стабилизацию барьерной функции желудка и кишечника, ингибирование прокарциногенных ферментов, стимуляцию активности ферментов, облегчающих всасывание и усвоение питательных веществ [36, 48].

Как и все дрожжи, *S. boulardii* имеют природную устойчивость к антибиотикам, сульфаниламидам и другим антибактериальным препаратам. Это свойство принципиально отличает сахаромицеты Буларди от пробиотиков на основе бифидобактерий и лактобацилл, и позволяет использовать его одновременно с курсом антибиотиков [22, 41].

S. boulardii обладают антимикробными свойствами, которые обеспечивают защиту микрофлоры кишечника от патогенных бактерий либо путем расщепления токсина, либо путем снижения уровня цАМФ. Было показано, что *S. boulardii* препятствует образованию биопленки патогенными штаммами из-за более крупных по сравнению с бактериями клеток. Кроме того, *S. boulardii* оказывают противомикробное действие, прилипая к мембране слизистой оболочки кишечника и устраняя патогены путем предотвращения их адгезии к кишечнику. В лиофилизированной форме *S.boulardii* устойчивы к действию желудочного сока и желчи и сохраняются живыми во всех отделах желудочно-кишечного тракта. После 3 дней приема в кишечном содержимом достигается стабильная концентрация данных дрожжей. В течение 1 недели после прекращения приема *S.boulardii* не определяются в кишечнике, т.е. они являются транзиторными микроорганизмами и полностью выводятся из организма. Дрожжи не проникают за пределы кишечной трубки в мезентериальные лимфатические узлы и другие органы и не вызывают гистологических изменений слизистой оболочки кишечника [41, 47].

Одним из наиболее значимых и специфичных механизмов действия является способность *S. boulardii* индуцировать и стимулировать продукцию кишечных полиаминов. Такие полиамины, как спермидин и спермин, усиливают экспрессию ферментов щеточной каймы (гидролаз, протеаз и транспортных молекул). Введение *S. boulardii* приводит к увеличению выработки регуляторных цитокинов, которые играют большую роль в реализации их защитных эффектов. По-видимому, это осуществляется путем взаимодействия с дендритными клетками, которые продуцируют регуляторные цитокины или стимулируют Т-клетки с подобными свойствами. *S. boulardii* усиливает сигнальные пути, связанные с противовоспалительными реакциями благодаря регуляции выработки интерлейкинов IL-10, IL-1β, IL-23A, фактора некроза опухоли (TNF) -α, IL-12β, интерферона-γ (INF-γ), IL-17A в колонизированной слизистой оболочке кишечника. Так же *S.boulardii* могут эффективно индуцировать иммунный ответ, увеличивая уровни IgA и IgG и модифицировать способность лимфоцитов прикрепляться к эндотелиальным клеткам, приводя к улучшению их миграции и адгезии [3, 8, 25, 34].

Антитоксическое действие *S.boulardii* обусловлено выработкой определенных белков. Белок массой 54 кДа является серинпротеазой и ингибирует энтеротоксическую и цитотоксическую активность *C.difficile* путем протеолиза токсина А и его рецепторов. Этот белок тормозит секрецию воды и электролитов, но не влияет на клеточные повреждения, вызванные *C.difficile.* Тем не менее кишечная проницаемость для маннитола в присутствии *S. boulardii* снижается на 93 %. Белок массой 120 кДа не обладает протеолитической активностью. Он специфически препятствует развитию гиперсекреции, вызванной токсинами *Vibrio cholera*, путем снижения концентрации циклического аденозинмонофосфата (цАМФ) в кишечных клетках. Метаболические изменения в слизистой оболочке кишечника, вызванные холерным токсином, уменьшаются в том случае, если *S. boulardii* принимаются до воздействия холерного токсина. Белок массой 120 кДа оказывает прямое воздействие на энтероциты и затрагивает пути сигнальной трансдукции, вовлеченные в регуляцию секреции. Кроме вышеперечисленных белков, *S. boulardii* синтезируют фосфатазу, которая дефосфорилирует эндотоксины, такие как липополисахарид *E.coli* 055B5, и инактивируют их цитотоксические эффекты [8].

Подавление микроорганизмов дрожжами объясняется также конкуренцией за питательные вещества, изменением pH среды, образованием высоких концентраций этанола, секрецией антибактериальных соединений и высвобождением антимикробных соединений, таких как киллер-токсины или «микоцины». Микоцины - внеклеточные белки или гликопротеины, которые нарушают функцию клеточной мембраны у восприимчивых дрожжей, которые несут рецепторы для соединения. Их активность направлена прежде всего на дрожжи, тесно связанные с производственным штаммом, который имеет защитный фактор. Первые микоцины были идентифицированы в соединении с *S. cerevisiae* в пивоваренной промышленности. Хорошо известными механизмами киллерного токсина являются нарушение деления клеток, путем блокирования синтеза ДНК, ингибирования синтеза компонента клеточной стенки β-1,3-глюкана и нарушением ионного обмена [22, 37].

Отличительным качеством *S. boulardii* от большинства других пробиотических микроорганизмов (в том числе от бифидо- и лактобактерий и энтерококков) является резистентность к кислой среде желудка. Эти дрожжи не разрушаются под воздействием желудочного сока и, вводимые орально, в целостном состоянии попадают в кишечник. *S. boulardii* стимулируют ферментативную функцию кишечника, повышая активность дисахаридаз

эпителия кишечника: лактазы, сахарозо-альфа-глюкозидазы и мальтазы. Известно, что приём данных дрожжей увеличивает активность лактазы на 77 %, сахаразы на 82 %, мальтазы – на 75 % [10].

В настоящее время пробиотики, пребиотики, синбиотики и диетические волокна считаются современными и перспективными терапевтическими средствами. Актуальной является разработка функциональных продуктов, дополненных биологически активными соединениями или нутрицевтиками. Дрожжи *S. boulardii* могут рассматриваться как источник образования биоактивных веществ, таких как аминомасляная гамма-кислота и В-витамины (тиамин, рибофлавин, биотин и пиридоксин). *S. boulardii* влияют на синтез изофлавонов и фенолов, что повышает антиоксидантные свойства продуктов. Так, в некоторых работах было обнаружено, что внеклеточные фракции *S. boulardii* могут содержать полифенольные метаболиты, в т.ч. ваниловую кислоту, коричную кислоту, фенилэтиловый спирт, витамин B_6 и др. [10, 36, 45].

В работе [12] сравнивали хлебопекарные штаммы *S. cerevisiae* и *S. boulardii* NCYC-3264 с точки зрения их реакции на различные стрессовые состояния, антиоксидантную активность и производство терапевтически важных вторичных метаболитов. Существенной разницы в закономерностях роста этих дрожжей не установлено, но *S. boulardii* обладали большей жизнеспособностью по сравнению с *S. cerevisiae*. Кроме того, *S.boulardii* увеличили антиоксидантный потенциал субстрата в 6-10 раз по сравнению с *S. cerevisiae*, продуцируя в 70 и 20 раз больше фенолов и флавоноидов во внеклеточной фракции [12]. Сахаромицеты Буларди катализируют распад фитатов, что приводит к значительному улучшению биодоступности минералов и витаминов в пищевых продуктах растительного происхождения [9, 13, 27, 51].

Биохимические свойства и механизмы действия *S. boulardii*, в обобщенном виде представленные на рис. 2 и 3, позволяют применять их в качестве пробиотиков в медицине и пищевой промышленности.



Рис. 2. Свойства дрожжей *S. boulardii* как пробиотиков

Применение *S. boulardii* в медицине

Многочисленные плацебо-контролируемые клинические исследования показали эффективность применения *S. boulardii* для лечения диареи различного генеза с преимущественно секреторным механизмом развития, в т.ч. инфекционной, антибиотик-ассоциированной диареи и диареи путешественников. В экспериментах in vitro и in vivo установлена способность *S. boulardii* подавлять развитие различных возбудителей кишечных инфекций, условно-патогенных бактерий, грибов и простейших, в т.ч. *Salmonella typhimurium, Yersinia enterocolitica, Escherichia coli, Clostridium difficile, Shigella dysenteriae, Entamoeba histolitica, Giardia lamblia, Candida albicans, C. krusei, C. pseudotropicalis, Klebsiella pneumoniae, Pseudomonas aeruginosa, Staphylococcus aureus* и др. [3, 4, 5, 7, 24, 31, 32, 40, 41, 46, 50, 59].



Рис. 3. Основные направления действия *S. boulardii* на организм человека

В плане систематизации накопленных знаний о применении *S. boulardii* в медицине особый интерес представляют данные мета-анализа результатов рандомизированных контролируемых клинических исследований, опубликованных в различных медицинских журналах разных стран. Так, в системном обзоре 2010 года были представлены доказательства эффективности и безопасности применения *S. boulardii* при различных заболеваниях у взрослых пациентов: в 27 из 31 рассмотренных исследований с общим числом пациентов 5029 пробиотики продемонстрировали безопасность и эффективность, статистически достоверно превышающую плацебо [40].

В работе 2014 года оценивалась эффективность *S. boulardii* при острой диарее у детей, причем мета-анализ показал, что эти дрожжи статистически достоверно сокращают длительность диареи, уменьшают частоту стула ко 2 и 3 дням заболевания, а также снижают риск сохранения диареи к 3 и 4 дням заболевания по сравнению с контрольной группой [17]. В 2015 году были обобщены данные исследований, показавших значительное улучшение первичной профилактики инфекций *Clostridium difficile*, которые представляют собой глобальную клиническую проблему и являются одной из основных причин внутрибольничных вспышек антибиотик-ассоциированной диареи [39]. В этом же году были опубликованы еще два обзора, подтвердивших эффективность применения *S. boulardii* в профилактике антибиотик-ассоциированной диареи у детей (снижение риска с 20,9% до 8,8%) и взрослых (с 17,4 до 8,2%) [56], а также для снижения риска побочных эффектов, связанных с терапией инфекции *Helicobacter pylori*, особенно диареи [55, 60].

В недавно опубликованных обзорах показано, что *S. boulardii* могут быть использованы для снижения заболеваемости диареей путешественников [38], а также в терапии стафилококковых интоксикациий, кандидозов, ротавирусной инфекции, метаболического синдрома и др. заболеваний, связанных с нарушением проницаемости кишечного эпителия [57].

Применение *S. boulardii* в пищевой промышленности

В настоящее время дрожжи *S. boulardii* имеют международный статус QPS (квалифицированная презумпция безопасности) и рекомендованы к намеренному добавлению к пище или корму в качестве биологического агента-пробиотика [52]. Микроорганизмы, предназначенные для таких целей, должны соответствовать определенным технологическим требованиям. Известно, что сахаромицеты окисляют и ферментируют простые сахара в CO_2, H_2O и этанол. Однако они также способны превращать пептиды, аминокислоты и сахара в ароматические соединения, такие как высшие спирты, органические кислоты, альдегиды, кетоны, сложные эфиры, терпены и серные лактоны. Это следует учитывать, так как пробиотики не должны оказывать отрицательного воздействия на срок годности продукта и его вкусовые свойства [2].

Молочные продукты традиционно считаются лучшими носителями пробиотиков. Дрожжи реже используются в качестве стартерных культур по сравнению с молочнокислыми бактериями. Однако, различные виды *Saccharomyces*, такие как *S. burnetii, S. kluveri, S. byanus, S. rosinii, S. cerevisiae и S. boulardii*, были выделены из молочных продуктов, включая молоко, йогурт, сливки, дахи, сыр и кефир. Сахаромицеты рассматриваются как вторичная микрофлора молочных продуктов, так как они не способны сбраживать лактозу. Эти дрожжи могут развиваться только после того, как заквасочная микрофлора гидролизовала лактозу до глюкозы и галактозы, а затем ферментировала моносахара с образованием молочной кислоты, или когда пища намеренно обогащена сахарами [14].

Так как пробиотические дрожжи и бактерии имеют разные механизмы действия, можно ожидать синергетический эффект и более высокую жизнеспособность при смешивании обоих типов пробиотиков. Дрожжи могут положительно взаимодействовать с пробиотическими бактериями, повышая их выживаемость и стимулируя их рост. Это положительное взаимодействие между дрожжами и бактериями может быть связано с синтезом питательных веществ, таких как пептиды, аминокислоты и витамины. Хорошо известно, что клеточная стенка дрожжей в основном состоит из глюканов, маннанов и хитина, все эти вещества могут иметь огромное значение в явлениях совместной агрегации и когезии, которые играют важную роль в выживании пробиотических бактерий. Агрегация может включать дрожжевые маннаны в форме капсулоподобной структуры, которые могут ассоциироваться бактериями с сахарами посредством лектиноподобия. На поверхности *Lactococcus lactis* IL1403 были идентифицированы белки, которые распознают дрожжевой маннан и вовлечены в адгезию молочнокислых бактерий к дрожжам. Кроме того, при изучении взаимодействия между микроорганизмами, присутствующими в кефирных грибках, установлено, что термолабильные нековалентно-лектиноподобные поверхностные белки нескольких штаммов *Lactobacillus kefir* могут быть связующим звеном в агрегации с помощью дрожжевых клеток *S. lipolytica* CIDCA 812. Была выдвинута гипотеза о том, что комплексообразование молочнокислых микроорганизмов и дрожжей в желудке и кишечнике может оказать положительное влияние на повышение их резистентности. Так же сделано заключение о том, что белки клеточной поверхности *Lactobacillus paracasei* H9 и полисахариды в клеточных стенках *S. cerevisiae* играют важную роль в коагрегации двух штаммов и специфичности микробной адгезии к клеткам Caco-2, что способствует повышению пробиотического потенциала лактобацилл [29].

S. boulardii более устойчивы к низкому pH, чем другие сахаромицеты, что позволяет использовать их в производстве кисломолочных продуктов. Процессы ферментации обычно связаны с активностью нескольких ферментов, продуцируемых различными культурами, которые работают совместно или последовательно. Исследования продемонстрировали, что совместное брожение заквасочной микрофлоры и *S. boulardii* в сыром, пастеризованном или UHT молоке благоприятно для дрожжей, повышает антиоксидантную активность продуктов, а также улучшает выживаемость пробиотических лактобацилл, по-видимому, путем стабилизации pH [45].

Такой же эффект наблюдался, когда смесь закваски и *S. boulardii* использовалась для выработки йогурта из козьего молока. Было отмечено улучшение процесса ферментации и хранения, причем конечный продукт был более стабильным, чем йогурт без дрожжей. Рекомендовано добавление *S boulardii* после заквасочной микрофлоры, это позволило *S. boulardii* оставаться более жизнеспособными. Напротив, когда закваска и дрожжи добавлялись в козье молоко одновременно, рост дрожжей замедлялся [28].

В работе [35] показано, что при инокуляции 10^7-10^8 КОЕ/г *S. boulardii* в йогурты из UHT-молока количество клеток заквасочной микрофлоры не уменьшалось после хранения при 5 °C в течение 28 дней. Отмечено, что количество *S. boulardii* резко увеличилось во фруктовых йогуртах, так как они содержали более высокие количества ферментируемых сахаров, при этом бурное образование газа и этанола привели к порче продукта.

Для разработки технологии функционального лиофилизированного йогурта с пробиотиками *S. boulardii* была использована их инкапсуляция смесью альгината, инулина и слизи, экстрагированной из кактуса *Opuntia ficus-indica*. Показано, что процесс сублимационной сушки не повлиял на выживаемость *S. boulardii*, а микрокапсулирование увеличивало выживаемость *S. boulardii* в кишечнике крыс на 1,77 log КОЕ / г [53].

Добавление сахаромицет Буларди в закваску для кефира позволило несколько улучшить вкус продукта [26], однако вызывает сомнение необходимость обогащения именно этого кисломолочного напитка, так как он уже содержит несколько видов дрожжей и обладает пробиотическими свойствами [16].

Возможность применения дрожжей в сыре обусловлена их способностью использовать липиды и белки и образовывать метаболиты, отличные от тех, которые обычно производятся молочнокислой заквасочной микрофлорой. Присутствие дрожжей может увеличить срок хранения и улучшить питательную ценность сыра. Исследование жизнеспособности *S. boulardii*, добавленных к свежему сыру в свободной и инкапсулированной форме, показало, что инкапсуляция способствует повышенной выживаемость дрожжей в кислой среде, имитирующей условия желудка [61, 62].

Для приготовления мороженого в работе [44] в качестве пробиотиков использовали *L. acidophilus NCDC 14* и/или *Saccharomyces boulardii*, в качестве пребиотиков – фруктоолигосахариды (ФОС, 3%) и концентрат сывороточных белков (КСБ, 4,6%). Ферментация смесей, содержащих 10% жира и 36% сухих веществ, проводилась после внесения заквасок в количестве 4% для каждой культуры при 37°C до разного уровня pH (4,5; 5,0; 5,5). Показано, что раздельное и совместное внесение *L. acidophilus* и *S. boulardii* не оказывает существенного влияния на

вкус мороженого из-за его высокой буферности. Добавление КСБ улучшило общую сенсорную оценку пробиотического мороженого. Более высокая скорость плавления отмечена в образцах пробиотического и синбиотического мороженого, что может объясняться различиями в точке замерзания и вязкости смесей [60]. Пробиотические культуры лучше развивались в смеси и выживали в мороженом при совместном использовании, однако в этом случае нужно учитывать наличие в этих образцах ФОС, которые также способствовали росту и сохранению жизнеспособности культур при их отдельном использовании. После хранения мороженого при температуре от -18°C до -23°C в течение 15 дней количество клеток *L. acidophilus* N уменьшилось на Δ lg N=1,38, в присутствии КСБ – на Δ lg N=1,02, в присутствии КСБ и ФОС – на Δ lg N=1,13, в присутствии ФОС и *S. boulardii* – на Δ lg N=1,12. Во всех образцах мороженого количество *L. acidophilus* оставалось выше рекомендуемого терапевтического минимального предела (10^6 КОЕ/г). При исследовании фекалий добровольцев, употреблявших различные образцы мороженого, уже через неделю было обнаружено значимое снижение уровня pH и увеличение клеток *L. acidophilus*, особенно при использовании образцов, содержащих обе пробиотические культуры и ФОС [44].

Кроме молочной отрасли, *S. boulardii* целесообразно использовать для переработки растительного сырья. С древних времен известно, что ферментация является эффективным, легким и выгодным способом улучшить усвояемость, сохранить и продлить срок хранения пищевых продуктов.

Проведено исследование ферментации *S. boulardii* рисовых отрубей, которые дрожжи использовали в качестве первичного источника углерода, при этом синтезировали в субстрате разнообразные функциональные метаболиты и улучшали биодоступность ключевых фитореагентов, связанных эфирными связями с волокнистыми стенками клеток. Ферментированные экстракты рисовых отрубей снижали рост человеческих В-лимфом по сравнению с контролем. Результаты ферментации различались для разных сортов риса. В частности, при использовании сорта Neptun были получены повышенные концентрации феруловой кислоты [54].

Анализ углеводного состава ячменного солодового сусла, ферментированного *S. boulardii*, показал, что эти дрожжи способны синтезировать олигосахариды с пребиотическими свойствами [21].

При внесении сахаромицет буларди в соевое молоко совместно с различными молочнокислыми пробиотиками (*Lactobacillus acidophilus* B4496, *Lactobacillus bulgaricus* CFR2028, *Lactobacillus casei* B1922, *Lactobacillus plantarum* B4495 и *Lactobacillus fermentum* B4655) отмечено быстрое повышение кислотности в течении первых 24 часов ферментации. В сброженном соевом молоке наблюдалось увеличение содержания биоактивных изофлавонов, биодоступности минералов и комплекса витаминов группы В [51].

При ферментации сладкого картофеля (батата) с использованием S. boulardii их количество к концу процесса достигало $8{,}0 \times 10^{10}$ КОЕ / г, причем ферментированный продукт отличался повышенной пищевой ценностью, особенно по содержанию белка. После сублимации продукта дрожжи сохраняли жизнеспособность длительное время (при 4 ° С в течение 12 месяцев) [6].

Так, овощные соки из редьки, моркови и свеклы, ферментированные *S. cereviseae* и *S. boulardii,* богаты фенолами и обладают высокой антиоксидантной способностью, в частности, свекольный сок обладал наибольшей биологической доступностью питательных веществ и антиоксидантной активностью [13].

S. boulardii сохраняли свою жизнеспособность в течение 56 дней при 4 °C (ожидаемый срок годности) в томатном соке [19]. Позже та же исследовательская группа исследовала ягодный сок, обогащенный *S. boulardii,* инкапсулированными в смеси альгинат-инулин-ксантановая камедь. Исследователи пришли к выводу, что инкапсуляция значительно повышала жизнеспособность клеток после ферментации и хранения по сравнению со свободными дрожжами (7,59 log10 КОЕ / мл по сравнению с 6,98 log10 КОЕ / мл соответственно) и защищала их от воздействия условий желудочно-кишечного транзита в течение 4 недели хранения. Микрокапсулы способны поглощать из ягодного сока определенное количество антоцианов, которые, сохраняя свою естественную форму после желудочно-кишечного транзита in vitro, могли бы in vivo трансформироваться в них в другие, более простые молекулы, что благотворно влияет на микрофлору и здоровье человека [20].

Различные способы включения *Saccharomyces boulardii* и *Lactobacillus acidophilus* в зерновые батончики не влияли на их структурное и сенсорное качество, некоторые рецептуры показали хорошую приемлемость с точки зрения их внешнего вида, текстуры, вкуса и общего восприятия потребителями. В то же время отмечено, что микроорганизмы были жизнеспособными в зерновых батончиках в течение короткого периода времени, что делает необходимым проведение дальнейших исследований, направленных на повышение стабильности этих микроорганизмов в течение срока годности продукта [2]. В этом плане представляют интерес результаты исследования выживаемости *S. boulardii*, микрокапсулированых различными материалами (желатином, концентратом

сывороточного белка, модифицированным крахмалом, мальтодекстрином, изолятом горохового белка и гуммиарабиком) и высушены распылением с использованием двух разных температур на входе (80 °C и 125 °C) [1]. Наибольший выход продукта был получен с концентратом сывороточного белка и гуммиарабиком. Выживаемость *S. boulardii* не изменялась в зависимости от материала капсул, но увеличивалась при низкой температуре сушки. Выживаемость дрожжей в тесте с имитацией желудочного сока при различных уровнях pH была более высокой в опытах с гуммиарабиком, желатином и гороховым белком, а также в опытах с микрокапсулами, полученными при более высокой температуре сушки.

К принципиально новым направлениям можно отнести использование *S. boulardii* в биологическом контроле порчи пищевых продуктов. Продемонстрирована эффективность применения *S.boulardii* (CNCM-17) для уменьшения продуцирования спор *Aspergillus parasiticus*, вызывающих порчу арахиса. Значительное снижение выделения афлатоксина было получено при совместном действии *S. boulardii* и *L. delbrueckii*, причем пробиотики оставались жизнеспособными в арахисовом зерне даже после 300 дней хранения [11]. Так же показано, что применение *S. boulardii* позволило уменьшить частоту антракнозной порчи бананов, вызываемой Colletotrichum musae, на 35% [23].

Основные направления применения *S boulardii* в производстве пищевых продуктов обобщены на рис. 4.



Рис. 4. Области применения S. boulardii в пищевой промышленности

Заключение. В соответствии с современными представлениями о систематике микроорганизмов *Saccharomyces boulardii* является биовариантом *S. cerevisiae* – наиболее изученного, давно и широко применяемого вида хлебопекарных дрожжей. Сочетание общих свойств сахаромицет (устойчивости к антибиотикам, способности вызывать спиртовое брожение и синтезировать витамины группы В) и особенностей биохимии клеток *S. boulardii* (рост при 37°C, устойчивость к кислой среде и желчи, синтез антиоксидантов и других функциональных ингредиентов) обусловливает возможность их использования в качестве пробиотиков в медицине и пищевой промышленности.

Результаты многолетнего клинического применения сахаромицет Буларди свидетельствуют о безопасности этих дрожжей и эффективности их использования для предупреждения и лечения некоторых заболеваний желудочно-кишечного тракта. Благодаря комплексному антимикробному и антитоксическому действию препараты, содержащие *S. boulardii*, рекомендованы для терапии диарей различного генеза у взрослых и детей. Трофическое, иммуномодулирующее и стимулирующее пищеварение действие таких препаратов помогает преодолеть последствия антибиотикотерапии, бактериальных, протозойных, грибковых и вирусных инфекций.

Применение сахаромицет Буларди для переработки растительного сырья позволяет обогатить продукты питания важными микронутриентами, включая флавоны, фенолы, витамины группы В, повысить биодоступ-

ность антоцианы и микроэлементов. Особый интерес представляет использование сахаромицет Буларди в производстве ферментированных молочных продуктов. Это связано со способностью *S. boulardii* стабилизировать pH и кислотность молочного сырья в течение длительных периодов времени, обеспечивая тем самым идеальную среду для роста и сохранения жизнеспособности бактерий стартерных культур. Кроме того, *S. boulardii* продуцируют целый ряд вторичных метаболитов-нутрицевтиков, в т.ч. антиоксидантов, которые оказывают положительное влияние на здоровье.

К перспективным направлениям исследований можно отнести микрокапсулирование пробиотических дрожжей и применение S. boulardii для биоконтроля порчи пищевых продуктов. В то же время ученые подчеркивают необходимость проведения дополнительных научных исследований для понимания механизмов полезного действия пробиотических дрожжей, а также их возможного негативного влияния на органолептические показатели традиционных продуктов питания. Возможности синтетической биологии и компьютерного моделирования, интеграции экспериментальных данных о транскриптоме, протеоме и метаболоме *S. boulardii* могут стать важными инструментами для прогнозирования оптимальных инженерных стратегий для создания научно обоснованных инновационных технологий пищевых продуктов и добавок с функциональными свойствами.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Arslan S., Erbas M., Tontul I., Topuz A. Microencapsulation of probiotic Saccharomyces cerevisiae var. boulardii with different wall materials by spray drying / S.Arslan, M.Erbas, I.Tontul, A.Topuz// LWT - Food Sci and Technol. 2015. №63. P. 685-690.

2. Bastos G. A., Paulo E. M., Chiaradia A. C. N. Acceptability of potentially probiotic cereal bars // Braz J Food Technol. 2014. №17. P. 113–120.

3. Berni, Canani. R., Cucchiara S., Cuomo R., Pace F., Papale F. Saccharomyces boulardii: A summary of the evidence for gastroenterology clinical practice in adults and children / Berni, R.Canani., S.Cucchiara, R.Cuomo, F.Pace, F.Papale // Eur Rev Med Pharmacol Sci. 2011. №15. P. 809–822.

4. Billoo A. G., Memon M. A., Khaskheli S. A., Murtaza G., Iqbal K., Shekhani M., et al. Role of a probiotic (Saccharomyces boulardii) in management and prevention of diarrhoea // World J. Gastroenterol. 2006. №12. P. 4557–4560.

5. Bravo M. V., Bunout D., Leiva L., De La Maza M. P., Barrera G., De La Maza J., et al. Effect of probiotic Saccharomyces boulardii on prevention of antibiotic-associated diarrhea in adult outpatients with amoxicillin treatment / M. V.Bravo, D.Bunout, L.Leiva, M. P.De La Maza, G.Barrera, J.De La Maza, et al. // Med. Chil. 2008. №136. P. 981–988.

6. Campbell C., et al. Value-added probiotic development by high-solid fermentation of sweet potato with Saccharomyces boulardii // Food Sci Nutr. 2017 №.5(3). P.633–638.

7. Can M., Besirbellioglu B.A., Avci I. Y., Beker C. M., Pahsa A. Prophylactic Saccharomyces boulardii in the prevention of antibiotic-associated diarrhea: a prospective study // Med. Sci. Monit. 2006. №12. P. 19–22.

8. Castagliuolo I., Riegler M. F., Valenick L., LaMont J. T., Pothoulakis C. Saccharomyces boulardii Protease Inhibits the Effects of Clostridium difficile Toxins A and B in Human Colonic Mucosa // Infect Immun. 1999. №67. P. 302–307.

9. Chandrasekar-Rajendran S. C., Chamlagain B., Kariluoto S., Piironen V., Saris P. E. Biofortification of riboflavin and folate in idli batter, based on fermented, cereal and pulse, by Lactococcus lactis N8 and Saccharomyces boulardii SAA655 // J Appl Microbiol. 2017. №122. P.1663–1671.

10. Czerucka D., Piche T., Rampal P. Yeast as probiotics – Saccharomyces boulardii // Review article. Aliment Pharmacol Ther.2007. №26. P.767–778.

11. Da Silva J.F.M., Peluzio J.M., Prado G., Madeira J.E.G.C., Silva M.O., De Morais P.B., Rosa C.A., Pimenta R.S., Nicoli J.R. Use of probiotics to control aflatoxin production in peanut grains // The Scientific World Journal. 2015. №1-8.

12. Datta S., Timson D. J., Annapure U.S. Antioxidant properties and global metabolite screening of the probiotic yeast Saccharomyces cerevisiae var. boulardii // J Sci Food Agric. 2017. № 97 (9). P. 3039-3049.

13. Değirmencioğlu N., Gurbuz O., Şahan Y. The monitoring, via an In vitro digestion system, of the bioactive content of vegetable juice fermented with Saccharomyces cerevisiae and Saccharomyces boulardii // J Food Process Preserv. 2016 №40. P.798–811.

14. Diosma G., Romain D.E., Rey-Borusco M.F., Londero A., Garrote G.L. Yeasts from kefir grains: isolation, identification, and probiotic characterization // World J Microbiol Biotechnol. 2014. №30. P.43 – 53.

15. Edwards–Ingram L. et al. Genotypic and physiological characteristic of Saccharomyces boulardii, a probiotic strain Saccharomyces cerevisiae // Applied and environmental Microbiology. 2007. №73. P. 2458– 2467.

16. Farnworth E. R. Kefir - a complex probiotic // Food science and technology bulletin: functional food. 2006. №2. P. 1-18.

17. Feizizadeh S., Salehi-Abargouei A., Akbari V. Efficacy and Safety of Saccharomyces boulardii for Acute Diarrhea // Pediatrics. 2014. №134. P. 176-91.

18. Fleet G.H. Yeasts in foods and beverages: impact on product quality and safety // Curr Opin Biotechnol. 2007. №18. P.170–175.

19. Fratianni F., Cardinale F., Russo I., LLuliano C., Cucciniello A.C., Maione M., d'Acierno A., Nazzaro F. Fermentation of tomato juice with the probiotic yeast Saccharomyces Cerevisiae Boulardii // Nova Science Publishers. 2013. P.143–151.

20. Fratianni F., Cardinale F., Russo I., Luliano C., Tremonte P., Coppola R., Nazzaro F. Ability of symbiotic encapsulated Saccharomyces cerevisiae boulardii to grow in berry juice and to survive under simulated gastrointestinal conditions // J Microencapsul. 2014. №31. P.299–305.

21. Gutierrez-Osnaya L., Román-Gutiérrez A., Gutierrez-Nava M. Evaluación del mosto de cebada para la obtención de oligosacáridos funcionales // PÄDI Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías. The use of probiotics in aquaculture. J Appl Microbiol. 2017. №119. P.917–935.

22. Hatoum R., Labrie S., Fliss I. Antimicrobial and probiotic properties of yeasts: From fundamental to novel applications // Front Microbiol. 2012. №3. P.1–12.

23. Heling A.L., Kuhn O.J. Stangarlin J.R., Henkemeier N.P., Coltro-Roncato S., Gonçalves E.D. Controle biológico de antracnose em pós-colheita de banana "Maçã" com Saccharomyces spp. // Summa Phytopathol. 2017. №43. P.49–51.

24. Htwe K., Yee K. S., Tin M., Vandenplas,Y. Effect of Saccharomyces boulardii in the treatment of acute watery diarrhea in myanmar children: a randomized controlled study // Am. J. Trop. Med. Hyg. 2008. №78. P. 214–216.

25. Hudson L.E., et al. Characterization of the probiotic yeast Saccharomyces boulardii in the healthy mucosal immune system // PLoS One. 2016. № 11 (4). doi: 10.1371/journal.pone.0153351.

26. Ivanova G., Momchilova M., Rumyan N., Atanasova A., Georgieva N. Effect of Saccharomyces boulardii yeasts addition on the taste and aromatic properties of kefir // Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy. 2012. №47. P.59–62.

27. Kamla-Edin et al. The role of fermentation in providing biologically active compounds for the human organism. In: Fermentation: Effects on Food Properties // CRC Press. 2012. P. 41-49.

28. Karaolis C., Botsaris G., Pantelides I., Tsaltas D. Potential application of Saccharomyces boulardii as a probiotic in goat's yogurt: survival and organoleptic effects // Int J Food Sci Technol. 2013. №48. P.1445–1452.

29. Katakura Y., Sano R., Hashimoto T., Ninomiya K., Shioy S. Lactic acid bacteria display on the cell surface cytosolic proteins that recognize yeast mannan // Appl. Microbiol. Biotechnol. 2010. №86. P. 319–326.

30. Khatri I., Tomar R., Ganesan K., Prasad G. S., Subramanian S. Complete genome sequence and comparative genomics of the probiotic yeast Saccharomyces boulardii // Sci Rep. 2017. № 7 (1). P. 371-385.

31. Kotowska M., Albrecht P., Szajewska H. Saccharomyces boulardii in the prevention of antibiotic-associated diarrhoea in children: a randomized double-blind placebo-controlled trial // Aliment. Pharmacol. Ther. 2005. №21. P. 583–590.

32. Kurugöl Z., Koturoglu G. Effects of Saccharomyces boulardii in children with acute diarrhoea // Acta Paediatr. 2005. №94. P. 44–47.

33. Lazo-Vélez M.A.,Serna-Saldívar S.O., Rosales-Medina M.F., Tinoco-Alvear M., Briones-García M. Application of Saccharomyces cerevisiae var. boulardii in food processing // A review. J Appl Microbiol. 2018, № 125, P.943-951.

34. Lobato M., et al. Randomized clinical trial: Impact of oral administration of saccharomyces boulardii on gene expression of intestinal cytokines in patients undergoing colon // JPEN J Parenter Enteral Nutr. 2015. №40. P.1114–1121.

35. Lourens-Hattingh A., Viljoen B.C. Growth and survival of a probiotic yeast in dairy products // Food Res Int. 2001. №34. P.791–796.

36. Lukaszewicz M. Saccharomyces cerevisiae var. boulardii – Probiotic Yeast, Probiotics // Probiotics. 2012. №17. P. 385–398.

37. Magliani W., Conti S., Travassos L. R., Polonelli L. From yeast killer toxins to antibiobodies and beyond // FEMS Microbiol. Lett. 2008. № 288. P. 1–8.

38. McFarland L.V., Goh S. Are probiotics and prebiotics effective in the prevention of travellers' diarrhea: A systematic review and meta-analysis // Travel Med Infect Dis. 2019. №.27. P.11–19.

39. McFarland L.V. Probiotics for the Primary and Secondary Prevention of C. difficile Infections // A Meta-analysis and Systematic Review. Antibiotics (Basel). 2015. №13. P. 160–78.

40. McFarland L. V. Systematic review and meta-analysis of Saccharomyces boulardii in adult patients // World J. Gastroenterol. 2010. №16. P. 2202–2222.

41. McFarland L., Bernasconi P. Saccharomyces boulardii: a review of an innovaive biotherapeutic agent // Microbial Ecology in Health and Disease. 1993. №6. P. 157– 171.

42. Mehta B.M., Kamal-Eldin A. Beneficial effects of probiotic and food borne yeasts on human health // CRC Press. 2012. №2. P. 449–473.

43. Nielsen J. Yeast Systems Biology: Model organism and Cell Factory // Biotechnol J. 2019. №. 29. doi: 10.1002/biot.201800421.

44. Pandiyan C., Annal V.R., Kumaresan G., Murugan B., Gopalakrishnamurthy T.R. Development of synbiotic ice cream incorporating Lactobacillus acidophilus and Saccharomyces boulardii // International Food Research Journal. 2012. №.19. P.1233–1239.

45. Parrella A. et al. Antioxidant properties of different milk fermented with lactic acid bacteria and yeast // Int J Food Sci Technol. 2012. №47. P.2493–2502.

46. Pontier Bres R. et al. Modification of the motility of Salmonella Typhimurium by probiotic yeast Saccharomyces boulardii // Journal PloS One. 2012. №7 (3). DOI: 10.1371/journal.pone.0033796

47. Profir A., Buruiana C, Vizireanu C. Effects of s Cerevisiae var. boulardii in gastrointestinal disorders // Agroaliment Proc Technol. 2015. №21. P.148–155.

48. Puebla-Barragan S.,Reid G.Forty-five-year evolution of probiotic therapy // Microb Cell. 2019. №1(4). P.184–196.

49. Rajkowska K. & Kunicka-Styczyńska A. Phenotypic and Genotypic Characterization of Probiotic Yeasts // Biotechnology & Biotechnological Equipment. № 23. P.662–665.

50. Rajkowska K., Kunicka-styczyñska A., Rygala A. Probiotic activity of Saccharomyces Cerevisiae var. boulardii against human pathogens // Food Technol Biotechnol. 2012. №50. P.230– 236.

51. Rekha C.R., Vijayalakshmi G. Bioconversion of isoflavone glycosides to aglycones, mineral bioavailability and vitamin B complex in fermented soymilk by probiotic bacteria and yeast // J Appl Microbiol. 2010. №109. P.1198–1208.

52. Ricci A., at al. Update of the list of QPS-recommended biological agents intentionally added to food or feed as notified to EFSA 5: suitability of taxonomic units notified to EFSA until September 2016 // EFSA Journal. 2017. №15. P.4366.

53. Rodriguez E.Tet al. Survival rate of Saccharomyces boulardii adapted to a functional freeze-dried yogurt: experimental study related to processing, storage and digestion by Wistar rats // Functional Foods Health and Disease. 2017. №7. P.98–114.

54. Ryan E.Pet al. Rice bran fermented with Saccharomyces boulardii generates novel metabolite profiles with bioactivity // J Agric Food Chem. 2011. №59. P.1862–1870.

55. Szajewska H, Horvath A, Kołodziej M. Systematic review with meta-analysis: Saccharomyces boulardiis upplementation and eradication of Helicobacter pylori infection // Aliment Pharmacol Ther. 2015. №41(12). P.1237–45.

56. Szajewska H, Kołodziej M.Systematic review with meta-analysis: Saccharomyces boulardii in the prevention of antibiotic-associated diarrhoea // Aliment Pharmacol Ther. 2015. №42(7). P. 793–801.

57. Terciolo C., Dapoigny M., Andre F. Beneficial effects of Saccharomyces boulardii CNCM I-745 on clinical disorders associated with intestinal barrier disruption // Clin Exp Gastroenterol. 2019. №11. P.67–82.

58. Van T. et al. The creation of a system for surface display Saccharomyces boulardii using a single expression vector // Fungal genetic and biology: FG & B. 2014. №64. P. 1–10.

59. Villarruel G., et al. Saccharomyces boulardii in acute childhood diarrhoea: a randomized, placebo-controlled study // Acta Paediatr. 2007. №96. P. 538–541.

60. Yang l., et al. Probiotics in food. Health and nutritional properties and guidelines for evaluation. Saccharomyces boulardii administration can inhibit the formation of gastric lymphoid follicles induced by Helicobacter suis infection // World Health Organization, Food and Agriculture Organization of the United Nations (WHO/FAO). FAO Food Nutr Pap, Rome. 2017. №1. P.85.

61. Zamora-Vega, R., Martínez-Flores E., Montañez-Soto J.L., Rodiles-López J.O. Viabilidad de Saccharomyces boullardii en queso fresco bajo condiciones de acidez // Revista Electrónica Nova Scientia. 2012. №15. P.68–80.

62. Zamora-Vega R. et al. Effect of incorporating prebiotics in coating materials for the microencapsulation of Saccharomyces boulardii // Int J Food Sci Nutr. 2012. №63. P.930–935.

ОБ АВТОРАХ

Рябцева Светлана Андреевна, профессор, доктор технических наук, профессор кафедры прикладной биотехнологии, Институт живых систем, Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, ул. Пушкина 1, ryabtseva07@mail.ru, +79280084685.

Ryabtseva Svetlana Andreevna, Professor, Doctor of Technical Sciences, Professor of Applied Biotechnology Department, Life Sciences Institute, North - Caucasus Federal University, Pushkin street, 1, Stavropol, Russia, ryabtseva07@mail.ru, +79280084685.

Сазанова Серафима Николаевна, студентка магистратуры кафедры прикладной биотехнологии, Институт живых систем, Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, ул. Пушкина 1, serafima.sazanova@mail.ru, +79620243715.

Sazanova Serafima Nikolaevna, Master Course Student of Applied Biotechnology Department, Life Sciences Institute, North - Caucasus Federal University, Pushkin street, 1, Stavropol, Russia, serafima.sazanova@mail.ru, +79620243715.

Дубинина Ангелина Александровна, студент бакалавриата кафедры прикладной биотехнологии, Институт живых систем, Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, ул. Пушкина 1, angelinadub@mail.ru, +79624119890.
Dubinina Angelina Aleksandrovna, Student of the Bachelor's of Applied Biotechnology Department, Life Sciences Institute, North - Caucasus Federal University, Pushkin street, 1, Stavropol, Russia, angelinadub@mail.ru,+79624119890.

Дата поступления в редакцию: 03.03.2019 г.
После рецензирования: 20.04.2019 г.
Дата принятия к публикации: 22.05.2019 г.

В. Н. Василенко [V. N. Vasilenko][1]
Л. Н. Фролова [L. N. Frolova][1]
И. В. Драган [I. V. Dragan][1]
Н. А. Михайлова [N. A. Mikhailova][1]
С. Алтайулы [S. Altayuly][2]
Т. С. Алтаев [T. S. Altayev][3]

УДК665.372
DOI 10.33236/2307-910X-2019-2-26-151-159

ПРОИЗВОДСТВА ФОСФОЛИПИДНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ ИЗ САФЛОРОВЫХ МАСЕЛ

THE PRODUCTION OF PHOSPHOLIPID CONCENTRATES FROM SAFFLOWER OIL

[1] ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», г. Воронеж, Россия
[2] Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, Республика Казахстан
[3] Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Республика Казахстан

Аннотация. *Актуальность развития производства отечественных фосфолипидных добавок определяется высокой востребованностью фосфолипидов в производстве многих пищевых продуктов питания, комплексных БАД и фармпрепаратов; дискредитацией ряда импортных фосфолипидных продуктов, полученных из генномодифицированных семян сои; практическим отсутствием отечественных технологий получения фосфолипидных добавок, ориентированных на промышленное применение и использование отечественного безопасного сырья. В связи с этим была поставлена цель - разработка импортозамещающей технологии производства лецитина из фосфолипидных концентратов сафлоровых масел.*

Материалы и методы исследований. *Объектами исследований являлись семена сафлора сорта: Акмай, Акгуль, Центр 70, «Красильный». Были использованы нормативно-методические документы для оценки органолептических и физико-химических показателей сафлоровых фосфатидов.*

Результаты. *Представлены экспериментальные данные органолептических и физико-химических показателей сафлоровых фосфатидов, определен растворитель для экстрагирования масла и исследован процесс ферментной гидратации сафлорового масла с использованием ферментных препаратов фосфолипаз А1 (Lecitaza Ultra), фосфолипаз В (G- ZYME ® G 999) и комплекса фосфолипаз (А1+В) для повышения выхода фосфатидов.*

Предложены технологические режимы, при которых происходит наиболее полное извлечение спирторастворимой фракции фосфатидов при максимальном переходе в нее ФХ, а также обеспечивается максимальное сохранение исходных показателей качества, следующие: температура- 45°С и время фракционирования - 7 минут.

Полученные данные показали, что для эффективного проведения фракционирования необходимо использовать этиловый спирт, в котором объемная доля этилового спирта составляет не менее 95,5 %. Осуществление фракционирования с использованием в качестве экстрагента на 1 ступени фракционирования раствора лимонной кислоты в этиловом спирте концентрацией 0,075 % способствует увеличению содержания в спирторастворимой фракции фосфатидилхолинов до 75,4 %, (что составляет 80 % от исходного содержания фосфатидилхолинов в обезжиренных фосфатидах).

Заключение. *На основании проведенных исследований разработана технология получения пищевых фосфолипидных концентратов сафлоровых масел для производства продуктов функционального и специализированного назначения.*

Ключевые слова: сафлоровое масло, фосфолипиды, лецитины, гидратация.

Abstract. *The relevance of the development of the production of domestic phospholipid additives is determined by the high demand for phospholipids in the production of many food products, complex dietary supplements and pharmaceuticals; discrediting a number of imported phospholipid products obtained from genetically modified soybean seeds; the practical lack of domestic technologies for the production of phospholipid additives focused on the industrial use and use of domestic safe raw materials. In this regard, the goal was set - the development of import-substituting technology for the production of lecithin from phospholipid concentrates of safflower oils.*

Materials and research methods. *The objects of research were the seeds of safflower varieties: Akmay, Akgul, Center 70, "Krasilny". Normative and methodological documents were used to assess the organoleptic and physico-chemical parameters of safflower phosphatides.*

Results. *Experimental data of organoleptic and physicochemical parameters of safflower phosphatides are presented, the solvent for oil extraction is determined, and the process of enzymatic hydration of safflower oil is studied using enzyme preparations phospholipase A1 (Lecitaza Ultra), phospholipase B (G-ZYME ® G 999) and phospholipase A complex (A1 + B) to increase the yield of phosphatides.*

Technological regimes are proposed under which the most complete extraction of the alcohol-soluble fraction of phosphatides takes place at the maximum transfer of PF into it, as well as the maximum preservation of the initial quality indicators is provided: the temperature is 45 ° C and the fractionation time is 7 minutes.

The obtained data showed that for effective fractionation it is necessary to use ethyl alcohol, in which the volume fraction of ethyl alcohol is not less than 95.5%. The implementation of fractionation using as a extractant at 1 stage of fractionation of a solution of citric acid in ethyl alcohol with a concentration of 0.075% contributes to an increase in the alcohol-soluble fraction of phosphatidylcholine to 75.4%, (which is 80% of the initial content of phosphatidylcholine in defatted phosphatides).

***Conclusion.** Based on the studies, a technology has been developed for the production of food phospholipid concentrates of safflower oils for the production of functional and specialized products.*

Key words: safflower oil, phosphatides, letsetins, hydration.

Введение. На сегодняшний день по данным Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан, посевные площади масличных культур расширились с 1185,4 тыс. га в 2009 году до 2,3 млн га, в 2018 году. Это касается как традиционных для Казахстана культур – подсолнечника, хлопчатника, так и активно развивающихся – сои, рапса, сафлора, льна и других. Одной из перспективных масличных культур для выращивания в Казахстане является сафлор. В настоящее время, сафлор выращивают в основном ради семян, используемых для получения пищевого масла и на корм сельскохозяйственных животных и птицы. Основное рыночное требование к семенам сафлора содержание масла не менее 38 %.

Сафлор хорошо может заменить подсолнечник как масличную культуру в засушливых степных районах. И если раньше сафлор выращивали в основном в республиках средней Азии и южных регионах Казахстана, то сейчас это растение, благодаря своей неприхотливости и засухоустойчивости, завоевывает всё больше площадей в северных и западных областях Казахстана.

В последнее время возрастает потребность в масле сафлора в связи с тем, что оно является полезным из-за высокого уровня в нем полиненасыщенных жирных кислот. В семянках сафлора содержится 33–38% полувысыхающего высококачественного растительного масла, не уступающего по вкусовым качествам подсолнечному, а по содержанию незаменимых аминокислот и витаминов приравнивается к оливковому. В этой связи видится перспективным увеличение производства и развитие технологий выработки сафлорового масла, так и для получения дополнительной продукции из сопутствующих веществ, одними, из которых, являются фосфатиды, отделяемые при гидратации масла [5, 6].

Использование фосфатидов в пищевой промышленности основано на одном из их важнейших свойств - поверхностной активности, которая обуславливает высокую эмульгирующую, разжижающую, пенообразующую и другие способности. Помимо этого, фосфатиды создают реальную сырьевую базу для производства пищевых лецитинов и БАД на их основе [1, 2, 4, 8, 9].

В Казахстане лецитины не производятся, поэтому для покрытия нужд пищевой промышленности, медицины и сельского хозяйства они поставляются из-за рубежа.

Поэтому, актуальность развития производства отечественных фосфолипидных добавок определяется следующими факторами: высокой востребованностью фосфолипидов в производстве многих пищевых продуктов питания, комплексных БАД и фармпрепаратов; дискредитацией ряда импортных фосфолипидных продуктов, полученных из генномодифицированных семян сои; практическим отсутствием отечественных технологий получения фосфолипидных добавок, ориентированных на промышленное применение и использование отечественного безопасного сырья [3, 10].

Материалы и методы исследований. Цель работы – разработка импортозамещающей технологии производства лецитина из фосфолипидных концентратов сафлоровых масел.

Объектами исследований являлись семян сафлора сорта: Акмай, Акгуль, Центр 70, «Красильный». Были использованы следующие нормативно-методические документы: определение цвета и запаха семян масличных культур ГОСТ 27988-88; определение влажности семян масличных культур ГОСТ 10856-96; определение масличности семян масличных культур ГОСТ 10857-64; определение лузжистости семян масличных культур ГОСТ 10855-64;

– определение сорной, масличной и особо учитываемой примеси ГОСТ 10854-88;

– анализ отобранных сортов семян сафлора ГОСТ 12096-76;

– анализ сафлоровых масел СТ РК 1428-2005;

– определение массы 1000 семян ГОСТ 10842-89;
– определение кислотного числа растительных масел по ГОСТ Р 50457-92;
– определение перекисного числа растительных масел по ГОСТ Р 51487-99;
– определение фосфорсодержащих веществ растительных масел по ГОСТ Р 52676-2006;
– определение неомыляемых веществ растительных масел по ГОСТ 5479-64;
– определение цветности растительных масел по ГОСТ 5477-93;
– определение массовой доли углеводов по методу Бертрана Бьери;
– фракционный состав фосфатидов проведен с помощью тонкослойной хроматографии, с использованием пластины марки Sorbfil и стандартных образцов фирмы ICN Biomedical. Жирнокислотный состав растительных масел и фосфатидов проведен методом газовой хроматографии метиловых эфиров.

Органолептические и физико-химические показатели фосфатидных концентратов установлены по ТУ 9146-203-00334534-97 «Концентраты фосфатидные», групповой состав фосфолипидов проведен с помощью тонкослойной хроматографии. Органолептические и физико-химические показатели обезжиренных и фракционированных фосфатидов установлены по требованиям международных стандартов (нормативные документы Codex Alimentarius) [11, 12].

Физико-химические показатели качества пищевых лецитинов определены по ГОСТ Р 53970-2010 «Добавки пищевые. Лецитины Е 322. Общие технические условия». Технологически функциональные свойства – эмульгирующие, стабилизирующие.

Температуру фракционирования варьировали в пределах 20-75 °С. Верхний предел выбран как наиболее близкий к точке кипения этилового спирта. Соотношение фаз «этиловый спирт:обезжиренные фосфатиды», составляло 5:1, как среднее из диапазона соотношений, в ранее установленных работах.

Результаты

Результаты исследований показателей качества сортов семян сафлора (табл. 1), показали, что соответствуют требованиям ГОСТ 12096-76. Также позволили выделить сорта «Акмай» и «Акгуль» с наибольшим содержанием масличности для дальнейших исследований, так как известно, что количество и качество фосфатидов зависят от содержания масла в семенах, вида растений, его сорта, места произрастания и от характера технологических воздействий на перерабатываемые семена при извлечении из них масла.

Таблица 1

Показатели качества семян сафлора

Значение показателей	**Зараженность вредителями**	**Влажность, %**	**Содержание**		**Дополнительные качественные показатели**		
			сорной примеси,%	масличной примеси %	лузжистость, %	масличность %	масса 1000 семян, г
Требования НД (ГОСТ 12096-76)	не допускается, кроме заражен - ности клещом не выше II степени	не более 13,0	в том числе семена клещевины не допускаются 3,0	15,0	-	-	-
«Акмай»	не обнаружена	8,5	2,5	7,5	45,0	38,6	48,0
«Акгуль»	не обнаружена	9,0	2,8	7,5	48,5	37,8	47,5
«Центр 70»	не обнаружена	10,5	2,2	8,3	52,0	35,5	42,0
«Красильный»	не обнаружена	9,5	1,2	8,5	50,5	36,0	44,5

В лабораторных условиях для дальнейшего исследования на аппарате Сокслета способом экстрагирования извлекали растительные масла из семян сафлора сортов «Акмай» и «Акгуль», т.к. в экстракционных маслах фосфатидов может быть больше, чем в прессовых.

При выборе растворителя для экстрагирования растительных масел из семян сафлора учитывали его чистоту, летучесть и нейтральность. В качестве растворителей использовали диэтиловый эфир, петролейный эфир, гексан. Результаты исследований приведены в табл. 2.

Таблица 2

Растворители для экстрагирования сафлоровых масел

Растворители	Сорт «Акмай»		Сорт «Акгуль»	
	температура кипения, °С	выход масла от общего его содержания, %	температура кипения, °С	выход масла от общего его содержания, %
диэтиловый эфир	34-36	97	34-36	97
петролейный эфир	60- 62	98	60- 62	99
гексан	66-68	97	66-68	98

При проведении экстракции различными растворителями было установлено, что наиболее целесообразным и рациональным растворителем для экстракции является диэтиловый эфир, использование же других растворителей экономически невыгодно, так как эти экстрагенты сравнительно дороги. По окончании экстракции отгоняли эфир в ротационном испарителе.

По выбору ферментов фосфолипаз различных типов были выполнены реакции пробной гидратации сафлоровых масел сорта «Акмай» и «Акгуль» с ферментными препаратами фосфолипаза А1 (Lecitaza Ultra) производства фирмы Новозаймс и фосфолипаза В (G- ZYME ® G 999) производства Дениско, при постоянном перемешивании, с помощью электрической мешалки. Для сравнения была проведена водная гидратация.

Из показателей остаточного содержания фосфорсодержащих веществ в маслах (табл. 3) следует, что исследуемые препараты проявляют наибольшую активность при 55 °С и с добавлением дистиллированной воды.

Таблица 3

Массовая доля фосфорсодержащих веществ в гидратированных растительных маслах

Наименование показателя	Массовая доля фосфорсодержащих веществ в пересчете на стеароолеолецитин, %			
	сафлоровое масло «Акмай» (исходное – 0,55%)		сафлоровое масло «Акгуль» (исходное – 0,38 %)	
	Ф - А1	Ф - В	Ф - А1	Ф - В
Условия реакции №1(щелочь, Т- 55°С, H_2O)	0,035	0,03	0,028	0,02
Условия реакции №2 (цит. буфер, Т -33°С, H_2O)	0,07	0,06	0,05	0,04
Условия реакции №3 (щелочь,ацет. буфер, Т – 55°С)	0,043	0,04	0,040	0,03

Исследован процесс ферментной гидратации сафлорового масла сорта "Акмай" выбранный по высокому содержанию фосфатидов с использованием ферментных препаратов фосфолипаз А1 (Lecitaza Ultra), фосфолипаз В (G- ZYME ® G 999) и комплекса фосфолипаз (А1+В) для повышения выхода фосфатидов (рис. 1).

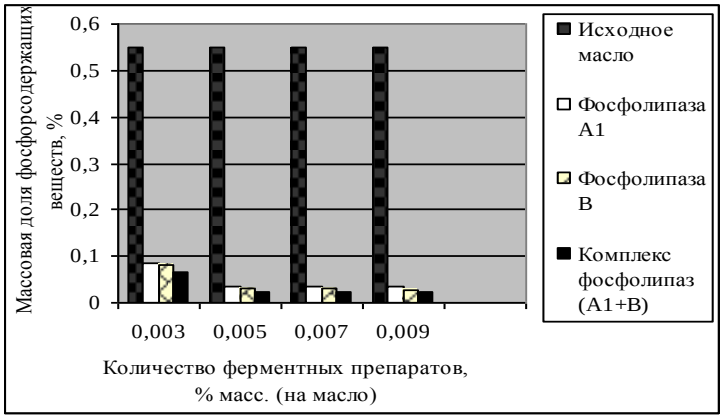


Рис. 1. Зависимость массовой доли фосфорсодержащих веществ от количества вносимых ферментных препаратов PL A1, PL B и комплекса (PL A1 + PL B)

Исследовали органолептические и физико-химические показатели сафлоровых фосфатидов представленные в табл. 4.

Таблица 4

Сравнительная оценка органолептических и физико-химических показателей сафлоровых фосфатидов

Наименование показателя	**Значения показателя, определенного по ТУ**	**Требования ТУ 9146-203-00334534-97 (марка ПП-1)**
	сафлоровые фосфатиды	
Запах и вкус	свойственные фосфатидам	свойственные фосфатидам
Консистенция при 20^{0}С	пастообразная	текучая, однородная
Цветное число, мг J_2	5,5-7,5	не более 8,0
Массовая доля, % фосфатидов	69,6-66,50	не менее 60,0
Масла	28,5-31,0	не более 40,0
Влаги и летучих веществ	0,7-0,8	не более 1,0
Веществ, нерастворимых в этиловом эфире	1,2-1,7	не более 1,5
Кислотное число масла, мг КОН/г	3,5-6,5	не более 10,0
Перекисное число, ½ ммоль О/кг	3,4-7,00	не более 10,0

Из приведенных данных табл. 4 видно, что по органолептическим и физико-химическим показателям сафлоровые фосфатиды практически соответствуют требованиям ТУ 9146-203-00334534-97 «Концентраты фосфатидные», лишь небольшое расхождение наблюдалось по показателю веществ, нерастворимых в этиловом эфире. По содержанию остаточного количества масла в фосфатидах видно, что потери масла сократились на 20–25%.

При изучении влияния гидродинамических режимов опытным путем было установлено, что данному условию отвечает создание гидродинамических режимов характеризуемых значением критерия Рейнольдса – 23000-28000. Изучили температурный режим фракционирования обезжиренных фосфатидов.

Результаты эксперимента представлены в виде диаграмм кинетики фракционирования при различных температурах на рис. 2.

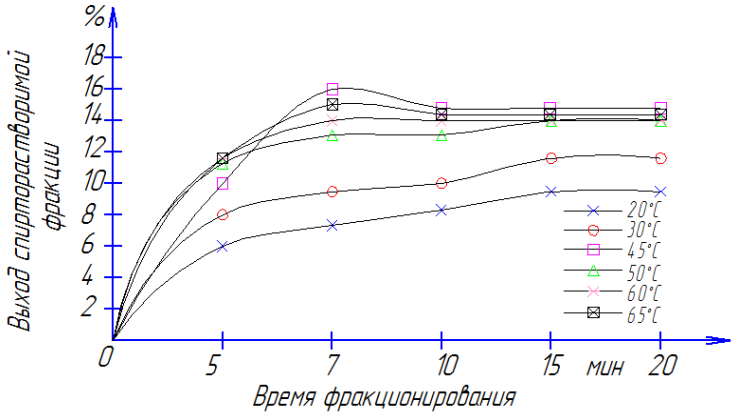


Рис. 2. Исследование влияния времени и температуры на эффективность фракционирования обезжиренных сафлоровых фосфатидов

Сравнительный анализ полученных данных показывает, что максимальное экстрагирование фосфатидилхолинов (ФХ) – группы, обладающей высокой растворимостью в спирте, происходит на первом этапе фракционирования. Степень извлечения ФХ снижается с увеличением времени фракционирования, тогда, как экстрагируемость всех других групп фосфатидов относительно равномерно возрастает. Указанная закономерность справедлива для всего интервала исследуемых температур.

Таким образом, технологические режимы, при которых происходит наиболее полное извлечение спирторастворимой фракции фосфатидов при максимальном переходе в нее ФХ, а также обеспечивается максимальное сохранение исходных показателей качества, следующие: температура – 45°С и время фракционирования – 7 минут.

Изучали влияние соотношения этиловый спирт: обезжиренные фосфатиды, а также количества ступеней фракционирования на эффективность процесса в целом. Установлено, что проведение процесса в 4 ступени при соотношении этиловый спирт: обезжиренные фосфолипиды – 4:1 обеспечивает наибольший выход спирторастворимой фракции, составляющий 40 % к массе обезжиренных фосфолипидов, при максимальном извлечении фосфатидилхолинов, составляющем 74 % к их исходному содержанию в обезжиренных фосфолипидах.

При изучении влияния объемной доли влаги в этиловом спирте в качестве исходного растворителя использовали 96,5 %-ый этиловый спирт ректификованный (экстра) объемная доля влаги, в котором составляет 3,5 % (ГОСТ Р 51652-2000).

Содержание влаги в этиловом спирте изменяли посредством добавления дистиллированной воды в количестве 1,0–9,0 % объемных процентов. Результаты представлены на рис. 3.

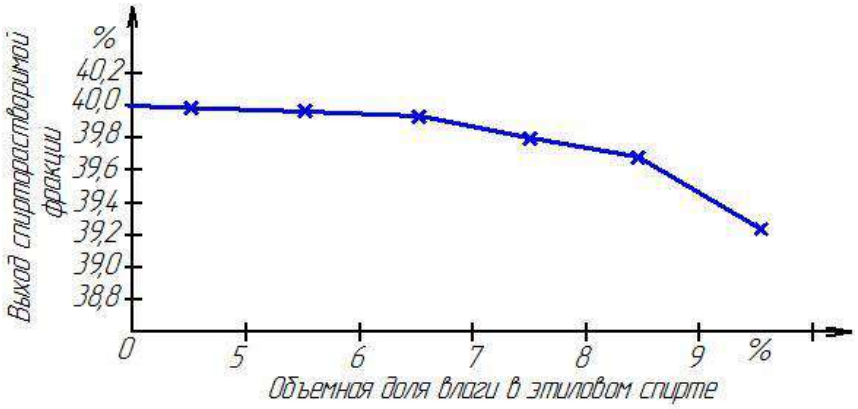


Рис. 3. Влияние объемной доли влаги в этиловом спирте на выход спирторастворимой фракции фосфолипидов

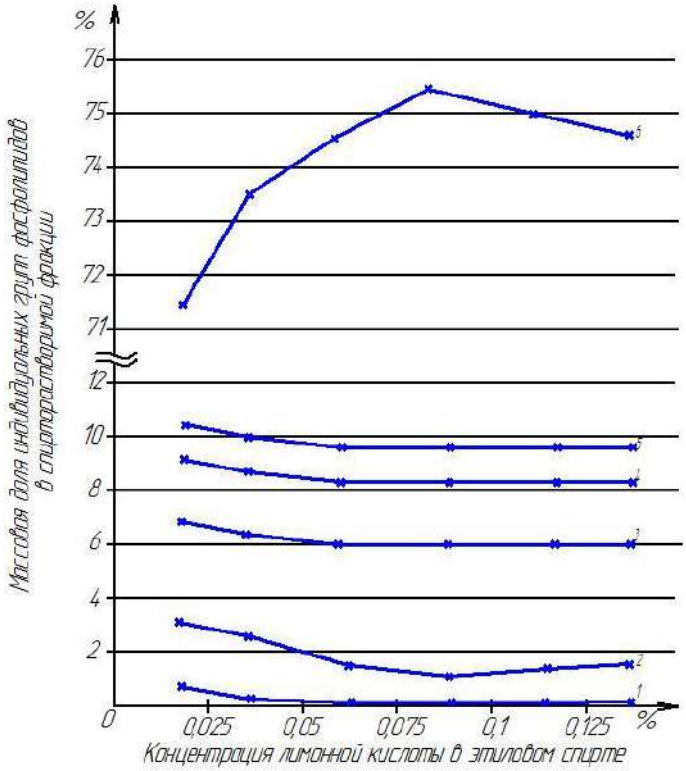


Рис. 4. Влияние концентрации лимонной кислоты в этиловом спирте на изменение группового состава спирторастворимой фракции: 1 – фосфатидилсерины; 2 – фосфатидные кислоты; 3 – фосфатидилинозитолы; 4 – фосфатидилглицерины; 5 – фосфатидилэтаноламины; 6 – фосфатидилхолины

Анализ полученных данных показал, что для эффективного проведение фракционирования необходимо использовать этиловый спирт, в котором объемная доля этилового спирта составляет не менее 95,5 %.

При изучении влияния лимонной кислоты на селективность фракционирования эксперимент проводили при соблюдении разработанных режимов фракционирования с добавлением лимонной кислоты от 0,025 с равным интервалом. Количество вводимой лимонной кислоты увеличивали до тех пор, пока наблюдался эффект селективности. Результаты представлены в виде графических зависимостей на рис. 4.

Анализируя полученные зависимости можно сделать следующий вывод - осуществление фракционирования с использованием в качестве экстрагента на 1 ступени фракционирования раствора лимонной кислоты в этиловом спирте концентрацией 0,075 % способствует увеличению содержания в спирторастворимой фракции фосфатидилхолинов до 75,4 %, (что составляет 80 % от исходного содержания фосфатидилхолинов в обезжиренных фосфатидах).

Удаление этилового спирта из спирторастворимой фракции фосфатидов осуществляли на ротационном испарительном аппарате до остаточного содержания этилового спирта 15 % с последующей сушкой при температуре 50–55 °С до содержания этилового спирта не более 1,5 %. Сушку спиртонерастворимой фракции фосфатидов осуществляли аналогично. Такие режимы обуславливают максимальное сохранение нативной структуры и свойств фосфолипидных молекул в продукте, определяя высокую физиологическую активность продукта. По физико-химическим показателям фракционированные фосфатиды соответствуют требованиям международных стандартов.

На основании проведенных исследований разработана технологическая схема получения пищевых лецитинов, представленная на рис. 5

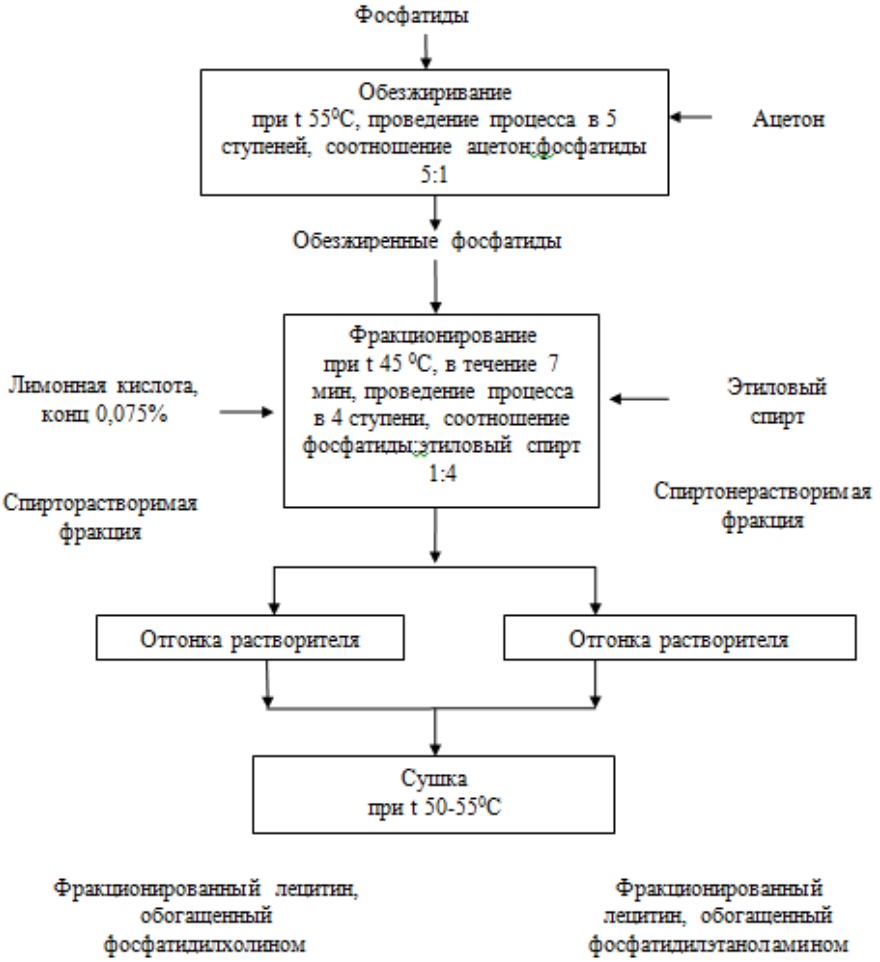


Рис. 5. Схема получения пищевых лецитинов

Заключение. На основании проведенных исследований разработана технология получения пищевых фосфолипидных концентратов сафлоровых масел для производства продуктов функционального и специализированного назначения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алтайулы С., Якияева М. А. Технология производства фосфолипидных концентратов растительных масел // Вестник Алматинского технологического университета. 2016. №4. С.58-65.

2. Алтайулы С., Сейилханова Б. А., Изтаев А., Алтаев Т. С. Совершенствование технологии производства сафлорового масла с получением фосфолипидных эмульсий из семян сафлора // Производство и переработка сельскохозяйственной продукции: менеджмент качества и безопасности: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 25-летию факультета технологии и товароведения Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I. Ч. II. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2018. С. 203-209.

3. Алтайулы С., Темирова И.Ж. Получение пищевых лецитинов из сафлоровых масел // Механика и технологии. 2018. № 1 (59). С. 65-67.

4. Бутина Е. А., Бондаренко И. Н., Лобанов А. В., Ветров А. П. Перспектива производства отечественных фосфолипидных продуктов и БАД // Ингредиенты. Сырье и добавки. 2003. № 2. С.62-63.

5. Василенко В. Н., Баутин В. М., Фролова Л. Н., Драган И. В. Улучшение системы менеджмента качества масложирового предприятия на основе совершенствования технологических процессов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2012. № 1 (51). С. 183-187.

6. Василенко В. Н., Копылов М. В., Фролова Л. Н., Таркаев Ю. В. Инновационные композиции растительных масел с оптимизированным жирно-кислотным составом // Актуальная биотехнология. 2012. № 4. С. 8-10.

7. Василенко В. Н., Копылов М. В., Фролова Л. Н., Драган И. В. Математическая модель движения сырья в шнековом канале маслопресса // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2013. № 3 (57). С. 18-22.

8. Кочеткова А. А., Нечаев А. П., Красильников В. Н. Фосфолипиды в технологии продуктов питания // Масложировая промышленность. 1999. №2. С.10-13.

9. Einhold. M. Lecitin Development and application // Food Processing. 1991. Vol.5. P.130-134.

10. Osorio, Fernandez-Martinez J., Mancha M., Garcés R. Mutant sunflower with highconcentration of saturated fatty acids in the oil // Crop Sci. 1995. Vol.35. P.739-742.

11. Committee on Codex Specification, Pood Chemicals Codex (3Edn.), National Academy Press, Washington, D.C., 1981, pp. 166-167.

12. Handbook of Pharmaceutical Excipients, American Pharmaceutical Association, Washington, D.C., and Pharmaceutical Society, Great Britain, London,1986, p.165.

REFERENCES

1. Altayuly S., Yakiyaeva M. A. Tekhnologiya proizvodstva fosfolipidnykh kontsentratov rastitel′nykh masel // Vestnik Almatinskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2016. №4. C.58-65.

2. Altayuly S., Seyilkhanova B. A., Iztaev A., Altaev T. S. Sovershenstvovanie tekhnologii proizvodstva saflorovogo masla s polucheniem fosfolipidnykh ehmul′siy iz semyan saflora // Proizvodstvo i pererabotka sel′skokhozyaystvennoy produktsii: menedzhment kachestva i bezopasnosti: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 25-letiyu fakul′teta tekhnologii i tovarovedeniya Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta imeni imperatora Petra I. Ch. II. Voronezh: FGBOU VO Voronezhskiy GAU, 2018. S. 203-209.

3. Altayuly S., Temirova I. Zh. Poluchenie pishchevykh letsitinov iz saflorovykh masel // Mekhanika i tekhnologii. 2018. № 1 (59). S. 65-67.

4. Butina E. A., Bondarenko I. N., Lobanov A. V., Vetrov A.P. Perspektiva proizvodstva otechestvennykh fosfolipidnykh produktov i BAD // Ingredienty. Syr′e i dobavki. 2003. № 2. S.62-63.

5. Vasilenko V. N., Bautin V. M., Frolova L. N., Dragan I. V. Uluchshenie sistemy menedzhmenta kachestva maslozhirovogo predpriyatiya na osnove sovershenstvovaniya tekhnologicheskikh protsessov // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologiy.2012. № 1 (51). S. 183-187.

6. Vasilenko V. N., Kopylov M. V., Frolova L. N., Tarkaev Yu. V. Innovatsionnye kompozitsii rastitel′nykh masel s optimizirovannym zhirno-kislotnym sostavom // Aktual′naya biotekhnologiya. 2012. № 4. S. 8-10.

7. Vasilenko V. N., Kopylov M. V., Frolova L. N., Dragan I. V. Matematicheskaya model′ dvizheniya syr′ya v shnekovom kanale maslopressa // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologiy. 2013. № 3 (57). S. 18-22.

8. Kochetkova A. A., Nechaev A. P., Krasil′nikov V. N. Fosfolipidy v tekhnologii produktov pitaniya // Maslozhirovaya promyshlennost′. 1999. №2. S.10-13.

9. Einhold. M. Lecitin Development and application // Food Processing. 1991. Vol.5. P.130-134.

10. Osorio, Fernandez-Martinez J., Mancha M., Garcés R. Mutant sunflower with highconcentration of saturated fatty acids in the oil // Crop Sci. 1995. Vol.35. P.739-742.

11. Committee on Codex Specification, Pood Chemicals Codex (3Edn.), National Academy Press, Washington, D.C., 1981, pp. 166-167.

12. Handbook of Pharmaceutical Excipients, American Pharmaceutical Association, Washington, D.C., and Pharmaceutical Society, Great Britain, London,1986, p.165.

Доля участия каждого соавтора

В. Н. Василенко – 15 % доля участия
Л. Н. Фролова – 15 % доля участия
И. В. Драган – 15 % доля участия
Н. А. Михайлова – 15 % доля участия
С. Алтайулы – 25 % доля участия
Т. С. Алтаев – 25 % доля участия

ОБ АВТОРАХ

Василенко Виталий Николаевич, доктор технических наук, профессор, Декан технологического факультет, ФГБОУ ВО Воронежский государственный университет инженерных технологий vvn_1977@mail.ru
Vasilenko Vitalii N., Dr. Sci. professor, Dean of technology faculty, FSBEI HE «Voronezh state university of engineering technologies», vvn_1977@mail.ru
Фролова Лариса Николаевна, доктор технических наук доцент Профессор кафедры «Технология жиров, процессы и аппараты химических и пищевых производств» ФГБОУ ВО Воронежский государственный университет инженерных технологий, Fln-84@mail.ru
Frolova Larisa N., Dr.Sci., professor technology of fats, processes and devices of chemical and food productions department, FSBEI HE «Voronezh state university of engineering technologies», Fln-84@mail.ru

Драган Иван Вадимович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология жиров, процессы и аппараты химических и пищевых производств», ФГБОУ ВО Воронежский государственный университет инженерных технологий
Dragan Ivan V., Ph.D., of the technology of fats, processes and devices of chemical and food productions department, FSBEI HE «Voronezh state university of engineering technologies»

Михайлова Надежда Александровна, аспирант кафедры «Технология жиров, процессы и аппараты химических и пищевых производств», магистрант кафедры «Технология и безопасность пищевых продуктов», ФГБОУ ВО Воронежский государственный университет инженерных технологий
Mikhailova Nadezhda A., PhD student, FSBEI HE «Voronezh state university of engineering technologies»

Алтайулы Сагымбек, доктор технических наук, профессор кафедры «Технология пищевых и перерабатывающих производств», Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, Республика Казахстан, sagimbek@mail.ru
Altayuly S., Dr.Sci. Professor of the Department "Technology of food and processing industries", S. Seifullin agrotechcal university, Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan, sagimbek@mail.ru

Алтаев Т. С., магистр Казахский национальный аграрный университет, Республика Казахстан, sagimbek@mail.ru
Altayev T.S., PhD student, S. Seifullin national agrarian university, Almaty, Republic of Kazakhstan, sagimbek@mail.ru

Дата поступления в редакцию: 03.02.2019 г.
После рецензирования: 23.04.2019 г.
Дата принятия к публикации: 22.05.2019 г.

А. В. Дранников [A. V. Drannikov]
А. В. Квасов [A. V. Kvasov]
А. С. Полканов [A. S. Polkanov]
Д. К. Костина [D. K. Kostina]

УДК 636.087.1:542.47
DOI 10.33236/2307-910X-2019-2-26-160-165

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕОРИИ ПОДОБИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ СУШКЕ СВЕКЛОВИЧНОГО ЖОМА

USE OF THE THEORY OF SIMILARITY FOR STUDYING OF REGULARITIES OF HEAT EXCHANGE WHEN DRYING A BEET PRESS

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»,
Россия, Воронеж, e-mail: drannikov@list.ru

Аннотация. *На процесс сушки свекловичного жома влияние оказывают температура, скорость перегретого пара, удельная нагрузка материала на газораспределительную решетку и давление в сушильной камере. При соблюдении гидродинамического и теплового подобия с учетом масштабных коэффициентов, метод теории подобия позволяет распространять результаты исследований, полученных на экспериментальной модели, на промышленный объект.*

Методы и результаты. *Исследуемый процесс сушки свекловичного жома в импульсном виброкипящем слое характеризуется большим количеством и многообразием параметров. Полученные данные на экспериментальной установке необходимо адаптировать к полупромышленным и промышленным сушильным установкам. Поэтому был использован метод теории подобия для описания процесса теплообмена при сушке свекловичного жома. Данный метод позволяет распространять результаты исследований, полученных на экспериментальной модели, на промышленный объект при соблюдении гидродинамического и теплового подобия с учетом масштабных коэффициентов [1]. Поэтому можно рассматривать процесс сушки в экспериментальной и промышленной сушильной установке как один процесс с изменяющимися параметрами, отличающимися только масштабом.*

Заключение. *Полученные критериальные уравнения можно использовать при проектировании полупромышленных и промышленных сушильных установок для свекловичного жома при соблюдении гидродинамического, теплового подобия и с учетом масштабного перехода.*

Ключевые слова: сушка, свекловичный жом, перегретый пар, теплообмен, теория подобия.

Abstract. *The drying process of beet pulp is influenced by temperature, the speed of superheated steam, the specific load of the material on the gas distribution grid and the pressure in the drying chamber. Subject to hydrodynamic and thermal similarity, taking into account scale factors, the similarity theory method allows you to extend the results of studies obtained on an experimental model to an industrial facility*

Methods and results. *The studied process of drying beet pulp in a pulsed vibrating boiling layer is characterized by a large number and variety of parameters. The data obtained in the experimental installation must be adapted to semi-industrial and industrial drying plants. Therefore, the similarity theory method was used to describe the heat transfer process during drying of beet pulp. This method allows you to extend the results of studies obtained on an experimental model to an industrial facility subject to hydrodynamic and thermal similarity, taking into account scale factors [1]. Therefore, it is possible to consider the drying process in an experimental and industrial drying plant as one process with varying parameters that differ only in scale.*

Conclusion. *The received criteria equations can be used at design of semi-industrial and industrial drying installations for a beet press at respect for hydrodynamic, thermal similarity and taking into account large-scale transition.*

Key words: drying, beet pulp, superheated steam, heat exchange, similarity theory drying, beet press, superheated steam, heat exchange, theory of similarity.

Введение. Одной из основных предпосылок для интенсификации процесса сушки пищевых продуктов является применение вибрационных сушилок. Равномерность кипения слоя во многом зависит от свойств обрабатываемого материала. Для сыпучих материалов, имеющих малое трение между частицами и не склонных к аг-

регированию, как одно вибрационное воздействие, так и одна продувка теплоносителем могут создавать хорошую структуру слоя [2]. В виброкипящем слое таких материалов можно снижать скорость продуваемого сушильного агента до нуля.

Для некоторых продуктов создать однородный кипящий слой только путем продувки теплоносителя трудно, также трудно создается и чисто виброкипящий слой. Только наличие вибрации и аэродинамических сил продуваемого через слой сушильного агента создают равномерное ожижение слоя. К таким продуктам следует отнести свекловичный жом, так как он обладает полидисперсностью и высокой влажностью, способствующей агрегатированию частиц [3, 4]. Кроме того, влажность материала сильно влияет на скорость транспортирования. В работе [5] отмечается, что в увлажненном состоянии продукт обладает повышенными адгезионными свойствами, в результате чего нарушается закономерность вибротранспортирования.

В качестве сушильного агента для свекловичного жома использовали перегретый пар пониженного давления, который с одной стороны позволяет осуществлять процесс с высокой интенсивностью, а с другой получить сухой свекловичный жом высокого качества с возможностью его дальнейшего использования в виде сырья для производства пектиновых веществ, кормовых витаминных добавок и т.д. [6, 7].

На процесс сушки свекловичного жома перегретым паром пониженного давления в импульсном виброкипящем слое большое влияние оказывают разнообразные параметры. К таким параметрам следует отнести температуру $T_п$ *и* скорость $υ_п$ перегретого пара, удельная нагрузка материала на газораспределительную решетку $q_{уд}$, давление пара в сушильной камере *p*. Влияние этих параметров на кинетику сушки исследовали на экспериментальной установке, а результаты исследований опубликованы в открытой печати [8, 9].

Цель и задачи. Целью нашей работы являлось применение метода теории подобия к изучению процесса теплообмена при сушке свекловичного жома в импульсном виброкипящем слое.

Для реализации поставленной цели требуется изучение влияния режимных параметров процесса сушки на коэффициент теплообмена и получение критериальных уравнений, описывающих процесс теплообмена при сушке свекловичного жома перегретым паром пониженного давления в импульсном виброкипящем слое в периоде постоянной и падающей скорости сушки.

Объекты и методы. Исследования по кинетике сушки проводились в периодическом режиме на экспериментальной сушильной установке [8]. При этом влажность продукта определяли методом отбора проб. Для этого изготовили специальное устройство, которое позволяло отбирать пробы без разгерметизации установки. Причем отбор проб производился по длине и высоте рабочей камеры с целью определения равномерности сушки продукта. Окончательную влажность жома определяли высушиванием продукта в сушильном шкафу при температуре 378 К согласно методике, предусмотренной ГОСТ Р 54901 – 2012 «Жом сушеный. Технические условия».

Для описания процесса теплообмена вначале определяли интенсивность сушки при различных режимных параметрах [2] по формуле:

$$j = \frac{NG_c}{100F}, \tag{1}$$

где *N* – скорость сушки, %/с; G_c – масса абсолютно сухих веществ в жоме, кг; *F* – поверхность испарения влажного жома, м^2.

В импульсном виброкипящем слое процесс испарения происходит по всей поверхности частиц жома, поэтому поверхность испарения находили по формуле:

$$F = \frac{6G}{\rho_м d_э}, \tag{2}$$

где *G* – масса влажного жома, загружаемого в экспериментальную сушильную установку, кг; $\rho_м$– плотность свекловичного жома, кг/м^3; $d_э$– эквивалентный диаметр частиц жома, м.

Эквивалентный диаметр для влажного жома определяли, используя следующее выражение:

$$d_э = \sqrt[3]{\frac{6m}{\pi n \rho_м}}, \tag{3}$$

где *m* – масса пробы, кг; *n* – число частиц в пробе, шт.

Процесс теплообмена характеризуется величиной коэффициента теплоотдачи (теплообмена) α, который вычисляли согласно экспериментальным данным по выражению:

$$\alpha = \frac{Q}{T_{\text{п}} - T_{\text{м}}}, \quad (4)$$

где Q – общее количество принятого свекловичным жомом тепла, Вт/м^2; $T_п$, $T_м$ – температура соответственно перегретого пара и материала, К.

Величину Q определяли по формуле:

$$Q = rj,$$

где r – удельная теплота испарения влаги, кДж/кг.

Рассчитанный коэффициент теплообмена α входит в критерий Нуссельта [1]. В нашем случае обобщенное критериальное уравнение конвективного теплообмена между перегретым паром и свекловичным жомом имело вид:

$$Nu = f\left(\text{Re}, \frac{T_п}{T_м}, \varepsilon, \frac{W}{W_{кр1}}, \frac{p_н}{p_{атм}}\right), \quad (5)$$

где Nu– критерий Нуссельта, характеризующий интенсивность перехода теплоты на границе поток теплоносителя – поверхность материала; Re – критерий Рейнольдса, характеризующий соотношение сил инерции и трения в потоке теплоносителя;

$\frac{T_п}{T_м}$ – температурный симплекс, характеризующий особенности теплообмена при углублении зоны испарения; ε –порозность импульсного виброкипящего слоя в период подвода вибраций, характеризующая соотношение высоты слоя и эффективной высоты компактного слоя (слоя без зазора между частицами), т.е. в нашем случае учитывает влияние на теплообмен начальной удельной нагрузки материала на газораспределительную решетку $q_{уд}$; $\frac{W}{W_{кр1}}$ – параметрический критерий, представляющий отношение средней влажности материала в период убывающей скорости сушки к первой критической влажности материала и учитывающий уменьшение влажности материала в периоде убывающей скорости сушки; $\frac{p_п}{p_{атм}}$ – отношение разряжения в сушильной камере к атмосферному давлению.

В уравнении (5) не были учтены критерии Прандтля Pr и Грасгофа Gr. Это обусловлено тем, что критерий Прандтля для газов (в нашем случае перегретого пара) как при нагревании, так и при охлаждении является величиной постоянной, практически не зависящей от температуры и давления. Критерий же Грасгофа характеризует соотношение трения, инерции и подъемной силы в потоке, что в рассматриваемом случае не актуально, так как движение пара является вынужденным. Кроме этого, в уравнении (5) не было учтено влияние параметров вибрации на интенсивность теплообмена, вследствие того, что вибрации к слою подводились относительно короткое время ($\tau_{виб}$ = 3 с.), которое не менялось и было постоянным во всех проведенных опытах.

Результаты и их обсуждение. В результате анализа кривых интенсивности сушки свекловичного жома при различных режимных параметрах процесса (рис. 1…4) видно, что в периоде постоянной скорости сушки интенсивность j линейно увеличивается с уменьшением влажности материала. Максимальная интенсивность сушки достигается при первом критическом влагосодержании, которое в зависимости от режима сушки, составляет $W^{c}_{кр1}$ = 35...55 %. Увеличение j объясняется тем, что в процессе сушки частицы жома испытывают значительную усадку и, согласно формуле (2), уменьшается поверхность испарения частиц жома. Но при этом в первом периоде скорость сушки остается постоянной, и в соответствии с формулой (1) наблюдается увеличение интенсивности сушки.

Во втором периоде сушки происходит резкое снижение j, обусловленное уменьшением скорости сушки жома. Необходимо отметить, что во всех проведенных опытах по сушке жома на экспериментальной установке амплитуда и частота колебаний газораспределительной решетки оставались неизменными и составляли соответственно A = 7 мм и f = 12,5 Гц.

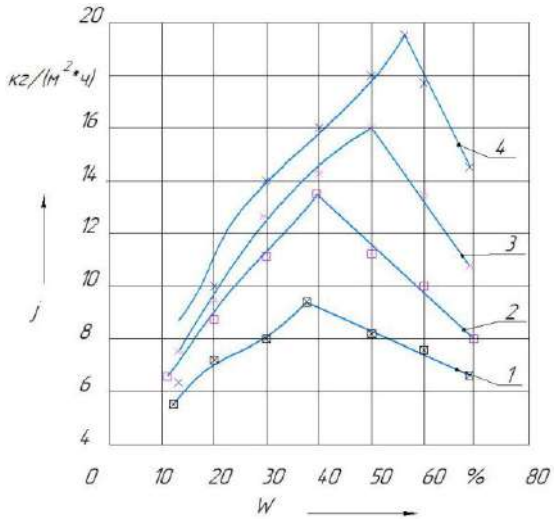


Рис. 1. Кривые интенсивности сушки свекловичного жома при различных температурах перегретого пара, К; 1 – 393; 2 – 413; 3 – 433; 4 – 453, при v = 3 м/с, P = 60кПа, q = 16 кг/м²

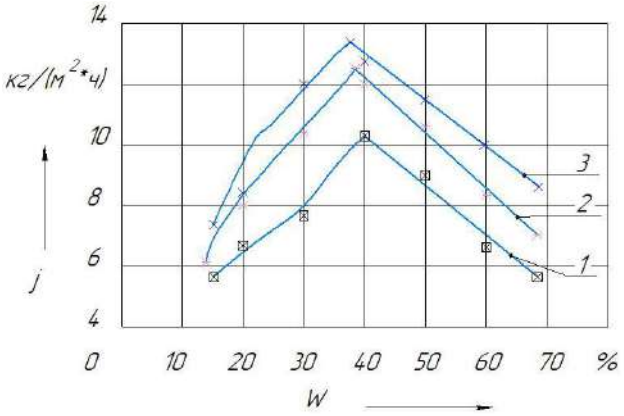


Рис. 2. Кривые интенсивности сушки свекловичного жома при различных скоростях перегретого пара, м/с; 1 –3; 2 – 4; 3 – 5, при $T_п$ = 413К, q = 16 кг/м², P = 60кПа

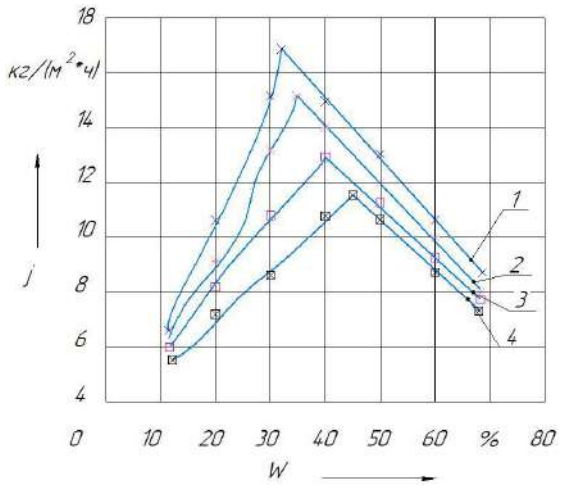


Рис. 3. Кривые интенсивности сушки свекловичного жома при различных давлениях пара в сушильной камере, кПа; 1 – 40; 2 – 60; 3 – 80; 4 – 100, при v = 3 м/с, $T_п$ = 413К, q = 16 кг/м²

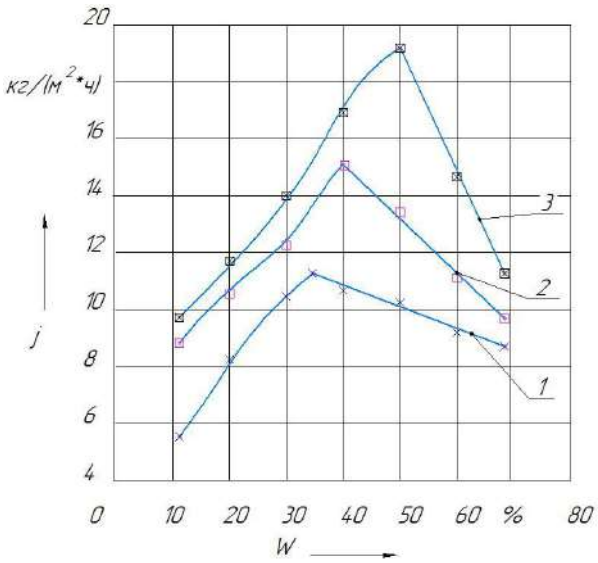


Рис. 4. Кривые интенсивности сушки свекловичного жома при различных порозностях виброкипящего слоя свекловичного жома; 1 – 0,42; 2 – 0,49; 3 – 0,56, при v = 3 м/с, $T_п$ = 413К, P = 60кПа

Это определено глубиной проникновения колебаний в слой сыпучего материала $\delta_{сл}$ и получением однородного слоя [2]:

$$\delta_{сл} = \frac{2E}{SA^2\omega^3}\sqrt{1/\rho_{нас}}, \qquad (6)$$

где E – мощность, передаваемая слою газораспределительной решеткой, Вт; S – площадь газораспределительной решеткой, м²; ω – угловая частота колебаний решетки, с$^{-1}$; $\rho_{нас}$ – насыпная плотность свекловичного жома, кг/м³.

Данная формула справедлива для виброкипящего слоя, не продуваемого потоком теплоносителя. Как отмечают некоторые исследователи [2], в случае продувки теплоносителя через слой материала глубина проникновения колебаний выше, чем без продувки. Это объясняется тем, что вибрация газораспределительной решетки вызывает колебание не только частиц твердой фазы, но и создает пульсации скорости ожижающего агента, который распространяет эти колебания по всей высоте материала. Поэтому можно утверждать, что указанные значения амплитуды и частоты колебаний газораспределительной позволяют получить однородный виброкипящий

слой в момент подвода колебаний ($\tau_{виб}$ = 3 с) для удельных нагрузок $q_{уд}$ = 8…24 кг/м^2. При продолжительности обработки менее 3 с имеет место недостаточно равномерное и полное перемешивание частиц жома, что приводит к снижению качества сушки, а при продолжительности этой обработки более 3 с имеет место чрезмерное истирание материала и неоправданно высокие энергозатраты.

В результате математической обработки экспериментальных данных получены критериальные зависимости, описывающие процесс теплообмена при сушке свекловичного жома с начальной влажностью 70 %.

Для периода постоянной скорости сушки зависимость получена в виде:

$$Nu = 15,3\,\mathrm{Re}^{0,28}\left(\frac{T_n}{T_м}\right)^{-0,67}\varepsilon^{1,85}\left(\frac{p_n}{p_{атм}}\right)^{-0,31}. \quad (7)$$

Для периода убывающей скорости сушки:

$$Nu = 19,6\,\mathrm{Re}^{0,2}\left(\frac{T_n}{T_м}\right)^{-0,81}\varepsilon^{1,44}\left(\frac{p_n}{p_{атм}}\right)^{-0,45}\left(\frac{W}{Wкр1}\right)^{0,72}. \quad (8)$$

Формулы (4) и (5) справедливы в следующих интервалах изменения режимных параметров: T_n = 393… 413 К; v_n = 3…5 м/с; $q_{уд}$ = 8...24 кг/м^2; p = 40…100 кПа.

Отклонение результатов, полученных по формулам (7) и (8), от экспериментальных не превышает 17,5 %.

При сравнении уравнений (7) и (8) можно отметить, что влияние режимных параметров на теплообмен в периоде постоянной и убывающей скорости сушки практически не меняется, что подтверждает ранее сделанные выводы при анализе кинетических закономерностей и правильность выполненных математических расчетов.

Заключение. Таким образом, в результате математической обработки экспериментальных данных по сушке свекловичного жома перегретым паром пониженного давления в импульсном виброкипящем слое в условиях изменения гидродинамического и теплового режимов получены критериальные уравнения, адекватно описывающие процесс теплообмена в рассматриваемых интервалах изменения режимных параметров. Данные уравнения можно использовать при проектировании полупромышленных и промышленных сушильных установок для свекловичного жома при соблюдении гидродинамического, теплового подобия и с учетом масштабного перехода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гухман А. А. Применение теории подобия к исследованию процессов тепло-массообмена. М: ЛКИ, 2013. 328 с.

2. Членов В. А., Михайлов Н. В. Виброкипящий слой. М.: Наука, 1972. 346 с.

3. Shevtsov A., Drannikov A., Derkanosova A., Korotaeva A., Lobachova N. Study of the basic modes of drying of high-moisture disperse materials of vegetable origin // The 1st International Academic Conference «Science and Education in Australia, America and Eurasuia: Fundamental and Applied Science». Australia, Melbourn. 23 june 2014. 173-176 s.

4. Konovalov V. I. Guest Editorial. Drying R&D needs: basic research in drying of capillary-porous materials // Drying Technology- an Intern. Journal. 2005. Vol. 23. No. 12. P. 2307–2311.

5. Гончаревич И. Ф., Фролов К. В. Теория вибрационной техники и технологии. М: Наука, 1981. 219 с.

6. Shevtsov A. A., Drannikov A. V., Derkanosova A. A., Muravev A. S., Kvasov A. V. Experimental and analytical study of the beet pulp drying process by overheated steam in active hydrodynamic conditions // Journal of Engineering and Applied Sciences. 2017. № 12(Special Issue 1), P. 5754-5760.

7. Shevtsov A. A., Drannikov A. A., Derkanosova A. A., Borodovicyn A. M., Glebova I. V., Gurin A. G. Preparation and application of fodder vitamin additive choline chloride B_4 on the basis of dried beet pulp in premix composition // International Journal of Pharmaceutical Research & Allied Sciences. 2017. № 6(1), P. 217-226.

8. Дранников А. В., Литвинов Е. В., Полканов А. С., Костина Д. К. Выбор рациональных параметров процесса сушки свекловичного жома в импульсном виброкипящем слое пониженного давления // Вестник ВГУИТ. 2017. № 4, С. 24–32.

9. Шевцов А. А, Дранников А. В, Костина Е. В, Дерканосова А. А, Квасов А. В., Питькова Ю. А., Мочалова А. В. Установка для сушки дисперсных высоковлажных материалов. Патент РФ № 2603225 от 27.11.2016 г.

REFERENCES

1. Gukhman A. A. Primenenie teorii podobiya k issledovaniyu protsessov teplo-massoobmena. M: LKI, 2013. 328 s.

2. Chlenov V. A., Mikhaylov N. V. Vibrokipyashchiy sloy. M.: Nauka, 1972. 346 s.

3. Shevtsov A., Drannikov A., Derkanosova A., Korotaeva A., Lobachova N. Study of the basic modes of drying of high-moisture disperse materials of vegetable origin // The 1st International Academic Conference «Science and Education in Australia, America and Eurasuia: Fundamental and Applied Science». Australia, Melbourn. 23 june 2014. 173-176 s.

4. Konovalov V. I. Guest Editorial. Drying R&D needs: basic research in drying of capillary-porous materials // Drying Technology- an Intern. Journal. 2005. Vol. 23. No. 12. P. 2307–2311.

5. Goncharevich I. F., Frolov K. V. Teoriya vibratsionnoy tekhniki i tekhnologii. M: Nauka, 1981. 219 s.

6. Shevtsov A. A., Drannikov A. V., Derkanosova A. A., Muravev A. S., Kvasov A. V. Experimental and analytical study of the beet pulp drying process by overheated steam in active hydrodynamic conditions // Journal of Engineering and Applied Sciences. 2017. № 12(Special Issue 1), P. 5754-5760.

7. Shevtsov A. A., Drannikov A. A., Derkanosova A. A., Borodovicyn A. M., Glebova I. V., Gurin A. G. Preparation and application of fodder vitamin additive choline chloride B4 on the basis of dried beet pulp in premix composition // International Journal of Pharmaceutical Research & Allied Sciences. 2017. № 6(1), P. 217-226.

8. Drannikov A. V., Litvinov E. V., Polkanov A. S., Kostina D. K. Vybor ratsional′nykh parametrov protsessa sushki sveklovichnogo zhoma v impul′snom vibrokipyashchem sloe ponizhennogo davleniya // Vestnik VGUIT. 2017. № 4, S. 24 – 32.

9. Shevtsov A. A, Drannikov A. V., Kostina E. V., Derkanosova A. A., Kvasov A. V., Pit′kova Yu. A., Mochalova A. V. Ustanovka dlya sushki dispersnykh vysokovlazhnykh materialov. Patent RF № 2603225 ot 27.11.2016 g.

ОБ АВТОРАХ

Дранников Алексей Викторович, доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», 8(908)130-62-25, drannikov@list.ru
Drannikov Alexey Viktorovich, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Voronezh state university of engineering technologies, 8(908)130-62-25, drannikov@list.ru

Квасов Александр Вячеславович, экстерн кафедры «Машины и аппараты пищевых производств», ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», 8(950)755-03-44, evgeniya.kostina.74@mail.ru
Kvasov Aleksandr Vyacheslavovich, ekstern of the Department "Machines and apparatuses of food productions", of the "Voronezh state university of engineering technologies", 8(950)755-03-44, evgeniya.kostina.74@mail.ru

Полканов Андрей Сергеевич, магистрант кафедры «Машины и аппараты пищевых производств», ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», 8(908)146-47-16, andrej.polkanov.96@mail.ru
Polkanov Andrey Sergeyevich, master's student of the Department "Machines and apparatus of food production", Voronezh state university of engineering technologies, 8(908)146-47-16, andrej.polkanov.96@mail.ru

Костина Дарья Константиновна, студент кафедры «Машины и аппараты пищевых производств», ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», 8(910)245-14-23, kostina.dasha.2111@mail.ru
Kostina Daria Konstantinovna, student of the Department "Machines and apparatus of food production", Voronezh state university of engineering technologies, 8(910)245-14-23, kostina.dasha.2111@mail.ru

Дата поступления в редакцию: 22.02.2019 г.
После рецензирования: 04.03.2019 г.
Дата принятия к публикации: 14.05.2019 г.

Т. В. Вобликова [T. V. Voblikova][1]
О. В. Кригер [O. V. Kriger][2]

УДК 636.3
DOI 10.33236/2307-910X-2019-2-26-166-175

ОВЕЧЬЕ МОЛОКО – ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ СЫРЬЕВОЙ РЕСУРС ДЛЯ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

SHEEP MILK – THE POTENTIAL RAW RESOURCE FOR DEVELOPMENT OF PRODUCTION OF FUNCTIONAL FOOD

[1] Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет», г. Ставрополь, Россия
[2] Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кемеровский государственный университет», г. Кемерово, Россия, e-mail: tppshp@mail.ru

Аннотация. *Качество овечьего молока имеет первостепенное значение для качества производимых из него молочных продуктов. В обзорной статье представлены факторы, влияющие на качество молока овец и молочной продукции. Некоторые из этих факторов, таких как генотип овец, трудно контролировать, но другие факторы окружающей среды, такие как питание и управление дойным стадом, возможно, регулировать для производства высококачественного молока.*

Материалы и методы. *В статье рассмотрены характеристики и преимущества овечьего молока, как потенциального источника сырья для производства функциональных продуктов. Белковая часть оказывает большое влияние на пищевую и технологическую ценность молока. Овечье молоко богато казеином (от 4,2 до 5,2 г / 100 г) и сывороточными белками (от 1,02 до 1,3 г / 100 г). Казеиновая часть овечьего молока составляет около 80% общего молочного белка. Казеин не является однородным белком. Он состоит из 4 фракций: α-S1-казеина (6,7%), α-S2-казеина (22,8%), β-казеина (61,6%) и к-казеина (8,9%). В молоке коз и овец находится существенное количество экзогенных аминокислот, которые полностью покрывают потребность человека в этих аминокислотах. Овечье молоко обладает особенным вкусом и ароматом. Отличительный аромат формируется в молоке овец из-за содержания жирных кислот, которые ответственны за этот уникальный букет. Овечье молоко содержит значительное количество насыщенных жирных кислот, таких как капроновая (С 6:0), каприловая (С 8:0) и каприновая (С 10:0) кислоты. Овечий молочный жир содержит один из самых высоких уровней конъюгированной линолевой кислоты (0,65 г конъюгированной линолевой кислоты / 100 г жирных кислот). В овечьем молоке среднее содержание мононенасыщенных 21 г / 100 г жирных кислот и полиненасыщен-ных жирных кислот составляет 4,7 г / 100 г жирных кислот.*

Результаты и заключение. *В обзорной статье представлены факторы, влияющие на качество молока овец и молочной продукции. Некоторые из этих факторов, таких как генотип овец, трудно контролировать, но другие факторы окружающей среды, такие как питание и управление дойным стадом, возможно, регулировать для производства высококачественного молока. В статье рассмотрены характеристики и преимущества овечьего молока, как потенциального источника сырья для производства функциональных продуктов.*

Ключевые слова: овечье молоко, молочные продукты, функциональные свойства, свойства.

Abstract. *The quality of sheep milk has paramount value for quality of the dairy products produced from it. The factors affecting quality of milk of sheep and dairy products are presented in the review article. Some of these factors, such as genotype of sheep, it is difficult to control, but other factors of the environment, such as food and management of milch herd, perhaps, to regulate for production of high-quality milk. In article characteristics and advantages of sheep milk as potential source of raw materials for production of functional products are considered.*

Materials and methods. *Proteinaceous part has a great influence on nutrition and technological value of milk. Sheep milk is rich with casein (from 4.2 to 5.2 g / 100 g) and serumal proteins (from 1.02 to 1.3 g / 100 g). Casein part of sheep milk makes about 80% of the general milk protein. Casein is not uniform protein. It consists of 4 fractions: α-S1-kazeina (6.7%), α-S2-kazeina (22.8%), β-casein (61.6%) and к-casein (8.9%). In milk of goats and sheep there is an essential amount of exogenous amino acids which completely cover need of the person for these amino acids. Milk of sheep has a sweet and soft aroma. The distinctive aroma is observed in milk of sheep because of levels of fatty acid who are responsible for this unique bouquet. Sheep milk contains a significant amount of saturated fatty acids, such as kapron (C 6:0), kaprilovy (C 8:0) and kaprinovy (C 10:0) acids. Sheep milk fat contains one of the highest levels of the conjugated linoleic acid (0.65 g of the conjugated linoleic acid / 100 g of fatty acids). In sheep milk the average content of monononsaturated 21 g / 100 g of fatty acids and polynonsaturated fatty acids make 4.7 g / 100 g of fatty acids.*

Results and conclusion. *The factors affecting quality of milk of sheep and dairy products are presented in the review article. Some of these factors, such as genotype of sheep, it is difficult to control, but other factors of the environment, such as food and management*

of milch herd, perhaps, to regulate for production of high-quality milk. In article characteristics and advantages of sheep milk as potential source of raw materials for production of functional products are considered.

Key words: sheep milk, dairy products, functional properties, properties.

Введение. Во всем мире коровье молоко является наиболее часто потребляемым молоком, доминирующим в мировом производстве молока. Восемьдесят пять процентов мирового производства молока получают от крупного рогатого скота. Однако овечьи молочные фермы представляют значительную часть аграрных экономик во многих странах, особенно тех, которые граничат с Средиземным морем и на Ближнем Востоке. Крупнейшим в мире производителем овечьего молока является Китай (12,2%), а ведущим производителем в Европе является Греция (8,7%), за ней следуют Румыния (7,2%) и Италия (6,1%,) [41]. Овечье молоко также важно на Ближнем Востоке и в Северной Африке, где его производство составляет около 7,5% от общего объема производимого молока. Производство молока небольшими жвачными, в том числе овцами и козами, за эти годы выросло и теперь находится в поиске новых потребительских рынков [45,29].

В Европе производство овечьего молока в 2009 году составило около 9,1 млн. тонн, но его потребление в жидкой форме встречается редко [49]. В настоящее время овечье молоко считается деликатесом во многих странах, включая Соединенные Штаты. Таким образом, молочные продукты из молока овец приобрели рыночный размер благодаря их качеству, высокому выходу готовой продукции, в виду значительного содержания белка в молоке и питательной ценности. Высокая пищевая ценность обусловлена более высокими концентрациями белков, жиров, витаминов и минералов по сравнению с молоком от других одомашненных млекопитающих [35].

Овечье молоко в основном используется для производства различных сортов сыра, йогурта и сывороточных сыров. Высокие уровни белка, жира и кальция заключенного в макромолекуле казеина делают его отличным сырьём для производства полутвердых и твердых сыров [8]. Несмотря на то, что производство овечьего молока быстро растет, с точки зрения поголовья скота, овечье молоко не имеет таких объемов производства, как коровье и козье, из-за сезонности [40]. В связи с этим, в качестве способа для накопления достаточного количества молока для переработки в молочные продукты, фермы по производству овечьего молока среднего и малого размера замораживают сырое молоко [36]. Овечье молоко, замороженное при -27 ° C, сохраняет стабильность белка до 12 месяцев хранения. Однако, чтобы поддерживать высокое качество овечьего молока, оно должно быть быстро замороженным и храниться при температуре ниже -20 ° C [55].

Принимая во внимание, что пищевой промышленности необходимо расширить предложение потенциально функциональных продуктов на рынке, целью этого обзора является обсуждение характеристик овечьего молока в качестве альтернативной пищевой матрицы для производства функциональных молочных продуктов.

Люди развивались в тесном контакте с природой, а молоко было первым источником пищи после рождения. Грудное молоко всегда было единственным источником пищи для детей. Молоко было введено в рацион питания людей почти 13000 лет назад после одомашивания коз и овец, а затем и одомашнивания коров около 4000 лет спустя. Молоко стало незаменимой пищей в жизни человека.

Молоко представляет собой секрецию млекопитающих, физические характеристики и состав которых варьируются между видами. Это сложная эмульсия масло-в-воде, содержащая жир, белки, лактозу, минеральные вещества, ферменты, клетки, гормоны, иммуноглобулины и витамины. Белки являются основными категориями нерастворимых белков (казеинов) и растворимых белков (сывороточных белков). Казеины включают α-S-1, α-S-2, β и κ-казеины и белки молочной сыворотки, α-лактальбумин и β-лактоглобулин. Молоко также содержит важные второстепенные белки, такие как сывороточный альбумин, иммуноглобулины, лактоферрин, трансферрин, пролактин [33]. В табл. 1 представлен состав коровьего, козьего и овечьего молока.

Таблица 1

Состав коровьего, козьего и овечьего молока [12, 43, 33, 57]

Параметры	Коровье молоко	Козье молоко	Овечье молоко
Влага (g /100 g)	87,9 ± 0,4	87,6 ± 0,7	82,9 ± 1,4
Жир (g /100 g)	3,3 ± 0,3	3,8 ± 0,1	5,9 ± 0,3
Зольнось (g /100 g)	0,7 ± 0,1	0,8 ± 0,1	0,9 ± 0,1

Лактоза (g /100 g)	4,7 ± 0,4	4,1 ± 0,4	4,8 ± 0,4
Белок (g /100 g)	3,4 ± 0,1	3,7 ± 0,1	5,5 ± 1,1
Казеин (g /100 g)	3,0 ± 0,1	2,4 ± 0,1	4,7 ± 0,5
αs1-казеин (%)	39,7	5,6	6,7
αs2-казеин (%)	10,3	19,2	22,8
β-казеин (%)	32,7	54,8	61,6
к-казеин (%)	11,6	20,4	8,9

Химический состав свежего овечьего молока изменяется с течением времени у животных в зависимости от нескольких факторов, таких как стадия лактации, сезон года, температура окружающей среды, эффективность лактации, возраст и питание животных, генетические факторы (вид, порода), болезни вымени [34, 17]. Содержание лактозы в овечьем молоке примерно такое же, как в коровьем молоке. Однако содержание лактозы в общем составе сухих веществ в коровьем молоке составляет от 33–40%, в овечьем – от 22 до 27% [47].

Сезонные колебания сильно влияют на состав жирных кислот в связи с изменениями в составе кормов животных [20, 59]. Липиды, а также другие молочные компоненты, подвержены изменчивости за счет генетики, физиологии, и экологических факторов. Все это взаимосвязано, та как сезонные и климатические изменения влияют на состав питательных веществ корма, а следовательно и на качество молока [31,46].

Овечье и козье молоко имеют высокую концентрацию жировых шариков, которые по размеру меньше, чем в коровье молоке. Средний диаметр глобул составляет приблизительно 3,6 и 3,0 мкм против 4,0 мкм, соответственно [44, 52]. Размер и дисперсия жировых глобул обеспечивают такое состояние системы, которое способствует замораживанию без разделения фаз.

Белковая часть оказывает большое влияние на пищевую и технологическую ценность молока. Овечье молоко богато казеином (от 4,2 до 5,2 г / 100 г) и сывороточными белками (от 1,02 до 1,3 г / 100 г) [26].

Казеиновая часть овечьего молока составляет около 80% общего молочного белка, тогда как составляет 50% в молоке кобылиц и менее 50% общего белка в материнском молоке [33]. Казеин не является однородным белком. Он состоит из 4 фракций: α-S1-казеина (6,7%), α-S2-казеина (22,8%), β-казеина (61,6%) и к-казеина (8,9%) [33]. Соотношения фракций казеина молока различны между видами жвачных и характеристики мицелл также различаются по размеру, гидратации и минерализации.

Мицеллы казеина овечьего и козьего молока имеют более высокие степени минерализации, менее гидратированы и устойчивы к теплу, чем мицеллы казеина коровьего молока [26]. Кальций способствует сычужной коагуляции, индуцируя сшивание и агрегацию пара-казеина. Мицеллы казеина в овечьем молоке богаче кальцием по сравнению с мицеллами в коровьем молоке и дополнительного внесения CaCl2 не требуется при производстве овечьих сыров, что является технологическим преимуществом. Кроме того, для получения творога с удовлетворительными качественными характеристиками из овечьего молока требуется меньше сычужного фермента, чем при производстве его из козьего или коровьего молока [56].

В отличие от коровьего молока, в результате холодильного хранения и замораживания в овечьем молоке не снижается способность к коагуляции посредствам сычужного свертывания и не снижается упругость сычужного сгустка. Молоко овец позволяет получить творог с наилучшими характеристиками, чем из молока коровы и козы. В твороге из овечьего молока отмечено, что скорость синерезиса ниже, чем в аналогичных продуктах из козьего и коровьего молока [56].

Овечий β-казеин приблизительно составляет 60% от всего казеина и представлен полифосфорилированными формами β1- и β2-казеина [29]. Возникновение полифосфорилированных форм β-казеина может влиять на стабильность мицелл казеина, а доступность и распределение кальция в молоке зависит от индивидуальных возможностей каждой формы для связывания кальция и различных степеней фосфорилирования [6].

По мнению некоторых авторов, к-казеин овечьего молока считается мономорфным [23,50]. Кроме того, сообщалось о 3 полифосфорилированных формах к-казеина овечьего молока [1].

Другими характеристиками белков овечьего молока являются их структурные конформации, а также количества и подтипы мицелл, которые меньше (193 нм), чем размеры мицеллы коровьего молока (260 нм) и аналогичны козьему молоку (180 нм) [33]. У некоторых детей в возрасте до 3 лет (0,3% до 7,5%) развивается аллергии на белки коровьего [52,2]. Последовательности белков α-S1- и α-S2-казеина молока коз и овец имеют, по меньшей мере, 99% сходство между собой, но заметно отличаются от последовательности белка α-S1- и α-S2-

казеина коровьего [34]. Этот факт говорит о том, что овечье молоко также способствует снижению аллергической чувствительности. Сывороточные протеины также играют важную роль для людей, страдающих аллергией на коровье молоко [34]. Однако данные об аллергенности к белкам молочной сыворотки овец не сообщаются. Некоторые авторы утверждают, что овечье молоко можно считать идеальным заменителем коровьего молока для страдающих аллергией из-за его высоких уровней питательных веществ [48]. Специфические антитела у людей, страдающих аллергией на молоко (IgE), слабо распознают белковые фракции α-S1-казеин, α-S2-казеин и β-казеин из козьего и овечьего молока, что не наблюдается для коровьего молока [3]. Однако, сообщается, что полиморфизм белка играет важную роль в индукции различной степени аллергической реакции [19]. Кроме того, было показано, что некоторые дети, страдающие аллергией на белок коровьего молока, могут испытывать аллергические реакции после употребления молока других домашних животных. Перекрестная реакция между положительными IgE-антителами к коровьему молоку стимулируется белком из этих типов молока [7].

Козье молоко часто считается менее аллергенным, чем коровье молоко. Это мнение не полностью подтверждено, так как их белковые композиции весьма схожи. Козье молоко менее склонно вызывать аллергическую реакцию в основном из-за более низкого участия α-S1-казеина (5% от общего количества казеина), или полное отсутствие этой фракции белка, происходящей у индивидуумов с мутациями, определяющими «нулевой» аллель α-S1- казеина, а именно CSN1S1. Более низкая доля α- s1- казеина снижает чувствительность к другому белку аллергена, а именно β-лактоглобулин [14].

Пищевые характеристики и технологическая пригодность козьего и овечьего молока формируются их качественным составом.

В овечьем молоке белков, липидов, минеральных веществ витаминов содержится больше, чем в козьем и коровьем молоке. Оно обладает высокой пищевой ценностью, калорийность соответсвует 5932 кДж/кг [16,33].

Белки овечьего молока главным образом состоят из (термостабильного) казеина и (термочувствительных) белков сыворотки, которые ответственны за структуру и вязкость йогурта и придают уникальные свойства молоку овец. Эти особенности позволяют легкое преобразование молока в сыр и йогурт без дополнительного внесения сухих веществ в случае производства йогурта [49], включая стабилизаторы, сухое молоко или сконцентрированное молоко, полученное мембранной технологией. Йогурт, полученный из овечьего молока с высоким содержанием сухих веществ, обладает высокой прочностью сгустка и характеризуется минимальным синерезисом по сравнению с йогуртами, полученными из коровьего и овечьего молока [56].

Исследования вариантов казеина овечьего молока продемонстрировали эффективные подходы, которые можно применить для улучшения породы овец и получения молока с регулируемым составом молочных белков [9, 25].

Казеин овечьего молока имеет высокое количество полиморфизмов, что делает молоко овец особенно интересным для производства сыра. Поскольку у одного генотипа овец может быть выше содержание жира, белка и лактозы, что будет способствовать увеличению выхода сыра [40].

Концентрация белка, в основном включающая казеин, определяет технологическую пригодность молока. Казеин в молоке связывается с фосфатом кальция в виде коллоидных частиц, мицелл. Мицеллы характеризуются различными размерами в молоке от разных видов животных [42].

Уровень ионного кальция в молоке определяет концентрацию коллоидного фосфата кальция, который является структурным фактором и влияет на размер мицеллы казеина. Соли и минеральные вещества играют важную роль в процессе производства сыров [4]. Соотношение между фракцией кальция и азота также оказывает значительное влияние на производство сыров, так как это влияет на образование сгустка в ферментативной коагуляции.

Время тепловой коагуляции определяется не только кислотоемкостью молока, но также концентрацией сывороточных белков и ионов кальция [26]. Защитные взаимоотношения между белками молочной сыворотки и казеином встречаются в молоке, характеризующемся типичным содержанием сывороточных белков (отклонения могут быть вызваны маститом, воспалением молочной железы). С одной стороны, денатурированные сывороточные белки подвергаются процессу микрофлокуляции на поверхностях мицелл казеина (в соответствии с их термостойкостью: сывороточный альбумин, β-лактоглобулин и α-лактальбумин), что предотвращает их дальнейшую агрегацию. С другой стороны, взаимодействие с казеином препятствует доступу кальция к мицеллам, что приводит к повышенной коллоидной стабильности. Степень упомянутого защитного действия казеина на сыво-

роточные белки становится недостаточной при увеличении содержания последнего. Наиболее устойчивой к термообработке является молоко, характеризующееся молярным отношением β-лактоглобулина к к- казеину, которое равно 1. При термической обработке молока мелких жвачных возникают проблемы, связанные с их тепловой нестабильностью. В козьем молоке основными факторами являются высокая концентрация ионного кальция и низкая мицеллярная сольватация. Количество цитрата является значительным фактором, влияющим на концентрацию ионного кальция. Козье молоко содержит на 40% меньше цитратов, чем коровье молоко, 1037 мг/л и 1768 мг/л, соответственно.

Сывороточные белки являются второй основной группой белков, которая включает в себя преимущественно альбумины, представленные в молоке тремя основными фракциями: β-лактоглобулином, α-лактальбумином и сывороточным альбумином. По сравнению с коровьим молоком сывороточные белки из овечьего молока более чувствительны к нагреванию. Пастеризация овечьего молока при 65 °C в течение 30 мин вызывает денатурацию приблизительно 15% водорастворимых белков, тогда как в этих условиях денатурация белков коровьего молока составляет только 2,3% [51].

В молоке коз и овец находится существенное количество экзогенных аминокислот, которые полностью покрывают потребность человека в этих аминокислотах [24].

Овечье молоко содержит почти в два раза больше белка, чем козье и коровье молоко. Молекулярные формы белков и аминокислотные последовательности повышают пищевую ценность продуктов [17]. Овечье молоко имеет более высокое содержание серина, аланина, гистидина, валина и лизина, тогда как содержание цистина и глицина ниже. Высокая пищевая ценность овечьего молока также связана с содержанием пролина, которое влияет на производство гемоглобина [51].

Сыры и греческий йогурт из овечьего молока были описаны как источники биологически активных пептидов [11, 27]. Содержание биологически активных пептидов в греческом йогурте, полученном из молока овец, было значительно больше, по сравнению с йогуртом выработанном из коровьего молока. По словам авторов, самое логическое объяснение состоит в том, что молоко овец содержит большее белка, подверженного особому протеолизу, в результате чего обеспечивается больший выход биологически активных пептидов.

Овечье молоко обладает специфическими вкусовыми характерами и сливочной структурой из-за присутствия маленьких глобул жировых шариков, рассеянных в молоке, что способствует более легкому перевариваю. Отличительный аромат, называемый как овечий, наблюдается в молоке овец из-за уровней жирной кислоты, которые ответственны за этот уникальный букет. Этот аромат отражен в молочных производных овец, таких как масло и сыр [32, 35].

Молочная липаза овец катализирует и гидролизирует триглицериды, приводящие к производству жирных кислот, но деятельность липазы в молоке овец - приблизительно одна десятая этого в коровьем молоке. Кроме того в молоке овец зафиксирован более высокий уровень гидролиза для триглицеридов, содержащих жирные кислоты средней.

Традиционные молочные сыры овец, содержат липазы, ответственные за выпуск жирных кислот короткой и средней цепи в продовольственной матрице [30]. Эти компоненты важны в развитии правильных и характерных профилей аромата большинства разновидностей сыра [15].

Высокая дисперсность молочного жира, оказывает положительное влияние на доступ липолитических ферментов для мелких жировых шариков. Поэтому овечье и козье молоко является наиболее перевариваемым продуктом для людей.

Триацилглицериды составляют самую большую группу липидов (около 98%), и они включают большое количество этерифицированных жирных кислот. Профиль триацилглицеридов овечьего молока показывает сходство с показателем для коровьего молока. Однако овечье молоко имеет более высокий процент триацилглицеридов средней цепи (C26-C36), чем коровье молоко, и меньшую долю длинноцепочечных триацилглицеридов (C46-C54). Триацилглицериды средней цепи имеют более низкие температуры плавления и меньшие молекулярные размеры, сохраняются жидкими при комнатной температуре и являются менее плотными [10].

Одной из особенностей козьего молока является высокая концентрация коротко-цепочечных жирных кислот. Жир козьего молока, в сравнении жиром коровьего молока содержит на 54,6% больше C6:0, 69,9% – C8:0, 80,2 – C10:0 и менее 75%-кислоты C4:0.

Овечье молоко содержит значительное количество насыщенных жирных кислот, таких как капроновая (C 6:0), каприловая (C 8:0) и каприновая (C 10:0) кислоты. Низкие концентрации масляной кислоты способствуют

ингибированию in vitro линий рака человека. Каприловые и каприновые кислоты могут снизить массу тела и жировые отложения [38, 18]. Последние хорошо усваиваются, потому что они преимущественно гидролизуются из триацилглицеринов и переносятся непосредственно из кишечника в портальную циркуляцию без ресинтеза триацилглицеринов. Таким образом, они представляют собой быстрое снабжение энергией, особенно для субъектов, страдающих от недоедания или синдрома мальабсорбции жира, и существует лишь небольшая тенденция к образованию жиров [10]. Благодаря этому они могут способствовать снижению общего количества холестерина [15].

Наиболее преобладающими жирными кислотами в овечьем молочном йогурте являются олеиновая кислота, а затем пальмитиновая и миристиновая кислоты соответственно [44]. Сообщается, что рационы питания людей с высоким содержанием олеиновой кислоты снижают уровень холестерина [39].

Полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) в молоке овец главным образом состоят из линолевых (цис - 9, цис- 12 C18:2) и α-линоленовых (цис-9, цис-12, цис-15 C18:3) кислот, и меньших количеств их позиционных и геометрических изомеров [10] Моно- и полиненасыщенные жирные кислоты в овечьем молоке могут способствовать профилактике сердечно-сосудистых заболеваний из-за атерогенных и тромбогенных показателей [44].

Овечий молочный жир содержит один из самых высоких уровней конъюгированной линолевой кислоты (0,65 г конъюгированной линолевой кислоты / 100 г жирных кислот) [20]. Изомеры конъюгированной линолевой кислоты, которые появляются в больших количествах и имеют полезную функциональную ценность, представляют собой цис-9, транс-11 и транс-10, цис-12 конъюгированной линолевой кислоты с антиканцерогенной и липолитической активностью (эффект потери веса) соответственно [37, 13, 28].

Конъюгированная линолевая кислота проявляет интересную активность с физиологической точки зрения, усиливая антибиотический, антиканцерогенный, антидиабетический, антиоксидантный и иммунорегуляторный эффекты [58].

В овечьем молоке среднее содержание мононенасыщенных 21 г/100 г жирных кислот и полиненасыщенных жирных кислот составляет 4,7 г / 100 г жирных кислот [20].

Жир в молоке различных видов животных отличается по составу и состоянию дисперсии. Дисперсионное состояние молочного жира влияет на оптические, реологические и технологические параметры молока, такие как его цвет, вязкость, проводимость, скорость разделения, стабильность эмульсии и пригодность для производства сыра и масла [53].

Одним из присущих свойств коровьего молока является скорость отстаивания молока, которая определяется дисперсией жира наряду с концентрацией агглютининов. Если коровье молоко остается в полном покое в течение определенного количества времени, большая часть молочного жира будет подниматься на поверхность. Это происходит не только из-за размера жировых глобул, но также из-за наличия нативного белка, который выпадает на поверхность охлаждающихся жировых глобул. Название этого белка, криоглобулина, происходит от этого специфического свойства. Большие жировые глобулы будут мигрировать вверх с повышенной скоростью. Кроме того, одновременно сталкиваясь с другими, они будут создавать агрегаты. Весь процесс катализируется криоглобулином. Молоко коз, овец характеризуются значительно меньшей скоростью отстаивания, которая связана с отсутствием криоглобулина [21].

Кроме того, дисперсионное состояние молочного жира оказывает значительное влияние на технологические процессы в молочном производстве, поскольку оно определяет текстуру, аромат и физико-химические свойства сыра и масла.

Овечье молоко является богатым источником минералов (табл. 2). Уровни кальция, фосфора, магния, цинка, марганца и меди выше в овечьем молоке, чем в коровьем [33, 57].

Кальций и фосфор имеют фундаментальное значение для роста и формирования костной ткани, начиная с рождения ребенка [4, 54]. Биодоступность этих минералов делает овечье молоко ценным источником этих элементов. Кальций, связанный с казеином, как в органических, так и в минеральных формах, представляет собой доступный комплекс в процессе переваривания молока. Биодоступность кальция в овечьем молоке напрямую связана с высоким уровнем казеина [52].

Таблица 2

Содержание минералов и витаминов в молоке коров, коз и овец

Параметр	Коровье молоко	Козье молоко	Овечье молоко
Минералы			
Кальций (mg/100 g)	112,0 ± 14,5	130,0 ± 4,0	197,5 ± 2,5
Железо (mg/100 g)	0,1 ± 0,1	0,06 ± 0,0	0,1 ± 0,0
Магний (mg/100 g)	11,0 ± 0,5	14,5 ± 1,5	19,5 ± 3,0
Фосфор (mg/100 g)	91,0 ± 5,5	109 ± 12,0	141,0 ± 1,7
Калий (mg/100 g)	145,0 ± 11,5	185,5 ± 4,5	138,0 ± 2,0
Натрий (mg/100 g)	42,0 ± 6,5	39,5 ± 1,5	39,0 ± 7,0
Цинк (mg/100 g)	0,4 ± 0,0	0,43 ± 0,1	0,6 ± 0,1
Медь (mg/100 g)	следы	0,04 ± 0,0	0,1 ± 0,0
Селен (μg/100 g)	1,8 ± 1,3	1,665 ± 0,4	1,7 ± 1,0
Марганец (μg/100 g)	6,0 ± 0,0	8,0 ± 0,0	7,15 ± 1,8
Витамины			
Ретинол (μg/100 g)	35,0 ± 8,0	0,04 ± 0,0	64,0 ± 19,5
Каротиноиды (μg/100 g)	16,0 ± 8,0	следы	следы
Витамин А (μgRE/100g)	37,0 ± 8,0	54,32 ± 0,0	64,0 ± 5,5
Витамин Е (mg/100 g)	0,08 ± 0,01	0,04 ± 0,0	0,11 ± 0,01
Тиамин (mg/100 g)	0,04 ± 0,01	0,059 ± 0,0	0,07 ± 0,01
Рибофлавин (mg/100 g)	0,2 ± 0,01	0,175 ± 0,0	0,3 ± 0,02
Ниацин (mg/100 g)	0,13 ± 0,05	0,235 ± 0,0	0,41 ± 0,05
Пантотеновая кислота (mg/100 g)	0,43 ± 0,12	0,31 ± 0,0	0,43 ± 0,02
Витамин B_6 (mg/100 g)	0,04 ± 0,01	0,048 ± 0,0	0,07 ± 0,01
Витамин B_9 (фолиевая кислота) (μg/100 g)	8,5 ± 1,5	1,0 ± 0,0	6,0 ± 0,06
Витамин B_{7} (Биотин) (μg/100 g)	2,0 ± 0,5	1,75 ± 0,3	2,5 ± 0,0
Витамин B_{12} (μg/100 g)	0,5 ± 0,3	0,065 ± 0,0	0,66 ± 0,05
Витамин С (mg/100 g)	1,0 ± 0,5	1,295 ± 0,0	4,6 ± 0,4
Витамин D (μg/100g)	0,2 ± 0,1	0,15 ± 0,1	0,2 ± 0,0

Содержание витаминов в молоке овец в основном выше, чем в козьем и коровьем молоке (табл. 2), за исключением каротина и фолиевой кислоты, которые имеют более низкие концентрации [33,57]. В молоке овец высокое содержание рибофлавина. Справочное потребление питательного вещества рибофлавина (0,5 мг/день) может быть обеспечено двумя чашками (300 мл) молока овец. Молоко овец можно также считать источником витамина С, содержащегося в среднем 4,6 мг / 100 г [57]. Липиды овечьего молока являются источником витамина А и витамина Е. Витамин А может быть найден в молоке овец только как ретинол Витамин Е найден в трех формах (α-, β-, и γ-токоферолы), преобладающей формой является α-токоферол [20]. Высокая концентрация витамина А в молоке овец по сравнению с коровьим, обеспечивает гомогенный белый цвет молока, в противоположность желтоватому цвету коровьего молока из-за присутствия каротиноидов. Содержание других витаминов в молоке овец в основном значительно выше, их содержания в козьем и коровьем молоке [32].

Овечье молоко имеет высокую питательную ценность и высокую концентрацию белков, жиров, минералов и витаминов по сравнению с молоком других домашних видов. Физико-химические и пищевые характеристики овечьего молока могут быть ценными для производства продуктов, содержащих пребиотические ингредиенты и / или пробиотические бактерии, которые являются основными характеристиками функциональных продуктов питания.

В последние годы наблюдается быстрый рост рынка на продукты питания, которые влияют на конкретные функции или системы в организме человека, обеспечивая преимущества для здоровья за пределами продуктов питания и питательных веществ. Этот рост подпитывается технологическими инновациями, разработкой новых продуктов и растущим числом потребителей, заботящихся о своем здоровье, заинтересованных в продуктах, улучшающих качество жизни. Поскольку глобальный рынок функциональных продуктов растет ежегодно, развитие продуктов питания является ключевым приоритетом исследований и вызовом, как для промышленности,

так и для научного сообщества. Пробиотики демонстрируют значительные перспективы для расширения молочной промышленности, особенно в таких конкретных секторах, как йогурты, сыры, напитки, мороженое и другие продукты.

Функциональные продукты, содержащие пребиотики и пробиотики, являются частью новой рыночной ниши, которая направлена на признание потребителями, удовлетворение спроса и принятие ее. При этом важным является применение достаточно новых направлений в технологии обогащенных молочных продуктов, таких как нано- и биотехнологии. Биополимерные нано- и микрочастицы, изготовленные из белков или полисахаридов, могут быть использованы в качестве систем доставки или для модуляции физико-химических и сенсорных характеристик пищевых продуктов, при этом овечье молоко является весьма перспективным сырьевым ресурсом для производства пищевой матрицы и трансфера активных компонентов в организм человека.

ЛИТЕРАТУРА

1. Abd El-Salam M. H., El-Shibiny S. A comprehensive review on the composition and properties of buffalo milk // Dairy Sci Technol. 2011. Vol. 91. P. 663–699
2. Allergy to goat and sheep cheese with tolerance to cow's milk and its derivatives / M. Vinãs, J. Carnés, MA. López-Matas, N. Hernández, MJ. Castillo, M. Ibero // Allergol Immunopathol. 2014. Vol. 42. P. 186–190.
3. Allergy to goat and sheep milk without allergy to cow's milk / S. Ah-Leung, H. Bernard, E. Bidat, E. Paty, F. Rancé, P. Scheinmann, J. M. Wal // Allergy. 2006. Vol. 61 P.1358–1365.
4. Al-Wabel N. A. Mineral contents of milk of cattle, camels, goats, and sheep in the central region of Saudi Arabia // Asian J. Biochem. 2008. № 3. P. 373–375.
5. Amenu B., Deeth H.C. The impact of milk composition on cheddar cheese manufacture // Aust J Dairy Tech. 2007. Vol. 62. P. 171–184.
6. Amigo L., Recio I., Ramos M. Polymorphism of ovine milk proteins: its influence on technological properties of milk – a review // Int Dairy J Genetic. 2000. Vol. 10. P. 135–149.
7. Are camel milk proteins convenient to the nutrition of cow milk allergic children? / E.I. El-Agamy, M. Nawar, SM. Shamsia, S. Awad, GFW. Haenlein // Small Ruminant Res. 2009. Vol. 82. P. 1–6.
8. B a r ł o w s k a J. , L i t w i ń c z u k Z. Technological usefulness of milk from two local breeds maintained in the regions with great grassland share / / Arch. Tierzucht. (Dummerstorf), Special Issue. 2006. Vol. 49. P. 207–213.
9. Barillet F. Genetic improvement for dairy production in sheep and goats // Small Ruminant Res. 2007. Vol. 70. P. 60–75.
10. Bioactive compounds in sheep milk. In: Park YW, editor. Bioactive compounds in milk and dairy products / I. Recio, A de la Fuente, M. Juárez, M. Ramos // Iowa: Wiley-Blackwell. 2009. P. 83–104, Chapter 4.
11. Bioactive peptides in water-soluble extracts of ovine cheeses from Southern Brazil and Uruguay / SMM. Meira, D.J. Daroit, VE. Helfer, APF. Corrêa, J. Segalin, S. Carro, A. Brandelli // Food Res Int. 2012. Vol. 48. P. 322–329.
12. Biochemical patterns in ovine cheese: influence of probiotic strains / M. Albenzio, A. Santillo, M. Caroprese, R. Marino, A. Trani, M. Faccia // J. Dairy Sci. 2010. Vol. 93. P. 3487–3496.
13. Changes in the milk and cheese fat composition of ewes fed commercial supplements containing linseed with special reference to the CLA content and isomer composition / P. Luna, J. Fontecha, M. Juárez, MA. de al Fuente // Lipids. 2005. Vol. 40. P. 445–454.
14. Characterization of two new alleles at the goat CSN1S2 locus / L. Ramunno, G. Cosenza, M. Pappalardo, E. Longobardi, D. Gallo, N. Pastore, P. Di Gregorio, A. Rando // Anim Genet. 2001. Vol. 32(5). P. 264–268.
15. Composition of goat and sheep milk products: an update // K. Raynal-Ljutovac, G. Lagriffoul, P. Paccard, I Guillet, Y. Chilliard // Small Rum Res. 2008. Vol. 79. P. 57–72.
16. Composition, physicochemical properties, nitrogen fraction distribution, and amino acid profile of donkey milk / H.Y. Guo, K. Pang, XY. Zhang, L. Zhao, SW. Chen, ML. Dong, FZ. Ren // J Dairy Sci. 2007. Vol. 90(4). P. 1635–1643.
17. Consumption of raw or heated milk from different species: an evaluation of the nutritional and potential health benefits / WL. Claeys, C. Verraes, S. Cardoen, J. De Block, A. Huyghebaert, K. Raes, K. Dewettinck, L. Herman // Food Contr. 2014. Vol. 42. P. 188–201.
18. Effect of free fatty acids and lysolipids on cellular uptake of doxorubicin in human breast cancer cell lines / N. Rasmussen, J.H. Andersen, H. Jespersen, O. G. Mouritsen, H. J. Ditzel // Anticancer Drugs. 2010. Vol. 21. P. 674–677.
19. El-Agamy EI. The challenge of cow milk protein allergy // Small Ruminant Res. 2007. Vol. 68. P. 64–72.
20. Fatty acids and fat-soluble vitamins in ewe's milk predicted by near infrared reflectance spectroscopy. Determination of seasonality / I. Revilla, O. Escuredo, M I. González-Martín, C.Palacios // Food Chem. 2017. Vol. 214. P. 468–477.
21. Fox P.F. The major constituents of milk. In: Smit G, editor. Dairy processing improving quality. Cambridge, England : Woodhead Publishing Limited. 2003. P. 6–41.
22. Gaucheron F. The minerals of milk // Reprod Nutr Dev. 2005. Vol. 45. P. 73–83.

23. Genetic polymorphism of whey protein genes β-LG and α-LA in three Egyptian sheep breeds / O.E. Othman, E.l. Fiky, N.A. Hassan, E.R. Mahfouz, E.A. Balabel // J Applied Biol. Sci. 2012. Vol. 6 (3). P. 25–30.

24. Gerchev G., Mihaylova G., Tsochev I. Amino acid composition of milk from Tsigai and Karakachanska sheep breeds in the central Balkan mountains // Biotech Anim Husbandry. 2005. Vol. 21. P. 111–115.

25. Giambra I. J., Jäjer S. , . Erhardt G Isoelectric focusing reveals additional casein variants in German sheep breeds // Small Ruminant Res . 2010c. Vol. 90. P. 11–17.

26. Heat stability and enzymatic modifications of goat and sheep milk / K. Raynal-Ljutovac, Y.W. Park, F. Gaucheron, S. Bouhallab // Small Ruminant Res. 2007. Vol. 68. P. 207–220.

27. Identification of peptides in traditional and probiotic sheep milk yoghurt with angiotensin I-converting enzyme (ACE)-inhibitory activity / C. G. Papadimitriou, A. Vafopoulou-Mastrojiannaki, S. V. Silva, A. M. Gomes, F. X. Malcata, E. Alichanidis // Food Chem. – 2007. Vol. 105. P. 647–656.

28. Influence of organic systems on milk fatty acid profile and CLA in goats. / Tudisco R, Cutrignelli MI, Calabro S, Piccolo G, Bovera F, et al. // Small Ruminant Research. 2010. Vol.88. P. 151–155.

29. Investigating the genetic polymorphism of sheep milk proteins: an useful tool for dairy production / M. Selvaggi, V. Laudadio, C. Dario, V. Tufarelli // J Sci Food Agric. 2014a. Vol. 94. P. 3090–3099.

30. Jacob M., Jaros D., Rohm H. Recent advances in milk clotting enzymes // Int J Dairy Technol. 2011. Vol. 64. P. 14–33.

31. Jaworski J, Kuncewicz A. Właściwości fizykochemiczne mleka. In: Ziajka S, editor. Mleczarstw. Olsztyn, Polska: Wyd. UWM. 2008.

32. Jooyandeh H., Aberoumand A. Physico-chemical, nutritional, heat treatment effects and dairy products aspects of goat and sheep milks // World App Sci J. 2010. Vol. 11. P. 1316–1322.

33. Major proteins in goat milk: an updated overview on genetic variability / M. Selvaggi, V. Laudadio, C. Dario, V. Tufarelli // Mol Biol Rep. 2014b. Vol. 41. P. 1035–1048.

34. Masoodi T.A., Shafi G. Analysis of casein alpha S1 & S2 proteins from different mammalian species // Bioinformation. 2010. Vol. 4. P. 430–435.

35. Massouras T.G., Maragoudakis S., Hadjigeorgiou I. Differences in Sheep Milk Characteristics Focusing on Fatty Acid Profile Between Conventional and Organic Farming System // Arch Diary Res Technol: ADRT-104. 2018. DOI: 10.29011/ADRT- 104. 100004

36. Milani F. X., Wendorff W. L. Goat and sheep production in the United States (USA) // Small Ruminant Res. 2011. Vol. 101. P. 134–139.

37. Milk production, CLA content, and in vitroruminal fermentation in response to high levels of soybean oil in dairy ewe diet / P. Gómez-Cortés, G. Hervás, AR. Mantecón, M. Juárez, MA. de la Fuente, P. Frutos // J Dairy Sci. 2008. Vol. 91. P. 1560–1569.

38. Modulation of butyrate anticancer activity by solid lipid nanoparticle delivery: an in vitro investigation on human breast cancer and leukemia cell lines / F. Foglietta, L. Serpe, R. Canaparo, N. Vivenza, G. Riccio, E. Imbalzano, P. Gasco, GP. Zara // J Pharm Pharm Sci. 2014. Vol. 17. P. 231–247.

39. Molkentin J. Occurrence and biochemical characteristics of natural bioactive substances in bovine milk lipids // British J Nutr. 2000. Vol. 84. P. 47–53.

40. Nutritional properties of small ruminant food products and their role on human health / M. Albenzio, A. Santillo, M. Avondo, A. Nudda, S. Chessa, A. Pirisi, S. Banni // Small Ruminant Res. 2016. Vol. 135. P. 3–12.

41. Nutritional value and technological suitability of milk from various animal species used for dairy production / J Barłowska, M. Szwajkowska, Z. Litwinczuk, J. Król // Compr Rev Food Sci Food Safety. 2011. Vol. 10. P. 291–302.

42. Physicochemical characteristics and renneting properties of camels' milk: a comparison with goats', ewes' and cows' milks / S. Bornaz, ALI. Sahli, A. Attalah, H. Attia // Int J Dairy Technol. 2009. Vol. 62(4). P. 505–513.

43. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk / Y.W. Park, M.Juárez, M. Ramos, GFW. Haenlein // Small Ruminants Res. 2007. Vol. 68. P. 88–113.

44. Physicochemical evaluation of sheep milk yogurts containing different levels of inulin / CF. Balthazar, CA. Conte-Junior, J. Moraes, MP. Costa, RSL. Raices, RM. Franco, AG. Cruz, ACO. Silva // J. Dairy Sci. 2016. Vol. 99. P. 4160–4168.

45. Prosekov A. Yu., S.A. Ivanova Providing food security in the existing tendencies of population growth and political and economic instability in the world// Foods and Raw Materials. 2016. T. 4. № 2. C. 201–211.

46. Prosekov A.Yu., Babich O. O. Bespomestnykh K.V. Identification of industrially important lactic acid bacteria in foodstuffs // Foods and Raw Materials. 2013. T. 1. № 2. C. 42–45.

47. Ramos M, Juarez M. Sheep milk. In: Roginski H, Fuquay JW, Fox PF, editors. Encyclopedia of dairy sciences. Amsterdam, The Netherlands: Academic Press. 2003. Vol. 4. P. 2539–2545.

48. Scintu M.F, Piredda G. Typicity and biodiversity of goat and sheep milk products // Small Ruminant Res. 2007. Vol. 68. P. 221–231.

49. Tamime AY. Wszolek M., Božanić R., Özer B. Popular ovine and caprine fermented milks // Small Ruminant Res. 2011. Vol. 101. P. 2–16.

50. Technical note: a novel method for routine genotyping of the G allele of β-casein (CSN2) and T allele of κ-casein (CSN3) in a sheep population using LightCycler / Z. Sztankóová, J. Kyselová, J. Rychtárová, V. Czerneková // J Anim Sci. 2011. Vol. 89. P. 3843–3845.

51. The effect of the photoperiod and exogenous melatonin on the protein content in sheep milk. In: Hurley WL, editor / E. Molik, G. Bonczar, T. Misztal, A. Zebrowska, D. Zieba // Milk protein. 1st ed.Rijeka: Intech. 2012. P. 325–340.

52. The overall and fat composition of milk of various species / V. Gantner, P. Mijić, M. Baban, Š. Zoran, T. Alka // Mljekarstvo. 2015. Vol. 65. P. 223–231.

53. The size of native milk fat globules affects physico-chemical and functional properties of Emmental cheese / M.C. Michalski, B. Camier, V. Briard, N. Leconte, J.Y. Gassi, H. Goudédranche, F. Michel, J. Fauquant // Lait. 2004. Vol. 84. P. 343–358.

54. The size of native milk fat globules affects physico-chemical and sensory properties of Camembert cheese / M. C. Michalski, J.Y. Gassi, M.H. Famelart, N. Leconte, B. Camier, F. Michel, V. Briard // Lait. 2003. Vol. 83. P. 131–143.

55. Wendorff W.L. Freezing qualities of raw ovine milk for futher processing. / W.L. Wendorff // J Dairy Sci. 2001. Vol. 84. P. 74–78.

56. Wendorff WL. Sheep milk and milk products: composition. In: Pond WG, Bell AW, editors. Encyclopedia of animal science. New York: Marcel Dekker. 2005.

57. Wijesinha-Bettoni R, Burlingame B. Milk and dairy product composition. In: Muehlhoff E, Bennett A, McMahon D, editors. Milk and dairy products in human nutrition. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2013. Chapter 3. P. 42–102.

58. Yuan G.F. Chen X.E., Li D. Conjugated linolenic acids and their bioactivities: a review // Food Funct. 2014. Vol. 25. P. 1360–1368.

59. Zlatanos S. CLA content and fatty acid composition of Greek Feta and hard cheeses. / S. Zlatanos, K. Laskaridis, C. Feist, A. Sagredos // Food Chem. 2002. Vol. 78. P. 471–477.

ОБ АВТОРАХ

Вобликова Татьяна Владимировна, кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Ставропольский государственный аграрный университет", Ставрополь, Россия, e-mail:tppshp@mail.ru, тел.: +9054913034, Orcid номер 0000-0001-6306-8414

Voblikova Tatyana Vladimirovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Federal state budgetary educational institution of higher education "Stavropol state agrarian University", Stavropol, Russia, e-mail:tppshp@mail.ru, phone number: +9054913034, Orcid number 0000-0001-6306-8414

Кригер Ольга Владимировна, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

Krieger Olga Vladimirovna, Doctor of Engineering, professor, FGBOU VO "Kemerovo state University»

Дата поступления в редакцию: 22.02.2019 г.
После рецензирования: 04.03.2019 г.
Дата принятия к публикации: 15.05.2019 г.

Е. А. Чеботарев [E. Al. Chebotaryov]

УДК 637.232.14.001
DOI 10.33236/2307-910X-2019-2-26-176-182

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЖИРОВЫХ ШАРИКОВ В МЕЖТАРЕЛОЧНЫХ ПРОСТРАНСТВАХ В ПРОЦЕССЕ СЕПАРИРОВАНИЯ

EXPERIMENTAL STUDY OF THE DISTRIBUTION OF FAT GLOBULES IN INTER-TERRITORIAL SPACES DURING SEPARATION

Северо-Кавказский федеральный университет

Аннотация. *Значительное влияние на основы как элементарной, так и гидродинамической теории сепарирования оказывают исследования распределения выделяемых фракций в межтарелочных пространствах. Необходимость развития подобных исследования возникла при создании научно-технических основ совершенствования процессов и технологии центробежного выделения дисперсных фаз из молочной сыворотки.*

Материалы и методы. *Для таких исследований использовался прибор для отбора проб сыворотки из вращающегося барабана сепаратора. При отборе проб жидкости из вращающегося барабана капиллярная отборная трубка в укладывалась в межтарелочное пространства, а прибор закреплялся на горловине сепаратора. Проводился отбор проб подсырной сыворотки их 5 точек, в которых определялось содержание жира и распределение жировых шариков по размерным классам.*

Результаты и обсуждения. *Экспериментально исследованы распределения жировых шариков в межтарелочных пространствах барабана сепаратора – экспериментальной установки в процессе сепарирования натуральной подсырной сыворотки. Отбор проб продуктапроизводился непосредственно из межтарелочных пространств вращающегося барабана сепаратора. Их дисперсный анализ позволил спрогнозировать картину движения легких дисперсных частиц в межтарелочном зазоре.*

Заключение. *Анализ полученных данных позволил сделать вывод о возможных причинах недостаточно эффективного выделения молочного жира из подсырной сыворотки в двухсекционном барабане сепаратора.*

Ключевые слова: экспериментальная установка, межтарелочные пространства, сепарирование, подсырная сыворотка, дисперсный анализ.

Abstract. *Research into the distribution of fractions in the inter-plate spaces has a significant impact on the fundamentals of both elementary and hydrodynamic theory of separation. The need to develop such research arose when creating the scientific and technical basis for improving the processes and technology of centrifugal separation of dispersed phases from whey.*

Materials and methods. *The distribution of fat globules in pilot separatorinstallation inter-disk spaces during the separation of natural cheese whey is studied. Product sampling carried outdirectly from the inter-disk spaces of the separatorrotating drum. Their dispersionanalysis allowspredicting the pattern oflight dispersed particles motion in the inter-plate gap.*

Results and discussions. *For such studies, an instrument was used to sample the whey from the rotating drum of the separator. When sampling fluid from a rotating drum, the capillary sampling tube was placed in the inter-plate space, and the device was fixed on the mouth of the separator. Cheese whey samples were sampled from 5 points, where the fat content and the distribution of fat globules by size classes were determined.*

Conclusion. *The analysis of the obtained data allowed concluding about the possible reasons for the insufficiently effective extraction of milk fat from cheese whey in the two-section separator drum.*

Key words: pilot separator installation, inter-disk spaces, separation, cheese whey, disperse analysis.

Введение. Сепарирование является одним из основных процессов молочной промышленности. Сформулированы и развиваются теоретические основы процессов сепарирования. В результате сложилось два направления теории сепарирования (математического моделирования процесса тонкослойного центробежного разделения): элементарная теория сепарирования [1] и гидродинамическая теория сепарирования [2]. Первая из них базируется на рассмотрении движения дисперсных фаз в межтарелочном пространстве, вторая – на рассмотрении движения потока (сходящегося или расходящегося) в пространстве между тарелками (вставками).

При кажущемся различном подходе к теоретическому (и математическому) обоснованию процесса центробежного разделения эти теории не следует считать взаимоисключающими, поскольку они, так или иначе, дополняют друг друга. Именно такой подход во многом определяет современное развитие исследований в области

процессов сепарирования и может быть применен при создании научно-технических основ совершенствования процессов центробежного выделения дисперсных фаз в барабанах сепараторов.

Значительное влияние на основы как элементарной, так и гидродинамической теории сепарирования оказывают исследования распределения выделяемых фракций в межтарелочных пространствах. Впервые такие исследования были проведены Н.Н.Липатовым [3], которому удалось, устанавливая капиллярную трубку в межтарелочныйзазор и используя специальный прибор для взятия проб жидкости, проанализировать распределение фракций в межтарелочном пространстве сепаратора-разделителя и сепаратора-осветлителя. Хотя опыты проводились на сепараторе с ручным приводом, но онистали, по сути, основополагающими для исследований в этом направлении.

Необходимость развития подобных исследования возникла при создании научно-технических основ совершенствования процессов и технологии центробежного выделения дисперсных фаз из молочной сыворотки.

Материалы и методы. Прибор, примененный для отбора проб сыворотки из вращающегося барабана сепаратора – экспериментальной установки приведен на рисунке 1. На его конструкцию получено авторское свидетельство СССР за № 1086360 [4].

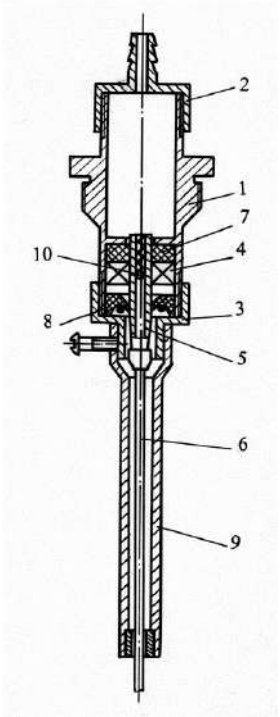


Рис. 1. Прибор для отбора проб жидкости из вращающегося барабана сепаратора: 1 – корпус; 2, 3 – крышки; 4 – подшипник; 5 – полый вал; 6 – пробоотборная трубка; 7, 8 – уплотнения; 9 – наконечник; 10 – обратный клапан

Прибор состоит из корпуса 1 виде полого цилиндра, имеет две крышки: верхнюю 2 и нижнюю 3. В нижней части корпуса прибора установлен шарикоподшипник 4 с вращающимся в нем полым валом 5, на который надевается сменная заборная трубка 6. С верхней стороны вал герметизируется манжетным 7, а с нижней – фторопластовым 8 уплотнениями. Разрежение внутри корпуса создается подключением к штуцеру верхней крышки 2 вакуумного насоса.

Для предотвращения срыва и обрыва пробоотборной трубки, что достаточно часто происходит при наборе барабаном рабочей частоты вращения, в нижней части прибора установлен трубчатый наконечник 9, обеспечивающий промежуточную опору отборной трубки, вращающейся вместе с барабаном сепаратора.

Сопрягаемые поверхности наконечника отборной трубки и полого вала выполнены коническими, что позволяет притирать их друг к другу. Для устранения вытекания отобранной пробы из корпуса в полости насадки 5 установлен обратный клапан 10.

При отборе проб жидкости из вращающегося барабана капиллярная отборная трубка в межтарелочном пространстве, а прибор на горловине сепаратора устанавливались по схеме, изображенной на рис. 2.

Медная отборная трубка 3 с наружным диаметром 1,2 мм и внутренним диаметром – 0,4 мм продевалась через трубчатый наконечник прибора и вставку 9, изготовленную из эластичной резины. Последняя, как и наконечник, центрует отборную трубку и повышает надежность работы установки. Затем осуществляется сборка барабана, в ходе которой конец отборной трубки устанавливается в исследуемой точке межтарелочного пространства. Для этого нижняя тарелка 1, обеспечивающая периферийную подачу продукта, имела отверстие, расположенное соосно с одним из вертикальных каналов 4 в пакетах, а нижняя тарелка исследуемого межтарелочного пространства 2 – специальное углубление.

Собранный барабан одевался на вал, а на станине сепаратора устанавливались приемник для сливок 10, приемник для обезжиренной фракции 11 и горловина 12. При этом отборная трубка вместе с трубчатым наконечником выводились наружу. Наконечник отборной трубки одевался на полый вал, а трубчатый наконечник на цилиндрическую часть нижней крышки. Наконечник фиксировался стопорным винтом.

Установка прибора 5 на горловине сепаратора осуществлялась при помощи специальной крестовины, состоящей из наружного кольца 8 гайки 6. Гайка и кольцо соединены распорками 7 с резьбой, что позволяло осуществлять центровку прибора по оси вращения барабана.

После набора барабаном рабочей скорости вращения в него подавалась сыворотка. Через 3-4 минуты с начала сепарирования начинался отбор пробы продукта. Для этого включается вакуумный насос. Отбор пробы осуществляется в течение 8…12 минут, с тем, чтобы он не нарушал ход процесса сепарирования. По окончании отбора пробы сепарирование прекращали, и барабан сепаратора останавливается без торможения. После остановки барабана сепаратора отобранная проба выливалась из корпуса прибора и исследовалась.

Схема расположения точек отбора проб и укладки конца отборной трубки в межтарелочном пространстве показана на рисунке 3. Для исследования распределения жировых шариков в межтарелочном пространстве, расположенном в средней части разделительной секции, было выбрано 5 точек. Три из них (1,2 и 3) располагаются на образующей конической поверхности тарелки, проходящей через центр отверстия для вывода продукта, две другие (4 и 5) лежат на образующей тарелки, расположенной между отверстиями. Такое расположение точек отбора проб позволяет охватить исследованиями наиболее характерные точки межтарелочного пространства.

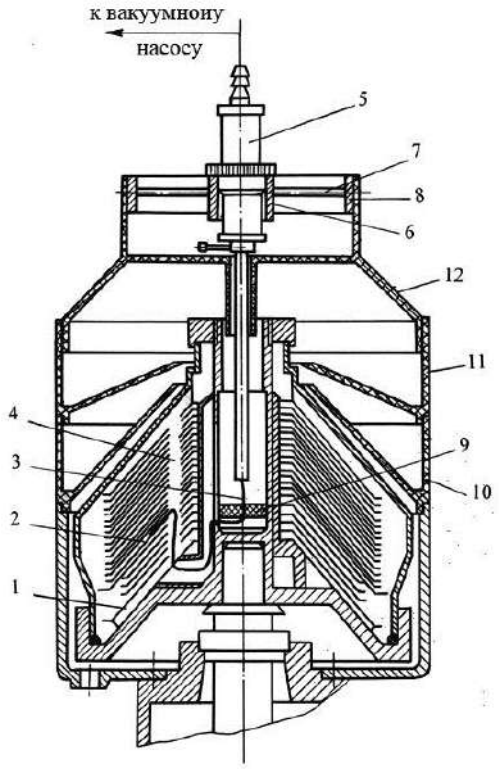


Рис. 2. Схема установки отборной трубки в барабане и прибора для отбора проб на горловине сепаратора:
1 – тарелка нижняя; 2 – исследуемое межтарелочное пространство; 3 – пробоотборная трубка; 4 – вертикальный канал, образованный отверстиями в тарелках; 5 – прибор для отбора проб жидкости из вращающегося барабана сепаратора; 6 – гайка; 7 – распорки; 8 – кольцо; 9 – вставка; 10 – приемник для сливок; приемник для обезжиренного продукта; 12 – горловина

Содержание жира в образцах определяли кислотным методом по стандартной методике с использованием жиромеров с диапазоном измерения от 0 до 0,5%.

Для исследования распределения в молочной сыворотке молочного жира использовали микроскоп и микрофотонасадку. Образцы сыворотки помещали в камеру Горяева и выдерживали около 30 минут для всплывания жировых шариков.

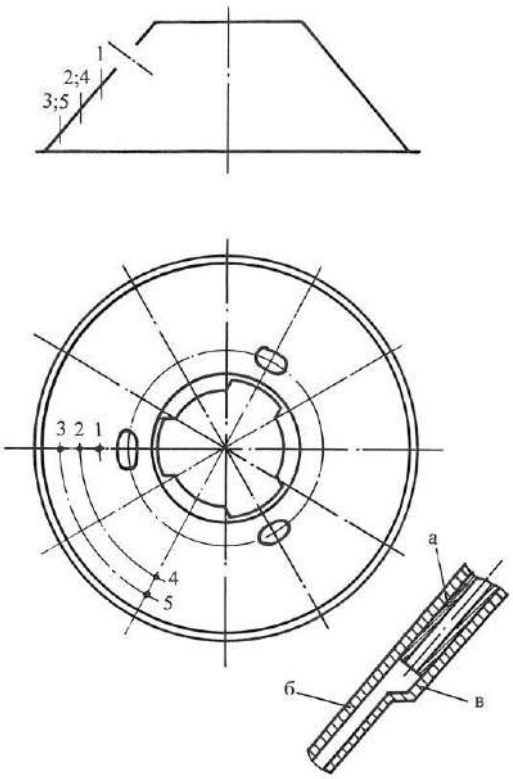


Рис. 3. Точки отбора проб и схема расположения отборной трубки в межтарелочном пространстве:
1, 2, 3, 4, 5 – точки отбора проб; а – отборная трубка; б – верхняя тарелка; в – нижняя тарелка

Результаты и обсуждение. Микрофотографирование отобранных во всех точках образцов, а также исходной и просепарированной подсырной сыворотки позволило определить распределение в них жировых шариков по размерным классам.

В табл. 1 приведена характеристика образцов исходной, просепарированной и отобранных из различных точек межтарелочного пространства подсырной сыворотки.

Таблица 1

Характеристика образцов, полученных при сепарировании подсырной сыворотки и отборе проб из вращающегося барабана сепаратора

Место отбора образцов	Содержание жира, %	Среднее количество жировых шариков в одном поле зрения, шт.	Средний диаметр жировых шариков*, мкм
Сыворотка исходная	0,204	84,5	3,05
Сыворотка обезжиренная	0,061	48,2	2,68
Точка 1	0,305	97,8	3,32
Точка 2	0,317	112,1	3,20
Точка 3	0,163	71,7	2,99
Точка 4	0,342	159,3	3,00
Точка 5	0,190	81,3	2,91

* средний диаметр жировых шариков определялся по формуле.

$$D_{cp} = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^{n} N_i D_i^3}{\sum_{i=1}^{n} N_i}}, \quad (1)$$

где $D_{ср}$ – средний диаметр жирового шарика, мкм;N_i– число жировых шариков по размерным классам; D_i – средний диаметр размерного класса жировых шариков, мкм.

Сравнивая дисперсные характеристики образцов, отобранных из межтарелочного пространства, исходной и просепарированной подсырной сыворотки, можно прийти к следующим выводам.

Количество жировых шариков, проходящих через точку 1, в 1,16 раз превышает их число в исходном продукте. Интересно то, что рост числа жировых шариков сопровождается увеличением количества жировых шариков размером от 1 мкм до 2 мкм и от 2 мкм до 3 мкм и в некоторой мере крупных жировых шариков (более 6 мкм).

Изменение количества крупных жировых шариков обусловлено, по-видимому, коагуляцией более мелких частиц. Рост числа жировых шариков повысил жирность продукта в точке 1 в 1,5 раза по сравнению с исходным продуктом.

В таблице 2 дана характеристика дисперсного состава молочного жира этих образцов.Сепарирование позволило в 1,75 раза снизить число жировых шариков в подсырной сыворотке, но жирность продукта снизилась при этом только до 0,083 %. Тем не менее, обезжиренная сыворотка характеризуется наличием заметного числа жировых шариков крупнее 2 мкм (более половины всех жировых шариков). Следовательно, процесс центробежного разделения идет недостаточно эффективно.

Продукт, отобранный в точке 2, как и продукт из точки 1 отличает от исходной подсырной сыворотки более высокое содержание жира. Кроме того, этот образец характеризуется более высоким, по сравнению с исходной сывороткой и образцом из точки 1, числом жировых шариков размером меньше 7 мкм, особенно наиболее мелких (диаметром до 1 мкм), количество которых ниже почти в 1,5 раза. При росте числа жировых шариков в точке 2 жирность этого образца по сравнению с исходной сывороткой ниже на 55,4%.

Таблица 2

Характеристика дисперсного состава молочного жира образцов подсырной сыворотки

Место отбора проб	**Среднее количество жировых шариков в одном поле зрения микроскопа, шт., по размерным классам, мкм**										
	до 1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	более 10
Сыворотка исходная	7,0	30,6	28,0	10,0	5,8	1,9	0,6	0,3	0,2	0,1	-
Сыворотка обезжиренная	5,7	17,0	16,6	6,1	1,8	0,8	0,2	-	-	-	-
Точка 1	7,8	34,9	29,2	14,5	6,4	2,8	0,8	0,5	0,4	0,2	0,3
Точка 2	11,3	39,6	35,1	14,5	6,4	3,1	1,0	0,3	0,3	0,3	0,2
Точка 3	5,5	24,5	24,9	10,1	4,4	1,4	0,5	0,2	0,2	-	-
Точка 4	23,3	77,3	36,7	10,7	5,5	2,6	1,3	0,7	0,4	0,4	0,4
Точка 5	6,7	27,9	31,3	8,8	3,4	1,8	0,8	-	-	-	-

Характеристика продукта из точки 3, как видно из табл. 2, значительно отличается от продуктов из точек 1 и 2. Во-первых, жирность его и количество жировых шариков меньше. Чем в исходной сыворотке. Это говорит о том, что линия раздела фаз находится между точками 2 и 3. Во-вторых, в продукте, отобранном в точке 3 меньше чем в продуктах из точек 1 и 2 жировых шариков всех размерных классов, в том числе и наименьших диаметров.

Сыворотка в точке 3 больше чем в 2 раза жирнее обезжиренной, хотя расстояние от этой точки до края тарелки сравнительно невелико и едва ли на этом отрезке происходит такое изменение жирности. Явление это возникает, по-видимому, вследствие прохождения по периферии барабана необезжиренной сыворотки. При этом некоторые, наиболее крупные жировые шарики, попадают в межтарелочные пространства, и их присутствие влияет на характеристику сыворотки, отобранной в точке 3.

Точка 4 равноудалена от оси вращения с точкой 2. Но жирность продукта из точки 4 выше, чем из точки 2 и превышает исходную жирность почти в 1,7 раза. Такое различие жирности продукта в расположенных на одном расстоянии от оси вращения точках 2 и 4 хорошо согласуется с результатами подобных исследований по распределению жировых шариков при сепарировании молока [1] и подтверждает расположение точки 4 в зоне интенсивного движения сливок. В точке 4 количество жировых шариков самое большое из всех изученных точек.

Их дисперсный состав характеризуется большим числом жировых шариков размером менее 3 мкм, особенно диаметром 1 и 2 мкм. Число последних почти вдвое больше, чем в продукте из точки 2. Это опять же подтверждает расположение точки 4 в зоне интенсивного потока сливок.

Точка 5 расположенная с точкой 3 на одном расстоянии от оси вращения. Как и в точке 3 жирность продукта в точке 5 ниже жирности исходной сыворотки, то есть линия раздела фаз располагается выше точки 5.

Приняв во внимание различие в жирности исходной сыворотки, тем не менее, можно отметить, что точка 5 характеризуется бóльшим скоплением жировых шариков, чем точка 3. По-видимому, такое различие связано с траекторией движения крупных жировых шариков из шламового пространства в межтарелочные пространства.

В точке 5 радиальная составляющая скорости движения жидкости меньше, чем в точке 3, что несколько уменьшает унос жировых шариков из межтарелочных пространств.

Можно предположить, что именно в этой зоне происходит выделение жировых шариков, попавших в межтарелочные пространства с периферии барабана. Кроме того, точка 5 находится ближе к зоне интенсивного движения сливок, чем точка 3.

С удалением от оси вращения уменьшается величина среднего диаметра жирового шарика. Если в точке 1 средний диаметр жирового шарика больше, чем в исходной сыворотке и составляет 3,32 мкм, то в точках 3 и 5, расположенных близко к отбортовкам тарелок, данная величина уменьшается соответственно до 2,99 мкм и 2,91 мкм.

Необходимо отметить, что точка 2, имея меньшее содержание жира, содержит жировые шарики большего среднего диаметра, чем точка 4. Аналогичное соотношение и в точках 3 и 5.

Характеристику дисперсного состава молочного жира образцов, отобранных из межтарелочного пространства можно представить в виде интегральных функций распределения жировых шариков

$$D(\delta) = \frac{100}{\sqrt{2\pi}\, lg\, \sigma} \int_{-\infty}^{lg\,\delta} exp\left[-\frac{lg\,\delta - lg\,\delta_{50}}{2\, lg^2\, \sigma} \right]^2 d\left(lg\,\delta\right), \qquad (2)$$

где $D(\delta)$ – суммарный относительный выход жировых шариков в пределах от – ∞ до $lg\,\delta$, т.е. В интервале размеров от 0 до δ, %;

Функции представляют собой прямые линии и могут быть, по аналогии с жировыми шариками молока, описаны формулами нормально-логарифмического закона [5].Коэффициенты, входящие в формулы этих нормально-логарифмических распределений, приведены в табл. 3.

Таблица 3

Параметры функции нормально-логарифмического распределения жировых шариков в образцах, отобранных из межтарелочного пространства разделительной секции

Место отбора пробы	**Параметры нормально-логарифмической функции**	
	медиана распределения (D_{50}), мкм	среднеквадратичное отклонение логарифмов диаметров ($lg\sigma$)
1	2	3
Точка 1	1,65	0,260
Точка 2	1,57	0,270
Точка 3	1,44	0,281
Точка 4	1,18	0,326
Точка 5	1,27	0,328

Как видно из приведенных в таблице 3 данных, уменьшение медианы распределения системы с удалением от оси вращения происходит за счет равномерного увеличения относительного количества жировых шариков практически всех размерных классов. Образцы, отобранные на одной образующей, характеризуются близкими значениями среднеквадратичного отклонения логарифмов диаметров.

Эта величина, как известно, характеризует степень полидисперсности гетерогенной системы. С этой точки зрения, образцы, отобранные в точках 1, 2 и 3, имеют более близкую к монодисперсной систему жировых шариков, чем образцы взятые из точек 4 и 5.

Полидисперсность жировых шариков в точках 4 и 5 подтверждает предположение о том, что в этих точках, расположенных в зоне наибольшего движения сливок, происходит выделение и «пришедших» с периферии крупных жировых шариков.

Заключение. Таким образом, исследование распределения жировых шариков в межтарелочном пространстве сепаратора подтверждает наличие отрицательно сказывающегося на результатах обезжиривания явления – прохождение части необезжиренной сыворотки из осветлительной секции в разделительную в зазоре между внутренней стенкой шламового пространства барабана и отбортовкоймежсекционной разделительной тарелки. Часть жировых шариков (наиболее крупных) при этом попадают в межтарелочные пространства разделительного пакета тарелок, а остальные (не попавшие в межтарелочные пространства) оказывают непосредственное влияние на неудовлетворительное (около 0,1%) содержание жира в просепарированном продукте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Липатов Н. Н. Сепарирование в молочной промышленности. М.: Пищевая промышленность, 1971. 400 с.

2. Гольдин А. М. Гидродинамические основы процессов тонкослойного сепарирования / А. М. Гольдин, В. А. Карамзин. М.: Агропромиздат, 1985. 259 с.

3. Липатов Н. Н. Методика и прибор для взятия проб жидкости из роторов центрифуг и сепараторов // Известия вузов: Пищевая технология, 1962. № 4. С. 9-12.

4. Прибор для взятия проб жидкости: а. с. 1086360 СССР: МКИ G 01 С 01/10 / Е. А. Чеботарев, Н. Н. Липатов, О. П. Новиков, П. Г. Нестеренко (СССР). № 3567353/23-26 ;заявл. 24.03.83 ; опубл. 15.04.84 Бюл. № 14. 3 с.: ил.

5. Беляков В. И. О законе распределения жировых шариков молока / В. И. Беляков, Е. А. Михайловский, Н. А. Рогов и др. // Молочная промышленность, 1973. № 5. С. 23-25.

REFERENCES

1. Lipatov N. N. Separirovanie v molochnoy promyshlennosti. M.: Pishchevaya promyshlennost′, 1971. 400 s.

2. Gol′din A. M. Gidrodinamicheskie osnovy protsessov tonkosloynogo separirovaniya / A. M. Gol′din, V. A. Karamzin. M.: Agropromizdat, 1985. 259 s.

3. Lipatov N. N. Metodika i pribor dlya vzyatiya prob zhidkosti iz rotorov tsentrifug i separatorov // Izvestiya vuzov: Pishchevaya tekhnologiya, 1962, № 4, s. 9-12.

4. Pribor dlya vzyatiya prob zhidkosti: a. s. 1086360 SSSR : MKI G 01 S 01/10 / E. A. Chebotarev, N. N. Lipatov, O. P. Novikov, P. G. Nesterenko (SSSR). № 3567353/23-26 ;zayavl. 24.03.83 ; opubl. 15.04.84 Byul. № 14. 3 s.: il.

5. Belyakov V. I. O zakone raspredeleniya zhirovykh sharikov moloka / V. I. Belyakov, E. A. Mikhaylovskiy, N. A. Rogov i dr. // Molochnaya promyshlennost′, 1973. № 5. S. 23-25.

ОБ АВТОРЕ

Чеботарев Евгений Алексеевич, доктор технических наук, профессор профессор, кафедра «Строительство», СКФУ, eacheb@mail.ru, 89624117423

Chebotaryov Evgeny Alekseevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor, Department “Civil Engineering”, NCFU, eacheb@mail.ru, 89624117423

Дата поступления в редакцию: 22.02.2019 г.
После рецензирования: 04.03.2019 г.
Дата принятия к публикации: 22.04.2019 г.

В. Е. Струкова [V. E. Strukova]
М. А. Назаренко [M. Al. Nazarenko]
Л. И. Стрибижева [L. I. Stribizheva]

УДК 663.252
DOI 10.33236/2307-910X-2019-2-26-183-191

ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ АМИНОКИСЛОТ И АЛЬДЕГИДОВ В ПРОЦЕССЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ВИНОМАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЛИКЕРНЫХ ВИН

CHANGES IN THE CONTENT OF AMINO ACIDS AND ALDEHYDES DURING THE THERMAL TREATMENT OF VINOMATERIALS FOR LIQUEUR WINES

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»
г. Краснодар, Россия

Аннотация. *Одним из главных факторов процесса типизации (портвейнизации) вин является термическая обработка, которой сопутствует протекание реакции меланоидинообразования. Изучение и понимание этих процессов облегчает возможность регулирования реакции в направлении образования характерных соединений для определенного типа вина. Большую часть азотистых веществ в винах составляют аминокислоты. Именно они участвуют в реакциях потемнения ликерных вин, являются источниками образования таких веществ, как альдегиды, высшие спирты, оказывающее влияние на органолептические показатели вин.*

Материалы и методы. *В работе приведены исследования трансформации аминокислот в ликерном виноматериале и модельной смеси при проведении тепловой обработки. Качественный и количественный аминокислотный состав определяли методом элюационной ионообменной хроматографии.*

Результаты и обсуждения. *Полученные результаты показали, что увеличение продолжительности термического воздействия приводит к снижению общего содержания азота аминокислот, в то время как изменение концентрации отдельных аминокислот происходило как в сторону возрастания, так и снижения.В процессе термической обработки исследуемых виноматериалов наблюдали наибольшее снижение концентрации лизина, треонина, серина, пролина, глютаминовой кислоты, в модельных системах - лейцина, глютаминовой кислоты, аланина. Повышение концентрации некоторых аминокислот вероятнее всего, связанос их высвобождением на первых стадиях меланоидинообразования (в результате реакций дезаминирования и переаминирования). Прохождение в вине карбониламинных реакций обусловливает накопление углекислого газа, аммиака, альдегидов, отвечающих природе вступающих в реакцию аминокислот. Образование в среде аммиака зависит от продолжительности тепловой обработки и пропорционально глубине протекания этого процесса. Скачкообразный рост его концентрации свидетельствует об участии в реакциях меланоидинообразования.*

На заключительной стадии меланоидинообразования образуются высокомолекулярные вещества, а также проходит синтез гетероциклических соединений, одними из которых являются фурановые альдегиды. Отмечено, что продолжительность термической обработки виноматериалов и модельной смеси приводит к увеличению абсорбции в ультрафиолетовойλ=280 нм и видимойλ=420 нм части спектра. Увеличение характерного максимума при λ = 280 нм, соответствует накоплению продуктов, обладающих сильным поглощением в ультрафиолетовой части спектра, появление которых происходит на второй стадии реакции меланоидинообразования и сопровождается усилением окраски реагируемой среды. Известно, что данная длина волны характерна для альдегидов фуранового ряда, ответственных за аромат среды.

Высококонденсированные азотсодержащие соединения главным образом ответственны за цвет среды, при этом в виноматериалах и модельной смеси наблюдали, увеличение оптической плотности.

После тепловой обработки произошло значительное увеличение содержания уксусного и высших альдегидов: пропионового, изовалерианового, изомасляного и масляного, а также появились новые – гексиловый и каприловый. Увеличение концентрации и появление новых карбонильных соединений связано с углублением карбониламинных реакций в результате тепловой обработки.

Заключение. *Таким образом, в процессе тепловой обработки ликерных виноматериалов происходит увеличение концентрации некоторых аминокислот в результате гидролиза пептидов и белков и возможного их высвобождения на первых стадиях меланоидинообразования, и понижение, связанное с дезаминированием аминокислот (лизин, глютаминовая кислота, аргинин, пролин, серин). Отмечено, что в ликерных виноматериалах легче вступают в карбониламинные реакции следующие аминокислоты: лизин, аргинин, треонин, серин.*

Установлено, что увеличение концентрации и появление новых карбонильных соединений связано как с улучшением органолептических показателей, так и с углублением карбониламинных реакций в результате тепловой обработки.Увеличение продолжительности термической обработки ведет к накоплению в среде аммиака пропорционально глубине протекания процесса. Скачкообразный рост его концентрации свидетельствует об участии аммиака в реакциях меланоидинообразования.

Высококонденсированные азотсодержащие соединения главным образом ответственны за цвет среды, при этом в виноматериалах и модельной смеси наблюдали увеличение оптической плотности при λ = 420 нм

Увеличение концентрации и появление новых карбонильных соединений связано с углублением карбониламинных реакций в результате тепловой обработки.

Ключевые слова: виноматериалы, обработка, модельная система, меланоединообразование, аминокислоты, альдегиды, переаминирование, дезаминирование.

Abstract. *One of the main factors in the process of typing (port wine) wines is heat treatment, which is accompanied by the reaction of melanoidin formation. The study and understanding of these processes facilitates the possibility of regulating the reaction towards the formation of characteristic compounds for a particular type of wine. Most of the nitrogenous substances in wines are amino acids. They are involved in the darkening reactions of liqueur wines, are sources of formation of substances such as aldehydes, higher alcohols, which affects the organoleptic characteristics of wines.*

Materials and methods. *This paper presents a study of the transformation of amino acids in the liqueur wine materials and model mixtures when carrying out heat treatment. Qualitative and quantitative amino acid composition was determined by elution ion exchange chromatography.*

Results and discussions. *The results showed that the increase in the duration of thermal exposure leads to a decrease in the total nitrogen content of amino acids, while the change in the concentration of individual amino acids occurred both in the direction of increase and decrease.In the process of heat treatment of the studied wine materials observed the greatest decrease in the concentration of lysine, threonine, serine, Proline, glutamic acid' in the model systems - leucine, glutamic acid' alanine. Increasing the concentration of some amino acids likely svazano their release in the early stages of malonodinitrile (as a result of the reactions of deamination and transamination). The passage in fault carbylamine reactions resulting in the accumulation of carbon dioxide, ammonia, aldehydes, corresponding to the nature of reactive amino acids. The formation of ammonia in the environment depends on the duration of heat treatment and is proportional to the depth of this process. The abrupt increase in its concentration indicates participation in melanoidin formation reactions.*

At the final stage of melanoidin formation, high-molecular substances are formed, as well as the synthesis of heterocyclic compounds, one of which is furan aldehydes. It is noted that the duration of heat treatment of wine materials and the model mixture leads to an increase in absorption in ultraviolet λ=280 nm and visible λ=420 nm of the spectrum. The increase in the characteristic maximum at λ = 280 nm corresponds to the accumulation of products with strong absorption in the ultraviolet part of the spectrum, the appearance of which occurs at the second stage of the reaction of melanoidin formation and is accompanied by an increase in the color of the reactive medium. It is known that this wavelength is typical for the aldehydes of the furan series responsible for the aroma of the medium.

Highly condensed nitrogen-containing compounds are mainly responsible for the color of the medium, while an increase in the optical density was observed in wine materials and the model mixture.

After heat treatment, there was a significant increase in the content of acetic and higher aldehydes: propionic, isovalerian, isobutyric and oil, as well as new ones – hexyl and Caprylic. The increase in concentration and the appearance of new carbonyl compounds associated with the deepening carbylamine reactions resulting from heat processing.

Conclusion. *Thus, in the process of heat treatment of liqueur wine materials, there is an increase in the concentration of some amino acids as a result of hydrolysis of peptides and proteins and their possible release at the first stages of melanoidin formation, and a decrease associated with the deamination of amino acids (lysine, glutamic acid, arginine, Proline, serine). It is noted that in the liqueur wine is easier to come into carbylamine reaction the following amino acids: lysine, arginine, threonine, serine.*

The increase of concentration and the appearance of new carbonyl compounds associated with improved organoleptic characteristics and with a recess carbylamine reactions resulting from heat processing.The increase in the duration of heat treatment leads to the accumulation of ammonia in the medium in proportion to the depth of the process. The abrupt increase in its concentration indicates the participation of ammonia in the reactions of melanoidin formation.

Highly condensed nitrogen-containing compounds are mainly responsible for the color of the medium, while an increase in the optical density at λ = 420 nm was observed in wine materials and the model mixture

The increase in concentration and the appearance of new carbonyl compounds associated with the deepening carbylamine reactions resulting from heat processing.

Key words: wine materials, processing, modeling system, melaniemelanie, amino acids, aldehydes, transamination, deamination.

Введение. Одним из главных факторов процесса типизации (портвейнизации) вин является термическая обработка, которой сопутствует протекание реакции меланоидинообразования. Изучение и понимание этих процессов облегчает возможность регулирования реакции в направлении образования характерных соединений для определенного типа вина. Большую часть азотистых веществ в винах составляют аминокислоты. Именно они

участвуют в реакциях потемнения ликерных вин, являются источниками образования таких веществ, как альдегиды, высшие спирты, оказывающее влияние на органолептические показатели вин.

В работе приведены исследования трансформации аминокислот в ликерном виноматериале и модельной смеси при проведении тепловой обработки. Качественный и количественный аминокислотный состав определяли методом элюационной ионообменной хроматографии.

Полученные результаты показали, что увеличение продолжительности термического воздействия приводит к снижению общего содержания азота аминокислот, в то время как изменение концентрации отдельных аминокислот происходило как в сторону возрастания, так и снижения.В процессе термической обработки исследуемых виноматериалов наблюдали наибольшее снижение концентрации лизина, треонина, серина, пролина, глютаминовой кислоты, в модельных системах - лейцина, глютаминовой кислоты, аланина. Повышение концентрации некоторых аминокислот вероятнее всего, связанос их высвобождением на первых стадиях меланоидинообразования (в результате реакций дезаминирования и переаминирования).Прохождение в вине карбониламинных реакций обусловливает накопление углекислого газа, аммиака, альдегидов, отвечающих природе вступающих в реакцию аминокислот.Образование в среде аммиака зависит от продолжительности тепловой обработки и пропорционально глубине протекания этого процесса. Скачкообразный рост его концентрации свидетельствует об участии в реакциях меланоидинообразования.

На заключительной стадии меланоидинообразования образуются высокомолекулярные вещества, а также проходит синтез гетероциклических соединений, одними из которых являются фурановые альдегиды. Отмечено, что продолжительность термической обработки виноматериалов и модельной смеси приводит к увеличению абсорбции в ультрафиолетовойλ=280 нм и видимойλ=420 нм части спектра. Увеличение характерного максимума при λ = 280 нм, соответствует накоплению продуктов, обладающих сильным поглощением в ультрафиолетовой части спектра, появление которых происходит на второй стадии реакции меланоидинообразования и сопровождается усилением окраски реагируемой среды.Известно, что данная длина волны характерна для альдегидов фуранового ряда, ответственных за аромат среды.

Высококонденсированные азотсодержащие соединения главным образом ответственны за цвет среды, при этом в виноматериалах и модельной смеси наблюдали, увеличение оптической плотности.

После тепловой обработки произошло значительное увеличение содержания уксусного и высших альдегидов: пропионового, изовалерианового, изомасляного и масляного, а также появились новые – гексиловый и каприловый. Увеличение концентрации и появление новых карбонильных соединений связано с углублением карбониламинных реакций в результате тепловой обработки.

Таким образом, в процессе тепловой обработки ликерных виноматериалов происходит увеличение концентрации некоторых аминокислот в результате гидролиза пептидов и белков и возможного их высвобождения на первых стадиях меланоидинообразования, и понижение, связанное с дезаминированием аминокислот (лизин, глютаминовая кислота, аргинин, пролин, серин).Отмечено, что в ликерных виноматериалах легче вступают в карбониламинные реакции следующие аминокислоты: лизин, аргинин, треонин, серин.

Установлено, что увеличение концентрации и появление новых карбонильных соединений связано как с улучшением органолептических показателей, так и с углублением карбониламинных реакций в результате тепловой обработки. Увеличение продолжительности термической обработки ведет к накоплению в среде аммиака пропорционально глубине протекания процесса. Скачкообразный рост его концентрации свидетельствует об участии аммиака в реакциях меланоидинообразования.

Высококонденсированные азотсодержащие соединения главным образом ответственны за цвет среды, при этом в виноматериалах и модельной смеси наблюдали увеличение оптической плотности при λ = 420 нм.

Увеличение концентрации и появление новых карбонильных соединений связано с углублением карбониламинных реакций в результате тепловой обработки.

Улучшение физико-химических и органолептических показателей. характерных для ликерных вин типа портвейн зависят не только от сорта винограда, условий его произрастания и ряда технологических приемов. Одним из главных факторов процесса типизации (портвейнизации) вин является термическая обработка, которой сопутствует протекание реакции меланоидинообразования. Процессы, проходящие при этом, разделены Ходжем на три стадии по мере развития окраски [1]. Изучение и понимание этих процессов облегчает возможность регулирования реакции в направлении образования характерных соединений для определенного типа вина.

Большую часть азотистых веществ в винах составляют аминокислоты, которые являются одними из основных реагирующих соединений меланоидинообразования. Они участвуют в реакциях потемнения ликерных вин, являются источниками образования таких веществ, как альдегиды, высшие спирты, оказывающее влияние на органолептические показатели вин.

Материалы и методы. Объектами исследования являлись ликерные виноматериалы ЗАО «Геленджик» 2016 и 2017 года урожая. А также модельные системы, состоящие из смеси чистых аминокислот: аланина, лейцина, фенилаланина, аргинина, треонина, глютаминовой кислоты, метионина, триптофана, пролина (концентрация 10,50 –100 мг/дм^3, растворенных в 20 % водном растворе этилового спирта с добавлением 5–10 % сахарозы.

Качественный и количественный аминокислотный состав модельных систем и вина определяли методом элюационной ионообменной хроматографии на автоматическом аминокислотном анализаторе ААА-500.

Спектрофотометрические исследования проводили на спектрофотометре ПромЭкоЛаб ПЭ-5400 УФ. Оптическую плотность измеряли в ультрафиолетовой при $\lambda = 220 \div 320$ нм и видимой области света $\lambda = 420$ нм.

Качественное и количественное определение альдегидов в винах и модельных системах осуществляли методом газо-жидкостной хроматографии.

Результаты. Нами была исследована трансформация аминокислот в ликерном виноматериале при проведении тепловой обработки при температуре 60 °С в течение 30 суток. Полученные результаты показали, что увеличение продолжительности термического воздействия приводит к снижению общего содержания азота аминокислот, в то время как изменение концентрации отдельных аминокислот происходило как в сторону возрастания, так и снижения.

В процессе термической обработки исследуемых виноматериалов наблюдали наибольшее снижение концентрации лизина, треонина, серина, пролина, глютаминовой кислоты (табл. 1), в модельных системах - лейцина, глютаминовой кислоты, аланина (табл. 2). Эти результаты согласуются с данными [2, 3, 4]. В то же время в виноматериале одновременно отмечено увеличение концентрации аспарагиновой кислоты и аланина.

Таблица 1

Изменение содержания аминокислот и аммиака при термообработке виноматериалов для портвейнов, мг/дм^3

Аминокислоты	**Продолжительностьобработки, сутки**			
	0	**10**	**20**	**30**
Лизин	27,2	22,2	15,5	11,9
Гистидин	4,4	5,1	5,0	3,8
Аргинин	26,0	19,8	14,2	14,8
Аспарагиноваякислота	13,7	14,4	20,1	23,3
Треонил	21,6	19,4	14,5	10,4
Серин	16,1	11,7	10,8	8,8
Глютаминоваякислота	20,1	18,4	18,4	10,1
Пролин	140,2	138,4	135,2	24,1
Глицин	9,2	12,3	13,8	11,1
Цистин	4,7	3,5	3,2	2,4
Валин	1,2	1,1	0,6	1,5
Метионин	2,1	2,4	1,9	2,4
Изолейцин	5,3	4,9	3,5	2,9
Лейцин	15,8	16,5	13,9	11,7
Тирозин	1,7	2,5	1,2	1,1
Фенилаллонин	4,0	4,1	3,7	2,3
Аланин	27,8	22,9	35,5	29,2
Триптофан	6,9	6,8	6,8	4,9
Итого:	348,0	326,4	317,8	276,7
Аммиак	27,0	31,8	38,2	34,6

Меланоидинообразование не является строго направленным процессом и характеризуется различными промежуточными реакциями.

Таблица 2

Изменение аминокислотного состава модельных систем в процессе тепловой обработки при 60°С, мг/дм^3

Аминокислоты	Продолжительностьобработки, сутки			
	0	7	21	28
Аргинин	63,7	62,2	61,9	61,3
Трионин	54,9	52,6	52,1	50,2
Глютаминоваякислота	47,9	46,9	45,8	47,0
Пролин	62,8	61,9	61,3	59,2
Метионин	52,2	51,5	50,3	49,6
Лейцин	124,3	119,1	112,7	105,4
Фенилаллонин	45,8	44,7	44,2	43,1
Аллонин	126,5	121,4	124,8	122,3
Триптофан	56,6	55,2	53,9	54,7
Итого:	634,7	615,5	607,0	592,8
Аммиак	14,4	15,3	15,5	16,5

Полагаем, что рост концентрации аминокислот связан с гидролизом пептидов и белков, что подтверждается данными, представленными на рис. 1, где показано уменьшение содержания общего азота.

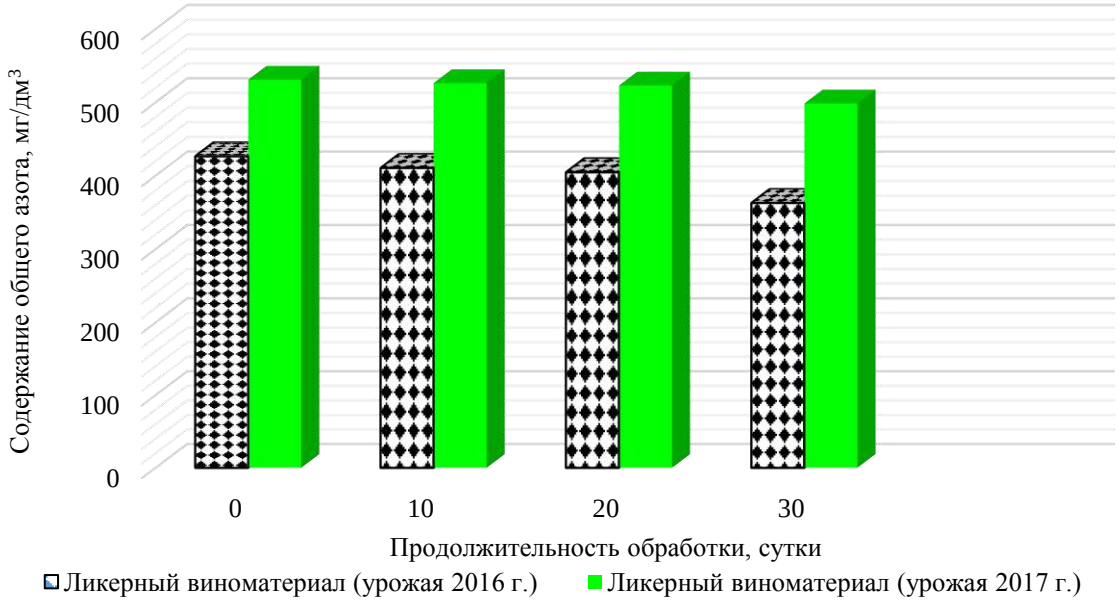


Рис. 1. Изменение содержания общего азота в ликерных виноматериалах в процессе термической обработки

Необходимо отметить, что повышение концентрации некоторых аминокислот может происходить в результате их высвобождения на первых стадиях меланоидинообразования [1].

Данный процесс, по-видимому, происходит в результате реакций дезаминирования и переаминирования, являющаяся основным для включения азота в полимер [5]. Прохождение в вине карбониламинных реакций обусловливает накопление углекислого газа, аммиака, альдегидов, отвечающих природе вступающих в реакцию аминокислот.

Образование в среде аммиака зависит от продолжительности тепловой обработки и пропорционально глубине протекания этого процесса. Скачкообразный рост его концентрации свидетельствует об участии в реакциях меланоидинообразования.

Вероятно, по накоплению в среде аммиака и изменению других характерных признаков карбониламинной реакции: потемнение среды, увеличение содержания карбонильных соединений – можно судить о глубине ее протекания.

На заключительной стадии меланоидинообразования образуются высокомолекулярные вещества, а также проходит синтез гетероциклических соединений, одними из которых являются фурановые альдегиды.

Результаты спектрофотометрического исследования показали (рис. 2), что увеличение термической обработки виноматериалов и модельной смеси приводит к увеличению абсорбции в ультрафиолетовой при λ=280 нм и видимой части спектра при λ=420 нм.

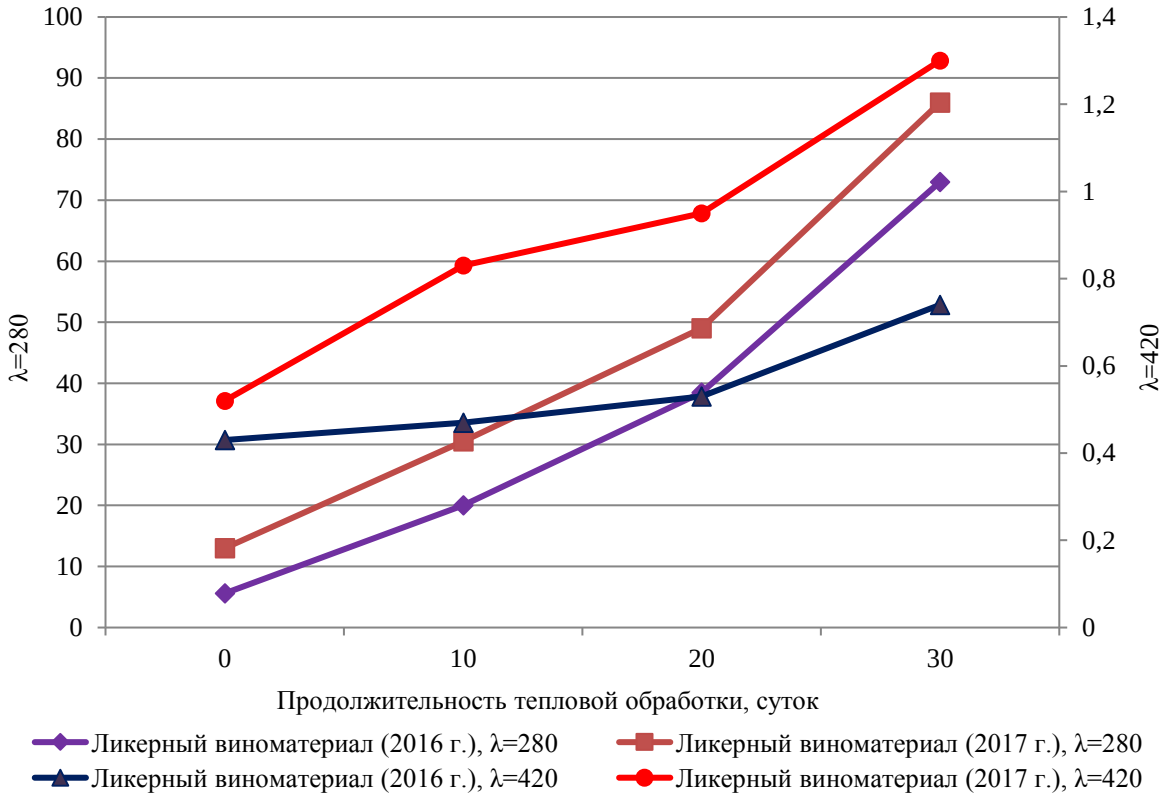


Рис. 2. Изменение оптической плотности в ультрафиолетовой и видимой частях спектра виноматериалов, прошедших тепловую обработку

Увеличение характерного максимума при λ = 280 нм, соответствует накоплению продуктов, обладающих сильным поглощением в ультрафиолетовой части спектра, появление которых происходит на второй стадии реакции меланоидинообразования и сопровождается усилением окраски реагируемой среды. Известно, что данная длина волны характерна для альдегидов фуранового ряда, ответственных за аромат среды [8]. Высококонденсированные азотсодержащие соединения главным образом ответственны за цвет среды, при этом в виноматериалах и модельной смеси наблюдали увеличение оптическая плотности при λ = 420 нм.

Одним из важнейших промежуточных продуктов карбониламинных процессов, влияющих на аромат вина, являются альдегиды, которые могут образовываться вследствие реакций окисления спиртов, дезаминирования и декарбоксилирования аминокислот [6, 7]. А также при их разрушении по Штрекеру, результатом которого является появление в реагирующей среде альдегидов на один углерод меньше исходной аминокислоты.

После тепловой обработки произошло значительное увеличение содержания уксусного и высших альдегидов: пропионового, изовалерианового, изомасляного и масляного, а также появились новые – гексиловый и

каприловый (табл. 3). Увеличение концентрации и появление новых карбонильных соединений связано с углублением карбониламинных реакций в результате тепловой обработки.

Таблица 3

Влияние тепловой обработки ликерного виноматериала при 60°С в течение 30 суток на изменение содержания альдегидов, мг/дм^3

Альдегиды	Виноматериал (год урожая 2016)		Виноматериал (год урожая 2017)	
	До обработки	После обработки	До обработки	После обработки
Уксусный	45,9	75,7	49,0	85,4
Пропионовый	1,5	4,2	2,1	4,8
Изомасляный	0,2	0,8	0,4	0,9
Масляный	0,1	0,4	0,3	0,6
Изовалериановый	0,7	3,4	1,2	3,1
Валериановый	0,2	0,4	0,3	0,6
Гексаналь	-	следы	следы	0,1
Энантовый	45,9	75,7	49,0	85,4
Каприловый	следы	0,2	0,1	0,4

Установлено, что в исходном виноматериале 2016 г. урожая содержание ацетальдегида, пропионового, масляного и изовалерианового несколько выше, чем в виноматериале 2017 г. урожая, что, вероятно, связано с различными климатическими условиями, а также со вступлением их в реакции с аминокислотами, спиртами и другими компонентами вина.

В исследуемых образцах виноматериалов были определены физико-химические показатели до и после тепловой обработки. Результаты представлены в табл. 4.

Из представленных данных видно, что количество альдегидов и сложных эфиров после тепловой обработки возросло в обоих ликерных виноматериалах. Остальные физико-химические показатели соответствуют требованиям, предъявляемым к данному типу вин [9,10].

Таблица 4

Влияние тепловой обработки ликерного виноматериала при 60°С в течение 30 суток на изменение физико-химические показателей

Показатели	Виноматериал (год урожая 2016)		Виноматериал (год урожая 2017)	
	До обработки	После обработки	До обработки	После обработки
Массовая концентрация альдегидов, мг/см^3	48,6	85,2	53,4	96,2
Объемная доля этилового спирта, % об.	19,2	19,1	20,5	20,4
Массовая концентрация сахаров, г/дм^3	47,0	46,0	48,3	47,1
Массовая концентрация титруемых кислот, г/дм^3	7,05	6,6	5,1	5,0
Массовая концентрация средних эфиров, мг/см^3	149,6	154,3	114,4	121,5
pH	3,4	3,3	3,7	3,8

Заключение. В процессе тепловой обработки ликерных виноматериалов происходит увеличение концентрации некоторых аминокислот в результате гидролиза пептидов и белков и возможного их высвобождения на первых стадиях меланоидинообразования, и понижение, связанное с дезаминированием аминокислот (лизин, глютаминовая кислота, аргинин, пролин, серин). Что ведет к изменению качественного и количественного состава альдегидов. Отмечено, что в ликерных виноматериалах легче вступают в карбониламинные реакции следующие аминокислоты: лизин, аргинин, треонин, серин.

Установлено, что увеличение концентрации и появление новых карбонильных соединений связано как с улучшением органолептических показателей, так и с углублением карбониламинных реакций в результате тепловой обработки.

Увеличение продолжительности термической обработки ведет к накоплению в среде аммиака пропорционально глубине протекания процесса. Скачкообразный рост его концентрации свидетельствует об участии аммиака в реакциях меланоидинообразования

Отмечено, что увеличение термической обработки виноматериалов и модельной смеси приводит к увеличению абсорбции в ультрафиолетовой при λ=280 нм и видимой части спектра при λ=420 нм.

Длина волны λ=280 нм характерна для альдегидов фуранового ряда, ответственных за аромат среды.

Высококонденсированные азотсодержащие соединения главным образом ответственны за цвет среды, при этом в виноматериалах и модельной смеси наблюдали увеличение оптической плотности при λ = 420 нм

Увеличение концентрации и появление новых карбонильных соединений связано с углублением карбониламинных реакций в результате тепловой обработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hodge J. E. Chemistry of browning reaction in model systems // J. Agriculture Food Chemistry. 1953. №15. vol.1. P.928-943.

2. Нилов В. И., Огородник С. Т. Неферментативные превращения аминокислот при выдержке вин // Труды ВНИИВиВМагарач. Виноделие. 1968. т.16. С. 246-259.

3. Огородник С. Т., Нилов В. И. Модельные опыты по изучению превращений аминокислот и сахаров в винах // Труды ВНИИВиВМагарач Виноделие. 1967. т.15. С.152-163.

4. Пономарева А. Н. Реакция меланоидинообразования и ее роль в процессе приготовления хлеба //Прикладная биохимия и микробиология. 1965. т.1, выпуск 5. С.566-584.

5. Кишковский З. Н. Аминокислотный состав некоторых вин // Виноделие и виноградарство СССР. 1963. № 1. С.13-15.

6. Ammari A., Schroen K. Flavor retention and release from beverages: a kinetic and thermodynamic perspective // J .Agriculture Food Chemistry. 2018. №38. P.9869-9881.

7. Hernandez-Orte P., Cacho J.F., Ferreira V. Relationship between varietal amino acid profile of grapes and wine aromatic composition, experiments with model solutions and chemometric study //J. Agriculture Food Chemistry. 2002. –№10, Vol. 50. P. 2891-2899.

8. Струкова В. Е., Бирюков А. П., Назаренко М. А. Влияние органических кислот в винах на прохождение карбониламинной реакции // Электронный сборник материалов III Международной научно-практической конференции «Инновации в индустрии питания и сервисе» [Электронный ресурс]. Режим доступа. https://elibrary.ru/item.asp?id=36978251/.

9. Христюк В. Т., Якуба Ю. Ф. Особенности технологии вина типа портвейн из перспективных красных и белых сортов винограда // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. Краснодар: КубГАУ, 2011. №71. С. 84-90.

10. Давидович Е. А. Использование процесса СВЧ-экстракции в технологии красных специальных вин // Пищевая и перерабатывающая промышленность. 2009. №4. С. 104.

REFERENCES

1. Hodge J. E. Chemistry of browning reaction in model systems // J. Agriculture Food Chemistry. 1953. №15. vol.1. P.928-943.

2. Nilov V. I., Ogorodnik S. T. Nefermentativnye prevrashcheniya aminokislot pri vyderzhke vin // Trudy VNIIViVMagarach. Vinodelie. 1968. t.16. S. 246-259.

3. Ogorodnik S. T., Nilov V. I. Model'nye opyty po izucheniyu prevrashcheniy aminokislot i sakharov v vinakh //Trudy VNIIViVMagarach Vinodelie. 1967. t.15. S.152-163.

4. Ponomareva A. N. Reaktsiya melanoidinoobrazovaniya i ee rol' v protsesse prigotovleniya khleba //Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya. 1965. t.1, vypusk 5. S.566-584.

5. Kishkovskiy Z. N. Aminokislotnyy sostav nekotorykh vin // Vinodelie i vinogradarstvo SSSR. 1963. № 1.S.13-15.

6. Ammari A., Schroen K. Flavor retention and release from beverages: a kinetic and thermodynamic perspective // J .Agriculture Food Chemistry. 2018. №38. P.9869-9881.

7. Hernandez-Orte P., Cacho J.F., Ferreira V. Relationship between varietal amino acid profile of grapes and wine aromatic composition, experiments with model solutions and chemometric study //J. Agriculture Food Chemistry. 2002. №10. Vol. 50. R. 2891-2899.

8. Strukova V. E., Biryukov A. P., Nazarenko M. A. Vliyanie organicheskikh kislot v vinakh na prokhozhdenie karbonilaminnoy reaktsii // Ehlektronnyy sbornik materialov III Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Innovatsii v industrii pitaniya i servise» [Ehlektronnyy resurs]. Rezhim dostupa. https://elibrary.ru/item.asp?id=36978251/.

9. Khristyuk V. T., Yakuba Yu. F.Osobennosti tekhnologii vina tipa portveyn iz perspektivnykh krasnykh i belykh sortov vinograda // Politematicheskiy setevoy ehlektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta(Nauchnyy zhurnal KubGAU) [Ehlektronnyy resurs]. Krasnodar: KubGAU, 2011. №71. S. 84-90.

10. Davidovich E. A. Ispol′zovanie protsessa SVCH-ehkstraktsii v tekhnologii krasnykh spetsial′nykh vin // Pishchevaya i pererabatyvayushchaya promyshlennost′. 2009. №4. S. 104.

Доля участия соавторов в процентном соотношении:
Струкова Вера Евгеньевна – 40 %
Назаренко Мария Алексеевна – 30%
Стрибижева Людмила Ивановна – 30 %

ОБ АВТОРАХ

Струкова Вера Евгеньевна, доцент, к.т.н.; кафедра Технологии виноделия и бродильных производств Кубанского государственного технологического университета; fino1925@yandex.ru; ул. Московская, д.2, Краснодар, 350072; +891807326544; ORCID 0000-0003-2353-5094
Strukova Vera Evgenyevna, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences; Department of Technology of Winemaking and Fermentation Industry of the Kuban State Technological University; fino1925@yandex.ru; st.Moscow, 2, Krasnodar, 350072; +89180732654; ORCID 0000-0003-2353-5094

Назаренко Мария Алексеевна, доцент, к.т.н.; кафедра Технологии виноделия и бродильных производств Кубанского государственного технологического университета;mariyababenkova@mail.ru; ул. Московская, д.2, Краснодар, 350072; +89649026995; ORCID 0000-0001-5494-8532
Nazarenko Maria Alekseevna, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences; Department of Technology of Winemaking and Fermentation Industry of the Kuban State Technological University; mariyababenkova@mail.ru; st.Moscow, 2, Krasnodar, 350072; +89649026995; ORCID 0000-0001-5494-8532

Стрибижева Людмила Ивановна, доцент, к.т.н.; кафедра Технологии виноделия и бродильных производств Кубанского государственного технологического университета;labkubstu@mail.ru; ул. Московская, д.2, Краснодар, 350072; +89182845494; ORCID 0000-0002-7790-4177
Stribizheva Lyudmila Ivanovna, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences; Department of Technology of Winemaking and Fermentation Industry of the Kuban State Technological University; labkubstu@mail.ru; st. Moscow, 2, Krasnodar, 350072; +89182845494; ORCID 0000-0002-7790-4177

Дата поступления в редакцию: 22.02.2019 г.
После рецензирования: 04.03.2019 г.
Дата принятия к публикации: 14.05.2019 г.

Е. К. Туниева [E. K.Tunieva]
В. В. Насонова [V. V. Nasonova]
К. И. Спиридонов [K. I. Spiridonov]

УДК 637.5:547.458:66.022.3
DOI 10.33236/2307-910X-2019-2-26-192-197

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛИСАХАРИДНЫХ СТРУКТУРООБРАЗОВАТЕЛЕЙ

COMPARATIVE STUDIES OF POLYSACCHARIDE STRUCTURES

ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, г. Москва, Россия

Аннотация. *Использование полисахаридных структурообразователей в мясной продукции имеет целый ряд преимуществ: высокая влагосвязывающая и гелеобразующая способность, нейтральный запах и вкус, уменьшение потерь и увеличение выхода готовой продукции. При производстве мясной продукции важной задачей является достижение нежной консистенции, особенно в условиях дефицита качественного тугоплавкого шпика. В связи с этим для улучшения консистенции колбасных изделий представляет интерес использование камедей, клетчаток, целлюлозы и др.*

Материалы и методы. *В статье представлены результаты сравнительных исследований функционально-технологических свойств структурообразователей полисахаридной природы – целлюлозы в порошке, микрокристаллической целлюлозы, ксантановой камеди, картофельного крахмала, пшеничной клетчатки. Исследования функционально-технологических свойств проводили по следующим методикам: определение pH раствора (суспензии) - потенциометрическим методом с помощью прибора «Замер-1»;гелеобразующую способность определяли путем поиска процентного соотношения ингредиента в суспензии, при котором она не проходит через сито с диаметром отверстий 0,5 мм; динамическую вязкость определяли методом, основанным на определении силы, действующей на единичную площадь поверхности, которая перемещается с единичной скоростью относительно другой поверхности. Исследования проводили на ротационном вискозиметре Реотест-2.*

Результаты. *Растворимость исследуемых полисахаридов определяли при степени гидратации 4% к массе раствора. Крахмал и МКЦ практически не растворялись в воде и выпадали в виде осадка. Ксантан растворился только с использованием механического перемешивания. Клетчатка набухла, но не растворилась. Целлюлоза хорошо растворялась в воде даже без использования механических устройств для смешивания.*

Установлено, что исследуемые структурообразователи образовывали гели различные по текстуре и прочности. Максимальной гелеобразующей способностью обладала ксантановая камедь, образуя желеобразный гель с высокой степенью кавитации. Гель целлюлозы имел однородную мажущуюся консистенцию, без каких либо включений. Клетчатка обладала гелеобразующей способностью при концентрации 14 % и более, формируя волокнистую неоднородную суспензию.

Заключение. *Сравнительный анализ функциональных свойств полисахаридных структурообразователей показал, что картофельный крахмал и микрокристаллическая целлюлоза практически не растворялись в воде и выпадали в виде осадка, не образуя гель, независимо от используемой термической обработки. Гидратация клетчатки в количестве 4% приводила к ее набуханию, однако, сопровождалась активным синерезисом. Напротив, ксантан и целлюлоза связывали воду и образовывали гели мажущейся консистенции. Согласно результатам исследований, вязкость раствора целлюлозы была на 36-38 % ниже по сравнению с этим показателем для ксантана. Однако, учитывая особенности гелеобразования ксантана, его дозировка в мясной продукции ограничивается в виду возможности образования пор на срезе продукта, в то время как использование целлюлозы позволит избежать данного дефекта даже при ее внесении в дозировках больших, чем ксантан.*

Ключевые слова: целлюлоза, ксантановая камедь, пшеничная клетчатка, картофельный крахмал, pH, влагосвязывающая способность, вязкость.

Abstract. *The use of polysaccharide structure formers in meat products has a number of advantages: high water-binding and gel-forming ability, neutral smell and taste, reducing losses and increasing the yield of finished products. In the production of meat products it is necessary to achieve a delicate consistency, especially in the conditions of a shortage of high-quality pork backfat. In this regard, to improve the consistency of sausages, it is of interest to use gums, cellulose, cellulose, etc.*

Materials and methods. *The article presents the results of comparative studies of functional and technological properties of polysaccharide structure-forming agents – cellulose in powder, microcrystalline cellulose(MCC), xanthan gum, potato starch, wheat fiber. Studies of functional and technological properties were carried out by the following methods: determination of the pH of the solution (suspension) - potentiometric method using the device «Zamer-1»; the gel-forming ability was determined by finding the percentage of the ingredient in the suspension at which it does not pass through a sieve with a hole diameter of 0.5 mm; the dynamic viscosity was determined by a method based on the determination of the force acting on a single surface area that moves at a unit speed relative to another surface. Study was carried out on a rotary viscometer RHEOTEST-2.*

Results. *The solubility of the polysaccharides was determined at the degree of hydration of 4% to the mass of the solution. Starch and MCC were practically insoluble in water and precipitated. Xanthan dissolved only with the use of mechanical agitation. The fiber was swollen, but it didn't dissolve. Cellulose dissolved well in water even without the use of mechanical mixing devices.*

It is established that the studied structure-forming agents formed gels of different texture and strength. Xanthan gum had the maximum gel-forming ability, formed a jelly-like gel with high cavitation. Cellulose gel had a homogeneous greasing consistency, without any inclusions. Fiber had a gel-forming ability at a concentration of 14 % or more, forming a fibrous heterogeneous suspension.

Conclusion. *A comparative analysis of the functional properties of polysaccharide structure-forming agents showed that potato starch and microcrystalline cellulose were practically insoluble in water and precipitated without forming a gel, regardless of the heat treatment used. Hydration of fiber in the amount of 4% led to its swelling, however, was accompanied by the high syneresis. On the contrary, xanthan and cellulose bound water and formed gels of greasy consistency. According to the results of studies, the viscosity of the cellulose solution was 36-38 % lower compared to this indicator for xanthan. However, given the characteristics of gelation of xanthan gum, the dose in meat products is limited in view of the possibility of the formation of pores on the cut of the product, while the use of cellulose will help to avoid this defect even when it's added in dosages larger than xanthan.*

Key words: cellulose, xanthan gum, wheat fiber, potato starch, pH, water-binding capacity, viscosity.

Введение. В последние годы появилось большое количество пищевых ингредиентов полисахаридной природы, позволяющих получать мясную продукцию стабильного качества и отвечающую требованиям потребителей [1].

В качестве таких ингредиентов используют крахмал, клетчатку, камеди, микрокристаллическую целлюлозу и др. [2, 3]. При производстве мясных продуктов применение механической и тепловой обработки способно оказать негативное влияние на свойства нативных крахмалов, традиционно используемых в мясной промышленности, что не всегда позволяет получать продукцию требуемого качества.

Использование пищевой клетчатки различного происхождения (пшеничной, картофельной, морковной и др.) в качестве функционального ингредиента, применяемого для связывания влаги в продукте и в качестве пищевых волокон (пребиотический фактор) представляет интерес для производства мясной продукции [4]. Известно, что клетчатки, связывая влагу, преимущественно, формируют плотную, волокнистую текстуру [5]. Однако при производстве мясной продукции важной задачей является достижение нежной, сочной (для сосисок) консистенции, что особенно актуально в условии дефицита качественного тугоплавкого жирного сырья и, как следствие, высоких цен на него. С этой целью представляет интерес использование камедей, клетчаток, целлюлозы и др. при производстве вареных колбасных изделий.

В связи с этим в ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН была проведена работа по сравнительному исследованию свойств пищевых волокон и гидроколлоидов.

Материалы и методы исследования. Объектами исследования в рамках настоящей работы были пищевые добавки:

– порошкообразная целлюлоза E460ii SenseFi WP Flake производства фирмы Borregaard AS, Норвегия (далее целлюлоза);

– ксантановая камедь E415 производства FUFENG, КНР (далее - ксантан);

– микрокристаллическая целлюлоза E460i производства ООО "Нефтегазхимкомплект", Россия (далее - МКЦ);

– пшеничная клетчатка Уницель ВФ200 производства ООО "Интерфибер" (Interfiber Sp. z o.o.), Польша (далее – клетчатка);

– картофельный крахмал по ГОСТ 53876-2010 производства ООО "Кондитерская фабрика "Богородская" (далее – крахмал).

На первом этапе работы проводили исследования органолептических, функционально-технологических и гистологических характеристик исследуемых препаратов.

Органолептическую оценку ингредиентов проводили в сухом и гидратированном виде. Определяли внешний вид, наличие примесей, консистенцию, цвет, запах, а также наличие посторонних привкусов и запахов.

Исследования функционально-технологических свойств (pH, гелеобразующую способность и динамическую вязкость) проводили по следующим методикам:

– определение pH раствора (суспензии) - потенциометрическим методом с помощью прибора «Замер-1»;

– гелеобразующую способность – определением минимальной дозировки (%) ингредиента в гидратированном виде, при которой образующийся при гидратации гель не проходит через сито с диаметром отверстий 0,5 мм.

– динамическую вязкость - определением значения силы, действующей на единичную площадь поверхности, которая перемещается с единичной скоростью относительно другой поверхности. Исследования проводили на ротационном вискозиметре Реотест- 2.

Результаты и обсуждение исследований. Органолептические характеристики структурообразователей полисахаридной природы в сухом и гидратированном виде приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1

Результаты органолептической оценки сухих препаратов

Характеристика	**Значение характеристики для:**				
	Целлюлоза	**Клетчатка**	**Ксантан**	**Крахмал**	**МКЦ**
Внешний вид и консистенция	Мелкие хлопья	Крупные волокнистые хлопья	Мелкодисперсный сыпучий порошок	Мелкодисперсный сыпучий порошок	Мелкодисперсный сыпучий порошок
Цвет	Белый				
Запах	Нейтральный				

Растворимость исследуемых полисахаридов определяли при степени гидратации 4% к массе раствора. Крахмал и МКЦ практически не растворялись в воде и выпадали в виде осадка. Ксантан растворился только с использованием механического перемешивания. Клетчатка набухла, но не растворилась. Целлюлоза хорошо растворялась в воде даже без использования механических устройств для смешивания.

Таблица 2

Результаты органолептической оценки препаратов после гидратации (4,0%)

Характеристика	**Значение характеристики для:**				
	Целлюлозы	**Клетчатки**	**Ксантана**	**Крахмала**	**МКЦ**
Внешний вид и консистенция	Мажущийся гель сметанообразной консистенции	Волокнистая неоднородная консистенция с активным синерезисом	Мажущаяся желеобразная консистенция с высокой степенью кавитации	Жидкая консистенция с выпадением крахмала в виде осадка	Жидкая консистенция с выпадением МКЦ в виде осадка
Цвет	Белый	Бежевый	Бежевый	Белый осадок	Белый осадок
Запах	Нейтральный				

После гидратации в холодной воде, а также после нагревания до 72 °С растворы и крахмала и МКЦ не образовали гель.

Клетчатка при гидратации набухала, однако, при концентрации 4% наблюдался значительный синерезис (табл. 2). При гидратации ксантана и целлюлозы в количестве 4% происходило образование гелей мажущейся консистенции, синерезиса не отмечалось (табл. 2).

Результаты исследования гелеобразующей способности и pH ксантана, целлюлозы и клетчатки представлены в табл. 3.

Таблица 3

Функционально-технологические характеристики полисахаридов

Наименование показателя	**Значение показателя для**		
	Ксантана	**Целлюлозы**	**Клетчатки**
Гелеобразующая способность, %	3,0	5,0	14,0
pH	7,15±0,05	6,05±0,03	7,01±0,05

Наилучшей гелеобразующей способность обладал ксантан, образуя желеобразный гель с высокой степенью кавитации, что может отрицательно сказаться на консистенции мясного продукта, изготовленного с использованием камеди ксантана. Напротив, гель целлюлозы имел однородную мажущуюся консистенцию, без каких

либо включений. Клетчатка обладала гелеобразующей способностью при концентрации 14 % и более, формируя волокнистую неоднородную суспензию.

На рис. 1 представлены результаты определения вязкости растворов целлюлозы и ксантана при разных дозировках.

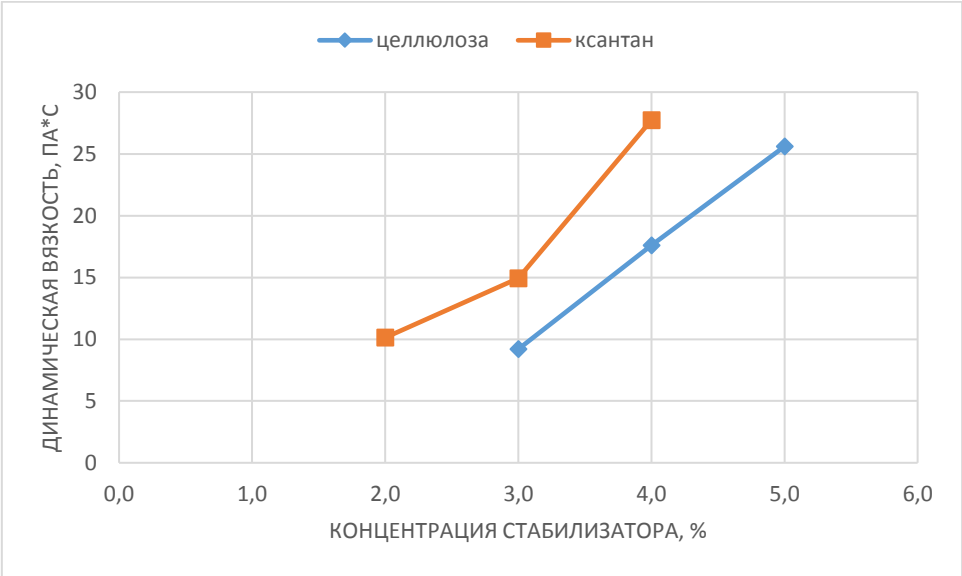


Рис. 1. Вязкость растворов целлюлозы и ксантана

Данные на рис. 1 свидетельствовали, что вязкость раствора целлюлозы была на 36-38 % ниже по сравнению с этим показателем для ксантана. Таким образом использование целлюлозы и ксантана имеет как определенные преимущества, так и недостатки. Так, например, дозировка внесения ксантана в мясной продукции ограничена его свойством образовывать поры, которые могут оказать влияние на потребительские свойства готовой продукции, а также ее хранимоспособсность. Поэтому выбор конкретного полисахарида должен зависеть от его функционально-технологических характеристик, цели его использования, вида мясной продукции.

Выводы. Сравнительный анализ функциональных свойств полисахаридных структурообразователей показал, что картофельный крахмал и микрокристаллическая целлюлоза практически не растворялись в воде и выпадали в виде осадка, не образуя гель, независимо от использования термической обработки. Гидратация клетчатки в количестве 4% приводила к ее набуханию, однако, сопровождалась значительным синерезисом. Напротив, ксантан и целлюлоза связывали воду и образовывали гели мажущейся консистенции. Согласно результатам исследований, вязкость раствора целлюлозы была на 36-38 % ниже по сравнению с этим показателем для ксантана. Однако, учитывая особенности гелеобразования ксантана, его дозировка в мясной продукции ограничивается в виду возможности образования пор на срезе продукта, в то время как использование целлюлозы позволит избежать данного дефекта даже при ее внесении в дозировках больших, чем ксантан.

ЛИТЕРАТУРА

1. Amini Sarteshnizi, R. A review on application of hydrocolloids in meat and poultry products / R. Amini Sarteshnizi, H. Hosseini, A. Mousavi Khaneghah, N. Karimi // International Food Research Journal. 2015;22(3):872-887.

2. Фоменко О. С. Влияние ксантана на функционально-технологические и микробиологические показатели мясных полуфабрикатов / О. С. Фоменко, А. Н. Макарова, Л. В. Карпунина // Аграрный научный журнал. 2017;5:78-81.

3. Вильц К. Р. Микрокристаллическая целлюлоза – заменитель жира / К. Р. Вильц, Я. М. Коршунова, А. П. Свиридович, А. А.Нестеренко // Молодой ученый. 2016;9:119-122. URL https://moluch.ru/archive/113/28969/ (дата обращения: 24.03.2019).

4. Verma, A. K. Dietary fibreas functional ingredient in meat products: anovelapproachforhealthyliving – a review / A. K. Verma, R. Banerjee // JFoodSciTechnol. 2010;47(3):247-57.

5. Булычев И. Н. Применение клетчатки «Протоцель» при производстве мясных продуктов / И. Н. Булычев, А. И. Мезенцев // Мясная индустрия. 2010; 2:41-48.

REFERENCES

1. Amini Sarteshnizi, R. A review on application of hydrocolloids in meat and poultry products / R Amini Sarteshnizi, H. Hosseini, H., A. Mousavi Khaneghah, N. Karimi // International Food Research Journal. 2015;№22(3):872-887.
2. Fomenko O. S. Vliyaniye ksantana na funktsional'no-tekhnologicheskiye i mikrobiologicheskiye pokazateli myasnykh polufabrikatov [The influence of xanthan on functional, technological and microbiological indicators of semi-finished meat products] / O. S. Fomenko, A. N. Makarova, L. V. Karpunina // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2017; 5:78-81.
3. Vil'ts K. R. Mikrokristallicheskaya tsellyuloza – zamenitel' zhira [Microcrystalline cellulose - fat substitute]/ K. R. Vil'ts, YA. M. Korshunova, A. P. Sviridovich, A. A. Nesterenko // Molodoy uchenyy. 2016; 9:119-122. URL: https://moluch.ru/archive/-113/28969/ (data obrashcheniya: 24.03.2019).
4. Verma A. K. Dietary fibre as functional ingredient in meat products: a novel approach for healthy living – a review/ A. K. Verma, R. Banerjee // J Food Sci Technol.2010;47(3):247-57.
5. Bulychev I. N. Primeneniye kletchatki «Prototsel'» pri proizvodstve myasnykh produktov[The use of Protocel fiber in the production of meat products] / I. N. Bulychev, A. I. Mezentsev // Myasnaya industriya. 2010; 2:41-48.

Благодарности

Авторы выражают благодарность старшим техникам ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН Афанасьевой Юлии Игорьевне и Левиной Елене Владимировнеза помощь в постановке и проведении исследований.

Работа выполнена за счёт внутренних ресурсов ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН.

Доля авторов

Туниева Е. К. подготовила главу введение и описание экспериментальных данных, выполнила экспериментальную часть: определение органолептических свойств препаратов и их растворов, что составило 40% выполненной работы.

Насонова В. В. подготовила главу описания экспериментальных данных, сформулировала выводы исследования, выполнила экспериментальную часть: определение функционально-технологических характеристик полисахаридов, что составило 40% выполненной работы.

Спиридонов К. И. выполнил экспериментальную часть работы: подготовка образцов, гидратация, определение вязкости растворов, что составило 20% выполненной работы.

ОБ АВТОРАХ

Туниева Елена Карленовна, руководитель направления функциональных пищевых композиций и технологических вспомогательных средств, ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им В.М. Горбатова» РАН, г. Москва, ул. Талалихина, дом 26, e-mail: e.tunieva@fncps.ru

Tunieva Elena Kalenovna, Head of functional food compositions and technological aids, FSBSI V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS, Moscow, Talalikhina St., building 26, e-mail: e.tunieva@fncps.ru

Насонова Виктория Викторовна, руководитель отдела «Научно-прикладных и технологических разработок», ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им В.М. Горбатова» РАН, г. Москва, ул. Талалихина, дом 26, e-mail: v.nasonova@fncps.ru

Nasonova Viktoria Viktorovna, Head of the department of scientific, practical and technological developments, FSBSI V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS, Moscow, Talalikhina St., building 26, e-mail: v.nasonova@fncps.ru

Спиридонов Кирилл Игоревич, и.о. научного сотрудника отдела «Научно-прикладных и технологических разработок», ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им В.М. Горбатова» РАН, г. Москва, ул. Талалихина, дом 26, e-mail: k.spiridonov@fncps.ru
Spiridonov Kirill Igorevich, acting Researcher of the Department of scientific, practical and technological developments, FSBSI V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS, Moscow, Talalikhina St., building 26, e-mail: k.spiridonov@fncps.ru

Дата поступления в редакцию: 22.02.2019 г.
После рецензирования: 04.03.2019 г.
Дата принятия к публикации: 12.05.2019 г.

Н. П. Дяченко [N. P. Dyachenko] [1]
Ю. А. Максименко [Y. A. Maksimenko] [1]
Э. П. Дяченко [E. P. Dyachenko] [2]

УДК 664.97,64.959.5
DOI 10.33236/2307-910X-2019-2-26-198-203

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНВЕКТИВНО-РАДИАЦИОННОЙ СУШКИ ВСПЕНЕННОГО ЖЕЛАТИНОВОГО БУЛЬОНА ИЗ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ РЫБ

RESEARCHES OF THE CONVECTIVE-RADIATION DRYING OF SUSPENDED GELATIN BROTH FROM WASTE OF FISH PROCESSING

[1] ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»
[2] Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»

Аннотация. *Желатин – безопасный, доступный по цене, широко используемый в пищевой промышленности загуститель. Новые ресурсосберегающие технологии получения являются актуальными в пищевой отрасли.*

Материалы и методы. *Проведены исследования кинетики и интенсивности конвективно-радиационной пеносушки желатинового бульона из отходов переработки рыб частиковых пород Астраханского региона. Получены аппроксимирующие зависимости съема сухого желатина с единицы площади рабочей поверхности в единицу времени от варьируемых факторов.*

Результаты и обсуждения. *Определены рациональные режимы проведения процесса, при которых достигается максимальный удельный съем сухого продукта. Установлено, что применение только радиационного энергоподвода без конвективного в процессе пеносушки желатинового бульона затруднительно в силу неконтролируемого резкого повышения температуры продукта и, как следствие, последующего плавления и разрушения пены. Введение радиационного энергоподвода в процесс конвективной пеносушки желатинизированного бульона при рациональных режимах практически в три раза увеличивает удельную производительность процесса.*

Заключение. *В результате исследований установлено, что введение радиационного энергоподвода в процесс конвективной пеносушки желатинизированного бульона при рациональных режимах практически в три раза увеличивает удельную производительность процесса.*

Ключевые слова: процессы и аппараты пищевых производств, желатиновый бульон, конвективно-радиационная сушка, рыбопереработка.

Abstract. *Gelatin is a safe, affordable, widely used thickener in the food industry. New resource-saving technologies are relevant in the food industry.*

Materials and methods. *The research of kinetics and intensity of convective-radiation foaming gelatin broth from waste processing of fish species of the Astrakhan region. Approximating dependences of dry gelatin removal from the unit area of the working surface per unit time on the varied factors are obtained.*

Results and discussions. *The rational modes of the process, in which the maximum specific removal of the dry product is achieved, are determined. It is established that the use of only radiation energy supply without convective gelatin broth in the process of foaming is difficult due to an uncontrolled sharp increase in the temperature of the product and, as a consequence, the subsequent melting and destruction of the foam. The introduction of radiation energy supply in the process of convective foaming gelatinized broth under rational conditions almost three times increases the specific productivity of the process.*

Conclusions. *As a result of researches it is established that introduction of radiation power supply in process of convective foaming of the gelatinized broth at rational modes practically three times increases specific productivity of process.*

Key words: processes and devices of food manufactures, gelatinous broth, the convective-radiative drying, fish processing.

Введение. Желатин на сегодняшний день остается одним из наиболее востребованных в различных отраслях промышленности коллагенов, при этом основную долю на отечественном рынке желатина занимает импортная продукция. Для создания и развития новых производств желатина необходимы разработка и внедрение научно обоснованных ресурсо- и энергосберегающих технических решений, в том числе позволяющих исклю-

чить зависимость существующих технологий производства желатина от сырья. Таким образом, совершенствование технологических процессов производства желатина на основе отходов рыбопереработки является актуальной научно-технической задачей, решение которой позволит усовершенствовать существующие и создать новые промышленные производства желатина из нетрадиционного коллагенсодержащего сырья.

Сушка - заключительная стадия производства сухого желатина, характеризующейся сравнительно высокой энергоемкостью и определяющая качество сухого продукта. Традиционно желатиновый бульон сушат в желатинизированном состоянии в форме слоя (пластин или прядей) на рабочей поверхности сушилки при конвективном энергоподводе [1-4, 11].

Учитывая структурно-механические и пеноструктурные характеристики желатинового бульона, перспективным направлением совершенствования процесса получения сухого желатина является радиационная сушка во вспененном состоянии. Вспенивание исходного продукта при соблюдении условий стабильности пенослоя существенно интенсифицирует процесс за счет увеличения поверхности тепломассообмена, при этом уменьшается адгезия продукта к рабочей поверхности сушилки, улучшается съем сухого продукта, сокращается интенсивность засорения сушилок, а также энергозатраты на дробление сухого желатина [5, 7, 8]. Объемный радиационный энергоподвод в сравнении с традиционными методами также обладает рядом преимуществ, способствующих энерго- и ресурсосбережению, упрощению аппаратурного оформления процесса, например [5, 8-10]:

– обеззараживание продукта, в частности, воздействие на продукт радиационным излучением позволяет снизить микробную обсемененность продукта;

– наиболее равномерный прогрев продукта, что обусловливается выделением тепла в объеме высушиваемого материала;

– практически абсолютный расход подведенной к объекту сушки энергии на его нагрев, ввиду отсутствия тепловых потерь;

– сравнительная простота конструкции и малая металлоемкость сушильных аппаратов;

– сравнительно низкие удельные энергозатраты.

Результаты исследования и их обсуждение. В результате предварительных исследований конвективно-радиационной сушки пенослоя желатинового студня с влажностью 75 % и толщиной 4 мм на алюминиевой полированной подложке установлено, что облучаемая и омываемая воздухом поверхность образца стеклуется в начале процесса, преобразуясь в материал, трудно подвергающийся механическому разрушению. При этом сердцевина и контактирующая с подложкой поверхность образца оставались влажными, в частности, сердцевина на 20-40 минутах сушки оставалась жидкой, а контактирующая с подложкой поверхность упругой. При продолжении процесса между подложкой и образцом образовывался конденсат, влага скапливалась в месте наименьшего сопротивления - на поверхности контакта образца с подложкой. Примечательно, что при сушке синтетического ПАВ (сульфонола) [8] в сердцевине пенослоя ПАВ происходило накопление пара (парниковый эффект), который затем прорывался через оболочку (внешний стеклованный слой). В случае обезвоживания вспененного раствора желатина разрыв оболочки паром невозможен, давления пара внутри продукта не достаточно для разрыва подсохшей поверхности образца, которая обладает существенно большей прочностью и эластичностью, чем у пенослоя сульфонола.

Таким образом, учитывая физико-механические свойства желатина, для интенсификации процесса сушки целесообразно организовать объемный конвективно-радиационной энергоподвод. При этом для равномерности обезвоживания материала образцы подаваемого на сушку продукта целесообразно изготавливать в форме штранг (круглого, прямоугольного или квадратного сечения), например, путем экструзии или разрезания желатинизированного пенослоя.

Целью настоящих исследований являлась разработка рациональных режимов сушки желатинового бульона на основе изучения кинетики и интенсивности сушки при различных условиях протекания процесса. С учетом литературных данных [5, 6, 8, 13], а также предварительных экспериментальных данных для исследования конвективно-радиационной сушки вспененного желатинового бульона в желатинизированном состоянии из отходов переработки рыб были выбраны следующие варианты реализации процесса:

– в форме штранг круглого сечения при объемном конвективном энергоподводе;

– в форме штранг круглого сечения при объемном конвективно-радиационном энергоподводе.

Для проведения исследований использовались вероятностно-статистические методы планирования и обработки эмпирических данных, исследования проводились по полному многофакторному многоуровневому

плану; для уточнения влияния отдельных факторов на интенсивность процесса обезвоживания все второстепенные параметры были зафиксированы, а в качестве целевой функции был выбран съем (выход) сухого желатина с единицы площади рабочей поверхности в единицу времени, G, кг/(м^2·ч) [5, 8, 12]:

$$G = M_{сп} / (F \cdot \tau), \quad (1)$$

где $M_{сп}$ – масса высушенного продукта до конечной влажности не более $w_к$ = 0,1 кг/кг, выбор которой осуществлен на основе результатов анализа гигроскопических характеристик продукта; F – площадь рабочей поверхности, занимаемой продуктом, м^2; τ – экспериментальное время сушки, ч.

В таблице представлены основные факторы, влияющие на интенсивность процесса конвективной пеносушки желатинового бульона, а также уровни их варьирования, установленные в результате предварительных исследований, к указанным факторам относятся: начальная концентрация сухих веществ в продукте C, кг/кг; начальный диаметр штранга пены $d_н$, м; температура $T_в$, К, влажность W, кг/кг и скорость сушильного агента (воздуха) v, м/с.

Таблица 1

Уровни варьирования факторов при конвективно-радиационной пеносушке желатинового бульона

Уровень	Факторы					
	$d_н$, м	C, кг/кг	E, кВт/м^2	W, %	v, м/с	$T_в$, К
1	0,002	0,24	0,95	50-60	4-5	292-295
2	0,003	0,80	2,45	–	–	–
3	0,004	0,86	–	–	–	–
4	0,005	–	–	–	–	–

Исследования проводились с использованием лабораторного оборудования ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет». Для проведения исследований желатиновый бульон готовился по методике [14] из отходов переработки рыб частиковых пород Астраханского региона (кожа, чешуя, кости, плавники, хрящи), полученных при разделке. Бульон, предварительно вспененный до образования пены с максимальной кратностью, экструдировали в форме штранг круглого сечения диаметром $d_н$, мм, поступавшие из фильер экструдера штранги желатинизировали, затем закрепляли в специальном держателе в сушильной камере лабораторной конвективно-радиационной сушилке параллельно потоку воздуха. Полученные таким образом экспериментальные образцы сушили до конечной влажности, не превышающей $w_к$ = 0,1 кг/кг. Для получения кривых сушки держатель с образцом периодически взвешивали.

В результате экспериментальных исследований установлено следующее.

Существенное влияние на интенсивность сушки оказывает начальная концентрация сухих веществ в желатиновом бульоне, варьируемая, исходя из данных о пеноструктурных, структурно-механических и теплофизических характеристиках в пределах C=14–26 %. При концентрации сухих веществ C=26 % пена обладает стабильностью, достаточной для реализации процесса влагоудаления без предварительного подсушивания. Превышение значения C=26 % не целесообразно ввиду увеличения длительности упаривания желатинового бульона, соответственно, ухудшения его качественных характеристик и увеличения энергозатрат на реализацию процесса. Нижний предел C=14 % обусловлен резким снижением стабильности стержня пены, что приводит к его разрушению в процессе сушки.

Диапазон изменения диаметра стержня пенослоя (штранга) желатинового бульона d_1=2-5 мм обусловлен обеспечением стабильности пены в процессе сушки. Формирование диаметра менее 2 мм технически трудноосуществимо и нецелесообразно ввиду резкого снижения выхода сухого желатина. Увеличение диаметра более 5 мм приводит к снижению производительности процесса, а также к локальному поверхностному расплавлению и последующему стеклованию высушиваемого продукта, при сохранении влаги в центре штранга и, как следствие, ухудшению качества сухого желатина.

Пена желатинового бульона в начале процесса сушки сохраняет стабильность исключительно в желатинизированном состоянии (в состоянии студня). При этом применение только радиационного энергоподвода (без конвективного) в процессе пеносушки затруднительно в силу неконтролируемого резкого повышения температуры продукта и, как следствие, последующего плавления и разрушения пены. Применение в процессе сушки воздуха, как охлаждающего агента, температура которого не превышает температуру желатинизации (Т=292-295 К), а также выдерживание плотности теплового потока инфракрасного облучения, падающего с одной стороны стержня в диапазоне Е=0,95-2,45 кВт/м^2, позволяют стабилизировать температуру высушиваемого пенослоя на уровне, не превышающем температуру его плавления. Уменьшение плотности теплового потока менее

0,95 кВт/м^2 нецелесообразно ввиду резкого сокращения выхода сухого продукта. Увеличение плотности теплового потока (E > 2,45 кВт/м2) приводит к локальному плавлению и разрушению пеностоя.

Температура плавления желатинизированного студня ограничивает нагрев пеностоя и, соответственно, интенсификацию процесса сушки только до определенного значения влажности высушиваемого продукта. Начиная с этого значения влажности, пеноструктура в процессе сушки образует прочный каркас, не подвергающийся плавлению, а температура нагрева продукта ограничивается исключительно температурой начала разложения содержащихся в нем термолабильных веществ.

Диапазон варьирования скорости потока воздуха v=4-5 м/с ограничивается техническими возможностями осуществления процесса. Превышение v=5 м/с нецелесообразно из-за механического разрушения (разрыва штранг пены) и уноса продукта. Снижение v<4 м/с способствует увеличению температуры пеностоя в процессе конвективно-радиационной сушки более 333 К, что приводит к ухудшению его качественных характеристик, локальному плавлению и разрушению.

Пена желатинового бульона с начальной концентрацией сухих веществ С=25-26 % обладает стабильностью при одновременно действующих конвективном (Т=292-295 К, v=4-5 м/с, W=50-60 %) и объемном (двустороннем) радиационном энергоподводе с плотностью теплового потока, падающего с одной стороны штранга Е=2,45 кВт/м^2, соответствующей температуре пеностоя Т=330-333 К, что исключает какую-либо деструкцию высушиваемого образца как термолабильного продукта. Вспененные образцы продукта с начальной концентрацией сухих веществ С=14-24 % в силу своих структурно-механических, пеноструктурных и теплофизических характеристик нуждаются в предварительной подсушке в течении t=0,03-0,15 ч воздухом с температурой, не превышающей температуру желатинизации. Превышение значения t=0,15 ч нецелесообразно, так как по достижении указанного периода времени пеностой образует прочный каркас, не подвергающийся плавлению, а дальнейшее увеличение t>0,15 ч приводит к снижению удельного съема сухого желатина. Снижение t<0,03 ч не обеспечивает стабильность пеностоя, и, после начала подачи инфракрасного энергоподвода, приводит к плавлению стержня пены при его нагреве выше температуры желатинизации.

По формуле (1) получены значения целевой функции G, кг/(м^2·ч) при различных начальном диаметре штранга пены dн, мм и влажности вспениваемого бульона wн (1-С), кг/кг. Относительная ошибка при определении целевой функции не превышала 12 %. В результате компьютерной обработки экспериментальных данных получены адекватные аппроксимирующие зависимости съема сухого желатина с единицы площади рабочей поверхности в единицу времени от варьируемых факторов, при этом погрешность аппроксимации R2 полученной зависимости G = f(wн,dн) составила не менее 0,997:

$$G(w_н, d_н) = \begin{bmatrix} \left(a_1 \cdot d_н^2 + b_1 \cdot d_н + c_1\right) \cdot w_н^2 + \left(a_2 \cdot d_н^2 + b_2 \cdot d_н + c_2 \cdot 2\right) \cdot w_н + \\ + \left(a_3 \cdot d_н^2 + b_3 \cdot d_н + c_3\right) \end{bmatrix}; \quad (2)$$

Значения эмпирических коэффициентов a1, b1, c1, a2, b2, c2, a3, b3, c3 целевой функции представлены в табл. 2.

Таблица 2

Значения эмпирических коэффициентов целевой функции

Конвективная пеносушка					
a_1	0,7	a_2	-0,945	a_3	0,267
b_1	-7,7	b_2	10,995	b_3	-3,547
c_1	22	c_2	-33,82	c_3	12,615
Конвективно-радиационная пеносушка при *E*=0,95 кВт/м^2					
a_1	10,8	a_2	-16,39	a_3	6,086
b_1	-85,6	b_2	129,85	b_3	-48,176
c_1	164	c_2	-251	c_3	94,422
Конвективно-радиационная пеносушка при *E*=2,45 кВт/м^2					
a_1	31,3	a_2	-48,045	a_3	18,1765
b_1	-250,5	b_2	384,465	b_3	-145,4185
c_1	460,2	c_2	-709,81	c_3	270,413

Максимальные значения съема сухого желатина с единицы площади рабочей поверхности в единицу времени для исследуемых вариантов реализации процесса сушки определены в среде MathCAD с помощью опции Maximize, достигаются при начальной концентрации сухих веществ в продукте $C = 0{,}24$ кг/кг, а также температуре T=292-295 К, влажности W=50-60 % и скорости сушильного агента v = 4-5 м/с и составляют:

– для конвективной сушки штранга пены желатинового бульона $G_{max} = 0{,}331$ кг/(м^2·ч) при начальном диаметре штранга $d_н = 3$ мм;

– для конвективно-радиационной сушки штранга пены желатинового бульона $G_{max} = 0{,}998$ кг/(м^2·ч) при начальном диаметре штранга пены $d_н = 4$ мм и плотности теплового потока, падающего с одной стороны штранга E=2,45 кВт/м^2.

Выводы. Таким образом, проведены исследования кинетики и интенсивности конвективно-радиационной сушки желатинового бульона из отходов переработки рыб во вспененном и желатинизированном состоянии. Для последующего использования в расчетах производительности сушильных установок получены аппроксимирующие зависимости целевой функции (съема сухого желатина с единицы площади рабочей поверхности в единицу времени) G, кг/(м^2·ч) от варьируемых факторов. Определены рациональные режимы проведения процесса, при которых достигается максимальный удельный съем сухого продукта: начальная концентрация сухих веществ в продукте $C = 0{,}24$ кг/кг; температура T=292-295 К, влажность W=50-60 % и скорость сушильного агента v = 4–5 м/с; начальный диаметр штранга пены $d_н$ = 4 мм; плотность теплового потока, падающего с одной стороны штранга E=2,45 кВт/м^2. В результате исследований установлено, что введение радиационного энергоподвода в процесс конвективной пеносушки желатинизированного бульона при рациональных режимах практически в три раза увеличивает удельную производительность процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рогов И. А., Забашта А. Г., Казюлин Г. П. Технология мяса и мясных продуктов: учебн.: в 2-х кн. М.: Колос С. 2009. Кн. 2: Технология мясных продуктов. 711 с.

2. Кецелашвили Д. В. Технология мяса и мясных продуктов: учеб. пособие. Кемерово: Кемер. технол. ин-т пищ. промсти, 2004. Ч. 3. 115 с.

3. Технология производства желатина. URL: http://gelatin.by/partners/technology (дата обращения: 10.03.2019).

4. Као Тхи Хуе. Обоснование и разработка технологии получения структурообразователя из кожи рыб: автореф. дис. … канд. техн. наук. Астрахань, 2012. 24 с.

5. Александян И. Ю., Буйнов А. А. Высокоинтенсивная сушка пищевых продуктов. Пеносушка. Теория. Практика. Моделирование: моногр. Астрахань: Изд-во АГТУ, 2004. 380 с.

6. Као Тхи Хуе, Нгуен Тхи Минь Ханг, Нгуен Ван Хунг, Курченко В. П., Ризевский С. В., Головач Т. Н., Разумовская Р. Г., Чубарова А. С. Некоторые аспекты технологии получения желатина из коллагенсодержащих вторичных рыбных ресурсов: обзор // Тр. Байкал. гос. ун-та. 2014. Т. 9. Ч. 1. С. 23–32.

7. Тихомиров В. К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения. М.: Высш. шк., 1985. 544 с.

8. Дяченко Э. П. Комплексное исследование тепломассообмена при сушке сульфонола во вспененном состоянии: автореф. дис. … канд. тех. наук. Махачкала, 2009. 24 с.

9. Лыков А. В. Теория сушки. М.: Энергия, 1968. 471 с.

10. Лыков А. В. Тепло- и массообмен в процессах сушки. М.: Гостоптехиздат, 1956. 464 с.

11. Koen Egberts. Gelatin Drying Technology (Gelatin Dryer). URL: http://gelatin.nl/home (дата обращения: 30.08.2018).

12. Грачев Ю. П. Математические методы планирования экспериментов. М.: Пищ. пром-сть, 1973. 200 с.

13. Као Тхи Хуе, Разумовская Р. Г. Разработка оптимальных режимов экстракции коллагена из отходов переработки рыб Волго-Каспийского бассейна // Изв. вузов. Пищевая технология. 2011. № 1. С 33–36.

14. Пат. 2487152 Рос. Федерация, МПК C09H 1/04, C09H 3/00, A23J 1/10. Способ производства желатина / Као Тхи Хуе, Дяченко Э. П.; заявл. 12.07.2011; опубл. 10.07.2013, Бюл. № 2.

REFERENCES

1. Rogov I. A., Zabashta A. G., Kazyulin G. P. Tekhnologiya myasa i myasnykh produktov: uchebn.: v 2-kh kn. M.: Kolos S. 2009. Kn. 2: Tekhnologiya myasnykh produktov. 711 s.

2. Ketselashvili D. V. Tekhnologiya myasa i myasnykh produktov: ucheb. posobie. Kemerovo: Kemer. tekhnol. in-t pishch. prom-sti, 2004. CH. 3. 115 s.

3. Tekhnologiya proizvodstva zhelatina. URL: http://gelatin.by/partners/technology (data obrashcheniya: 10.03.2019).

4. Kao Tkhi Khue. Obosnovanie i razrabotka tekhnologii polucheniya strukturoobrazovatelya iz kozhi ryb: avtoref. dis. … kand. tekhn. nauk. Astrakhan′, 2012. 24 s.

5. Aleksanyan I. YU., Buynov A. A. Vysokointensivnaya sushka pishchevykh produktov. Penosushka. Teoriya. Praktika. Modelirovanie: monogr. Astrakhan′: Izd-vo AGTU, 2004. 380 s.

6. Kao Tkhi Khue, Nguen Tkhi Min′ Khang, Nguen Van Khung, Kurchenko V. P., Rizevskiy S. V., Golovach T. N., Razumovskaya R. G., Chubarova A. S. Nekotorye aspekty tekhnologii polucheniya zhelatina iz kollagensoderzhashchikh vtorichnykh rybnykh resursov: obzor // Tr. Baykal. gos. un-ta. 2014. T. 9. CH. 1. S. 23–32.

7. Tikhomirov V. K. Peny. Teoriya i praktika ikh polucheniya i razrusheniya. M.: Vyssh. shk., 1985. 544 s.

8. Dyachenko EH. P. Kompleksnoe issledovanie teplomassoobmena pri sushke sul′fonola vo vspenennom sostoyanii: avtoref. dis. … kand. tekh. nauk. Makhachkala, 2009. 24 s.

9. Lykov A. V. Teoriya sushki. M.: Ehnergiya, 1968. 471 s.

10. Lykov A. V. Teplo- i massoobmen v protsessakh sushki. M.: Gostoptekhizdat, 1956. 464 s.

11. Koen Egberts. Gelatin Drying Technology (Gelatin Dryer). URL: http://gelatin.nl/home (data obrashcheniya: 30.08.2018).

12. Grachev YU. P. Matematicheskie metody planirovaniya ehksperimentov. M.: Pishch. prom-st′, 1973. 200 s.

13. Kao Tkhi Khue, Razumovskaya R. G. Razrabotka optimal′nykh rezhimov ehkstraktsii kollagena iz otkhodov pererabotki ryb Volgo-Kaspiyskogo basseyna // Izv. vuzov. Pishchevaya tekhnologiya. 2011. № 1. S 33–36.

14. Pat. 2487152 Ros. Federatsiya, MPK C09H 1/04, C09H 3/00, A23J 1/10. Sposob proizvodstva zhelatina / Kao Tkhi Khue, Dyachenko EH. P.; zayavl. 12.07.2011; opubl. 10.07.2013, Byul. № 2.

ОБ АВТОРАХ

Дяченко Николай Павлович, аспирант, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», кафедра «Технологические машины и оборудование», amxs1@yandex.ru, 8-903-349-12-12
Dyachenko Nikolay Pavlovich, Postgraduate, FSBEI HE Astrakhan State Technical University, Department of Technological Machines and Machinery, amxs1@yandex.ru, 8-903-349-12-12

Максименко Юрий Александрович, д.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Технологические машины и оборудование», ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», amxs1@yandex.ru, 8-903-349-12-12
Maksimenko Yuriy Aleksandrovich, Doctor of Technical Sciences, Assistant Professor, Head of Department of Technological Machines and Machinery, FSBEI HE Astrakhan State Technical University, amxs1@yandex.ru, 8-903-349-12-12

Дяченко Эдуард Павлович, кандидат технических наук, научный сотрудник отдела технологий и инноваций, Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства», amxs1@yandex.ru, 8-903-349-12-12
Dyachenko Eduard Pavlovich, Candidate of Technical Sciences, Researcher of Department of Technology and Innovation, All-Russia Horticulture Research Institute - branch of FGBNU «Federal horticulture Science Center», amxs1@yandex.ru, 8-903-349-12-12

Дата поступления в редакцию: 20.02.2019 г.
После рецензирования: 04.03.2019 г.
Дата принятия к публикации: 12.05.2019 г.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

С. А. Урубков [S. A. Urubkov]*
С. С. Хованская [S. S. Khovanskaya]
С. О. Смирнов [S. O. Smirnov]

УДК 664.7
DOI 10.33236/2307-910X-2019-2-26-204-208

ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОСНОВНЫХ МАКРОНУТРИЕНТОВ В ПРОДУКТАХ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА АМАРАНТА

THE STUDY OF THE CONTENT OF THE MACRONUTRIENTS IN THE PRODUCTS OF AMARANTH GRAIN PROCESSING

НИИПП и СПТ – филиал ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»,
«Scientific Research Institute of Food-concentrate Industry and Special Food Technology» – branch «Federal Research Center of Nutrition and Biotechnology and Food safety»,
*E-mail для переписки: glen.vniiz@gmail.com

Аннотация. *В структуре заболеваний детского возраста болезни органов пищеварения занимают существенное место, как по распространенности, так и по тяжести клинических проявлений. Диетотерапия является единственным способом лечения больных с пищевой непереносимостью глютена, и одним из эффективных подходов служит соблюдение рациона питания базирующегося на использовании безглютеновых злаков. На фоне соблюдения безглютеновой диеты у детей наблюдается дефицит многих важнейших компонентов пищи. Недостаток потребления нутриентов, а также нарушения их всасывания напрямую воздействует на степень физического развития ребёнка. Решением этой задачи является расширение ассортимента специализированных безглютеновых зерновых смесей с использованием амаранта. Белок амаранта продемонстрировал полное отсутствие проявления токсичности у больных целиакией. Обзор Российских и зарубежных статей показал довольно широкие диапазоны содержания основных нутриентов в зерне амаранта. В результате проведённой научно-исследовательской работы получены данные по содержанию белка, липидов, усваиваемых и неусваиваемых углеводов и зольности в зерне амаранта, а также продуктов его переработки - взорванного зерна и муки «Крупчатки». Содержание белка в рассматриваемых продуктах варьировало от 5, 8 до 14,5% с. в-в., липидов – от 3,2 до 5,5% с. в-в, углеводов 60,7- 79,2% с.в-в. Результаты, полученные в этом исследовании, могут быть использованы при разработке специализированных безглютеновых зерновых смесей с амарантом. Расширение линейки специализированных безглютеновых продуктов с использованием амаранта для детей с целиакией позволит оптимизировать подходы к организации питания больных с непереносимостью глютена, повысить комплаентность лечения, улучшить качество жизни ребёнка и его семьи.*

Ключевые слова: амарант, безглютеновая продукция, дети старше трёх лет, зерновые смеси, целиакия, продукты детского питания на зерновой основе, сбалансированная диета.

Abstract. *In the structure of childhood diseases, diseases of the digestive system occupy a significant place, both in the prevalence and severity of clinical manifestations. Diet therapy is the only way to treat patients with food gluten intolerance, and one of the effective approaches is to follow a diet based on the use of gluten-free cereals. Against the background of a gluten-free diet in children, there is a shortage of many important components of food. Lack of nutrient intake, as well as impaired absorption, directly affects the degree of physical development of the child. The solution to this problem is to expand the range of specialized gluten-free grain mixtures using amaranth. Amaranth protein showed a complete absence of toxicity in patients with celiac disease. A review of Russian and foreign articles showed fairly wide ranges of the content of the main nutrients in amaranth grain. As a result of the research work, data were obtained on the content of protein, lipids, digestible and non-digestible carbohydrates and ash content in amaranth grain, as well as its processed products - blasted grain and "Krupchatka" flour. The protein content in the considered products ranged from 5, 8 to 14.5% s. in.-in., lipids - from 3.2 to 5.5% s. in-in, carbohydrates 60.7- 79.2% of the north-east. The results obtained in this study can be used in the development of specialized gluten-free grain mixtures with amaranth. Expanding the range of specialized gluten-free products using amaranth for children with celiac disease will optimize approaches to catering for patients with gluten intolerance, increase treatment compliance, improve the quality of life of the child and his family.*

Key words: amaranth, gluten-free products, children over three years old, grain mixtures, celiac disease, cereal-based baby foods, balanced diet.

Введение. Непереносимость глютена – это заболевание, возникающее в ответ на употребление глютена или соответствующих проламинов и характеризующееся развитием атрофической энтеропатии, появлением в сыворотке крови специфических антител и широким спектром глютензависимых клинических проявлений, при этом диагноз целиакия может отсутствовать. Код Международной классификации болезней 10-го пересмотра: К90.0 – целиакия [1].

Непереносимость глютена встречается примерно у 1% населения во всем мире, хотя большинство людей ассоциированные с этим заболевания не диагностированы [1]. Эпидемиологические исследования, проводимые в мире, развеяли миф о целиакии как заболевании преимущественно детей раннего возраста [2]. Непереносимость глютена может развиться в любом возрасте, однако, по данным Европейских учёных распространенность заболевания резко возросла среди детей до 12-лет жизни [3]. Результаты совместных исследований проведённых Итальянскими и Чешскими учёными также подтверждают, что заболевание целиакией чаще встречается у детей, чем у взрослых, кроме того, подчеркивают различия непереносимости глютена у детей по сравнению с взрослыми [4].

Глютен представляет собой совокупность запасных белков зерна, состоящий из глютенинов – белков эндосперма, растворяющихся только в слабых кислотах или щелочах, и проламинов - белков растворимых в 60-80% растворе этанола. Эти белки отражают характеристики аминокислотного состава, а именно высокое содержание и большое число аминокислотных последовательностей пролина и глутамина, определяющих токсичность глиадина (в пшенице), секалина (во ржи), гордеина (в ячмене) и авенина (в овсе) для больных целиакией. Однако не все белки, относящиеся к глютенинам и проламинам, токсичны для организма человека. Проламины риса и кукурузы практически не содержат глутамина и пролина, зато содержат больше лейцина и аланина безопасных аминокислот для больных с целиакией. [1, 2].

Зарубежные исследования показали, что белок амаранта не токсичен для больных целиакией [5]. Положительные результаты дали и Российские исследования по применению продуктов из амаранта в диетотерапии детей с непереносимостью глютена. Больные переносили диету без каких-либо аллергических и диспепсических реакций, наблюдалось улучшение показателей нутритивого статуса пациентов, а также снижение психоэмоционального напряжения благодаря внесению в рацион дополнительного ассортимента продуктов [6].

Объекты и методы исследования. В работе исследовали: нативное зерно амаранта (Amaranthus cruentus) выращенного в штате Мехико, Мексика, урожай 2018 года; зерно амаранта взорванное, произведено в г. Несауалькойотль, Мексика; Амарантовая мука «Крупчатка» ТУ 9291-004-77372064 (сорт «Воронежский»);

Исследование проводили методом инфракрасной спектроскопии на анализаторе SpectraStar 2500, 34294-12.

Эксперимент проводили в трёх повторностях и выводили среднее значение.

Результаты и их обсуждение. В результате проведенных исследований получены данные по содержанию основных нутриентов в исследуемых образцах (табл. 1).

Таблица 1

Содержание основных нутриентов в зерне амаранта и продуктах его переработки

№ п/п	Наименование продукта	Белок, % с.в-в.	Липиды, % с.в-в.	Пищевые волокна, % с.в-в.	Крахмал, % с.в-в.	Моно- и дисахариды, % с.в-в.	Зольность, % с.в-в.
1	Зерно амаранта нативное	14,50	5,50	2,53	51,14	9,58	2,78
2	Зерно амаранта взорванное	9,16	6,41	0,46	64,88	10,31	2,38
3	Мука амарантовая «Крупчатка»	5,84	3,22	1,06	74,24	4,98	1,20

Содержание белка в нативном зерне амаранта составило 14,5% с.в-в. Это соответствует данным других исследований [7, 8], которые также установили, что количество белка в зерне амаранта больше, чем в традиционных злаковых культурах, включая гречиху, рис и кукурузу из ряда глютен не содержащего сырья. Более того, белок, выделенный из зерна амаранта близок к идеальному белку ФАО/ВОЗ (1973). По содержанию треонина, фенилаланина, тирозина и триптофана он приравнивается к казеину молока [9, 10]. Вместе с тем все исследования

подтвердили, что белки зерна амаранта обладают большей усвояемостью, чем зерно традиционно применяемых злаковых культур.

Жиры или липиды, так же как и белки, являются важнейшими компонентами пищи, которые, в свою очередь, отвечают за построение органов и тканей, клеточных и субклеточных мембран, а также несут энергетическую функцию (обеспечивают 30-40% от необходимой детскому организму энергии). Можно отметить высокий уровень содержания липидов в зерне и продуктах из амаранта – от 3,2 до 5,5% с.в-в.

Анализ жирнокислотного состава липидов показал содержание линолевой кислоты 38-48%, олеиновой - 25-35%, пальмитиновой – 19-21 % и стеариновой 4-5%, что составляет около 95% содержания всех жирных кислот. При этом содержание ненасыщенных жирных кислот составляет 74% от суммы жирных кислот [11].

Проведённые исследования показали относительно высокое содержание углеводов во всех образцах. В нативном зерне амаранта усвояемые углеводы составили 60,7%, что ниже, чем в образцах прошедших термическую обработку, где значения этого показателя увеличилось до 79,2% с.в-в.

Данные указывают, что амарант и продукты его переработки содержат относительно большое количество моно- и дисахаридов - до 10% с.в-в.

Неусвояемые углеводы, среди которых целлюлоза (клетчатка), гемицеллюлозы и пектиновые вещества объединяют под одним термином «пищевые волокна». Низкий уровень содержания пищевых волокон показал взорванный амарант (0,46% с.в-в). Лишь немного превысило это значение содержание пищевых волокон в зерне амаранта. Другие авторы сообщают о несколько более высоких значениях содержания клетчатки в зерне амаранта [12, 13].

Содержание минеральных элементов отражено в параметре зольность. Содержание минеральных веществ в зерне амаранта колеблется в пределах от 1,22% с.в-в. до 2,78 % с.в-в., что говорит о высоком содержании минеральных веществ в зерне.

Выводы. Анализируя полученные данные по содержанию основных нутриетнов в нативном зерне амаранта можно отметить, что амарант как и все злаковые культуры относится к группе крахмалистого сырья, так как усвояемые углеводы в нём в основном представлены крахмалом. Амарант характеризуется высоким содержанием белка, а также отмечается высоким уровнем содержания липидов и минеральных элементов.

Заключение. Расширение линейки отечественной специализированной безглютеновой продукции, в том числе за счет использования новых видов глютен не содержащего сырья, относится к актуальным научно-практическим задачам, решение которых позволит оптимизировать подходы к организации питания больных с непереносимостью глютена, повысить комплаентность лечения, улучшить качество жизни пациента и его семьи [14, 15].

Безглютеновые продукты с использованием зерна амаранта могут внести свой вклад в улучшение качества питания детей с непереносимостью глютена, благодаря своим уникальным питательным и функциональным свойствам [15].

Крайне необходимо расширять и углублять работы по распространению продуктов из амаранта в питании населения страны, а также вести разработку специализированной продукции на его основе, так как производимая продукция может стать источником полноценного белка и других биологически ценных соединений.

Источник финансирования Научно-исследовательская работа выполнена за счёт субсидий на выполнение государственного задания в рамках программы Фундаментальных научных исследований государственной академии наук на 2019-2021, тема № 0529-2019-0065 «Разработка специализированных безглютеновых зерновых смесей с амарантом для питания детей с непереносимостью глютена».

Вклад автора

Все авторы ответственны за идеи исследования и в равной степени участвовали в написании данной статьи.

Благодарности

Авторы выражают благодарность лаборатории качества продуктов и аналитических методов исследования НИИПП и СПТ – филиал ФГБНУ «ФИЦ питания и биотехнологии» за проведение анализов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Всероссийский консенсус по диагностике и лечению целиакии у детей и взрослых\ Russian consensus on the diagnosis and treatment of celiac disease in children and adults Принят на 42-й Научной сессии ЦНИИГ (2–3 марта 2016 г.);

2. Бельмер С. В. Эпидемиология целиакии: факты и выводы // Лечащий врач. 2013. № 1. С. 16–19.

3. Myleus A, Ivarsson A, Webb C, et al. Celiac disease revealed in 3% of Swedish 12-year-olds born during an epidemic. J Pediatr Gastroenterol Nutr 2009;49:170-6

4. The Spectrum of Differences between Childhood and Adulthood Celiac Disease Rachele Ciccocioppo, Peter Kruzliak, Giuseppina C. Cangemi, Miroslav Pohanka, Elena Betti, Eugenia Lauret, Luis Rodrigo Nutrients. 2015 Oct; 7(10): 8733–8751. Published online 2015 Oct 22. doi: 10.3390/nu7105426

5. Bergamo P., Maurano F., Mazzarella G., Iaquinto G., Vocca I., Rivelli A. R., et al. Immunological evaluation of the alcohol-soluble protein fraction from gluten-free grains in relation to celiac disease. Mol Nutr Food Res. (2011) 55:1266–70. 10.1002/mnfr.201100132;

6. Бавыкина И. А., Звягин А. А., Мирошниченко Л. А., Гусев К. Ю., Жаркова И. М. Эффективность продуктов из амаранта в безглютеновом питании детей с непереносимостью глютена // Вопр. питания. 2017. № 2. С. 91-99. doi: 10.24411/0042-8833-2017-00038;

7. Высочина Г. И. Амарант (amaranthus l.): химический состав и перспективы использования(обзор) / Химия растительного сырья. 2013. № 2. С. 5-14;

8. Mota C., Santos M., Mauro R., Samman N., Matos A.S., Torres D., Castanheira I. Protein content and amino acids profile of pseudocereals. Food Chem. 2016;193:55–61. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.11.043;

9. Ranhotra G.S., Gelroth J.A., Glaser B.K., Lorenz K.J., Johnson D.L. Composition and protein nutritional quality of quinoa. Cereal. Chem. 1993;70:303–305;

10. Navruz-Varli S., Sanlier N. Nutritional and health benefits of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) J. Cereal Sci. 2016;69:371–376. doi: 10.1016/j.jcs.2016.05.004;

11. Öhlund K., Olsson C., Hernell O., Öhlund I. Dietary shortcomings in children on a gluten-free diet. J. Hum. Nutr. Diet. 2010;23:294–300. doi: 10.1111/j.1365-277X.2010.01060.x.;

12. Composition, Protein Profile and Rheological Properties of Pseudocereal-Based Protein-Rich Ingredients Loreto Alonso-Miravalles, James A. O'Mahony Foods. 2018 May; 7(5): 73. Published online 2018 May 7. doi: 10.3390/foods7050073;

13. Repo-Carrasco R., Peña J., Kallio H., Salminen S. Dietary fiber and other functional components in two varieties of crude and extruded kiwicha (Amaranthus caudatus) J. Cereal Sci. 2009;49:219–224. doi: 10.1016/j.jcs.2008.10.003;

14. Urubkov S.A., Khovanskaya S.S., Dremina N.V., Smirnov S.O. Grain-based products for baby food Вопросы детской диетологии. 2018. Т. 16. № 4. С. 67-72. DOI: 10.20953/1727-5784-2018-4-67-72

15. Урубков С. А., Хованская С. С., Пырьева Е. А., Георгиева О. В. Разработка рецептур продуктов для детского питания на зерновой основе с применением плодовоовощных и ягодных компонентов // Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд. 2018. № 10 (10). С. 276-284.

REFERENCES

1. Vserossiyskiy konsensus po diagnostike i lecheniyu tseliakii u detey i vzroslykh \ Russian consensus on the diagnosis and treatment of celiac disease in children and adults Prinyat na 42-y Nauchnoy sessii TSNIIG (2–3 marta 2016 g.);

2. Bel′mer S. V. Ehpidemiologiya tseliakii: fakty i vyvody // Lechashchiy vrach. 2013. № 1. S. 16–19.

3. Myleus A., Ivarsson A., Webb C., et al. Celiac disease revealed in 3% of Swedish 12-year-olds born during an epidemic. J Pediatr Gastroenterol Nutr 2009;49:170-6

4. The Spectrum of Differences between Childhood and Adulthood Celiac Disease Rachele Ciccocioppo, Peter Kruzliak, Giuseppina C. Cangemi, Miroslav Pohanka, Elena Betti, Eugenia Lauret, Luis Rodrigo Nutrients. 2015 Oct; 7(10): 8733–8751. Published online 2015 Oct 22. doi: 10.3390/nu7105426

5. Bergamo P., Maurano F., Mazzarella G., Iaquinto G., Vocca I., Rivelli A. R., et al. Immunological evaluation of the alcohol-soluble protein fraction from gluten-free grains in relation to celiac disease. Mol Nutr Food Res. (2011) 55:1266–70. 10.1002/mnfr.201100132;

6. Bavykina I. A., Zvyagin A. A., Miroshnichenko L. A., Gusev K. Yu., Zharkova I. M. Ehffektivnost′ produktov iz amaranta v bezglyutenovom pitanii detey s neperenosimost′yu glyutena // Vopr. pitaniya. 2017. № 2. S. 91-99. doi: 10.24411/0042-8833-2017-00038;

7. Vysochina G. I. Amarant (amaranthus l.): khimicheskiy sostav i perspektivy ispol′zovaniya(obzor) / Khimiya rastitel′nogo syr′ya. 2013. № 2. S. 5-14;

8. Mota C., Santos M., Mauro R., Samman N., Matos A.S., Torres D., Castanheira I. Protein content and amino acids profile of pseudocereals. Food Chem. 2016;193:55–61. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.11.043;

9. Ranhotra G.S., Gelroth J.A., Glaser B.K., Lorenz K.J., Johnson D.L. Composition and protein nutritional quality of quinoa. Cereal. Chem. 1993;70:303–305;

10. Navruz-Varli S., Sanlier N. Nutritional and health benefits of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) J. Cereal Sci. 2016;69:371–376. doi: 10.1016/j.jcs.2016.05.004;

11. Öhlund K., Olsson C., Hernell O., Öhlund I. Dietary shortcomings in children on a gluten-free diet. J. Hum. Nutr. Diet. 2010;23:294–300. doi: 10.1111/j.1365-277X.2010.01060.x.;

12. Composition, Protein Profile and Rheological Properties of Pseudocereal-Based Protein-Rich Ingredients Loreto Alonso-Miravalles, James A. O'Mahony Foods. 2018 May; 7(5): 73. Published online 2018 May 7. doi: 10.3390/foods7050073;

13. Repo-Carrasco R., Peña J., Kallio H., Salminen S. Dietary fiber and other functional components in two varieties of crude and extruded kiwicha (Amaranthus caudatus) J. Cereal Sci. 2009;49:219–224. doi: 10.1016/j.jcs.2008.10.003;

14. Urubkov S. A., Khovanskaya S. S., Dremina N. V., Smirnov S. O. Grain-based products for baby food Voprosy detskoy dietologii. 2018. T. 16. № 4. S. 67-72. DOI: 10.20953/1727-5784-2018-4-67-72

15. Urubkov S. A., Khovanskaya S. S., Pyr′eva E. A., Georgieva O. V. Razrabotka retseptur produktov dlya detskogo pitaniya na zernovoy osnove s primeneniem plodovoovoshchnykh i yagodnykh komponentov // Innovatsionnye tekhnologii proizvodstva i khraneniya material′nykh tsennostey dlya gosudarstvennykh nuzhd. 2018. № 10 (10). S. 276-284.

ОБ АВТОРАХ

Урубков Сергей Александрович, канд. техн. наук, старший научный сотрудник отдела детского и диетического питания, «Научно-исследовательский институт пищеконцентратной промышленности и специальной пищевой технологии» - филиал ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи», 142718, Россия, Московская область, Ленинский район, поселок Измайлово, 22, тел.: +7(495) 383-58-74

Urubkov Sergey Alexandrovich, Cand. Tech. Sci., Senior Researcher, Department of Baby and Diet Nutrition, "Scientific Research Institute of Food Concentrate Industry and Special Food Technology" - Branch of the Federal State Budgetary Institution Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 22, Izmailovo, Leninsky district, Moscow region, 142718, Russia, tel.: +7 (495) 549-38-20, e-mail: glen.vniiz@gmail.com

Хованская Светлана Сергеевна, канд. техн. наук, зав. отделом детского и диетического питания, «Научно-исследовательский институт пищеконцентратной промышленности и специальной пищевой технологии» - филиал ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи», 142718, Россия, Московская область, Ленинский район, поселок Измайлово, 22, тел.: +7(495) 383-58-74

Khovanskaya Svetlana Sergeevna, Cand. Tech. Sciences, Head of Department of Children's and Diet Nutrition, "Research Institute of the Food Concentrate Industry and Special Food Technology" - branch of the Federal State Budgetary Institution for Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 22, Izmailovo, Leninsky district, Moscow region Russia, 142718, Russia, tel.: +7 (495) 383-58-74, e-mail: khosveserg@yandex.ru

Смирнов Станислав Олегович, канд. техн. наук, зам. директора по научной работе «Научно-исследовательский институт пищеконцентратной промышленности и специальной пищевой технологии» - филиал ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи» 142718, Россия, Московская область, Ленинский район, поселок Измайлово, 22, тел.: +7(495) 383-58-74

Smirnov Stanislav Olegovich, Cand. Tech. Sciences, Deputy Director, «Scientific Research Institute of Food concentrate Industry and Special Food Technology» - branch «Federal Research Center of Nutrition and Biotechnology and Food safety», 22, Izmailovo, Leninsky district, Moscow region Russia, 142718, Russia, tel.: +7 (495) 549-38-20, e-mail: glen.vniiz@gmail.com

Дата поступления в редакцию: 22.02.2019 г.
После рецензирования: 04.03.2019 г.
Дата принятия к публикаци: 09.04.2019 г.

Ю. В. Усова [Yu. V. Usova][1]
Б. В. Туаева [B. V. Tuaeva][2]

УДК 324
DOI 10.33236/2307-910X-2019-2-26-209-212

ЭЛИТНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ПОЛИТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНКАХ

ELITE COMPONENT OF REGIONAL POLITICAL PROCESSES IN EXPERT ESTIMATES

[1] ФГБО ВО Пятигорский государственный университет, г. Пятигорск, Россия. e-mail: usova_yv@mail.ru
[2] Северо-Осетинский институт гуманитарных и социальных исследований им. В.И. Абаева ВНЦ РАН, г. Владикавказ, Россия; Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова. г. Владикавказ, Россия. E-mail: ms.amaga@mail.ru

Аннотация. *Статья основана на данных социологического исследования, где основной акцент делается на репрезентацию элитного слоя и его роль в политическом управлении. В последние годы в управленческой практике доминирует нарастающий запрос к сильному лидерскому представительству. В исследовании представлен обзор наиболее существенных позиций экспертного опроса представителей субъектов СКФО.*

Материалы и методы, результаты. *Социологическое исследование на тему: «Элитная составляющая региональных политических процессов» было проведено по методике ростовской научной элитологической школы и охватило 300 респондентов и 45 экспертов, жителей субъектов СКФО РФ. Подбор экспертов осуществлялся в соответствии с уровнем общего представления о проблеме, а также по принципу профессионального отношения к данной области. Важнейшими критериями отбора экспертов были компетентность, широкий кругозор. Методы обработки социологической информации включали в себя логико-профессиональный анализ, а также методы статистической обработки количественных данных.*

Заключение. *Обзор респондентами наиболее существенных проблем, проявившихся в исследовании, указывает на необходимость значительных изменений качественных характеристик политической элиты, налаживанию контактов обратной связи, активных действий по вопросам социального развития и эффективности управления.*

Ключевые слова: политические элиты, органы государственной власти и управления, ценностные ориентации, репрезентативность, элитогенез.

Abstract. *The article, based on a sociological research, focuses on the representation of the elite stratum and its role in political governance. In recent years, an increasing demand for strong leadership representation has dominated management practices. The study provides an overview of the most significant positions of the expert survey of representatives of the subjects of the North Caucasus Federal District.*

Materials and methods, results. *A sociological study: "The elite component of regional political processes" was carried out according to the methodology of the Rostov scientific elite school and covered 300 respondents and 45 experts, residents of subjects of the North Caucasus Federal District. Selection of experts was carried out in accordance with the level of general understanding of the problem, as well as on the basis of the professional attitude to this area. Competence, broad horizons were the most important criteria for the selection of experts. Methods of processing sociological information included logical-professional analysis, as well as methods of statistical processing of quantitative data.*

Conclusion. *The respondents' survey of the most significant problems that emerged in the study indicates the need for significant changes in the qualitative characteristics of the political elite, the establishment of contacts, feedback, and active actions on social development and management efficiency.*

Key words: *political elites, state authorities and management, value orientations, representation, elitogenesis.*

Новые серьезные испытания российских элит связаны с масштабными глобальными вызовами современного мира и геополитической конкуренцией. Эти испытания с особой остротой поставили вопрос о соответствии элит требованиям политического управления и сконцентрированности на проблемах национальных интересов, об их качественных характеристиках. В последние годы в политико-управленческой практике обнаружился нарастающий запрос к сильному лидерско-элитному представительству. Рост политического и экономического потенциала России в условиях нарастающей нестабильности мира может существенно изменить соотно-

шение сил. Сама Россия еще не в полной мере стала крупным глобальным игроком, но ее влияние способно изменить удельный вес уже сложившихся центров сил. Решающую роль в этих процессах играет политическая элита.

Авторитетный лидер выступает в качестве центра консолидированной политической воли. Учитывая эти вызовы, Президент РФ значительно усилил требования к лидерской составляющей политического управления в стране. Поэтому важно оценить, как эти требования отражаются в массовых и экспертных оценках. Научные исследования с применением методов социологии позволяют обозначить роль лидерской составляющей в эволюции элитного слоя. Вполне определенно просматриваются не только оценки и требования к современным элитам, но и направления воздействия на элитогенез, его эффективность в управленческих процессах.

В марте 2019 г. НИИ стратегических исследований ИМО Пятигорского государственного университета было проведено социологическое исследование на тему: «Элитная составляющая региональных политических процессов». Анкетный опрос, проведенный по методике ростовской научной элитологической школы [1], охватил 300 респондентов и 45 экспертов, жителей субъектов СКФО РФ. Подбор экспертов осуществлялся в соответствии с уровнем общего представления о проблеме, а также по принципу профессионального отношения к данной области. Важнейшими критериями отбора экспертов были компетентность, широкий кругозор. Статистическая погрешность не превысила 3,5 %. Методы обработки социологической информации включали в себя логико-профессиональный анализ, а также методы статистической обработки количественных данных.

Формирование и функционирование современных региональных элит происходит в условиях реформирования всех сфер жизни общества. Научный подход требует учета мнений различных слоев населения. Стабильность и устойчивость функционирования институтов власти во многом зависит от качественных характеристик представителей элитных групп. Отвечая на вопрос: «Каковы основные требования к современной элите?», респонденты выделяют: «профессиональные качества, уровень образования, нравственно-патриотическую составляющую, ориентацию на социальную справедливость, учет интересов различных слоев населения». В качестве отрицательных характеристик элит неизменным остается: «коррупция, недостаток профессионализма, родственные и клановые связи. изолированность от общества».

Что касается критериев селекции политических лидеров, то здесь главная роль отводится отбору наиболее способных управленцев, а также развитию мер подготовки, образования и управленческой социализации представителей элиты [1]. Важное направление усиления ответственности элиты заключается в совершенствовании ее взаимодействия с аппаратом административно-государственного управления. Представители управленческого элитного слоя определяют структуру, функции и направления деятельности администрации; личный состав ближайшего окружения, оказывают влияние на качество и результативность деятельности, обеспечивая целостность государственной службы. Постепенно уходит от рычагов управления кадры, получившие управленческий опыт в партийной советской системе. Им на смену приходят люди, получившие опыт работы в структурах современной администрации [2].

Экспертное сообщество высказывает особое мнение относительно демократического компонента региональных структур, избираемых населением (законодательных собраний, органов местного самоуправления), но указывает на их весьма скромные позиции в системе властной иерархии. Вместе с тем, респонденты отмечают, что система органов местного самоуправления - неотъемлемый институт народовластия, одна из форм реализации власти, которая предполагает самостоятельное решение населением вопросов локального значения, владения, пользования и распоряжения. Российская государственность состоялась во многом благодаря местному самоуправлению, которое было мощным системообразующим фактором. Развитие институтов самоорганизации населения позволяет учитывать особенности социально-экономического уклада территорий, их этнические, культурные, конфессиональные традиции, способствует повышению гражданского самосознания, является важным условием обеспечения социального мира, сохранения неповторимых региональных социально-культурных комплексов. Проблемы интеграции местного самоуправления в единую систему управления правовым государством и гражданским обществом; соединение принципа самостоятельности местного самоуправления с ответственностью, способствующей укреплению Российского государства - приобретает особую актуальность на современном этапе, сближает личные интересы элит с групповыми, порождает способность и готовность к ответственности не только на уровне муниципального образования, но и на уровне региона, страны в целом, что в конечном итоге способствует распространению в обществе гражданского типа политической культуры [3].

Анализ элитообразующих процессов предполагает также рассмотрение механизмов формирования региональной административной элиты. Эксперты не могут утверждать, что механизм отбора данного элитного слоя носит демократический характер. Среди существенных проблем в отборе кадров доминирует протекционизм (30%), субъективизм (26%), отсутствие компетентности (18%), отсутствие обратной связи и изолированность чиновничьего аппарата от широких слоев населения. В качестве позитивных характеристик административно-управленческого слоя выделяется: умение и навыки разрешения конфликтных ситуаций (37%), стабилизация обстановки в регионе (24%), успешное лоббирование интересов субьекта РФ. Качество элит неразрывно связано с модернизацией системы обучения управленческого аппарата. Опрошенные выделяют необходимость более глубокого изучения представителями властных структур теории государства и права, рыночных отношений, менеджмента.

Неопределенность выполняемых функций, их дублирование снижает, с точки зрения респондентов, эффективность деятельности современной элиты. Перегруженность чиновников, выполнение несвойственной им работы, вызывают серьезные проблемы в оценке их функционирования и может послужить основой для возникновения конфликтных ситуаций.

Изучение любого социального института предполагает также выявление ценностных ориентаций. В качестве провозглашенных ценностей современной элиты эксперты выделяют: реализацию управленческого потенциала (33%), признание со стороны людей (27%), честность (26%), имиджевую составляющую (16%). На сегодняшний день, наиболее характерная ценностная модель – это патриотизм с прагматическими установками. Только 5% опрошенных выделяют авторитарные доминанты, в то же время около 12% отдают предпочтение либеральным ценностям.

По мнению большинства опрошенных (более 60%), высший политический слой пока еще не в полной мере обладает качествами единой элитной социальной структуры. Он находится на этапе своего становления и развития. Для соответствия критериям элитичности недостаточно просто высокого социального статуса представителей власти и общности их карьерных возможностей, широких политических полномочий и способности осуществлять властные функции. Необходимо наличие целого ряда качественных характеристик. Согласно общим выводам, в отношениях высших кругов региональной власти отсутствует в полной мере общность взглядов по ключевым вопросам, единство в практических действиях по осуществлению реформ. Обзор респондентами наиболее существенных проблем, проявившихся в исследовании, указывает на необходимость значительных изменений качественных характеристик политической элиты, налаживанию контактов обратной связи, активных действий по вопросам социального развития и эффективности управления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Понеделков А. В, Старостин А. М. Лидерско-элитная проекция политических процессов современной России: итоги исследований последнего 20-летия (1994-2014 гг.) / Информационно-аналитические материалы научно-практической конференции с международным участием «Лидер, элита, регион», 28.10.2014 г. Ростов н/Д: Изд-во ЮРИУ РАНХиГС, 2014. 112 с.

2. Усова Ю. В. Политические элиты современной России в контексте позиционирования политических партий // Теория и практика общественного развития. 2013. № 12. С. 95.

3. Емельянов Н. А. Местное самоуправление в Российской Федерации: конституционно-правовой и институциональный анализ: автореферат дис. ... доктора юридических наук: 12.00.02 / Рос. академия гос. службы. М., 1998. 53 с.

REFERENCES

1. Ponedelkov A. V., Starostin A. M. Lidersko-ehlitnaya proektsiya politicheskikh protsessov sovremennoy Rossii: itogi issledovaniy poslednego 20-letiya (1994-2014 gg.) / Informatsionno-analiticheskie materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Lider, ehlita, region», 28.10.2014 g. Rostov n/D: Izd-vo YURIU RANKhiGS, 2014. 112 s.

2. Usova Yu. V. Politicheskie ehlity sovremennoy Rossii v kontekste pozitsionirovaniya politicheskikh partiy // Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya. 2013. № 12. S. 95.

3. Emel′yanov N. A. Mestnoe samoupravlenie v Rossiyskoy Federatsii: konstitutsionno-pravovoy i institutsional′nyy analiz: avtoreferat dis. ... doktora yuridicheskikh nauk: 12.00.02 / Ros. akademiya gos. sluzhby. M., 1998. 53 s.

ОБ АВТОРАХ

Усова Юлия Викторовна, доктор политических наук, доцент, профессор кафедры международных отношений, политологии и мировой экономики Пятигорского государственного университета.
E-mail: usova_yv@mail.ru
Usova Yulia Viktorovna, Doctor of Political Science, Associate Professor, Professor of the Department of International Relations, Political Science and World Economy, Pyatigorsk State University,
E-mail: usova_yv@mail.ru

Туаева Берта Владимировна, доктор исторических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Северо-Осетинского института гуманитарных и социальных исследований им. В. И. Абаева Владикавказского научного центра Российской академии наук; профессор кафедры новейшей Отечественной истории Северо-Осетинского государственного университета им. К.Л. Хетагурова,
E-mail: ms.amaga@mail.ru
Tuaeva Berta Vladimirovna, Doctor of Historical Sciences, Professor, leading scientific employee of North Ossetian Institute for Humanities and social studies. V.i. Abaev-branch of Vladikavkaz scientific centre of Russian academy of sciences; Professor of the Department of contemporary national history, North-Ossetian State University named K.l. Khetagurov, E-mail: ms.amaga@mail.ru

Дата поступления в редакцию: 22.02.2019 г.
После рецензирования: 04.03.2019 г.
Дата принятия к публикации: 16.04.2019 г.

А. А. Вартумян [A. A. Vartumyan]

УДК 94(47).045
DOI 10.33236/2307-910X-2019-2-26-213-214

СОЦИАЛЬНО-ПОЛИТИЧЕСКАЯ БОРЬБА В РОССИИ В СЕРЕДИНЕ XVII ВЕКА: ВЗГЛЯД ПОЛИТОЛОГА

(Рецензия на монографию Д. А. Ляпина “Царский меч: Социально-политическая борьба в России в середине XVII века”)

SOCIO-POLITICAL STRUGGLE IN RUSSIA IN THE MIDDLE OF THE SEVENTEENTH CENTURY: THE VIEW OF AN ANALYST

(Review of D.A. Lyapin's monograph “The Tsar’s sword: Social and political struggle in Russia in the middle of the XVIIth Century”)

В г. Санкт-Петербурге в издательстве “Дмитрий Буланин” в 2018 г. вышла интересная монография известного историка, специалиста по средневековой Руси Ляпина Дениса Александровича. Научное творчество доктора иторических наук Д.А. Ляпина в одинаковой степени интересует и историков и политологов т.к. в его исторических интерпретациях одинаково звучат события исторические с событиями политическими. Долгое время историческая наука в России испытывала “методологический голод”, используя подходы и категории исключительно исторические и неохотно воспринимала межпредметную “кооперацию”. Традиционная классовая ориентация на социальные катаклизмы отечественной истории, доставшаяся от советского “исторического массива”, не позволяла широко использовать методы социологических и политических наук (оставляем вне поля зрения антропологические, социо-культурные, лингвистические, генные и иные “сопутствующие” методы исследовательского арсенала).

Ляпину Д. А. одному из немногих отечественных историков в новой монографии при реставрации народных бунтов удалось подойти вооружившись категориями политической науки. Само название монографии: “Царский меч: Социально-политическая борьба в России в середине XVII века” подразумевает сочетание исторического и политического повествования.

Какие категории политической науки мы можем отметить, изучая чрезвычайно интерсную хронологию событий 1648 и 1650 гг. в России:

Политические требования, политические идеи, политическая активность, политическая воля избирателей, политические сплетни и слухи, политическая инертность, политическая элита, аристократические “партии”, легитимность власти, политическая борьба, компромисс, политическая система, политическая оппозиция.

Возможно, сам автор монографии не предполагал, что под пристальным “политологическим” взором содержание научного труда “заиграет” неожиданными параллелями и “отцветками”, но каждый читатель в прочитанном находит то, что ищет.

Сам автор под термином “социально-политическая борьба” понимает противостояние различных социальных групп, кланов, партий за влияние и власть (с. 9). В монографии мы сталкиваемся с российской версией изучаемого феномена, выраженного в крайних антагонистических формах через волнения, бунты, мятежи.

Структура самого текста весьма нетривиальна: 10 глав, построенных с учетом лучших исторических традиций, разбавленных добротными политическими “вкраплениями”. Очень насыщенная историографическими исследованиями первая глава представляет нам Ляпина Д. А. как одного из ведущих отечественных медиевистов, что, учитывая молодой возраст автора сулит создание в г. Елец сильной научной школы по изучению, именно социально-политических явлений в отечественной истории.

События периода 1634–1645 гг. вводит нас в политические реалии середины XVII в. и в классическом восприятии, вероятнее речь идет о “протопартии”, сложившейся вокруг Б. И. Морозова и “протопартией” Михаила Федоровича. Выяснение отношений имеют все признаки внутрипартийной борьбы между “партией власти” и “оппозицией”.

Третья глава повествует о воцарении Алексея Михайловича и ставит вопрос о легитимности власти. По нашему мнению, “Смутное время” стало концом боярства как аристократического слоя правящей элиты Московского государства. Опыт Смутного времени показал, что без легитимной, сильной централизованной

власти существование Российского государства проблемно. Альтернативный самодержавно оказалась боярская междусобица, а затем полное безвластие и анархия. Преодоление последствий Смутного времени было связано с восстановлением легитимной государственной власти, способной защитить страну от внешних врагов и обеспечить порядок и стабильность внутри ее границ.

Четвертая глава раскрывает причинно-следственные связи мятежа в Москве 1648 года, следующая пятая глава – переносит события на "провинциальный" уровень, где главное действующее лицо "народные массы".

Глава шестая и седьмая показывают социально-политическую борьбу в Москве осенью 1648 – весной 1649гг., включаю народные волнения в провинции в 1650 г.

Чрезвычайно интересной выглядит содержание восьмой главы, в которой, с точки зрения теории политики раскрываются события социально-политической борьбы середины XVII в.

Следуя теоретическим рассуждениям автора, Россия в середине XVII в. представляла классическое традиционное аграрное общество. Подавляющая часть его населения проживала в сельской местности и занималась примитивным сельскохозяйственным трудом и ремеслом, основанным на простом воспроизводстве. Общество отличалось закрытой социальной структурой, исключающей вертикальную и горизонтальную социальную мобильность и низким индивидуальным статусом большинства его членов. Религиозное сознание господствовало во всех жизненных сферах, а политическая власть представляла авторитарный (самодержавный) характер. Россия, фактически "замерла" в ожидании первого модернизационного рывка. Народные волнения привели к формированию новой самодержавной идеологии в 1650-1655 гг., об этом повествует девятая глава монографии.

В десятой главе приводится анализ участия открытой социально-политической борьбы в Кремле и об "окончательной победе Алексея Михайловича над членами оппозиционных партий".

Вывод автора звучит абсолютно справедливо "Именно в эти годы обострения социально-политической борьбы за самодержавие из формально декларируемого принципа начало развиваться как реальная политическая система" (с. 247). Добавим при этом – при легитимно созданного политического режима власти. Ляпин Д. А. считает, что логичным итогом социально-политической борьбы 1645-1650 гг. стало укрепление самодержавных тенденций как в системе общественно-властных отношений, так и в идеологии государства, а опорой самодержавной власти стали и существовавшие в стране традиции, связанные с отсутствием политических институтов (с. 247).

Таким образом, новая интерпретация событий середины XVII в. в России при авторской трактовке Ляпиным Д. А. позволяет нам, используя подходы сопредельных с исторической наукой методов по-новому взглянуть сквозь призму эпох на социально-политические антагонизмы русского нового времени. Автор позволил прояснить в чем именно проявилось в отставании аналогичных институтов стран Запада. Почему модернизация в Западной Европе началась раньше? Почему самоизоляция в России привела к культурному, технологическому, политическом отставанию? Почему в стране отсутствовала светская культура? Ответы на вопросы, вытекающие из монографии Ляпина Д. А. мы расчитываем получить от автора в последующих монографиях, а его (автора) можно поздравить с несомненной творческой удачей обогатившей историческую и политическую научную литературу с добротным, качественным, неординарным научным исследованием.

ОБ АВТОРЕ

Вартумян Арушан Арушанович, доктор политических наук, профеесор, зам директора по научной работе и инновационной деятельности, институт сервиса туризма и дизайна (филиал) СКФУ в г. Пятигорске, кандидат исторических наук, гл.редактор научного журнала "Региональные политические исследования" e-mail: pragpu@mail.ru

Vartumyan Arushan Arushanovich, Doctor of Political Sciences, Professor, Deputy Director for research and innovation, Institute of service, tourism and design (branch) of NCFU in Pyatigorsk, Candidate of Historical Sciences, chief editor of the scientific journal "political Regional studies" e-mail: pragpu@mail.ru

Дата поступления в редакцию: 20.02.2019 г.
После рецензирования: 04.03.2019 г.
Дата принятия к публикации: 16.04.2019 г.

С. А. Кубатко [S. A. Kubatko]
И. М. Вильгоненко [I. M. Vilgonenko]

УДК 347.73
DOI 10.33236/2307-910X-2019-2-26-215-219

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ЗАЩИТЫ ГРАЖДАН ОТ НЕПРАВОМЕРНЫХ ДЕЙСТВИЙ КОЛЛЕКТОРОВ

THE THEORETICAL ASPECT OF THE PROTECTION OF CITIZENS FROM ILLEGAL ACTIONS OF COLLECTORS

ФГБАУ ВО «Северо-Кавказский Федеральный университет», Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) СКФУ в г. Пятигорск

Аннотация. *Уровень жизни является одной из важнейших задач современного государства. Этот показатель отражает уровень материальной удовлетворенности и отражает качество жизни общества.*

Материалы и методы, результаты и обсуждения. *Одним из главных инструментов повышения уровня жизни населения является, активно развивающийся в России, рынок потребительского кредитования. В связи с этим на сегодняшний день в нашей стране обострилась проблема взыскания с физических лиц большого количества долгов не столь существенных по своему размеру и активное взаимодействие кредитных учреждений с коллекторскими фирмами. Статья посвящена анализу деятельности коллекторских агентств в России, США, Великобритании и других государствах. Рассмотрены методы работы коллекторских агентств. Проанализирован Федеральный закон от 03.07.2016 № 230-ФЗ. В заключении дается оценка данному нормативно-правовому акту.*

Заключение. *Проведенное исследование позволяет сгенерировать вывод, что законодательство, регулирующее теоретические аспекты механизма защиты граждан-заемщиков от неправомерных действий коллекторских агентств требует дальнейшего совершенствования.*

Ключевые слова: долг, коллектор, возврат долга, взимание досудебной задолженности, неоплата, коллекторские агентства, потребительское кредитование, закон, защита, кредитор.

Abstract. *The standard of living is one of the most important tasks of the modern state. This indicator reflects the level of material satisfaction and reflects the quality of life of the society.*

Materials and methods, results and discussions. *One of the main tools to improve the standard of living of the population is actively developing in Russia, the consumer credit market. In this regard today in our country the problem of collecting from individuals of a large number of debts not so essential in the size and active interaction of credit institutions with collection firms became aggravated*

The article analyzes the activities of collection agencies in Russia, the USA, the UK and other countries. Methods of work of collection agencies are considered. Analyzed the Federal law of 03.07.2016 № 230-FZ. In conclusion, the assessment of this regulatory legal act is given.

Conclusion. *The conducted research allows to generate a conclusion that the legislation regulating theoretical aspects of the mechanism of protection of citizens-borrowers from illegal actions of collection agencies requires further improvement.*

Key words: debt, collector, debt repayment, collection of pre-trial debt, non-payment, collection agencies, consumer lending, law, protection, creditor.

Введение. Российская Федерация, будучи современно развитым государством, имеет одной из своих важнейших задач – обеспечение высокого уровня жизни своих граждан. Ведь именно данный показатель отражает качество жизни определенного общества, уровень его материальной удовлетворенности.

Материалы и методы, результаты и обсуждения. Поэтому одним из главных инструментов повышения уровня жизни населения является, активно развивающийся в России, рынок потребительского кредитования. В связи с этим на сегодняшний день в нашей стране обострилась проблема взыскания с физических лиц большого количества долгов не столь существенных по своему размеру. Следствием этого является неизбежный рост задолженности по потребительским кредитам, что в свою очередь ведет к причинению больших убытков кредитным учреждениям.

Основным механизмом, активно развивающимся в России и призванным бороться с данной проблемой, является активное взаимодействие кредитных учреждений с коллекторскими фирмами. Ведь все чаще массовые

нарушения коллекторов освещаются различными средствами массовой информации. Зачастую перечень методов, которые они используют для погашения объектом задолженности, находятся вне правовых норм и являются негуманными. Так, чиновники из Роспотребнадзора сравнили коллекторскую деятельность с инфекцией: если воспалительный процесс вовремя не вылечить, он неминуемо приобретет характер эпидемии [7, с. 83].

В России коллекторские компании – это недавно возникшие организации, специализирующиеся на новом виде деятельности, так как ранее действующая идеологическая доктрина не предусматривала наличие рыночной экономики и частных организаций, соответственно и отсутствовали такие специфические единицы как коллекторские фирмы.

На начальном этапе зарождения рыночных отношений, агентства, которые специализировались на возврате долгов у лица, которому была выдана ссуда, возникали несколько позднее момента, когда появились сами рыночные структуры.

Что касается даты возникновения в России первых коллекторов, то многие специалисты полагают, что это 1998 год. На тот момент августовский кризис поставил многих кредиторов в безвыходное положение, и образовались огромные задолженности перед банками. В начале 1990-х годов своеобразную роль коллекторов выполняли криминальные элементы, которые «выбивали» долги из требуемых компаний или граждан. Большинство криминальных группировок действовало под прикрытием дочерних фирм банков или кредитных агентств.

Тем не менее, в качестве самостоятельных юрлиц коллекторы возникают только в начале 2000-х годов. Ярким представителем такой организации является «Агентство по сбору долгов», которое учредил банк «Русский стандарт» и т. д.

Потребность в коллекторах растет с прогрессивным развитием сферы кредитования. На начальном этапе возникновения таких организаций далеко не все из них взяли за основу законные и гуманные способы возвращения долгов. Те агентства, которые возвращают долги на основании законных методов, безусловно, способствуют нормализации кредитной сферы. Должники, опасаясь за невозвращение задолженности, лишний раз задумываются о взятии кредита.

Отказ от возврата долга или несвоевременное его погашение влечет цепную реакцию, подрывающую экономику. При этом проблематика ситуации очевидна. Кредитор в силу объективных причин и в силу закона требует возврата долга, однако должник по причине отсутствия денежных средств сделать это не может. По правильному, на наш взгляд, мнению А.В. Бекузарова, если две стороны (кредитор и заемщик) не в состоянии договориться о решении проблемы, то это сделает за них посредник, который берет на себя обязательства по возврату долга [4, с. 100]. В качестве третьей стороны, которая улаживает конфликт, становится коллекторское агентство.

Коллекторские агентства достаточно давно стали незаменимым элементом делового сообщества во многих современно развитых государствах. К их услугам зачастую обращаются кредитные учреждения, страховщики и прочие компании, клиенты которых вовремя не рассчитались по поставленной продукции (услугам). К примеру, в Великобритании история автономной ассоциации коллекторов насчитывает более одного века. А в США потребительское кредитование и коллекторские агентства существуют там с 60-х годов XX века. В Штатах официально подверглось регистрации пара тысяч коллекторских агентств, при этом их число продолжает активно расти с каждым годом и на сегодняшний день составляет около 6 тысяч.

Основными причинами появления коллекторских агентств являются не только активное развитие потребительского кредитования и высокий рост просроченных задолженностей граждан перед банковскими учреждениями, но и отсутствием возможности у ряда займодателей сконцентрироваться на возврате долга. При возникновении кризиса, как это происходит, например, сейчас проблемы с погашением задолженности только обостряются.

В период кризиса, работа коллекторских агентств становится еще более актуальной в связи с высоким уровнем просроченной задолженности граждан.

По вопросу коллекторской деятельности в научной литературе имеется множество точек зрения. Так, например, А.В. Бекузаров рассматривает коллекторскую деятельность как «работу спецагенств, которая направлена на возврат просроченной задолженности, взыскиваемой в соответствии с соглашением услуг на материальной основе, либо иного соглашения с агентами [4, с. 101].

А. А. Мыльченко, подразумевает под коллекторской деятельностью действия с юридической и фактической точки зрения, которые преследуют исключительного добровольное возвращение лицом займа. Коллекторам невыгодно обращаться в суд, поскольку он может отсрочить выплату долга, учитывая тяжелое финансовое положение заемщика или прочие факторы [8, с. 51].

Многочисленные подходы в определении специфики коллекторской деятельности предопределили разное понимание данного явления исследователями. Однако на законодательном уровне понятие прямо так и не было закреплено, несмотря на то, что в принятом Государственной Думой РФ Федеральном законе от 03.07.2016 № 230-ФЗ «О защите прав и законных интересов физических лиц при осуществлении деятельности по возврату просроченной задолженности и о внесении изменений в Федеральный закон «О микрофинансовой деятельности и микрофинансовых организациях» [2] содержится завуалированная формулировка коллекторской деятельности как деятельности по возврату просроченной задолженности физических лиц. Таким образом, не легализированное определение коллекторской деятельности, на наш взгляд, является существенным недочетом указанного нормативного акта, может повлечь к неправильному толкованию норм права и вводить в заблуждение потребителей, на защиту прав которых было направлено принятие данного закона.

В целом же, коллекторские агентства призваны помогать кредиторам возвращать задолженности по кредитам или же скупать у них долги с целью последующей работы с должником. Следует признать, что отечественный законодатель своевременно не отреагировал на появление коллекторских агентств. В результате коллекторы возвращают долги посредством действий, находящихся на грани нарушения законодательных норм. По нашему мнению, позиция А.А. Мыльченко в отношении этого вопроса является правильной. Она указывает на всеобщую популяризацию коллекторской деятельности, в частности ее активно практикую банки и кредитные организации. Методы возврата долгов коллекторами зачастую являются незаконными, ведь для организации важен возврат долга любыми средствами. Как следствие многие коллекторы переходят черту и применяют в ходе своей деятельности откровенные противозаконные методы от угроз до рэкета [8, с. 52].

По мнению В. Г. Башкирова, возникновение коллекторской деятельности связано с необходимостью кредитором вернуть собственные финансовые средства. Восполнение денежной массы – ключевое условие существования таких организаций. При этом попрание прав должников является исключительно недоработкой законодательства [3, с. 12]. Считаем необходимым присоединиться к позиции автора, ведь только при надлежащем регулировании данной сферы законодательным путем возможно достигнуть решения большинства проблем.

Коллекторские агенства взяли на вооружение две методики. При первой коллекторы действуют от лица кредитора, т. е. осуществляют деятельность от его имени.

Под вторым методом подразумевается цессия. Это значит передача прав на возврат долга коллекторам посредством сделки покупки-приобретения долга. Согласно представленному методу агентство выкупает право истребования задолженности, после чего начинает процедуру возврата причитающихся денежных средств на законных основаниях. Согласно ст. 382 Гражданского кодекса РФ «право (требование), принадлежащее кредитору на основании обязательства, может быть передано им другому лицу по сделке (уступка требования) или перейти к другому лицу на основании закона» [1].

Примечательно, что присвоение прав на возвращение долга может происходить без ведома и согласия непосредственно должника. Исключением являются случаи, когда в договоре прописана опция, что кредитор в процессе выплаты ссуды не меняется. Тем не менее, о переходе прав собственности на долг к иному лицу должника обязательно информируют. На законодательном уровне прописано, что если его в письменной форме не известили о произошедшей сделке, то все риски ввиду данного упущения понесет новый кредитор.

При этом Е. А. Галкина обращает наше внимание на то, что именно вторая схема является наиболее распространенной. С наступлением кризиса все большее количество кредитных организаций испытывает острую необходимость в оборотном капитале, в результате чего производятся попытки вернуть долг любыми методами. В итоге, кредитор все чаще реализует проблемные долги даже на невыгодных для себя условиях [5, с. 65].

Сегодня основным документов, согласно которому коллекторы обязаны работать, является ГК РФ. Вместе с тем, регулирование деятельности коллекторов регламентировано следующими законами: Федеральный закон от 03.07.2016 № 230-ФЗ «О защите прав и законных интересов физических лиц при осуществлении деятельности по возврату просроченной задолженности и о внесении изменений в Федеральный закон «О микрофинансовой деятельности и микрофинансовых организациях»; Кодекс об административных правонарушениях Российской Федерации; Уголовный Кодекс Российской Федерации; Федеральный закон от 27.07.2006г. № 152-ФЗ «О

персональных данных»; Федеральный закон от 30.12.2004г. № 218-ФЗ «О кредитных историях»; Федеральный закон от 02.12.1990г. № 3395-1 «О банках и банковской деятельности».

При этом зарубежным законодательством в отличие от российского урегулированы все грани взаимодействия заемщика и коллекторского агентства. Например, в Великобритании кредитование и порядок взимания задолженности регулировались актом «О добросовестной торговле», принятого еще в 1973 г. В соответствии с этим актом создавался подотчетный парламенту орган надзора за соблюдением положений закона. В США коллекторы руководствуются законом от 1978 г. «О добросовестной практике взимания долгов», который признает неправомерным использование угроз при общении с должником, обращение к его близким, употребление оскорблений и при разговорах с должником [6, с. 22].

Мы можем лишь надеяться, что попытки регулировать деятельность коллекторов в отечественном законодательстве будут совершенствоваться и выйдут на новый уровень. В идеале должна быть создана мощная законодательная база, четко регламентирующая деятельность должником и коллекторов при возврате требуемых финансовых средств. Поэтому считаем важным развивать механизм защиты потребителей в сфере кредитования как наиболее слабого участника договорных отношений для обеспечения стабильности гражданского оборота путем выработки наиболее эффективных методов и средств защиты прав граждан-заемщиков.

Заключение. В результате проведенного исследования теоретических аспектов механизма защиты граждан-заемщиков от неправомерных действий коллекторских агентств можно сделать следующие выводы.

Во-первых, проанализировав основные принципы и правовые основы коллекторской деятельности в России мы пришли к заключению, что отечественный законодатель своевременно не отреагировал на появление коллекторских агентств. В результате коллекторы должны осуществлять свои действия, в том числе по стимулированию возврата просроченной задолженности в рамках закона, но не всегда это действительно так.

Как правило, коллекторы действуют по двум базовым схемам. Согласно первой из них коллекторы возвращают долг от имени кредитора, не являясь при этом его собственником. Во втором случае все права на возвращение долга переходят к ним в результате сделки покупки-приобретения долга (цессии).

Однако имеющейся законодательной базы, которая регулирует коллекторскую деятельность недостаточно. Поэтому можно констатировать, сейчас в РФ не выработано детальное законодательство, которое бы четко регламентировало деятельность. Это становится причиной многочисленных затруднений как должников, так и для самих коллекторов.

Во-вторых, был изучен опыт деятельности зарубежных коллекторских фирм, где в отличие от российского законодательства урегулированы все грани взаимодействия заемщика и коллекторского агентства. Например, в Великобритании кредитование и порядок взимания задолженности регулировались актом «О добросовестной торговле», принятого еще в 1973 г., в соответствии с которым имеется подотчетный парламенту орган надзора за соблюдением положений закона. В США особенности работы коллекторов прописаны в документе от 1978 г. «О добросовестной практике взимания долгов», который признает неправомерным использование угроз при общении с должником, обращение к его близким, употребление оскорблений и при разговорах с должником.

Вышеизложенное позволяет сгенерировать вывод, что законодательство, регулирующее теоретические аспекты механизма защиты граждан-заемщиков от неправомерных действий коллекторских агентств требует дальнейшего совершенствования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть первая) от 30.11.1994 № 51-ФЗ (ред. от 29.12.2017) // Собрание законодательства РФ, 05.12.1994, № 32, ст. 3301.

2. Федеральный закон от 03.07.2016 № 230-ФЗ «О защите прав и законных интересов физических лиц при осуществлении деятельности по возврату просроченной задолженности и о внесении изменений в Федеральный закон «О микрофинансовой деятельности и микрофинансовых организациях» // Собрание законодательства РФ, 04.07.2016, № 27 (Часть I), ст. 4163.

3. Башкиров В. Г. Анализ коллекторской деятельности в России // Вестник ВУиТ. 2010. №74. С.11-14.

4. Бекузаров А. В. Вопросы целесообразности принятия правовых основ, регулирующих деятельность коллекторских агентств // Бизнес в законе. 2012. №2. С.100-103.

5. Галкина Е. А. Проблемы правового регулирования деятельности коллекторских агентств в банковской сфере // Пробелы в российском законодательстве. 2010. №3. С.64-67.

6. Казакова Е. Б. Деятельность коллекторских агентств по взысканию просроченной задолженности заемщика перед банком: проблемы правового регулирования // Концепт. 2014. № S 27. С.21-25.

7. Кордышева Е. В. Коллекторский бизнес: проблемы и перспективы развития // Вестник МИЭП. 2011. №4 (5). С.81-84.

8. Мыльченко А. А. Нормативно-правовое регулирование коллекторской деятельности // Проблемы развития территории. 2009. №1. С.51-54.

REFERENCES

1. Grazhdanskiy kodeks Rossiyskoy Federatsii (chast′ pervaya) ot 30.11.1994 № 51-FZ (red. ot 29.12.2017) // Sobranie zakonodatel′stva RF, 05.12.1994, № 32, st. 3301.

2. Federal′nyy zakon ot 03.07.2016 № 230-FZ «O zashchite prav i zakonnykh interesov fizicheskikh lits pri osushchestvlenii deyatel′nosti po vozvratu prosrochennoy zadolzhennosti i o vnesenii izmeneniy v Federal′nyy zakon «O mikrofinansovoy deyatel′nosti i mikrofinansovykh organizatsiyakh» // Sobranie zakonodatel′stva RF, 04.07.2016, № 27 (Chast′ I), st. 4163.

3. Bashkirov V. G. Analiz kollektorskoy deyatel′nosti v Rossii // Vestnik VUiT. 2010. №74. S.11-14.

4. Bekuzarov A. V. Voprosy tselesoobraznosti prinyatiya pravovykh osnov, reguliruyushchikh deyatel′nost′ kollektorskikh agentstv // Biznes v zakone. 2012. №2. S.100-103.

5. Galkina E. A. Problemy pravovogo regulirovaniya deyatel′nosti kollektorskikh agentstv v bankovskoy sfere // Probely v rossiyskom zakonodatel′stve. 2010. №3. S.64-67.

6. Kazakova E. B. Deyatel′nost′ kollektorskikh agentstv po vzyskaniyu prosrochennoy zadolzhennosti zaemshchika pered bankom: problemy pravovogo regulirovaniya // Kontsept. 2014. № S 27. S.21-25.

7. Kordysheva E. V. Kollektorskiy biznes: problemy i perspektivy razvitiya // Vestnik MIEHP. 2011. №4 (5). S.81-84.

8. Myl′chenko A. A. Normativno-pravovoe regulirovanie kollektorskoy deyatel′nosti // Problemy razvitiya territorii. 2009. №1. S.51-54.

ОБ АВТОРАХ

Кубатко Светлана Анатольевна, доцент кафедры гражданского права и процесса, кандидат исторических наук, Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) СКФУ в г. Пятигорске; e-mail: kubatkos@mail.ru

Kubatko Svetlana Anatolievna, Associate Professor of Department of Civil law and procedure, Candidate of Historical Sciences, Institute of service, tourism and design (branch) of NCFU in Pyatigorsk; e-mail: kubatkos@mail.ru

Вильгоненко Ирина Михайловна, доцент кафедры гражданского права и процесса, кандидат юридических наук, Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) СКФУ в г. Пятигорске; e-mail: Vil-irina-m@yandex.ru

Vilgonenko Irina Mikhaylovna, Associate Professor of the Department of Civil Law and Process, Candidate of Jurisprudence, Institute of Service, Tourism and Design (branch) of;NCFU in Pyatigorsk; e-mail: Vil-irina-m@yandex.ru

Дата поступления в редакцию: 20.03.2019 г.
После рецензирования: 04.04.2019 г.
Дата принятия к публикации: 16.04.2019 г.

ПОЛИТОЛОГИЯ

А. А. Лаврикова [A. A. Lavrikova]

УДК 324
DOI 10.33236/2307-910X-2019-2-26-220-225

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТОРАЛЬНОЙ АРЕНЫ ПОЛИТИЧЕСКОГО УЧАСТИЯ В СОВРЕМЕННОМ РОССИЙСКОМ ОБЩЕСТВЕ

THE THE PECULIARITIES OF THE ELECTORAL ARENA OF POLITICAL PARTICIPATION IN CONTEMPORARY RUSSIAN SOCIETY

Тульский государственный университет, г. Тула, Россия

Аннотация. *Усложнения, происходящие в политических системах, способствуют дифференциации политических практик и обособлению их в отдельные области, в рамках которых реализуются основные взаимодействия (кооперация / конкуренция) субъектов политического участия. Каждая из возникающих таким образом, арен политического участия, представляет собой сравнительно независимый и целостный ансамбль отношений, который функционирует по соответствующим ей правилам и нормам, но способен в определенных ситуациях пересекаться с другими аренами. Его отличает относительная замкнутость и автономность, наличие специфических политических практик участия.*

Материалы и методы, результаты и обсуждения. *В статье на основе анализа результатов кросс-национальных, всероссийских и региональных социально-политических исследований определяются особенности конфигурации электоральной арены политического участия в современной России, выявляются проблемы в ее развитии и пути их преодоления.*

Сложившаяся конфигурация электоральной арены политического участия свидетельствует о наличии существенных проблем в ее функционировании, к числу которых можно отнести следующие. Во-первых, в российском обществе произошла типизация только одной электоральной практики – голосования, в то время как другие политические действия, важные для развития данной арены, освоены ограниченным кругом лиц. Во- вторых, наблюдается амбивалентность представлений граждан о функциональности выборов, что негативно сказывается на базовом доверии к данному институту. В-третьих, степень доверия общественно-политическим институтам, деятельность которых определенным образом связана с производством / тиражированием электоральных политических практик остается низкой (за исключением института президента), во многом зависит от их символического значения, что проявляется в усилении признаков ритуализации выборов. На преодоление некоторых из указанных проблем направлены предпринимаемые на федеральном, региональном и муниципальном уровнях меры по оптимизации процесса проведения выборов, в том числе связанные с активизацией деятельности структур гражданского общества по обеспечению контроля в рамках электорального процесса, что способствует вовлечению представителей локальных сообществ в электоральное пространство в новой для себя роли наблюдателей, повышению их политической компетентности, росту доверия к институту выборов в целом.

Ключевые слова: институт выборов, политическое участие, электоральная арена политического участия, политические практики.

Abstract. *The complications occurring in political systems contribute to the differentiation of political practices and their isolation into separate areas, within which the main interactions (cooperation / competition) of the subjects of political participation are realized. Each of the emerging arenas of political participation is a relatively independent and holistic ensemble of relations, which operates according to the relevant rules and regulations, but is able in certain situations to intersect with other arenas. It is characterized by relative isolation and autonomy, the presence of specific political practices of participation.*

Materials and methods, results and discussions. *In the article, based on the analysis of the results of cross-national, All-Russian and regional sociopolitical studies, the configuration features of the electoral arena of political participation in modern Russia, are identified problems in its development and ways to overcome them are revealed.*

The current configuration of the electoral arena of political participation indicates the presence of significant problems in its functioning, which include the following. First, in the Russian society have been typing only practice one electoral vote, while other policy measures are important for the development of the arena, mastered by a limited circle of persons. second, there is the ambivalence of the views of citizens about the functionality of the elections, which adversely affects basic confidence in the Institute. Third, the degree of trust in socio-political institutions, whose activities are in a certain way connected with the production / replication of electoral political practices remains low (with the exception of the institution of the President), largely depends on their symbolic value, which is manifested in the strengthening of signs of ritualization of elections. Measures taken at the Federal, regional and municipal levels to optimize the electoral

process, including those related to the activation of civil society structures to ensure control within the electoral process, are aimed at overcoming some of these problems, which contributes to the involvement of representatives of local communities in the electoral space in a new role of observers, increase their political competence, increase confidence in the institution of elections as a whole.

Key words: institution of elections, political participation, electoral arena of political participation, political practices.

Введение. В процессе усложнения политических систем происходит дифференциация политических практик и обособление их в отдельные области, в рамках которых реализуются основные взаимодействия (кооперация/конкуренция) субъектов политического участия. Каждая из возникающих таким образом арен политического участия представляет собой сравнительно независимый и целостный ансамбль отношений, который функционирует по соответствующим ей правилам и нормам, но способен в определенных ситуациях пересекаться с другими аренами. Его отличает относительная замкнутость и автономность, наличие специфических политических практик участия, отличных от практик других арен; борьба за внутреннее структурирование арены через определение позиций акторов; способность преломлять все внешние воздействия в соответствии со своеобразием арены. Неравномерное распределение ресурсов в рамках каждой из арен политического участия обуславливает различия в позициях, которые занимают акторы в данной типичной ситуации, при этом для каждой позиции характерны только ей соответствующие правила поведения. Несмотря на то, что в пределах одной и той же арены может наблюдаться значительное число конкретных интеракций, общим остается то, что субъекты политического участия интерпретируют ситуацию как типичную и воспроизводят одни и те же политические практики.

Материалы и методы, результаты и обсуждения. Согласно материалам мониторинговых кросс-национальных исследований [1] наиболее масштабной и развитой из них во всех странах Европы является электоральная арена политического участия, что связано с типизацией и даже в какой-то мере рутинизацией процедуры выборов в рассматриваемых государствах на современном этапе, вне зависимости от особенностей национальных политических систем. Вместе с тем параметры электоральных арен могут существенно меняться от государства к государству. Так, даже при наличии общей тенденции снижения явки на выборы, наблюдаемой с 2000-х гг. как в «старых», так и «новых» демократиях Европы, есть ряд примеров представляющих исключение: в странах Северной Европы и Германии сегмент голосующих характеризуется устойчивостью и значительным объемом (индексологические значения для государств данного региона расположены в диапазоне от 70 до 80 пунктов, при среднем для Европы индексе электорального участия – 50,4). В связи с этим представляется целесообразным проводить анализ состояния и динамики развития электоральной арены в национально контексте.

Данные электоральной статистики и материалы всероссийских исследований [2, 3] свидетельствуют о типизации политической практики, связанной с реализацией активного избирательного права. Так, явка на федеральных выборах в России (рис. 1) вполне сопоставима с соответствующими показателями в других европейских государствах (для примера, явка на парламентских выборах в Чехии (2016 г.) составила 60,8 %, на парламентских выборах в Австрии (2017 г.) – 67,6, на парламентских выборах в Эстонии (2019 г.) – 63, 1 %), а примерно две трети россиян (около 70 %) стабильно демонстрирует готовность к участию в голосовании (особенно, если речь идет о выборах Президента РФ).

Конечно, в период между избирательными циклами показатели несколько снижаются, однако разрыв с максимальными значениями, характерными для «пика» избирательных кампаний, составляет не

Практика голосования стала вполне привычной для граждан России, чему во многом способствует наличие собственной ритмики электорального процесса. Вместе с тем, вопрос относительно функциональности института выборов остается еще открытым. В обществе сосуществуют достаточно устойчивые, примерно равные по объему сегменты, представители которых или оценивают выборы как безусловный элемент политического устройства страны, или отрицают такое значение (рис. 2). Весьма показательно в этом плане, что только треть указывает на такой важный с точки зрения политического участия параметр избирательного процесса как конкурентность, отмечая, что процедура выборов предполагает реальную борьбу кандидатов на выборные должности, а не имитацию, призванную скрыть заранее предопределенное решение представителей правящего класса. Соответственно, ставя под сомнение факт существования электоральной конкуренции, значительная часть россиян начинает скептически относится к содержанию и характеру деятельности выборных институтов, а вполне возможно и перспективам демократии в стране (особенно принимая во внимание позицию, что наличие политической конкуренции выступает важнейшей основой демократии [4, 5, 6]).

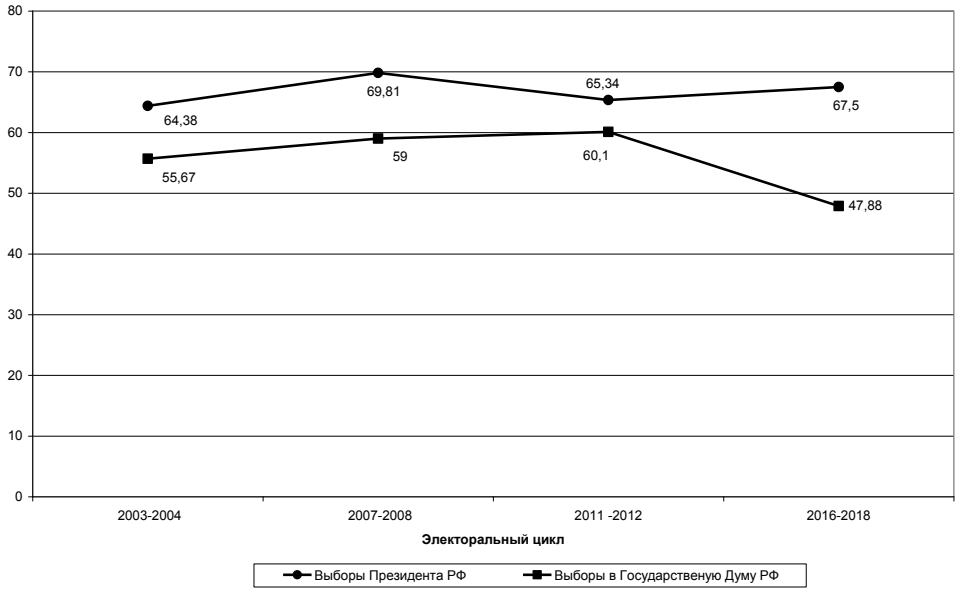


Рис. 1. Динамика явки на выборы федерального значения, 2003–2018 гг.

Наряду с конкурентностью важным критерием оценки гражданами состояния электорального пространства выступает предсказуемость выборов [7]. Исходя из явного перевеса политического капитала, организационных, административных и других ресурсов лидеров избирательных кампаний, результаты выборов, по мнению россиян, являются предсказуемыми. Так, в частности, отвечая на вопрос «Как вы думаете, почему В. Путин отказывается от участия в теледебатах с другими кандидатами на пост Президента России?» почти две трети респондентов отметили позиции «ему нет равных по статусу партнеров, собеседников» и «эти дебаты бессмысленны / решил сэкономить деньги избирателей», причем по сравнению с предыдущими электоральными циклами этот сегмент вырос более чем в 1,5 раза. При этом лишь пятая часть респондентов (21 %) безусловно доверяет результатам выборов, считая их честными.

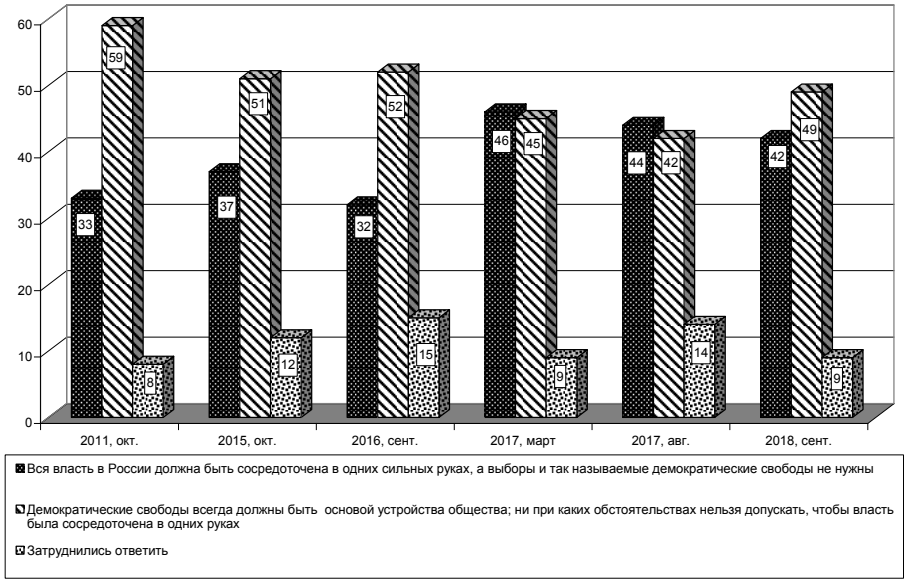


Рис. 2. Восприятие гражданами функциональности института выборов, 2011–2018 гг., в % от числа опрошенных.
Как Вы считаете, что было бы лучше… ?

И хотя индекслогические значения оценки прозрачности процедуры голосования в рамках электорального цикла 2017–2018 гг. значительно выросли по сравнению с показателями 2011–2012 гг. (36 против 21), но уровень 2007–2008 гг. так и не был достигнут (45), что свидетельствует о сохранении проблемы легитимации вновь избранных лиц. В тоже время, отсутствие стремления бойкотировать выборы (только 13 % рассматривают

для себя с той или иной долей уверенности такой вариант поведения) подчеркивает факт рутинизации рассматриваемой политической практики в российском обществе. Восприятие гражданами электорального участия как данности (обыденности) способствует не только наделению процесса голосования свойствами повседневности, но и обретению в некоторой степени характеристик, присущих ритуальному действию. Так, в течение последних десяти лет лишь 16–17 % респондентов отмечали, что внимательно следят за предвыборными кампаниями (в то время как около 50 % делают это нерегулярно, а треть опрошенных вообще не уделяет внимание данной теме), при этом более 70 % стабильно демонстрировали общую удовлетворенность результатами прошедших выборов (суммированы позиции «полностью удовлетворен» и «скорее удовлетворен»). Выявленный диссонанс в ограниченном уровне доверия к выборам как пространству взаимодействия в рамках существующих политических институтов (обусловленному наличием значительного числа рисков в его функционировании) и достаточно высокой степени уверенности в выборах как некой абстрактной системе (основанной на своеобразном «погружении в веру», даже в условиях дефицита информации [8]) указывает на амбивалентность представлений о функциональности электоральной арены.

Одним из значимых индикаторов реальной востребованности арен политического участия является степень доверия тем общественно-политическим институтам, деятельность которых определенным образом связана с производством / тиражированием соответствующих политических практик.

Для электоральной арены (с учетом возможности проведения выборов на различные должности всероссийского, регионального и муниципального уровней) такими маркерами помимо самого института выборов могут выступать Президент РФ, Государственная Дума РФ, губернаторы регионов, региональные парламенты, органы местного самоуправления.

Обращает на себя внимание факт, что начиная с 2010 г. происходит синхронизация в динамике степени доверия к базовым политическим институтам федерального уровня, таким как Президент РФ, Государственная Дума РФ, с 2012 г. аналогичные колебания в показателях стали наблюдаться и в отношении региональных органов власти. Принимая во внимание факт безусловного лидерства президента в рейтинге доверия государственным структурам, выборы главы государства следует рассматривать в качестве системообразующих во всех электоральных циклах, в то время как выборы в высший законодательный орган являются «подготовительными» к президентским, а в рамках региональных и местных выборов происходит укрепление позиций политических сил, завоеванных на выборах федерального значения. Признание символической значимости института президента экстраполируется и на электоральные кампании, контент которых так или иначе содержит указания на Президента РФ (а это практически все предвыборные кампании вне зависимости от уровня). Поддержке непрерывности избирательного процесса также способствует существование единого дня голосования.

Вместе с тем, согласно материалам региональных исследований [9, 10], в обществе сохраняется негативный тренд в отношении доверия институтам представительства, что особенно сказывается на выборах в соответствующие структуры на всех уровнях, при этом их символическая значимость снижается пропорционально усилению неодобрительной оценки практической деятельности той структуры, представители которой избираются.

В целом следует подчеркнуть, что типизация электоральной арены политического участия происходит только через призму реализации одной практики – голосования, в то время как другие политические действия, связанные с функционированием института выборов (такие как общественные наблюдение, непосредственное участие в избирательных кампаниях кандидатов, знакомство с предвыборными программами и т.д.) освоены лишь ограниченным кругом лиц.

Преодолению некоторых из указанных проблем способствуют предпринимаемые на федеральном, региональном и муниципальном уровнях меры по оптимизации процесса проведения выборов. Так, в 2017 г. в ряде регионов РФ были подписаны Соглашения о сотрудничестве между областными избирательными комиссиями и региональными Общественными палатами, в рамках которых было организовано взаимодействие данных структур по организации общественного наблюдения за выборами в единый день голосования [11]. На выборах Президента РФ 18 марта 2018 г. впервые право представить наблюдателей получили общественные палаты как федерального, так и регионального уровней. В результате на избирательных участках присутствовало 356000 наблюдателей, из них более 150000 человек – представители общественных палат, 105000 – члены комиссий с правом совещательного голоса, почти 15000 – аккредитованные журналисты (приведены данные без учета международных наблюдателей и экспертов). Корпус наблюдателей прошел соответствующее обучение, в организации которого принимали участие представители областных избирательных комиссий, региональных общественных палат,

прокуратуры и правоохранительных органов. При этом значительное внимание было уделено вопросам разрешения и фиксации конфликтных ситуаций и возможных нарушений на избирательных участках. Итоги общественного наблюдения были подведены на Первом форуме общественных наблюдателей, состоявшемся 20 марта 2018 года в Общественной палате Российской Федерации с участием членов Центральной избирательной комиссии России, Комитета Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации по конституционному законодательству и государственному строительству, Комитета Государственной Думы Российской Федерации по гражданскому, уголовному, арбитражному и процессуальному законодательству, общественных наблюдателей, представителей региональных рабочих групп по мониторингу реализации избирательных прав граждан, наблюдателей от стран СНГ, других государств и иностранных организаций. Участники обсудили предложения и рекомендации по совершенствованию избирательного законодательства Российской Федерации и повышению эффективности процедур общественного наблюдения за ходом голосования, проанализировали выявленные наблюдателями нарушения, сформировали итоговые рекомендации форума для последующего направления в палаты Федерального Собрания Российской Федерации: Совет Федерации и Государственную Думу, а также в Центральную избирательную комиссию России. В сентябре 2018 г. на выборах в муниципальные представительные органы функционировали центры общественного мониторинга и контроля, объединяющих представителей различных общественных и правозащитных организаций, традиционно выступающих в роли наблюдателей на выборах разного уровня. Также в период выборов была обеспечена работы «горячих линий» общественных наблюдателей с избирателями.

Рассмотренные меры были призваны не только стимулировать вовлечение представителей локальных сообществ в электоральное пространство в новой для себя роли наблюдателей, повысить их политическую компетентность, но и способствовать росту доверия к институту выборов. Однако устойчивая зависимость показателей электорального участия от контекста избирательного процесса (начиная от уровня выборов и заканчивая актуальной политической ситуацией) свидетельствует о том, что преодолеть полностью проблемы функционирования электоральной арены политического участия в условиях современного российского общества пока не удалось.

Заключение. Сложившаяся конфигурация электоральной арены политического участия свидетельствует о наличии существенных проблем в ее функционировании, к числу которых можно отнести следующие. Во-первых, в российском обществе произошла типизация только одной электоральной практики – голосования, в то время как другие политические действия, важные для развития данной арены, освоены ограниченным кругом лиц. Во- вторых, наблюдается амбивалентность представлений граждан о функциональности выборов, что негативно сказывается на базовом доверии к данному институту. В-третьих, степень доверия общественно-политическим институтам, деятельность которых определенным образом связана с производством / тиражированием электоральных политических практик остается низкой (за исключением института президента), во многом зависит от их символического значения, что проявляется в усилении признаков ритуализации выборов. На преодоление некоторых из указанных проблем направлены предпринимаемые на федеральном, региональном и муниципальном уровнях меры по оптимизации процесса проведения выборов, в том числе связанные с активизацией деятельности структур гражданского общества по обеспечению контроля в рамках электорального процесса, что способствует вовлечению представителей локальных сообществ в электоральное пространство в новой для себя роли наблюдателей, повышению их политической компетентности, росту доверия к институту выборов в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Европейское социальное исследование (ESS): мониторинг (2008–2016 гг.). 8 волна проведена в 2016 году (в России опрос проведен ЦЕССИ в октябре 2016-январе 2017 года, размер выборки составил 2430 чел.). URL: www.ess-ru.ru. – Дата обращения: 20.05.2018.

2. Опрос «ФОМнибус». Политические индикаторы Рейтинги политиков. 23–24 февраля 2019 г. Выборка3000 респондентов (207 населенных пунктов, 73 субъекта РФ). URL: https://fom.ru/Politika. – Дата обращения: 10.02.2019.

3. Общественное мнение – 2018. М.: Левада-Центр, 2019. 168 с.

4. Парк Р. Конкуренция. Конфликт. Аккомодация. Ассимиляция // Теоретическая социология: в 2 частях / сост. и общ. ред. С. П. Баньковской. М.: Книжный дом «Университет», 2002. Ч. 1. С. 390-422.

5. Хабермас Ю. Когда мы должны быть толерантными? О конкуренции видений мира, ценностей и теорий // Социс. 2006. № 1. С.53.

6. Вилков А. А. Предвыборная кампания как фактор политических конфликтов в современной России // Известия Саратовского университета. Нов. сер. Социология. Политология. 2016. Т. 16. Вып. 3. С. 309-313.

7. Ашихмина Я. Г. Конкуренция элит на выборах как критерий современной демократии. URL: https://cyberleninka.ru/article/v/konkurentsiya-elit-na-vyborah-kak-kriteriy-sovremennoy-demokratii. – Дата обращения: 15.01.2019.

8. Гидденс Э. Последствия современности. М.: Праксис, 2011. 343 с. С. 53.

9. Доклад о состоянии гражданского общества в Тульской области за 2018 г. Тула, 2019. 160 с.

10. Дергунова Н. В., Сурков А. А. Доверие институту выборов как индикатор функционирования политической системы России (на примере Ульяновской области) // Симбирский научный вестник. 2014. № 4 (18). 152- 160.

11. Панкратов С. А. Избирательный процесс на территории Волгоградской области: от публичного для приватного // Электоральный цикл в современной России: итоги и перспективы. Сборник научных статей по материалам V Международной научно-практической конференции / отв. ред. А. А. Вилков. 2018. С. 107-112.

REFERENCES

1. Evropeyskoe sotsialnoe issledovanie (ESS): monitoring (2008–2016 gg.).8 volna provedena v 2016 godu (v Rossii opros proveden TsESSI v oktyabre 2016 – yanvare 2017 goda, razmer vyiborki sostavil 2430 chel.). URL: www.ess-ru.ru. – Data obrascheniya: 20.05.2018.

2. Opros «FOMnibus». Politicheskie indikatoryi Reytingi politikov. 23–24 fevralya 2019 g. Vyiborka3000 respondentov (207 naselennyih punktov, 73 sub'ekta RF). URL: https://fom.ru/Politika. – Data obrascheniya: 10.02.2019.

3. Obschestvennoe mnenie – 2018. M.: Levada-Tsentr, 2019. 168 s.

4. Park R. Konkurentsiya. Konflikt. Akkomodatsiya. Assimilyatsiya // Teoreticheskaya sotsiologiya: v 2 chastyah / sost. i obsch. red. S. P. Bankovskoy. M.: Knizhnyiy dom «Universitet», 2002. Ch. 1. S. 390-422.

5. Habermas Yu. Kogda myi dolzhnyi byit tolerantnyimi? O konkurentsii videniy mira, tsennostey i teoriy // Sotsis. 2006. № 1. S. 53.

6. Vilkov A. A. Predvyibornaya kampaniya kak faktor politicheskih konfliktov v sovremennoy Rossii // Izvestiya Saratovskogo universiteta. Nov. ser. Sotsiologiya. Politologiya. 2016. T. 16. Vyip. 3. S. 309-313.

7. Ashihmina Ya. G. Konkurentsiya elit na vyiborah kak kriteriy sovremennoy demokratii. URL: https://cyberleninka.ru/article/v/konkurentsiya-elit-na-vyborah-kak-kriteriy-sovremennoy-demokratii. – Data obrascheniya: 15.01.2019.

8. Giddens E. Posledstviya sovremennosti. M.: Praksis, 2011. 343 s. S. 53.

9. Doklad o sostoyanii grazhdanskogo obschestva v Tulskoy oblasti za 2018 g. Tula, 2019. 160 s.

10. Dergunova N. V., Surkov A. A. Doverie institutu vyiborov kak indikator funktsionirovaniya politicheskoy sistemyi Rossii (na primere Ulyanovskoy oblasti) // Simbirskiy nauchnyiy vestnik. 2014. № 4 (18). 152-160.

11. Pankratov S.A. Izbiratelnyiy protsess na territorii Volgogradskoy oblasti: ot publichnogo dlya privatnogo // Elektoralnyiy tsikl v sovremennoy Rossii: itogi i perspektivyi. Sbornik nauchnyih statey po materialam V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii / otv. red. A. A. Vilkov. 2018. S. 107-112.

ОБ АВТОРЕ

Лаврикова Анастасия Александровна, кандидат политических наук, доцент, доцент кафедры социологии и политологии Тульского государственного университета, email: elav@mail.ru

Lavrikova Anastasia Alexandrovna, Candidate of Political Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Sociology and Political Science of Tula State University, email: elav@mail.ru

Дата поступления в редакцию: 12.12.2018 г.
После рецензирования: 01.02.2019 г.
Дата принятия к публикации: 12.03.2019 г.

М. М. Ткачев [M. M. Tkachev]

УДК 342.843(73)
DOI 10.33236/2307-910X-2019-2-26-226-231

ОБ ОЦЕНКАХ ВМЕШАТЕЛЬСТВА РОССИИ В АМЕРИКАНСКИЕ ВЫБОРЫ

ABOUT THE ESTIMATES OF THE RUSSIAN INTERFEIRENCE IN AMERICAN PRESIDENTIAL ELECTIONS

Московский государственный лингвистический университет, г. Москва, Россия
Email: tkachev2107@gmail.com

Аннотация. *На современном этапе российско-американский отношений после 2016 года появились новые трудности. В этот раз речь не идет о традиционных проблемах, таких как гонка вооружений, расширение НАТО или права человека. Сложности возникли совершенно в новом измерении, связанном с избирательным процессом в США и обвинениях России в попытке повлиять на исход выборов 2016 года.*

Материалы и методы, результаты и обсуждения. *Для данного исследования были использованы методы изучения документов, ивент-анализа, прогнозирования. В качестве источниковой базы были использованы материалы СМИ и доклад американского разведывательного сообщества, опубликованный в 2017 году.*

Заключение. *Американская сторона убеждена, что Россия осуществила попытку вмешаться в избирательный процесс, использовав при этом новые методы информационной войны, включающие воздействие на общественное мнение, манипулирование социальными сетями, кражу персональных данных, создание ненастоящих пользователей, попытки представить в невыгодном свете конкретного политика. Американская сторона уверена, что в будущем аналогичные вмешательства будут осуществляться в еще более широком формате. В связи с этим, проблема влияния на избирательных процесс с большой долей вероятности станет очередным препятствием на пути нормализации отношений между двумя странами.*

Ключевые слова: США, Россия, выборы, вмешательство, Дональд Трамп, Хиллари Клинтон.

Abstract. *Today the Russia-United States relations are currently facing new diffiucties after the year of 2016. This time the deterioration happens not because of typical bilateral issues such as NATO expansion, race of armaments or human rights violations. The issues have appeared in a completely new dimension related with the accusations that Russia had interfered in the US elections and had an impact on the outcome of it.*

Materials and methods, results and discussions. *For this research the methods such as content analysis, the studying of related documents, event analysis and predicting have been employed. The documents issued by the intelligence community and published in 2017 were used to write this article.*

Conclusion. *American counterpart is convinced that Russia had tried to meddle in the election process using brand new methods of hybrid warfare such as the influence on the members of the public, manipulation of social media, the theft of personal information, the creation of fake accounts and attempts to present the particular person disparagingly. American political establishment is convinced that in the future similar meddling will be employed in a wider scope. As a consequence, the issue of interference is likely to remain an obstacle as far as the improvement of bilateral relations is concerned.*

Key word: The USA, Russia, elections, meddling, Donald Trump, Hillary Clinton.

2016 год привнес в российско-американские отношения новые испытания. В ноябре прошли выборы президента США, в результате чего победу одержал Дональд Трамп. В контексте данных событий появились сообщения о том, что Россия вмешалась в избирательный процесс. Данную идею подхватили американские и европейские СМИ, и у мирового сообщества сложилось мнение о том, что Россия является ведущей кибер-державой, которая настолько сильна и могущественна, что способна выбирать президентов в других странах.

В действительности, разобраться во всех тонкостях и нюансах данного дела задача не простая, но вполне реальная. 6 января 2017 года была опубликована работа от лица разведывательного сообщества США под названием «Оценка действий и намерений России в прошедших выборах» [3], в которой содержатся основные тезисы интересующей нас темы. Именно этот текст и следует использовать, если мы хотим понять логику американских политиков и определить, на основании чего сделаны выводы о вмешательстве и в чем заключается суть претензий.

Данный документ, как указывают его составители, является рассекреченной версией исходного материала, содержащего источники информации и методы расследования, которые ЦРУ, ФБР и АНБ (именно от имени данных

агентств доклад был издан) желают оставить в тайне. Однако выводы обеих версий являются идентичными, в связи с чем мы можем смело рассматривать рассекреченную версию и не сомневаться в ее оригинальности.

Итак, составители убеждены, что Россия осуществила попытку вмешаться в избирательный процесс и что целями российского вмешательства являлись: подрыв демократического и либерального миропорядка, лидером которого являются США, распространение атмосферы недоверия в американском обществе по отношению к демократическому процессу, дискредитация кандидата от Демократической партии Хиллари Клинтон и представление ее при помощи СМИ, социальных сетей и интернета в невыгодном свете на фоне Дональда Трампа.

Объясняя логику российского руководства, разведывательное сообщество указывает, что подобный подход Москвы к проблеме вырабатывался с учетом тех перспектив, которые складывались в случае победы того или иного кандидата. Как следует из доклада, когда шансы Хиллари Клинтон на победу были высоки, о чем свидетельствовали опросы общественного мнения, то в Москве был отдан приказ о начале вмешательства в выборы. Данная кампания проводилась с участием правительственных агентств, спонсируемых государством СМИ, посредников от третьих лиц и политических партий, а также проплаченных пользователей интернета, которых именуют тролли, чье определение может быть сведено к лицам, провоцирующим эмоциональный конфликт с другими пользователями, с возможным переходом на личности [5].

Главный вопрос, который может нас интересовать, звучит следующим образом: почему Москва отдала предпочтение Дональду Трампу, а не Хиллари Клинтон? Отвечая на него, авторы документа указывают на то, что политика Трампа (на момент проведения кампании) была направлена на сотрудничество с Россией и нормализацию отношений между двумя странами. В частности, это касалось таких вопросов, как украинский и особенно сирийский, в связи с чем речь могла идти о создании международной коалиции для борьбы с Исламским государством и террористическими организациями на территории Сирии и Ирака. Что касается отношений руководства России с Хиллари Клинтон, то в тексте говорится о том, что они были достаточно непростыми. Бывший госсекретарь в ходе предвыборной кампании не раз негативно высказывалась о российско-американских отношениях.

Более того, составители доклада делают отсылку к событиям 2011 года, когда Хиллари Клинтон, занимая пост государственного секретаря, выступила с критикой прошедших в России парламентских выборов, назвав их нечестными и несправедливыми, о чем прошла информация в американских СМИ [4]. Данное заявление американского политика было сделано во время заседания Организации по безопасности и сотрудничеству в Европе (ОБСЕ). В ответ, как сообщали журналисты, Владимир Путин указал на то, что подобные субъективные оценки и высказывания задали тон и дали сигнал некоторым политическим деятелям внутри страны (имеется в виду оппозиции) [9], которые при поддержке Госдепа США начали «активную работу» [1]. Речь идет об акциях протеста российской оппозиции, которые прошли сразу после выборов.

Таким образом, доклад указывает на то, что у администрации Кремля были определённые мотивы и причины для вмешательства в выборы, в связи с чем и был отдан соответствующий приказ. Важно отметить, что, по мнению американских экспертов, на осуществление вмешательства были затрачены значительные ресурсы, инвестиции и инструменты, в том числе и кадровые. В тексте подчеркивается, что Россия таким образом продолжила традицию, существовавшую со времен СССР, по проведению подобного рода вмешательств в избирательные процессы. В том числе утверждается, что аналогичные стратегии уже отработаны российской стороной в бывших советских республиках, где приход к власти того или иного кандидата оказывает воздействие на двусторонние отношения с Россией.

Объектами российской кампании, указывают авторы документа, стали не только кандидаты в президенты и американская общественность, но также и Республиканская и Демократическая партии, многочисленные избирательные комиссии и участки. Однако оговаривается, со ссылкой на министерство внутренней безопасности, что данные системы, хоть и находились в поле внимания российских организаторов кампании вмешательства, но не были напрямую задействованы при подсчете голосов и в связи с этим нет повода сомневаться в надежном функционировании электронно-вычислительных машин. Другими объектами российского вмешательства названы научно-исследовательские центры и лоббистские группы, имеющие непосредственное отношение к процессу принятия политических решений, а также Национальный комитет Демократической партии. На последнем стоит остановится поподробнее.

В июне 2016 года еще до президентских выборов появилась информация о том, что Национальный комитет Демократической партии был подвержен компьютерной атаке [2], что привело к утечке большого количества электронных писем. Впоследствии многие из них были опубликованы на известном сайте WikiLeaks, специализирующемся на распространении общественно значимой секретной информации. В письмах содержались конфиденциальные данные, в том числе о спонсорах Демократической партии: их персональная информация – имена, адреса, номера кредитных карт, социального страхования и др. Период сообщений охватывал промежуток с января 2015 года до мая 2016 года. Ответственность за происходящее изначально взял на себя некий хакер по прозвищу Guccifer 2.0, который на момент выхода в свет доклада, имел, как предполагалось, румынское происхождение.

Однако годом позднее, в ходе расследования специального прокурора Роберта Мюллера, на сайте министерства юстиции было опубликовало официальное обвинение по отношению к 12 россиянам, которые предположительно стояли за хакерскими атаками на Национальный комитет Демократической партии [6]. Указывалось, что все 12 – сотрудники военной разведки, то есть ГРУ. Они обвинялись в получении незаконного доступа к информации, принадлежащей гражданам США и компаниям, вовлеченным в президентские выборы 2016, а также краже документов [7], которые впоследствии были опубликованы через анонимные аккаунты Dcleaks и Gucciger 2.0. Таким образом, делается вывод, что за данными аккаунтами стояли именно российские граждане.

Более того, по мнению США, все 12 работали в Агентстве интернет-исследований, более известном как «фабрика троллей», – российской компании, расположенной в Санкт-Петербурге и принадлежащей Евгению Пригожину, который занимался ее спонсированием через иные юридические лица – Concord management and Consulting и Concord Catering.

Американская сторона считает, что россияне использовали социальные сети, создавали сотни аккаунтов и притворялись американскими гражданами на основе украденных и поддельных документов и данных, в том числе банковских данных. В докладе указывается, что таким образом они выдавали себя за политически активных граждан, выступали за или против того или иного кандидата, создавали социальные группы для общения с реальными американцами, покупали политическую рекламу, платили американским гражданам за участие в кампаниях и акциях. В ходе расследования суд постановил, что россияне виновны и настаивает на их экстрадиции.

Особое место в расследовании российского вмешательства в президентские выборы было отведено средствам массовой информации. По мнению разведывательного сообщества, новостные каналы, такие как Sputnik и Russia Today, служили и служат своего рода платформой, с помощь которой Россия передает свою точку зрения для зарубежной аудитории. Особое внимание к данным телеканалам уделяется в связи с тем, что их вещание ведется на нескольких языках, и они доступны в интернете, что обеспечивает большой охват аудитории. Также в докладе подчеркивалось, что указанные выше новостные каналы получают значительные инвестиции от государства и обладают большой популярностью, что подтверждается тем фактом, что RT входит в число самых просматриваемых зарубежных каналов в Британии.

Составители документа считали, что перед российскими СМИ была поставлена задача освещать деятельность Дональда Трампа в выгодном свете, а Хиллари Клинтон в негативных тонах, поэтому RT и Sputnik очень много говорили о несправедливости по отношению к Дональду Трампу со стороны американских средств массовой информации, а также в своих репортажах делали акцент на коррумпированности политического истеблишмента США, активно освещали тему опубликования электронных писем Хиллари Клинтон, в репортажах не раз обвиняли ее в коррупции, делали акцент на плохом физическом и моральном состоянии и заявляли о ее связях с исламским экстремизмом. Избрание Хиллари Клинтон президентом США могло бы привести к потенциальному конфликту между РФ и США, о чем российские СМИ также упоминали.

Авторами доклада отмечалось, что для того, чтобы подчеркнуть недостаточность демократии в американской политике, RT проводил дебаты на своей площадке между кандидатами от третьих партий и активно освещал их политическую программу. Одна из ведущих мыслей, которую канал старался передать зрителям, звучала следующим образом: двухпартийная система США не отображает взгляды по крайней мере трети населения.

В заключении акцентировалось внимание на том, что канал RT активно освещал движение под названием Occupy Wall Street, представляя его как борьбу против правящего класса, коррумпированной системы, в которой доминирующее положение занимают корпорации. В контексте этих событий до зрителей пытались донести мысль, что система является несправедливой и ее нельзя изменить демократическим путем, поэтому преображения возможны только посредством революции.

Также документ затрагивает и экономические вопросы. В частности, речь идет о сюжетах и новостях RT, связанных с темой фрекинга в США (один из способов интенсификации нефтяных и газовых скважин, заключающийся в гидравлическом разрыве пласта) у утверждающих, что такой способ разработки природных ископаемых может негативным образом повлиять на здоровье населения. Американская сторона уверена, что в реальности Россия обеспокоена теми последствиями, которые могут возникнуть для мирового рынка энергоресурсов в случае, если этот способ окажется выгодным и успешным. При данном развитии сценария интересы российских компаний будут затронуты напрямую и непосредственно. Таким образом, в докладе доказывается, что за заботой о здоровье американского населения в реальности стоят экономические интересы российской промышленности.

В целом, проанализировав содержание доклада разведывательного сообщества, мы можем сделать основные выводы о его содержании.

Во-первых, США считают, что Россия осуществила вмешательство в американские выборы, применив при этом не только компьютерный потенциал, но также методы информационной войны, для того чтобы создать атмосферу недоверия к кандидатам и политической системе в целом.

Во-вторых, по мнению американцев, российская сторона сумела сделать выводы из прошедшей кампании и в дальнейшем приложит усилия как против США, так и их союзников (в первую очередь, имеется в виду избирательный процесс). Кремлевская администрация и российская разведка будут и дальше продолжать раскрывать сведения при помощи кибероперациий, таким образом не нанося себе и своим интересам ощутимого ущерба.

В-третьих, авторы документа «Оценка действий и намерений России в прошедших выборах» утверждают, что прошедшая кампания рассматривается Москвой как успех, потому что им удалось повлиять на ход дискуссии внутри американского общества.

В марте 2019 года появилась информация о том, что официальное расследование Роберта Мюллера завершилось [10]. Окончательные выводы и само дело были переданы в распоряжение Генерального прокурора США Уильяма Барра. Именно он, ознакомившись с материалами, направил в Конгресс письмо, которое, вероятно, поставит окончательную точку в расследовании. В письме говорится, что во время избирательной кампании ни нынешний президент, ни кто-либо из его предвыборного штаба не сотрудничал и не координировал свою деятельность с «Агентством интернет-исследований», представляющим российские интересы. Стоит упомянуть, что подобные обвинения выдвигались в адрес Трампа на протяжении всего времени расследования. В то же время документ подтверждает, что за взломами компьютеров, кражей электронных писем и хакерских атак на штаб Хиллари Клинтон и связанных с ней организаций стояло российское правительство, действовавшее при помощи посреднических организаций. Данная часть расследования остается неизменной.

Также вызывает интерес вторая часть письма. В рамках своего расследования Роберт Мюллер изучал вопрос, осуществлялись ли попытки воспрепятствовать правосудию со стороны президента. На этот счет специальный прокурор решил не делать окончательный вывод. «Расследование представляет доказательства как за, так и против, и не отвечает на вопрос, можно ли рассматривать действия президента как попытку чинить препятствие правосудию. Доклад не делает вывода о том, что президент совершил преступление. Однако в то же время данное суждение не опровергается» [9].

Поскольку Роберт Мюллер не пришел к окончательному выводу по данному вопросу, эта обязанность возложена на Генерального прокурора, который должен определить, можно ли считать поведение президента преступлением. В своем письме Уильям Барр пишет, что собранных доказательств недостаточно для выдвижения обвинения в адрес Дональда Трампа.

Таким образом, Барр считает, что между Россией и Дональдом Трампом лично не было сговора и связи до и во время президентской кампании.

Расследование заняло достаточно продолжительный период времени (2 года). Помимо Роберта Мюллера в нем участвовала команда из 19 юристов, 40 агентов ФБР и аналитиков. Было опрошено порядка 500 свидетелей, направлено около 2800 повесток, выдано более 500 ордеров на обыск. В рамках расследования было заведено 200 уголовных дел, 34 человека были признаны виновными. Среди них не только российские граждане, но также и американские, в частности советники Дональда Трампа (Майкл Коэн, Майкл Флинн, Рик Гейтс, Пол Манафорт, Джордж Пападопулос и Роджер Стоун), многие из которых работали с ним еще до выборов.

В контролируемой демократами Палате представителей письмо Уильяма Барра восприняли неоднозначно. Нэнси Пелосси, лидер демократического большинства, уже сделала заявление, в котором напомнила, что

именно Дональд Трамп назначил Генерального прокурора на его пост: «Учитывая публичную степень предвзятости г-на Барра в отношении расследования специального прокурора, он не является нейтральным наблюдателем и не может принимать объективные решения по поводу доклада» [8].

Можно предположить, что Уильям Барр в ближайшее время столкнется с критикой в свой адрес. Тем не менее, мы не можем не отметить, что «охота на ведьм» с большой долей вероятности в скором времени завершится. Демократам придется привлекать внимание к более животрепещущим проблемам американской политики, ведь скоро пройдут очередные выборы, в которых у Трампа есть большие шансы переизбраться.

В заключение можно сказать, что, по мнению американской стороны, российское вмешательство в выборы действительно состоялось. Подобное мнение разделяют и западные страны. Но разобраться в природе этого феномена можно, только если пройдет открытое обсуждение американской и российской стороной, чего в ближайшее время не предвидится. Поэтому велика вероятность, что история с выборами будет оставаться фактором, осложняющим отношения между странами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Путин обвиняет США в провоцировании протестов [Электронный ресурс]. URL: https://www.bbc.com/russian/russia/2011/12/111208_putin_opposition_protests (дата обращения: 03.12.2018)

2. Adi Robertson, WikiLeaks posts leaked DNC emails, including donor personal information [Электронный ресурс]. URL: https://www.theverge.com/2016/7/22/12259258/wikileaks-leaked-democratic-national-committee-emails-personal-information (дата обращения: 05.12.2018).

3. Background to «Assessing Russian Activities and Intentions in Recent US Elections»: The Analytic Process and Cyber Incident Attribution [Электронный ресурс]. URL: https://www.intelligence.senate.gov/sites/default/files/documents/-ICA_2017_01.pdf (дата обращения: 01.12.2018).

4. Cliton cites serious concerns about Russian Election [Электронный ресурс]. URL: https://edition.cnn.com/-2011/12/06/world/europe/russia-elections-clinton/index.html (дата обращения: 02.12.2018)

5. Elise Moreau, Internet Trolling: How Do You Spot a Real Troll? [Электронный ресурс]. URL https://www.-lifewire.com/what-is-internet-trolling-3485891 (дата обращения: 06.12.2018).

6. Indictment Case 1:18-cr-00215-ABJ [Электронный ресурс]. URL: https://www.justice.gov/file/1080281/download (дата обращения: 06.12.2018).

7. Kate Prengel, DCLeaks And Russian Hackers: 5 fast Facts you Need to Know [Электронный ресурс]. URL https://heavy.com/news/2018/07/dcleaks-russian-hackers/ (дата обращения: 06.12.2018)

8. Lauren Fox. After Mueller, Pelosi stares down her next big fight [Электронный ресурс]. URL: https://edition.cnn.com/-2019/03/25/politics/nancy-pelosi-next-big-fight/index.html (дата обращения: 27.03.2019).

9. Vladimir Putin accuses Hilary Clinton of encouraging Russian protests [Электронный ресурс]. URL: https://www.-theguardian.com/world/2011/dec/08/vladimir-putin-hillary-clinton-russia (дата обращения: 04.12.2018).

10. William P. Barr. Letter to judiciary committee leaders about the release of the Mueller Report [Электронный ресурс]. URL: https://www.theguardian.com/us-news/2019/mar/24/mueller-report-donald-trump-barr-congress-russia (дата обращения: 30.03.2019).

REFERENCES

1. Putin obvinyaet SSHA d provotsirovanii protestov - [Elektronnyy resurs]. URL: https://www.bbc.com/russian/-russia/2011/12/111208_putin_opposition_protests (дата обращения: 18.01.2019)

2. Edi Robenson. Wikilils opublikoval imeili Nasionalnogo Komiteta Democraticheskoi Partii, v tom chisle informaziu o sponsorah - [Elektronnyy resurs]. URL: https://www.theverge.com/2016/7/22/12259258/wikileaks-leaked-democratic-national-committee-emails-personal-information (data obracheniya: 16.01.2019)

3. Vvedenie k «osenkam rossiskih deisvii I namerenii v proshedshih viborah»-[Elektronnyy resurs]. URL: https://www.intelligence.senate.gov/sites/default/files/documents/ICA_2017_01.pdf (data obracheniya: 10.01.2019)

4. Clinton ozvuchila serieznie opasenia po povody rossiskih viborov -[Elektronnyy resurs]. URL: https://edition.cnn.com/-2011/12/06/world/europe/russia-elections-clinton/index.html (data obracheniya: 11.01.2019)

5. Elise Moriau. Internet Trolling: kak obnaruzhit trollya? - [Elektronnyy resurs]. URL: https://www.lifewire.com/what-is-internet-trolling-3485891 (data obracheniya: 10.01.2019)

6. Sudebnoe reshenie no delu 1:18-00215 - [Elektronnyy resurs]. URL https://www.justice.gov/file/1080281/download (data obracheniya: 06.12.2018)

7. Keit Prengel. 5 veshei, kotorie vi dolshni znat ob utechkah I rossiskih hakerah [Elektronnyy resurs]. URL: https://heavy.com/news/2018/07/dcleaks-russian-hackers/ (data obracheniya: 18.01.2019)

8. Lauren Fox. Poste Mullera, Pelosi gotovitshya k novoi bitve [Elektronnyy resurs]. URL: https://edition.cnn.com/-2019/03/25/politics/nancy-pelosi-next-big-fight/index.html (data obracheniya 27.03.2019).

9. Vladimir Putin obvinil Hilari Clinton v podderzhivanii protestov [Elektronnyy resurs]. URL: https://www.-theguardian.com/world/2011/dec/08/vladimir-putin-hillary-clinton-russia (data obracheniya: 14.01.2019)

10. Yilliam Barr. Pismo rukovodstvu uridicheskogo comiteta po povody opublikovaniya doklada Mullera [Elektronnyy resurs]. URL: https://www.theguardian.com/us-news/2019/mar/24/mueller-report-donald-trump-barr-congress-russia (data obracheniya: 30.03.2019)

ОБ АВТОРЕ

Ткачев Михаил Михайлович, выпускник МГИМО МИД РФ, студент магистратуры МГЛУ, факультет международных отношений, г. Москва, 89684412693, E-mail: tkachev2107@gmail.com

Tkachev Mikhail Mikhailovich, the graduate of MGIIMO, the master student of MSLU, the faculty of international relations, Moscow, 89684412693, E-mail: tkachev2107@gmail.com

Дата поступления в редакцию: 1.02.2019 г.
После рецензирования: 23.03.2019 г.
Дата принятия к публикации: 24.04.2019 г.

Г. В. Косов [G. V. Kosov]
А. Э. Гапич [A. E. Gapich]
О. В. Минкина [O. V. Minkina]

УДК 316.334.52,
316.485.22
DOI 10.33236/2307-910X-2019-2-26-226-231

ПРОТЕСТНАЯ АКТИВНОСТЬ КАК СЛЕДСТВИЕ ДЕВАЛЬВАЦИИ ГРАЖДАНСКО-ВЛАСТНОГО КОНСЕНСУСА (КЕЙС СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ)*

PROTEST ACTIVITY AS A RESULT OF THE DEVALUATION OF CIVIL-POWER CONSENSUS (CASE OF THE STAVROPOL TERRITORY) *

ФГБОУ ВО «Пятигорский государственный университет», г. Пятигорск, Россия

Аннотация. *В статье, основанной на результатах авторского социологического исследования, рассматривается проблема протестных настроений в Ставропольском крае. Обосновывается мысль о том, что на гражданскую активность влияют процессы, связанные с заключением, поддержанием или расторжением консенсуса между властью и обществом. Авторы определяют катализаторы, мотивы и причины протестной активности вообще.*

Материалы и методы, результаты и обсуждения. *В конце мая – начале июня 2019 года авторский коллектив провел социологическое исследование, в ходе которого было опрошено 1275 респондентов во всех районах Ставропольского края. Достоверность результатов данного исследования обеспечивается использованием современных методов и методик политического и социологического анализа в рамках интердисциплинарного подхода и многоступенчатой апробацией полученных результатов на практике.*

В статье выделяются условия разрыва консенсусного соглашения между властью и обществом. Авторы пришли к выводу, что разрушение консенсуса между властью и обществом проявляется не в форме разовых индивидуальных акций, а как правило в массовом характере из-за убежденности в том, что только массовое выражение недовольства сможет изменить ситуацию несправедливости. Анализ кейса Ставропольского края позволил выявить основные тенденции в динамики протестных настроений в одном из ключевых северокавказских регионов.

Заключение. *Сделан вывод о том, что девальвация крымского консенсуса, снижение уровня и качества жизни, отсутствие веры в завтрашний день, непонимание логики развития страны и «прорыва» в экономической сфере, психологическая усталость от складывающегося образа «осаждённой» крепости являются причинами роста протестных настроений в Ставропольском крае. Средний класс в большей степени чем остальные является носителем протестных идей.*

Ключевые слова: социальный консенсус; протестные настроения; социальная стабильность; региональная политика, политический процесс, гражданская активность.

Abstract. *The article, based on the results of the author's sociological research, addresses the problem of protest moods in the Stavropol Territory. It justifies the idea that civilian activity is influenced by processes associated with the conclusion, maintenance or dissolution of consensus between the government and society. The authors determine the catalysts, motives and reasons for protest activity in general.*

Materials and methods, results and discussions. *In late May - early June 2019, the authors' team conducted a sociological survey, during which 1,275 respondents were interviewed in all regions of the Stavropol Territory. The reliability of the results of this study is provided by the use of modern methods and methods of political and sociological analysis in the framework of an interdisciplinary approach and a multi-stage testing of the results obtained in practice.*

The article highlights the conditions for breaking the consensus agreement between the government and society. The authors concluded that the destruction of the consensus between the government and society does not manifest itself in the form of one-off individual actions, but as a rule in a mass character because of the conviction that only a mass expression of discontent can change the situation of injustice. An analysis of the case of the Stavropol Territory revealed the main trends in the dynamics of protest moods in one of the key North Caucasian regions.

Conclusion. *It was concluded that the devaluation of the Crimean consensus, the decline in the level and quality of life, the lack of faith in tomorrow, the lack of understanding of the country's development logic and the "breakthrough" in the economic sphere, psychological fatigue from the emerging image of a "besieged" fortress edge. The middle class to a greater extent than the rest is the carrier of protest ideas.*

Key words: social consensus; protest moods; social stability; regional politics, political process, civil activity.

Актуальность темы нашего научного исследования обусловлена возрастанием влияния гражданской активности на политические процессы вообще и принимаемые политические решения в частности. Гражданская активность, находясь в пространстве разрушения гражданско-властного консенсуса, может трансформироваться в протестные настроения и протестные акции. Выявление механизмов подобной трансформации актуализирует тему нашего исследования. Изучение протестного потенциала, протестных настроений в Ставропольском крае в период предвыборной кампании на должность губернатора так же делает наше научное исследование актуальным. Достоверность результатов данного исследования обеспечивается использованием современных методов и методик политического и социологического анализа в рамках интердисциплинарного подхода и многоступенчатой апробацией полученных результатов на практике.

Целью данного исследования является выявлением и изучение протестных настроений в Ставропольском крае, обоснование тезиса о том, что их побудительными мотивами являются социально-экономические условия и разрушение социального консенсуса.

Проблематике социального протеста как массового общественно политического явления посвящены исследованиятаких зарубежных классиков теорий коллективного действия, как Г. Блумер [7], Т. Р. Гарр [2], Н. Смелзер [18], С. Тилли [20]. Протестные сообщества и факторыихконсолидацииизучалиК. Дойч [10], Д. Кэмерон [8]. С. Тарроу исследует динамику социальных протестов [19]. Стратегии социального протеста рассматривал У. Гамсон [11].Моделирование протестного поведения проводится Д. А. Губановым, Д. А. Новиковым, А. Г. Чхартишвили [6]. Особенности организационных структур, механизмы протестной активности граждан рассматривали Д. Джиллион [12], О. Лейстерт [14], Е. Н. Соломатина [5], К. Фахленбранч [21]. Экологический протест и экологическое насилиекак форму социальных протестов изучают Г. Косов и С. Нефедов [3], В. Перцивал и Т. Хомер-Диксон [17]. Претесный потенциал молодежи Юга России исследовали Л. Б. Внукова, И. В. Пащенко, Д. Д. Челпанова [1].

Консенсус между обществом и властью как правило неинституционализированное состояние социально-политической системы, при котором общество соглашается поддержать предложенный властью вектор развития (социальный, экономический, политический и т.д.) даже в условиях ущемления некоторых своих интересов, если есть понимание, что власть компенсирует этот ущерб (символически, психологически, материально и т.п.) в значимом для общества сегменте социального бытия. Отметим, что подобное состояние социально-политической системы может оставаться неинституционализированнымдостаточно долгое время. Причем со стороны «власти» и со стороны «общества» вырабатываются как формальные, так неформальные формы поведения, определяются точки контактов и границы допустимого. При сохранении базовых условий поддержания властью социального комфорта, как правило, неформальные правила игры обществом поддерживаются.

Наличие консенсуса между властью и обществом может рассматриваться как одно из условий/проявлений легитимности/легитимации существующей власти. Достаточно высокая поддержка основных политических институтов, одобрение их деятельности, поддержка принимаемых властью решений, единичные случаи социального протеста, провоцируемые отдельными решениями властей, являются проявлением существующего консенсуса между властью и обществом. В то время как рост количества и качества социальных протестов, расширение территорий, охваченных ими, является индикатором разрушения фундаментальных принципов, на которых базировался данный тип консенсуса.

Одним из маркеров разрушения социального консенсуса является рост недоверия граждан ко власти. Так, в мае 2019 года на вопрос: «Как вы считаете за последнее время число людей, недовольных властью, стало больше, меньше или осталось без изменений?» 63 % респондентов ответило, что «стало больше». А на вопрос: «Как вы считаете за последнее время число людей, довольных властью, стало больше, меньше или осталось без изменений?» 51% опрошенных ответили «стало меньше» [4].

Результаты опроса «Левада-центра» в мае 2019 год свидетельствуют о том, что готовность россиян учувствовать в массовых протестах растет. Так, 27 % респондентов готовы протестовать против падения уровня жизни, в то время как не готовы – 69 %. При этом 22 % опрошенных готовы выступать с политическими требованиями [4].

В конце мая – начале июня 2019 года авторский коллектив провел социологическое исследование, в ходе которого было опрошено 1275 респондентов во всех районах Ставропольского края.

Проведенный опрос позволил выявить основные социально-экономические причины, которые могут вынудить жителей Ставропольского края принять участие в протестных акциях. Так, 29,9 % опрошенных готовы

принять участие в той или иной форме протестных акций при длительной невыплате заработной платы; 20,9 % при массовом сокращении сотрудников; 20,2 % при несправедливом увольнении; 16,9 % при отмене или сокращении количества льгот; 12,1 % при принуждении к внеурочной работе (рис. 1).

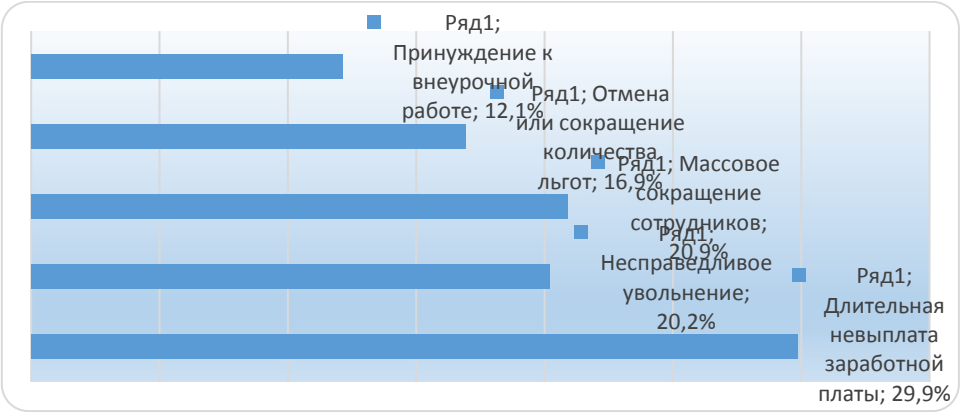


Рис. 1. Какие причины могут вынудить Вас участвовать в протестных акциях? (%)

Проведенный социологический опрос показал, что наиболее популярной формой социального протеста, которую готовы поддержать большинство опрошенных является подписание письма-петиции (36,8 %). Далее по популярности идут митинги (26,3 %), забастовки (7,7 %), пикеты (7,1 %), участие в бойкоте (3,9 %). 18,2 % респондентов не определились с поддержкой той или иной формы (рис. 2).

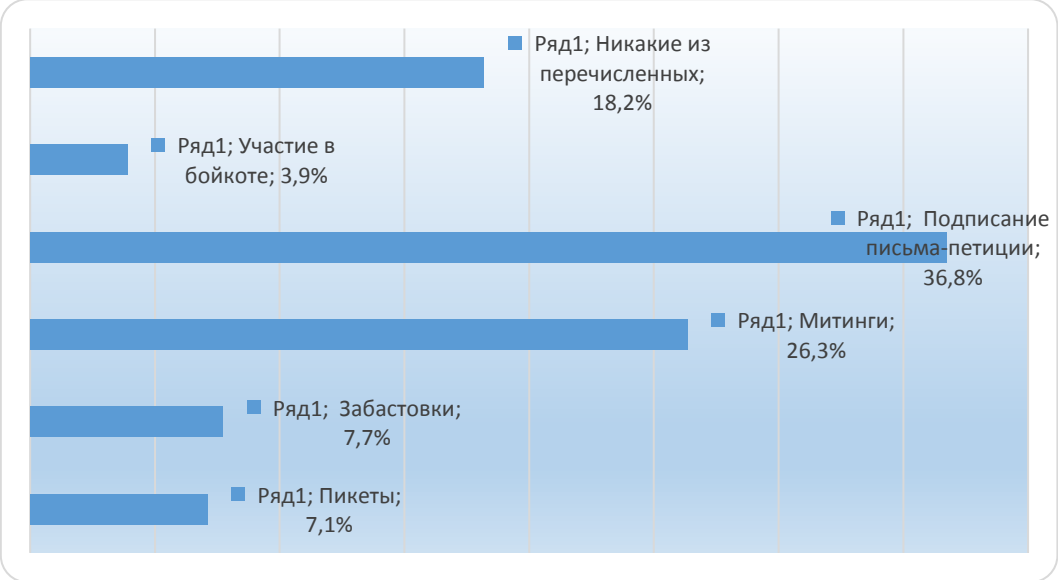


Рис. 2. Какие формы протестных акций вы лично готовы поддержать при определенных условиях? (%)

21,7 % опрошенных считают, что протестные акции бесполезны и не помогут добиться желаемого результата, при чем не верящих в протестный потенциал женщин больше, чем мужчин. 24,8 % респондентов считают, что иногда протестные акции могут быть эффективной мерой, а 23,7 % опрошенных уверенны, что участие в протестных акциях допустимо, если они связаны с защитой своих прав. При чем и во втором, и в третьем случаях мужчин, высказавшихся «за» больше чем женщин порядка 10 % (табл. 1).

Отметим, что жители Кавказских минеральных Вод меньше остальных видят позитив в протестных акциях, в то время как 25,1 % жителей Восточных районов Ставропольского края считают, что «протестные акции точно не помогут добиться желаемого», а 35 % – что участие в протестных акциях может дать результат лишь в ряде случаев. При этом почти 40 % респондентов затруднились с ответом. В остальных районах края порядка 56–

58 % респондентов считают, что «участие в протестных акциях допустимая форма защиты своих прав» или «участие в протестных акциях иногда может быть эффективной мерой» (табл. 2).

Таблица 1

Варианты ответов		Ваш пол	
		Женский	Мужской
Какое суждение лучше других отражает Ваше отношение к протестным акциям?	Затрудняюсь ответить	32,4%	18,0%
	Протестные акции точно не помогут добиться желаемого	22,2%	19,7%
	Участие в протестных акциях допустимая форма защиты своих прав	22,3%	30,0%
	Участие в протестных акциях иногда может быть эффективной мерой	23,1%	32,2%

Таблица 2

Варианты ответов		Район проживания респондентов			
		Центральные районы	Восточные районы	Регион КМВ	Западные районы
Какое суждение лучше других отражает Ваше отношение к протестным акциям?	Затрудняюсь ответить	20,9%	27,6%	39,8%	26,9%
	Протестные акции точно не помогут добиться желаемого	21,3%	14,5%	25,1%	17,3%
	Участие в протестных акциях допустимая форма защиты своих прав	27,3%	30,9%	17,5%	26,0%
	Участие в протестных акциях иногда может быть эффективной мерой	30,4%	27,0%	17,5%	29,8%

В ходе социологического исследования было выявлено, что 11,7 % руководителей высшего звена, 21,1 % – среднего и 33,4 % рядовых работников не определились со своим отношением в степени эффективности протестных акций. Больше всего считающих, что «протестные акции точно не помогут добиться желаемого» среди руководителей среднего звена (24,2 %). 21,2 % рядовых работников и 20,0 % руководителей высшего звена разделают это суждение. Верящих в то, что «участие в протестных акциях допустимая форма защиты своих прав» меньше всего среди рядовых рабочих (20,3 %), а больше всего среди руководителей высшего звена – 38,3 %. 25,2 % рядовых работников, 22,3 % руководителей среднего и 30,0 % высшего звена считают, что «участие в протестных акциях иногда может быть эффективной мерой» (табл. 3).

Таблица 3

Варианты ответов		Укажите Вашу должность в организации, в которой Вы работаете		
		Руководитель высшего звена	Руководитель среднего звена	Рядовой работник
Какое суждение лучше других отражает Ваше отношение к протестным акциям?	Затрудняюсь ответить	11,7%	21,1%	33,4%
	Протестные акции точно не помогут добиться желаемого	20,0%	24,2%	21,2%
	Участие в протестных акциях допустимая форма защиты своих прав	38,3%	32,5%	20,3%
	Участие в протестных акциях иногда может быть эффективной мерой	30,0%	22,3%	25,2%

Примечательно, что самые «богатые» и самые «бедные» по исследовательской шкале больше чем остальные считают, что «протестные акции точно не помогут добиться желаемого» (47,1 % и 34,8 % соответственно). Так же они в меньшей степени готовы поддерживать и участвовать в тех или иных акциях протеста. Наиболее активными по итогам исследования являются представители «среднего» класса (табл. 4).

Таблица 4

Варианты ответов		**Какое описаний точнее всего соответствует материальному положению Вашей семьи?**						
		Денег вполне хватает на покупку крупной бытовой техники, но мы не можем купить новую машину	*Денег не хватает даже на питание*	Затрудняюсь ответить	*Материальных затруднений не испытываем, при необходимости могли бы приобрести квартиру, дом*	На новую машину денег хватает, но мы не можем позволить себе покупку квартиры или дома	На питание денег хватает, но не хватает на покупку одежды и обуви	На покупку одежды и обуви денег хватает, но не хватает на покупку крупной бытовой техники
Какое суждение лучше других отражает Ваше отношение к протестным акциям?	Затрудняюсь ответить	18,8%	*36,2%*	52,8%	*23,5%*	21,6%	32,0%	25,5%
	Протестные акции точно не помогут добиться желаемого	15,9%	*34,8%*	20,2%	*47,1%*	21,6%	23,1%	20,2%
	Участие в протестных акциях допустимая форма защиты своих прав	29,3%	*17,4%*	14,7%	*14,7%*	21,6%	23,1%	26,4%
	Участие в протестных акциях иногда может быть эффективной мерой	36,1%	*11,6%*	12,3%	*14,7%*	35,1%	21,8%	27,9%

На вопрос «Вы бы лично смогли принять участие в протестных акциях?» 14 % опрошенных ответили однозначно «да», 69,6 % готовы принять участие, но «смотря в каких» и только 16,4 % ответили, что не готовы (рис. 3).

Из тех, кто однозначно готовы участвовать в протестных выступлениях 24,5 % мужчины и 11,7 % – женщины. Однозначно не примут участие в подобных акциях 12,9 % мужчин и 17,2 % – женщин. В то время, как 71,1 % женщин и 62,6 % готовы принять участие в некоторых протестных акциях.

Интересным представляется распределение ответов респондентов по районам края. Не готовы принять участие в протестах жители Кавказских Минеральных Вод (19,3 %), Восточных (17,1 %), Западных (15,4 %) и Центральных районов (13,4 %), в то время как готовы в той или иной степени принять участие в протестных акциях жители Центральных (86,5 %), Западных (84,6 %), Восточных районов (83 %) и Кавказских Минеральных Вод (80,7 %) (табл. 5).

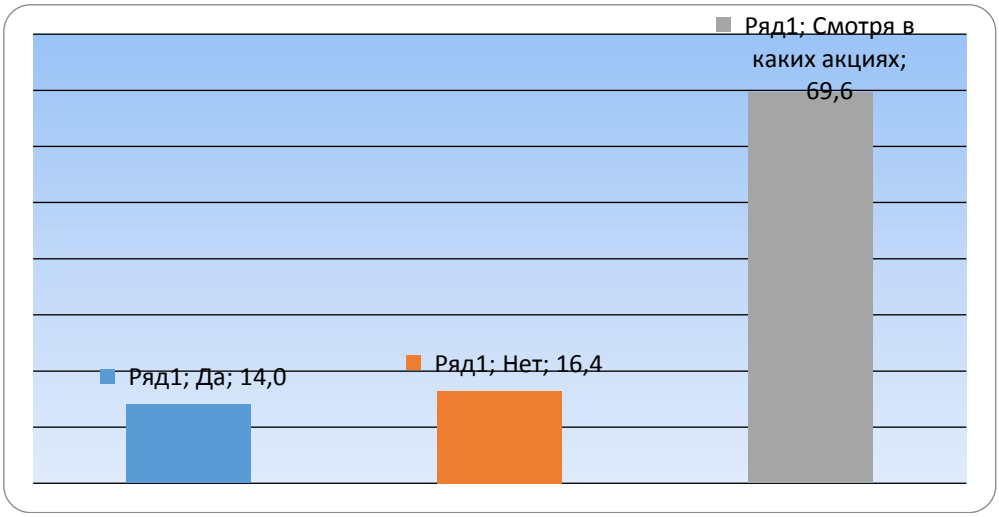


Рис. 3. Вы бы лично смогли принять участие в протестных акциях? (%)

Таблица 5

Варианты ответов	Район проживания респондентов (Ставропольский край)			
	Центральные районы	Восточные районы	Регион КМВ	Западные районы
Да, конечно	16,8%	14,5%	11,1%	14,4%
Нет, ни при каких обстоятельствах	13,4%	17,1%	19,3%	15,4%
Смотря в каких акциях	69,7%	68,5%	69,6%	70,2%

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что больше всего – 17,5 % – ни при каких обстоятельствах не примут участие в протестных акциях рядовые работники, в то время как воздержатся от участия в подобных акциях только 8,3 % руководителей высшего 14,3 % среднего звеньев. Только 52,6 % рядовых работников готовы принять участие в тех или иных формах протестных акций, в то время как 91,7 % руководители высшего и 85,6 % среднего звенев готовы принять участие в них (табл. 6).

Таблица 6

Варианты ответов	Укажите Вашу должность в организации, в которой Вы работаете		
	Руководитель высшего звена	Руководитель среднего звена	Рядовой работник
Да, конечно	16,7%	15,8%	13,4%
Нет, ни при каких обстоятельствах	8,3%	14,3%	17,5%
Смотря в каких акциях	75,0%	69,8%	39,2%

Примечательно, что среди тех, кто «материальных затруднений не испытываем, при необходимости могли бы приобрести квартиру, дом» больше всего как тех, кто однозначно готов выйти на акции протеста (11,8 %), так и тех, кто не выдут ни при каких обстоятельствах (44,1 %). А вот из них готовы выйдет в ряде случаев на акции протеста – 42,1 %. Среди тех, кому «денег вполне хватает на покупку крупной бытовой техники, но мы не можем купить новую машину» готовы принять участие в протестных акциях – 80,9 % опрошенных; кому «денег не хватает даже на питание» – 82,7 %; кому «на новую машину денег хватает, но мы не можем позволить себе покупку квартиры или дома» – 13,7 %; кому «на питание денег хватает, но не хватает на покупку одежды и обуви» – 13,7 %; кому «на покупку одежды и обуви денег хватает, но не хватает на покупку крупной бытовой техники» – 15,3 %.

Результаты социологического опроса свидетельствуют о том, что среди тех, кто считает, что «протестные акции точно не помогут добиться желаемого» большинство или те, кому «денег не хватает даже на питание»

(34,8 %), или те, кто «материальных затруднений не испытываем, при необходимости могли бы приобрести квартиру, дом» (47,1 %) (табл. 7).

Таблица 7

Варианты ответов		Какое из описаний точнее всего соответствует материальному положению Вашей семьи?						
		Денег вполне хватает на покупку крупной бытовой техники, но мы не можем купить новую машину	Денег не хватает даже на питание	Затрудняюсь ответить	Материальных затруднений не испытываем, при необходимости могли бы приобрести квартиру, дом	На новую машину денег хватает, но мы не можем позволить себе покупку квартиры или дома	На питание денег хватает, но не хватает на покупку одежды и обуви	На покупку одежды и обуви денег хватает, но не хватает на покупку крупной бытовой техники
	Да, конечно	8,8%	*7,4%*	6,7%	11,8%	3,5%	*3,3%*	4,7%
	Нет, ни при каких обстоятельствах	9,1%	*7,2%*	28,8%	44,1%	6,2%	*6,3%*	4,7%
	Смотря в каких акциях	72,1%	*75,3%*	64,4%	44,1%	10,2%	10,4%	10,6%

Итак, представляется, что на гражданскую активность влияют процессы, связанные с заключением, поддержанием или расторжением консенсуса между властью и обществом. Именно уверенность в своих силах вошедшая в резонанс с процессами, девальвирующими подобный договор, может выступать в качестве не только катализатора, но и мотивом/причиной протестной активности.

Можно сделать вывод о том, что девальвация основных параметров социального консенсуса привела к ухудшению социального самочувствия инастроения, способствовала появлению нисходящего тренда в отношении власти и как следствие к росту гражданской активности.

Девальвация крымского консенсуса, снижение уровня и качества жизни, отсутствие веры в завтрашний день, непонимание логики развития страны и «прорыва» в экономической сфере, психологическая усталость от складывающегося образа «осаждённой» крепости являются причинами роста протестных настроений в Ставропольском крае. Средний класс в большей степени чем остальные является носителем протестных идей.

Финансирование статьи

*Работа выполнена в рамках Проекта 19-011-31170 «Сетевые детерминанты современного социально-политического протеста», поддержанного РФФИ – АНО ЭИСИ.

Вклад автора

Все авторы ответственны за идеи исследования и в равной степени участвовали в написании данной статьи.

Благодарности

Авторы выражают благодарность Научно-образовательному центру «Политическая регионалистика» Пятигорского государственного университета и Институту образования и социальных наук Северо-Кавказского федерального университета.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Внукова Л. Б., Челпанова Д. Д., Пащенко И. В. Социально-политическая напряженность в полиэтничном регионе. Ростов н/Д: Изд-воЮжного научного центра РАН, 2014. 192 с.

2. Гарр Т. Р. Почему люди бунтуют. СПб.: Питер, 2005. 461 с.

3. Косов Г. В., Нефедов С. А. Некоторые методологические аспекты анализа экополитического насилия // Власть. 2013. №11. С. 149-152.

4. Протестный потенциал // Левада-центр / https://www.levada.ru/2019/06/04/protestnyj-potentsial-9/ [дата обращения 15.06.2019]

5. Соломатина Е. Н. Социальные протесты в современном мире: социологический анализ // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. Серия Социальные науки. 2014. № 1 (33). С. 103-107.

6. Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства / Д. А. Губанов, Д. А. Новиков, А. Г. Чхартишвили / под ред. чл-корр. РАН Д. А. Новикова. М.: Изд-во физ.-мат. литературы, 2010. 228 с.

7. Blumer H. Collective Behavior. Chapt. XIX–XXII / New Outline of the Principles of Sociology. N.Y., 1951. P. 167-221.

8. Cameron D. R. Toward a Theory of Political Mobilization // The Journal of Politics. 1974. Т. 36. №. 1. P. 138-171.

9. Cameron D. R. Toward a Theory of Political Mobilization // The Journal of Politics. 1974. Т. 36. №. l. P. 138-171.

10. Deutsch K. W. Social mobilization and political development //The American Political Science Review. 1961. Т. 55. №. 3. P. 493-514.

11. Gamson W. A. The Strategy of Social Protest. Homewood, IL: Dorsey Press, 1975.

12. Gillion D. Q. (Ed.). The political power of protest: minority activism and shifts in public policy. Cambridge; New York: Cambridge University Press, 2013.

13. Hogan B., Quan-Haase A. Persistence and change in social media //Bulletin of Science, Technology & Society. 2010. Т. 30. №. 5. С. 309-315.

14. LeistertO. (Ed.). From protest to surveillance: the political rationality of mobile media: modalities of neoliberalism. Frankfurt am Main; New York: PL Academic Research, 2013.

15. Lewis K. et al. Tastes, ties, and time: A new social network dataset using Facebook. com //Social networks. – 2008. Т. 30. №. 4. P. 330-342.

16. Marcoux M., Lusseau D. The influence of repressive legislation on the structure of a social media network // arXiv preprint arXiv:1304.3013. 2013.

17. Percival V., Homer-Dixon T. Environmental Scarcity and Violent Conflict: The Case of Rwanda. University of Toronto, 1995.

18. Smelser N. Theory of Collective Behavior. N.Y., 1963. 426 p.

19. Tarrow S. Power in movement: Social movements, collective action and politics. Cambridge: Cambridge University Press, 1994. С. 3-4.

20. Till C. From mobilization to revolution. Reading, MA: Addison-Wesley. 1978.

21. Fahlenbrach K. (Ed.). The establishment responds: power, politics, and protest since 1945. New York, NY: Palgrave Macmillan, 2012.

22. Wellman B. et al. Does the Internet increase, decrease, or supplement social capital? Social networks, participation, and community commitment //American behavioral scientist. 2001. Т. 45. №. 3. P. 436-455.

REFERENCES

1. Vnukova L. B., Chelpanova D. D., Pashchenko I.V.Sotsial′no-politicheskaya napryazhennost′ v poliehtnichnom regione. Rostov n/D: Izd-voYuzhnogo nauchnogo tsentra RAN, 2014. 192 s.

2. Garr T. R. Pochemu lyudi buntuyut. SPb.: Piter, 2005. 461 s.

3. Kosov G. V., Nefedov S. A. Nekotorye metodologicheskie aspekty analiza ehkopoliticheskogo nasiliya // Vlast′. 2013. №11. S. 149-152

4. Protestnyy potentsial // Levada-tsentr / https://www.levada.ru/2019/06/04/protestnyj-potentsial-9/ [data obrashcheniya 15.06.2019]

5. Solomatina E. N. Sotsial′nye protesty v sovremennom mire: sotsiologicheskiy analiz // Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo. Seriya Sotsial′nye nauki. 2014. № 1 (33). S. 103-107.

6. Sotsial′nye seti: modeli informatsionnogo vliyaniya, upravleniya i protivoborstva / D. A. Gubanov, D. A. Novikov, A. G. Chkhartishvili / pod red. chl-korr. RAN D. A. Novikova. M.: Izd-vo fiz.-mat. literatury, 2010. 228 s.

7. Blumer H. Collective Behavior. Chapt. XIX–XXII / New Outline of the Principles of Sociology. N. Y., 1951. P. 167-221.

8. Cameron D. R. Toward a Theory of Political Mobilization // The Journal of Politics. 1974. T. 36. №. 1. R. 138-171.

9. Cameron D. R. Toward a Theory of Political Mobilization // The Journal of Politics. 1974. T. 36.-№. l. R. 138-171.

10. Deutsch K. W. Social mobilization and political development // The American Political Science Review. 1961. T. 55. №. 3. R. 493-514.

11. Gamson W. A. The Strategy of Social Protest. Homewood, IL: Dorsey Press, 1975.

12. Gillion D. Q. (Ed.). The political power of protest: minority activism and shifts in public policy. Cambridge; New York: Cambridge University Press, 2013.

13. Hogan B., Quan-Haase A. Persistence and change in social media //Bulletin of Science, Technology & Society. 2010. Т. 30. №. 5. S. 309-315.

14. LeistertO. (Ed.). From protest to surveillance: the political rationality of mobile media: modalities of neoliberalism. Frankfurt am Main; New York: PL Academic Research, 2013.

15. Lewis K. et al. Tastes, ties, and time: A new social network dataset using Facebook. com // Social networks. 2008. Т. 30. №. 4. R. 330-342.

16. Marcoux M., Lusseau D. The influence of repressive legislation on the structure of a social media network // arXiv preprint arXiv:1304.3013. 2013.

17. Percival V., Homer-Dixon T. Environmental Scarcity and Violent Conflict: The Case of Rwanda. - University of Toronto, 1995.

18. Smelser N. Theory of Collective Behavior. N.Y., 1963. 426 p.

19. Tarrow S. Power in movement: Social movements, collective action and politics. Cambridge: Cambridge University Press, 1994. S. 3-4.

20. Till C. From mobilization to revolution. Reading, MA: Addison-Wesley. 1978.

21. Fahlenbrach K. (Ed.). The establishment responds: power, politics, and protest since 1945. New York, NY: Palgrave Macmillan, 2012.

22. Wellman B. et al. Does the Internet increase, decrease, or supplement social capital? Social networks, participation, and community commitment //American behavioral scientist. 2001. Т. 45. №. 3. R. 436-455.

ОБ АВТОРАХ

Косов Геннадий Владимирович, ORCID 0000-0002-1422-895X, доктор политических наук, профессор, Пятигорский государственный университет, 357532, Россия, Пятигорск, пр. Калинина, 9, kossov1@yandex.ru.

Kosov Gennady Vladimirovich, ORCID 0000-0002-1422-895X, Doctor of Political Sciences, Professor, Pyatigorsk State University, 357532, Russia, Pyatigorsk, Kalinina Ave. 9, kossov1@yandex.ru

Гапич Александр Эрикович, ORCID0000-0002-9987-8600, кандидат социологических наук, доцент, Северо-Кавказский федеральный университет, 355001, Россия, Ставрополь, ул. Пушкина, 1 а, eversor@mail.ru

Gapich Alexander Erikovich, ORCID 0000-0002-9987-8600, Candidate of Sociological Sciences, Associate Professor, North Caucasus Federal University, 355001, Russia, Stavropol, ul. Pushkina, 1 a, eversor@mail.ru

Минкина Ольга Валерьевна, ORCID0000-0001-6238-4597, кандидат педагогических наук, доцент, Северо-Кавказский федеральный университет, 355001, Россия, Ставрополь, ул. Пушкина, 1 а, olga_minkina@inbox.ru

Minkina Olga Valerievna, ORCID 0000-0001-6238-4597, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, North Caucasus Federal University, 355001, Russia, Stavropol, ul. Pushkina, 1 a, olga_minkina@inbox.ru

Дата поступления в редакцию: 22.03.2019 г.
После рецензирования: 13.04.2019 г.
Дата принятия к публикации: 25.05.2019 г.

И. И. Болотина [I. I. Bolotina]

УДК 009
DOI 10.33236/2307-910X-2019-2-26-241-246

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 не только форма политической организации нации, но система, обеспечивающая миноритарным народам условия для сохранения их культурной самобытности и реализации социально-политических интересов.*

Материалы и методы, результаты и обсуждения. *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.*

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 потенций 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.*

Ключевые слова: политическая система, этническая группа, исследовательская модель анализа, этнополитическая система.

Abstract. *Nation States are not only a form of political organization of the nation, but also a system that provides minority peoples with conditions for preserving their cultural identity and realizing their socio-political interests*

Materials and methods, results and discussions. *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.*

Conclusion. *In this paper, we propose a model of ethnopolitical system, which allows through the analysis of functions and dysfunctions of its main structural elements to determine the degree of adaptability of the political system of the nation state in the conditions of actualization of the ethnic factor. 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 actors. The essence of the model of ethno-political system is the study of the interaction of ethnic subjects with state political institutions on the principle of "demand-decision". In case of existence of this connection it is possible to state about existence of potentials of political system to adaptation. However, the reluctance of ethnic actors to make demands on the existing power structures indicates the imbalance of the political system of the nation state, which leads either to deep transformation processes in its structure, or to its final destruction.*

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 предопределяют специфику политических и социальных отношений, а также формы хозяйствования. Кроме того, национальное государство обеспечивает миноритарным 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 фактора 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.

Материалы и методы, результаты и обсуждения. 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.

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. Истона, «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 миноритарных 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 «этнополити-

ческая 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 политических процессов 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 немыслимо 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 – ее 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. За-

частую 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 субъект 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 потенций 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′noy Assambleey 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 ehtnicheskim, 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 politicheskoy 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. Eh. Tolkovyy slovar′ obshchestvovedcheskikh terminov. SPb.: Lan′, 1999. 528 s.

8. Asaul A. N., Dzhaman M.A., Shukanov P.V. Tsivilizatsionnye aspekty razvitiya ehtnopoliticheskikh sistem // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2010. № 4(25). S. 5-15.

9. Kuzina S. I., Fedan M. A. Ehtnicheskaya identichnost′ kak faktor samokategorizatsii grupp v politicheskoy 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. Sovremennye problemy pravovogo regulirovaniya mezhnatsional′nykh otnosheniy // Nauchnye vedomosti BelGU. Seriya Filosofiya. Sotsiologiya. Pravo. 2012. № 8(127). Vypusk 20. S. 368.

12. Khopyorskaya L. L. Modeli konfliktnosti ehtnopoliticheskoy sistemy // Vestnik rossiyskoy natsii. 2013. Tom 6. № 6 (32). S. 67-84.

13. R. Merton: sozdanie paradigmy strukturnogo funktsionalizma v versii teorii srednego urovnya. [Ehlektronnyy 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

Bolotina Inna Ivanovna, Assistant Professor, Department of Sociology and Political Science, Tula State University, email: innok1706@mail.ru

Дата поступления в редакцию: 03.04.2019 г.
После рецензирования: 28.05.2019 г.
Дата принятия к публикации: 04.06.2019 г.

Т. Ю. Галкина [T. Yu.Galkina]
Е. С. Гундарь [E. S. Goundar]

УДК 323.2
DOI 10.33236/2307-910X-2019-2-26-247-253

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ КАК ФАКТОР НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ГОСУДАРСТВА

INFORMATION SAFETY AS A FACTOR OF NATIONAL SAFETY AND COMPETITIVE ABILITY OF THE STATE

ФГАО ВОУ Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия

Аннотация. *Представлено авторское исследование содержания информационной безопасности в Российской Федерации, организационных структур информационной безопасности на Украине, во Франции, Германии, Великобритании и США. Проведено сравнительное изучение структурных компонентов информационной безопасности в указанных странах с 2000-х гг.*

Государства, определяющие политическую повестку в мире, стремятся обеспечить доминирование в информационной сфере и навязать свое видение другим игрокам мирового порядка. Всплеск интереса к информационной безопасности в РФ обусловлен тем, что страна достигла определенного прорыва во многих сферах жизнедеятельности общества, в том числе, политической, экономической (в том числе, после введения санкций по отношению к Российской Федерации значительно выросла доля производства отечественных товаров и предоставления услуг населению – импортозамещение), и, конечно, информационной. Доктрина информационной безопасности Российской Федерации 2016 г. показывает выход указанных проблем на уровень межгосударственного противостояния. Национальная безопасность страны невозможна без качественной реализации информационной безопасности как граждан, так и страны в целом.

Методы и материалы исследования. *В статье охарактеризованы тенденции развития информационной безопасности в Российской Федерации после разработки, утверждения и внедрения в стране Доктрины информационной безопасности в 2000 г. и утверждения новой Доктрины информационной безопасности 2016 г. Авторами применялся системный, сравнительный и структурно-функциональный подходы для исследования элементов национальной и информационной безопасности в Российской Федерации, США, Франции, Германии, а также на Украине, были сделаны выводы о качественной стороне этих процессов.*

Результаты *исследования акцентируют внимание на активном, но все же недостаточном развитии в России новой системы информационной безопасности (изменились как методы, так и масштабы информационных и хакерских угроз для нашей страны), ее качественным изменением, связи с развитием человеческого капитала, социальной и другими видами безопасности. В Российской Федерации сложилось государственное понимание того, что недостаточно иметь технологии и программное обеспечение. Важно иметь подготовленных специалистов, готовых к реализации задач будущего.*

Заключение *подтверждает авторские выводы о том, что обеспечить конкурентоспособность страны в информационном противоборстве, в первую очередь, могут необходимые и достаточные действия по формированию современной отечественной экономики, созданию новых высокотехнологичных рабочих мест, обеспечению роста благосостояния общества в целом, и, прежде всего, способность своевременно и эффективно реагировать на возникающие опасности и угрозы. Это подразумевает: становление и улучшение инфраструктуры российского информационного пространства; установление контроля за финансовыми потоками Интернет-торговли; реализация разъяснительных проектов среди населения об основах информационной безопасности; становление российской промышленности услуг информатизации и сохранение информационных ресурсов от неразрешённого доступа, обеспечение защищенности информационных и телекоммуникационных структур, как уже существующих, так и которые будут создаваться на территории Российской Федерации; привлечение гражданского общества к разработке критериев эффективности, закладываемых в основу «цифрового управления».*

Ключевые слова: безопасность, информационная безопасность, национальная безопасность, государственное управление, эффективность, мировой доминирование, кибербезопасность, социальная безопасность.

Abstract. *The authors' study of the content of information security in the Russian Federation, organizational structures of information security in Ukraine, France, Germany, the UK and the USA is presented. A comparative study of the structural components of information security in these countries since the 2000s has been carried out.*

The states that determine the political agenda in the world seek to ensure dominance in the information sphere and impose their vision on other players of the world order. The surge in interest in information security in the Russian Federation is due to the fact that the country has achieved a certain breakthrough in many areas of society's life, including political, economic (including after the

introduction of sanctions against the Russian Federation, the share of domestic goods and services import substitution to the population), and, of course, informational. The Doctrine of Information Security of the Russian Federation 2016 shows the emergence of these problems at the level of interstate confrontation. The national security of the country is impossible without the high-quality implementation of information security for both citizens and the country as a whole.

Methods and materials of the study. *The article describes the trends in the development of information security in the Russian Federation after the development of the Information Security Doctrine in the country in 2000 and the approval of the new Information Security Doctrine in 2016. The authors used a systematic, comparative and structural-functional approach to studies of elements of national and information security in the Russian Federation, USA, France, Germany, as well as in Ukraine, conclusions were made about the quality this side of these processes.*

The results *of the study focus on the active, but still insufficient development of the new information security system in Russia (both the methods and the scale of information and hacker threats for our country have changed), its qualitative change, and links with human capital development, social and other types of security in the Russian Federation, there is a state understanding that it is not enough to have technology and software. It is important to have trained professionals ready to fulfill the tasks of the future.*

Conclusion *confirms the author's conclusions that the country's competitiveness in informational confrontation, in the first place, can be necessary and sufficient actions to create a modern domestic economy, create new high-tech jobs, ensure the growth of the welfare of society as a whole, and, above all, the ability respond promptly and effectively to emerging dangers and threats. This implies: the formation and improvement of the infrastructure of the Russian information space; establishing control over the financial flows of online trading; implementation of explanatory projects among the population on the basics of information security; the formation of the Russian industry of information services and the preservation of information resources from unauthorized access, ensuring the security of information and telecommunication structures, both existing and to be created in the territory of the Russian Federation; involvement of civil society in the development of performance criteria that form the basis of "digital governance".*

Key words: security, information security, national security, government, efficiency, global domination, cyber security, social security.

Введение. Развитие Концепции информационной безопасности – современная, актуальная, задача, для разрешения которой в разных государствах выделяется существенная ресурсная база. Современный мир пронизан информационным противоборством, нацеленным на упрочение своих и ослабление других национальных, экономических и политических интересов.

Пристальное внимание политологов, философов, психологов к казалось бы технологической теме информационной безопасности обусловлено ее проникновением во все сферы человеческой деятельности. Согласно концепции А. Маслоу каждый нормальный взрослый человек в современном мире, «представитель нашей культуры прилагает все усилия, чтобы жить в безопасном, стабильном, организованном, предсказуемом мире, в мире, где существуют раз и навсегда установленные нормы и правила, где нет опасности» [1].

Материалы и методы исследования. Проведем сравнительное исследование развития системы информационной безопасности среди стран, активных на политической арене. Анализу подвергнем структуру и нормативную базу, ориентированную на информационную безопасность. Авторы использовали системный, сравнительный и структурно-функциональные подходы при изучении системы информационной безопасности в Российской Федерации, США, Франции, Германии, а также на Украине.

Результаты исследования. Во многих современных государствах уже произошли в полном объеме изменения связанные с информационными технологиями, совершился резкий взлет в производстве, накоплении, обработки, передаче и переработке информации. Но в действительности это означает, что информационное поле все чаще используется в корыстных целях для реализации политических, экономических и общественных целей.

В Германии создано Федеральное управление по информационной безопасности (BSI), основанное на многолетнем опыте Федеральной разведывательной службы Германии. Для усиления деятельности в части информационной безопасности в 2011 г. был создан Национальный центр кибербезопасности (NCAZ).

Информационная безопасность как комплексная программа реализуется в США, в первую очередь, Агентством Национальной безопасности и Разведывательным сообществом США (17 отдельных правительственных учреждений). С 2011 г. в соответствии с доктриной национальной безопасности США был построен и в 2013 г. введен в действие первый в мире дата-центр, позволяющий обрабатывать «все виды коммуникаций».

Ориентация на тотальное мировое доминирование прослеживается через рассуждения аналитиков «Вашингтон Пост» о том, что информационное развитие привело к тому, что тактика сдерживания гораздо более

проблематична, чем в «холодную войну», из-за того, что они назвали «проблемой атрибуции». «В ядерной войне, было бы легко выяснить, кто запустил ядерное оружие и принять ответные меры. В сфере информации – это совсем не просто. Злоумышленники часто скрываются за техническими средствами. И даже когда криминалистические методы могут быть использованы для отслеживания атаки (скажем, на IP-адрес в Китае), зачастую невозможно определить, работали ли хакеры, например, на китайское правительство или вооруженные силы, или работали на их собственный аккаунт.

Если Вы не знаете, кто атаковал Вашу компьютерную систему, Вы не можете нанести ответный удар по ним. Даже если у вас есть достаточно хорошее представление о том, кем был злоумышленник, вы не сможете доказать это, а другие государства могут не поверить в ваши претензии и осудить вас как агрессора. Если вы не знаете, кто на вас напал, вы не можете угрожать, чтобы наказать их; и вы не можете легко удержать их от нападения на вас» [2].

В Великобритании (GCHQ) подразделение информационной безопасности включает группу подразделений, в том числе, Национальный центр кибербезопасности. Центр внедрения современных технологий стратегических коммуникаций НАТО (НАТО StratCom COE) был основан также в Латвии в 2014 г.

Первоначально «информация» понималась как сведения, которые передаются от человека к человеку, любым удобным для него способом: письменным, устным, а также с помощью различных технических средств, например, сигналов.

Говоря иными словами, информация носит надежный и разносторонний характер, являясь полисемантичным понятием. Эту мысль можно аргументировать словами Н. Винера, основателя кибернетики: «Информация есть информация, а не энергия и не материя».

Согласно укоренившейся философской точки зрения, информация живет и находится автономно от человека и является характерной особенностью материи, а общепринятое определение безопасности в этой сфере - защищенность от воздействия угроз.

При всем этом начальным пунктом при рассмотрении опасностей информационной безопасности считается установление элемента информационной безопасности, который является опасным, секретным и создает уязвимость.

Информационной безопасности как зоне ответственности каждого гражданина посвящены современные учебные пособия [3]. Во многих странах издаются пособия, нацеливающие обучать персонал грамотности информационной безопасности [4].

Президентом РФ В.В. Путиным неоднократно озвучивалась задача по формированию нового поколения квалифицированных специалистов, способных к реализации национальных и политических интересов в информационном поле. Одновременно в местных и федеральных органах государственной власти происходит поиск места и роли информационного будущего.

В современной России формирование информационной безопасности сопряжено с развитием таких составляющих, как наукоемкие технологии, цифровая экономика, развитие промышленности и импортозамещения, сохранение традиций, идентичности, в целом развитие культуры общества.

Защита информации необходима во всех сферах: от военной до социальной. Например, в аграрной сфере планируется генное редактирование, создание «умных хранилищ», роботизация, автоматизированные режимы ухода за растениями и ветеринарного контроля. В соответствии с концепцией устойчивого развития агропромышленного комплекса до 2030 г., беспилотными станут комбайны и сеялки, - заявила вице-президент РАН И. Донник в Совете Федерации 18 мая 2018 г. Председатель Комитета Государственной Думы РФ по финансовому рынку А. Аксаков прогнозирует, что в экономической сфере, в связи с увеличением объема рынка Интернет-торговли в России (с 405 млрд. руб. в 2012 г. до 920 млрд. руб. в 2016 г.), в России существенно увеличилась доля безналичных расчетов, в будущем возможен отказ от «живых денег» [5].

В 2016 г. Указом Президента РФ подписан Указ об утверждении Доктрины информационной безопасности РФ, заложившей новый этап развития отечественной информационной безопасности. До 2016 г. информационная безопасность регламентировалась Доктриной 2000 г., в которой основное внимание было уделено созданию правовых регламентов и обоснованию тесной взаимосвязи стремительного развития информационных систем и национальной безопасности РФ. С 2000 г. по 2016 нормативно-правовая база по обеспечению информационной безопасности охватила все субъекты РФ.

По сравнению с Доктриной 2000 года в новом документе смещен акцент с «обеспечения свободного доступа любого гражданина к информационным ресурсам и технологиям связи к обеспечению безопасности взаимодействия людей с информационным пространством. Отдельно озвучена необходимость развития отечественной отрасли информационных технологий, поскольку сильная зависимость от иностранных продуктов и разработок повышает уровень влияния от иностранных игроков.

Следующий момент – стратегия обеспечения информационной безопасности РФ в глобальной сети Интернет. В новой Доктрине 2016 г. сделан акцент на «правдивом донесении информации о нашей стране, описан комплекс мер по соблюдению и достижению национальных интересов РФ в Интернете, а также по обеспечению и защите граждан в цифровом пространстве» [6]. В документе внимание уделено киберпреступлениям бытовой, социальной и информационно-культурной сфере, в кредитно-финансовой сфере. Отдельно указана информационная угроза террористических групп и девальвация системы ценностей молодежи «сетевыми» акторами. Если традиционная парадигма ведения информационного противоборства основана на характеристике «владение ценной информацией», то в информационной войне побеждает не тот, кто владеет информацией, а кто может ее убедительнее преподнести.

Российская Федерация неоднократно выступала с предложением создания международного органа, регулирующего деятельность Интернет-пространства, функционирующего по уровню и принципам ООН.

Безусловно, национальная безопасность должна иметь эффективные меры, против «информационно-психологического воздействия иностранных спецслужб», а также организаций, «осуществляющих разведку» российских государственных органов, научных организаций и предприятий оборонно-промышленного комплекса» и т.д.

Особенно четко актуальность выявлена после принятия Европарламентом резолюции о стратегической коммуникации ЕС для противодействия пропаганде против нее со стороны третьих лиц 2016/2030(INI). Данная резолюция формулирует стратегию и методы борьбы с пропагандой против ЕС России и, как ни странно, одновременно ИГИЛ. В резолюции однозначно определяется факт информационной войны между РФ и ЕС. Понимание Европейским парламентом информационной войны исходит из исторического противостояния времен холодной войны, получившего в современное время форму гибридной войны.

Основными целями деятельности российских СМИ и инфокоммуникационных технологий в странах ЕС в резолюции названы: «подрыв согласованности внешней политики ЕС», «угроза суверенитету государств-членов ЕС», «инвестирование Кремлем в дезинформацию и пропаганду в псевдо-новостные агентства и мультимедиа услуги», «наличие намерения поддерживать политический экстремизм», «широкая подрывная деятельность по ослаблению сотрудничества ЕС» [7].

С одной стороны, данная резолюция подтверждает существенно возросший уровень российских технологий в рассматриваемой сфере, однако по мнению российских специалистов как никогда остро стоят технологии «информационной войны». Возрастает угроза компьютерных атак на объекты значимой инфраструктуры, от социальных объектов политических структур до ядерных объектов.

Исследование основ информационной защищенности показывает, что проблема безопасности в информационной сфере является проблемой единой. С одной стороны, информационная защищенность подразумевает, как минимум, предоставление трех ее образующих – общедоступность, единство и секретность сведений. С другой точки зрения, данными и информативными системами в полном смысле «пронизаны» достаточно многие сферы политики, и воздействие данных в политику всегда наращивается. В последний период появилось и получило активное распространение явление «фейковых новостей» (пример, дело Скрипалей), «фейковых политиков» (Б. Джонсон в Великобритании и др.).

Также проблему для нормального функционирования экономики в общих чертах, представляют преступления, связанные непосредственно, с компьютерами, с проникновением правонарушающих элементов в сети и компьютерные системы кредитных организаций и банков.

Несовершенность правовой базы, которая определяет ответственность субъектов за неполноту или утаивания сведений об их рыночной деятельности, о свойствах производимых ими услуг и товаров, об инвестициях, о результатах их деятельности, затрудняет правильное функционирование экономических субъектов.

Немаловажный экономический ущерб политическим и экономическим субъектам может быть нанесен благодаря оглашению информации третьим лицам, в которой может содержаться коммерческая или даже государственная тайна. Среди основных процессов: систематизирование сбора, хранении, передачи и обработки

налоговой, биржевой, финансовой информации, - самыми опасными являются копирование, искажение благодаря случайным и (или) преднамеренным нарушениям методикам работы с информацией, неправомерного доступа к ней.

Данное действие также касается исполнительной власти, которое уполномочено распространять и формировать информацию о внешней деятельности государства. Так, казалось бы шуточное «пранк-расследование» в разное время осуществившее разведку информации «от первого лица» у президента Украины П. Порошенко, сенатора США Дж. Маккейна и генсека НАТО Й. Столтенберга, а авторы и исполнители (А. Столяров и В. Кузнецов), стали неотъемлемой частью альтернативной публичной дипломатии нашей страны и были избраны членами Экспертного совета по развитию информационного общества и СМИ в структуре Молодежного парламента при Государственной Думе РФ.

Законодательные мероприятия в области информационной защищенности ориентированы в формирование в государстве законодательной основы, упорядочивающей и регламентирующей действия субъектов взаимоотношений.

Согласно формированию нормативной основы информационной безопасности, среди приоритетов национальной безопасности страны - исследование новейших, либо исправление имеющихся законов, утверждений, распоряжений и руководств, а кроме того формирование эффективной концепции регулирования, контролирования реализации отмеченных регламентирующих документов. До начала 2010 – хх гг. телевидение, Интернет и другие средства массовой информации в своем роде являлись лишь «информационной витриной» активности местного самоуправления и государственной власти, в целом политического имиджа государства [8, с. 45-46].

В Российской Федерации разработана и утверждена Программа правительства по цифровой экономике до 2024 г. и ряд федеральных проектов, в том числе, федеральный проект «Цифровая трансформация государственного управления», выбраны пилотные проекты для цифровизации местного самоуправления (республиках Мордовия, Чувашия, Марий Эл, Брянская и Тамбовская области, Тюменская область и Пермский край). Основная цель данного проекта – повышение, как самой эффективности государственного управления, так и доверия граждан к органам власти.

Заключение. В сущности, в современном информационном обществе постоянно нарастают процессы совершенности политических решений, увеличивается транспарентность работоспособности власти, а народ и их общественные организации получают намного больше возможностей участвовать в регулировании обществом, что, в том числе, обеспечивает и социальную безопасность.

В целом социальная безопасность обеспечивается следующими показателями:

– для того, чтобы удовлетворить нужду людей, необходимо улучшить качество жизни общества;

– острота реагирования общества и государства на кризисные случаи;

– обновление отживших социальных институтов и структур и адаптация их под новые условия;

– увеличение социально-психологической осведомленности власти, общества;

– преодоление искажения системы отношений.

Активные пользователи за счет создания и продвижения социальных сетей, всё более интенсивно общаются между собой, стараясь обойти стороной, государственный контроль и государственное участие.

Следует отметить, что подобная деятельность проводится почти постоянно, так как область информационных технологий формируется быстро, в соответствии с этим возникают новейшие аспекты взаимоотношений, как в государственной, так и негосударственной сферах. С 2000 года (год принятия в Окинаве Хартии об информационной безопасности) существенно изменилось содержание угроз, методов информационной безопасности [9]. Современные международные агенты влияния, в том числе провоцирующие «размывание духовно-нравственных ценностей» граждан РФ должны почувствовать результаты реально действующей Доктрины информационной безопасности РФ.

В 2019 г. продолжается обсуждение законопроекта об управлении Рунета. Роскомнадзор будет следить и за тем, чтобы минимум внутрироссийского трафика шел по зарубежным сетям, а в критических ситуациях управление сетями будет брать на себя специальный центр. Федеральный закон от 01.05.2019 № 90-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О связи» и Федеральный закон «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» нормативно усилил защиту национальной системы информационной безопасности.

Важным моментом долгое время являлось и неудовлетворительное состояние защиты информации у организаций и предприятий областей национальной промышленности, обеспечивающей средства связи и телекоммуникации, использовавших пакет зарубежных средств, что к настоящему времени уже создало угрозу технологической подчинённости Российской Федерации от зарубежных государств. Практика импортозамещения позволила снизить эту угрозу, в том числе, от стран Европейского Союза [10, P. 1018-1020].

Несомненно, обеспечить конкурентоспособность страны в информационном противоборстве, в первую очередь, могут необходимые и достаточные действия по формированию современной отечественной экономики, созданию новых высокотехнологичных рабочих мест, обеспечению роста благосостояния общества в целом, и, прежде всего, способность своевременно и эффективно реагировать на возникающие опасности и угрозы. Это подразумевает

– становление и улучшение инфраструктуры российского информационного пространства;

– установление контроля за финансовыми потоками Интернет-торговли;

– реализация разъяснительных проектов среди населения об основах информационной безопасности;

– становление российской промышленности услуг информатизации и сохранение информационных ресурсов от неразрешённого доступа, обеспечение защищенности информационных и телекоммуникационных структур, как уже существующих, так и которые будут создаваться на территории Российской Федерации;

– привлечение гражданского общества к разработке критериев эффективности, закладываемых в основу «цифрового управления».

ЛИТЕРАТУРА

1. Maslow A. Motivation and Personality/ Trans. from English. SPb.: Peter. 2006. 352 p.

2. Политология кибербезопасности. // The Washington Post. [Электронный ресурс]. URL: https://www.washingtonpost.com/news/monkey-cage/wp/2014/02/20/the-political-science-of-cybersecurity-iii-how-international-relations-theory-shapes-u-s-cybersecurity-doctrine/?noredirect=on&utm_term=.b77f825fedcc (Дата обращения: 10.02.2019).

3. Straub D. W., Goodman S., Baskerville R. L. Information Security: Policy, Processes, and Practices. Advances in Management Information Systems. N.Y., 2008. 288 p.

4. Bogatenkov S. Implementation of information security during the personnel training in Russia // Modern European Researches. 2014. № 3. С. 12-15.

5. Расчеты наличными за онлайн-покупки уйдут в прошлое» // Парламентская газета. 30.11.2017. URL: https://www.pnp.ru/economics/raschyoty-nalichnymi-za-onlayn-pokupki-uydyot-v-proshloe.html. (Дата обращения: 15.07.2019).

6. Указ Президента Российской Федерации от 05.12.2016 № 646 «Об утверждении Доктрины информационной безопасности Российской Федерации» // Официальный интернет-портал правовой информации [Электронный ресурс]. URL: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201612060002 (Дата обращения: 10.02.2019).

7. On EU strategic communication to counteract propaganda against it by third parties // European Parliament [Электронный ресурс]. URL: http://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-8-2016-0290_EN.html (Дата обращения: 11.05.2019).

8. Койбаев Б. Г. Политический имидж государства в современном глобальном информационном пространстве // Вестник Северо-Осетинского государственного университета имени Коста Левановича Хетагурова. Владикавказ: Изд-во СОГУ, 2013. № 1. С. 45-48.

9. Summit 2000. Okinawa: Government of Japan, July 22 // URL: http://www.g8.utoronto.ca/summit/2000okinawa/gis.htm).

10. Galkina E. V., Ogneva V. V., Bolkhovitina T. S., Moiseev V. V. Problems of Relations between Russia and European Union under Conditions of Sanctions // The European Proceedings of Social & Behavioural Sciences EPSBS. Tomsk: Future Academy, 2017. Vol. XXXV. № 119. P. 1018-1026.

REFERENCES

1. Maslow A. Motivation and Personality/ Trans. from English. SPb.: Peter. 2006. 352 p.

2. Politologiya kiberbezopasnosti. // The Washington Post. [Ehlektronnyy resurs]. URL: https://www.washingtonpost.com/news/monkey-cage/wp/2014/02/20/the-political-science-of-cybersecurity-iii-how-international-relations-theory-shapes-u-s-cybersecurity-doctrine/?noredirect=on&utm_term=.b77f825fedcc (Data obrashcheniya: 10.02.2019).

3. Straub D. W., Goodman S., Baskerville R. L. Information Security: Policy, Processes, and Practices. Advances in Management Information Systems. N.Y., 2008. 288 p.

4. Bogatenkov S. Implementation of information security during the personnel training in Russia // Modern European Researches. 2014. № 3. С. 12-15.

5. Raschety nalichnymi za onlayn-pokupki uydut v proshloe» // Parlamentskaya gazeta. 30.11.2017. URL: https://www.pnp.ru/economics/raschyoty-nalichnymi-za-onlayn-pokupki-uydyot-v-proshloe.html. (Data obrashcheniya: 15.07.2019).

6. Ukaz Prezidenta Rossiyskoy Federatsii ot 05.12.2016 № 646 «Ob utverzhdenii Doktriny informatsionnoy bezopasnosti Rossiyskoy Federatsii» // Ofitsial'nyy internet-portal pravovoy informatsii [Ehlektronnyy resurs]. URL: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201612060002 (Data obrashcheniya: 10.02.2019).

7. On EU strategic communication to counteract propaganda against it by third parties // European Parliament [Ehlektronnyy resurs]. URL: http://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-8-2016-0290_EN.html (Data obrashcheniya: 11.05.2019).

8. Koybaev B. G. Politicheskiy imidzh gosudarstva v sovremennom global'nom informatsionnom prostranstve // Vestnik Severo-Osetinskogo gosudarstvennogo universiteta imeni Kosta Levanovicha Khetagurova. Vladikavkaz: Izd-vo SOGU, 2013. № 1. S. 45-48.

9. Summit 2000. Okinawa: Government of Japan, July 22 // URL: http://www.g8.utoronto.ca/summit/2000okinawa/gis.htm).

10. Galkina E. V., Ogneva V. V., Bolkhovitina T. S., Moiseev V. V. Problems of Relations between Russia and European Union under Conditions of Sanctions // The European Proceedings of Social & Behavioural Sciences EPSBS. Tomsk: Future Academy, 2017. Vol. XXXV. № 119. P. 1018-1026.

Доля соавторов

Галкина Татьяна Юрьевна (аннотация, введение, материалы и методы исследования, заключение) – 50 % авторского текста статьи,

Гундарь Елена Сергеевна (методы исследования, обработка результатов исследования, часть заключения) – 50 % авторского текста статьи.

С благодарностью научному руководителю, доктору политических наук Галкиной Елене Вячеславовне!

ОБ АВТОРАХ

Галкина Татьяна Юрьевна, аспирант кафедры зарубежной истории, политологии и международных отношений Гуманитарного института Северо-Кавказского федерального университета, anusha58@rambler.ru, 355009, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1

Galkina Tatiana Yuryevna, PhD student of the Department of foreign history, political science and international relations, Humanities Institute of the North Caucasus Federal University, anusha58@rambler.ru, 355009, 1, Pushkina street, Stavropol.

Гундарь Елена Сергеевна, Кандидат политических наук, доцент кафедры зарубежной истории, политологии и международных отношений, Гуманитарного института Северо-Кавказского федерального университета, 24-04@mail.ru, 355009, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1

Goundar Elena Sergeevna, Candidate of Political Sciences, PhD of the Department of foreign history, political science and international relations, Humanities Institute of the North Caucasus Federal University, 24-04@mail.ru, 355009, 1, Pushkina street, Stavropol.

Дата поступления в редакцию: 01.02.2019 г.
После рецензирования: 12.04.2019 г.
Дата принятия к публикации: 26.05.2019 г.

А. А.-Д. Койчуев [A. Alim-Dz. Koychuev]

УДК: 316.48
DOI 10.33236/2307-910X-2019-2-26-254-261

К ИССЛЕДОВАНИЮ РЕЛИГИОЗНОГО ЭКСТРЕМИЗМА И ТЕРРОРИЗМА В КАРАЧАЕВО-ЧЕРКЕССКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

TO THE STUDY OF RELIGIOUS EXTREMISM AND TERRORISM IN THE KARACHAY-CHERKESS REPUBLIC

Карачаево-Черкесский государственный университет имени У. Д. Алиева

Аннотация. *Исследованы риски распространения связанные с религиозным экстремизмом и терроризмом в Карачаево-Черкесской республике Северо-Кавказского федерального округа.*

Материалы и методы. *В своем исследовании автор опирается на результаты анкетных и устных опросов, интервью и бесед, проведенных в пяти районах Карачаево-Черкесской Республики.*

Выборочную совокупность исследования составили 865 человек, включая религиозную молодежь (в возрасте от 17 до 30 лет), религиозных деятелей и духовных наставников, государственных и муниципальных служащих, старейшин.

Результаты и обсуждения. *На основании проведенной работы, автором составлена условная дифференциация членов экстремистских группировок, позволяющая лучше адаптировать профилактическую работу исходя из особенностей каждой группы. Рассмотрена роль средств массовой информации, государственных учреждений и общественных организаций в деле формирования антиэкстремистского сознания населения, развития межнационального и межконфессионального взаимоуважения и сотрудничества в республике. Выделены задачи учреждений образования республики, направленные на профилактику экстремизма и терроризма среди учащейся молодежи.*

В статье выделены возможные факторы, подтолкнувшие молодых людей к вступлению в ряды экстремистов. Автор подчеркивает, что экстремизм и терроризм как его крайнее проявление могут возникнуть на почве иных не связанных непосредственно с религией факторов. Например, политических, экономических, социальных, межэтнических противоречий, а также конфликта интересов преступных кланов, идущих во власть. На основании материалов проведенного исследования рассмотрены мотивационные и идеологические аспекты распространения религиозного экстремизма и терроризма. Составлена условная дифференциация членов экстремистских формирований, позволяющая выделить и охарактеризовать их в группы. Приведена оценка мусульманским населением региона эффективности антиэкстремистской деятельности государственных и социальных институтов республики. Определены существующие и потенциальные риски, связанные с экстремизмом и терроризмом в Карачаево-Черкесии

В заключении *констатируется целесообразность систематической подготовки специалистов, способных стать трансляторами ценностей, направленных на противодействие распространению идеологии экстремизма и терроризма и укрепление межнационального и межконфессионального согласия и сотрудничества в регионе.*

Ключевые слова: экстремизм, современное состояние, тенденции, риски.

Abstract. *The risks of spread associated with religious extremism and terrorism in the Karachay-Circassian Republic of the North Caucasus Federal district are Investigated.*

Materials and methods. *In his research, the author relies on the results of questionnaire and oral surveys, interviews and interviews conducted in five districts of the Karachay-Cherkess Republic.*

The sample of the study consisted of 865 people, including religious youth (aged 17 to 30 years), religious figures and spiritual mentors, state and municipal employees, elders.

Results and discussions. *On the basis of this work, the author made a conditional differentiation of members of extremist groups, allowing better adapt preventive work based on the characteristics of each group. The role of mass media, state institutions and public organizations in the formation of anti-extremist consciousness of the population, development of interethnic and interreligious mutual respect and cooperation in the Republic is considered. The tasks of educational institutions of the Republic aimed at preventing extremism and terrorism among students are highlighted.*

The article highlights the possible factors that pushed young people to join the ranks of extremists. The author emphasizes that extremism and terrorism as its extreme manifestation can arise on the basis of other factors not directly related to religion. For example, political, economic, social, interethnic conflicts, as well as conflicts of interests of criminal clans going to power. On the basis of the materials of the study, the motivational and ideological aspects of the spread of religious extremism and terrorism are considered. The conditional differentiation of members of extremist formations is made, allowing to distinguish and characterize them in groups. The estimation of the efficiency of anti-extremist activity of state and social institutions of the Republic by the Muslim population of the region is given. The existing and potential risks associated with extremism and terrorism in Karachay-Cherkessia are identified

***In conclusion**, the author States the expediency of systematic training of specialists capable of becoming translators of values aimed at countering the spread of the ideology of extremism and terrorism and strengthening inter-ethnic and inter-religious harmony and cooperation in the region.*

Key words: extremism, current state, tendencies, risks.

Введение. Одной из особенностей первых лет существования постсоветской России явилось ослабление институтов власти, отсутствие эффективных институтов гражданского общества и, как следствие, рост радикализма и сепаратизма. Известно, что дестабилизация экономической и социально-политической ситуации в бывших республиках Советского союза стала во многом результатом подрывной деятельности зарубежных спецслужб. Причем особое внимание уделялось религиозному и этническому факторам. Ставилось целью объединить потенциал национал сепаратизма и религиозного радикализма, и таким образом, создать силу, способную стать катализатором перманентных межнациональных и религиозных конфликтов, не оставляющих шансов для возрождения единого союзного государства. Так, например, сложные общественно-политические процессы, начавшиеся в Северо-Кавказском регионе Российской Федерации, переросли в полномасштабную войну на территории Чеченской республики. Не секрет, что истоки этой трагедии, а также всплеск религиозного экстремизма и национального сепаратизма отчасти берут начало в возрождении имперских устремлений некоторых государств дальнего зарубежья, исторически проявляющих интерес к Кавказу.

Мы в своем исследовании предприняли попытку дать оценку рискам, связанным с распространением религиозного экстремизма, в одном из субъектов Северо-Кавказского округа Российской Федерации – Карачаево-Черкесской республике.

Немаловажным фактором политической радикализации молодежи, представляющей репрессированные народы, остается память о событиях незаконных депортаций, так и не получивших должную и однозначную оценку [8, 162]. Например, по данным рассекреченных архивов НКВД количество карачаевцев, осужденных за измену Родине и разного рода пособничество врагу в период Великой Отечественной войны, составляет 270 человек от 88 тысячного карачаевского населения, или 0,3 % от численности карачаевцев [3, 449]. Допущенный произвол и связанные с ним человеческие трагедии духовные и материальные потери продолжают будировать сознание все новых поколений [10, 224-225].

В течение 2017 года по заказу Министерства Карачаево-Черкесской республики по делам национальностей, массовым коммуникациям и печати сотрудниками научной лаборатории педагогических и этнокультурных исследований в сфере образования Карачаево-Черкесского государственного университета имени У. Д. Алиева (НЛПЭИСО КЧГУ) было проведено исследование рисков распространения экстремизма и терроризма в Карачаево-Черкесии.

Генеральную совокупность исследования составили практикующие мусульмане республики.

Материалы и методы. Целью исследования являлось выявление существующих рисков распространения экстремизма и терроризма в КЧР, а также определение наиболее эффективных форм, средств и методов их профилактики.

Задачи исследования включали следующие пункты

1. Выявление типологии экстремизма и терроризма в КЧР.
2. Определение потенциала социальной, межэтнической и межконфессиональной конфликтности в КЧР.
3. Выявление внешних и внутренних факторов, провоцирующих распространение в регионе экстремизма и терроризма.
4. Выявление общественного мнения о состоянии межнациональных и межконфессиональных отношений и уровня социальной напряженности на территории КЧР.
5. Определение роли учреждений образования и культуры, средств массовой информации, а также общественных организаций в деле формирования антиэкстремистского сознания и антитеррористических ценностей молодежи республики.
6. Констатацию существующих и потенциальных рисков распространения экстремизма и терроризма в Карачаево-Черкесии.
7. Обработку и анализ результатов исследования.

8. Разработку рекомендаций для практического использования результатов исследования.

В работе над проектом были использованы следующие методы эмпирической работы:

1. Анкетирование и интервью.

2. Специальные беседы.

3. Изучение и анализ педагогического опыта.

4. Включённое наблюдение религиозной молодёжи.

5. Дистанционное наблюдение.

6. Проведение тематических дискуссий и круглых столов, посвященных причинам распространения экстремизма и терроризма с участием всех категорий респондентов.

В соответствии с определенными в задачах исследования показателями была разработана система индикаторов, закрепленная в подготовленном и согласованном с заказчиком опроснике, адресованном рядовым верующим, имамам мечетей, работникам государственных и муниципальных учреждений.

Выборочную совокупность исследования составили 865 человек, включая религиозную молодежь (в возрасте от 17 до 30 лет), религиозных деятелей и духовных наставников, государственных и муниципальных служащих, старейшин.

Анкетирование, интервью, беседы, устные опросы проводились в пяти районах Карачаево-Черкесской Республики, а также городах Карачаевске, Черкесске, Усть-Джегуте, Зеленчуке.

В работе с основным контингентом респондентов, который составляли представители мусульманской молодежи республики, исполнителями проекта учитывались особенности ее социального самочувствия. Так нами учитывались результаты исследований, проведенных в 2014-2016 годах сотрудниками НЛПЭИСО КЧГУ, в ходе которых было установлено, что большинство (72,7%) мусульманской молодежи Карачаево-Черкесии, испытывает чувство гражданской неполноценности, ущемленности по религиозному и (или) этническому признакам [2,105]. Учет данной особенности социального самочувствия молодых мусульман, составляющих основной процент выборочной совокупности проведенного нами исследования, позволил точнее определить основные подходы и методологию профилактической работы в республике.

Часть респондентов, представляющая религиозных деятелей и духовных наставников, включала имамов мечетей, а также наиболее авторитетных среди мусульманского сообщества республики исламских деятелей.

Включенные в выборочную совокупность работники образования, государственные и муниципальные служащие, представляют собой людей, более или менее знакомых с проблемой формирования антиэкстремистского сознания молодежи в современных политических, социально-экономических, социально-культурных условиях.

Старейшины, принявшие участие в исследовании, являли наиболее авторитетную часть патриархов, знакомых с проблемами этнических и конфессиональных сообществ республики, принимающих деятельное участие в воспитательной и профилактической работе с молодежью [1, 9].

В оценке присутствия, а также спектра проявлений экстремизма и терроризма на территории Карачаево-Черкесской Республики нами осуществлялся сбор сведений, позволяющих определить состояние исследуемой проблемы

Нас интересовали следующие вопросы:

1. Количество и национальный состав жителей КЧР, выехавших в страны Среднего Востока для участия в боях на стороне ИГИЛ (организация, запрещенная в РФ). Уровень их образования и социальное положение, на момент присоединения к ИГИЛ (организация, запрещенная в РФ).

2. Есть ли среди боевиков ИГИЛ (организация, запрещенная в РФ), из числа жителей республики, люди с высшим российским или зарубежным исламским образованием? Если «Да», то когда и где оно ими получено?

3. Существуют ли у нас в республике организации экстремистского толка либо отделения (ячейки) подобных организаций из других регионов, и какие именно?

4. Назвать известных идеологов и практиков экстремизма в КЧР (националисты, религиозные экстремисты, являющиеся адептами традиционных религий либо приверженцами нетрадиционных религиозных учений, сектанты и прочие).

5. Отмечено ли влияние экстремистских организаций (не только так называемых «исламистских») на трудовых мигрантов и иностранных граждан, проживающих в республике?

6. Отмечено ли влияние экстремистских организаций (не только так называемых «исламистских») на студенческую молодежь из числа иностранных граждан, получающих образование в республике? Если «Да», то в какой степени?

7. Отношение родителей известных боевиков к вступлению своих детей в экстремистские и террористические группы?

Результаты и обсуждения. Полученная информация дала следующие результаты:

Количество жителей Карачаево-Черкесской республики, выехавших в страны Среднего Востока для участия в боях на стороне «ИГИЛ», составляет около двухсот человек. Среди них есть люди разных национальностей (карачаевцы, черкесы, абазины, ногайцы, русские). Из указанного количества многие погибли в ходе боевых действий, либо изолированы от общества.

Уровень образования и социальное положение участников НВФ различен. Большинство имеет высшее образование, значительная часть из экономически благополучных семей с достатком выше среднего, имели постоянную работу и стабильный заработок. Общим для большинства молодых людей, примкнувшим к экстремистам и выехавшим за рубеж для ведения «джихада», является отсутствие должного контроля и внимания со стороны родителей. Многие родители узнали об идеологической приверженности своих детей лишь после их отъезда в Сирию. Решение сыновей вступить в ряды ИГИЛ (организация, запрещенная в РФ) явилось для их родителей «неожиданностью». *Я даже подумать о таком не мог, ничто не предвещало такое …* – признался в беседе один из отцов, чей сын уехал в Сирийскую Арабскую Республику.

Следует обратить внимание, что никто из поборников экстремизма, примкнувших к террористам, не имеет законченного исламского образования. Именно вследствие данного обстоятельства, по мнению наших респондентов, они и стали *«легкой добычей»* для вербовщиков.

На основании проведенного исследования нами была составлена следующая условная дифференциация членов экстремистских группировок, позволяющая выделить и охарактеризовать их следующие группы:

«Идейные» – данную группу составляют убежденные борцы за идею, позиционирующие себя чуждыми всякого рода личной выгоде.

«Романтики» – представляют собой, контингент, ищущий славу и подвиги, желающие изменить мир к лучшему.

«Искатели» – категория лиц близкая к представителям второй группы, но менее постоянная и твердая в своих убеждениях и целях.

«Стяжатели» – лица, добивающиеся власти, влияния и денег. Как правило, став членами экстремистских формирований, представители данной группы целеустремленно карабкаются вверх по иерархической лестнице группировки, в максимально возможной мере используя ее материальные и людские ресурсы в целях извлечения личной выгоды.

«Откровенные уголовники» – близкая к предыдущей группе лиц категория антисоциальных элементов.

Исходя из того, что одной из задач профилактики экстремизма и терроризма является принятие всех возможных мер, чтобы уберечь от моральной деградации, физического уничтожения и вернуть обществу тех молодых людей, кого еще можно спасти представляются целесообразными следующие профилактические меры:

1. Создать необходимые условия, позволяющие сформировать у лиц, представляющих группу «идейных» правильное толкование идеологии (религиозной, политической), носителями и выразителями которой они себя считают. Например, дать верное понимание учения Ислама, его гуманистической доктрины, которая наиболее авторитетно и доступно сформулирована в материалах Каирской декларации прав человека в Исламе от 5 августа 1990 года [5, 232-238];

2. Группе «романтиков» и «искателей» предоставить возможность «найти себя» в процессе реализации социально значимых проектов, приносящих реальную, ощутимую пользу обществу.

3. Профилактическая работа с представителями групп «стяжателей» и «уголовных элементов» положительный результат приносит редко и с большим трудом. Учитывая это обстоятельство, работа с данной категорией лиц должна предусматривать пристальное наблюдение за каждым представителем этих групп, предоставляющей возможность их быстрой изоляции от общества в случае возникновения необходимости.

Исследуя возможные мотивационные и идеологические аспекты экстремизма и терроризма мы пришли к выводу, что основными факторами, подтолкнувшими молодых людей к вступлению в ряды экстремистов явля-

ются: 1) необъективное освещение в СМИ событий, так или иначе затрагивающих ислам и мусульман; 2) проявления дискриминации, шовинизма и национализма, декларирование лозунга «Россия для русских», неприязненность и необоснованная подозрительность окружающих людей к мусульманам вообще; 3) не всегда оправданные и адекватные профилактические меры; 4) отсутствие должной инициативы со стороны значительной части представителей высшего звена духовных наставников в поиске новых путей и средств гражданского воспитания и развития мусульманской молодежи; 5) широкое бытование ложных стереотипов в отношении ислама и мусульман [6 ,19].

Последний фактор провоцирует эскалацию «протестных» акций, распространение идей конфессионального и национального сепаратизма, формирует нежелание интегрироваться в общество, ущемляющее и принижающее гражданское достоинство и социальное самочувствие верующих мусульман. Этим, по нашему мнению, объясняется известный факт, что среди тех, кто пополнил ряды экстремистов, есть молодые люди с высшим светским образованием и хорошо обеспеченные материально. Данное обстоятельство свидетельствует о том, что эта часть молодежи, имея материальный достаток, все же убеждена, что современное государство и общество не хотят либо не могут обеспечить их духовные потребности.

В результате исследования были выявлены факторы распространения экстремизма и терроризма в регионе, среди которых:

1) глубокое социально-статусное и экономическое расслоение общества, поляризация интересов граждан;

2) относительно высокий уровень безработицы;

3) слабое развитие производства и промышленности;

4) коррупция и клановость;

5) отсутствие доступных для рядовой молодежи социальных лифтов;

6) недостаточность программ экономической помощи малоимущей части населения, стимулирования и развития предпринимательства среди молодежи;

7) «неуклюжие» действия в осуществлении антиэкстремистской и антитеррористической работы, способные дискредитировать власть и государственные службы – тем самым пополнить ряды экстремистов;

8) качество образования;

9) недооценка «этно-конфессионально-патриотической составляющей» в формировании жизненных стратегий и карьерных планов учащейся молодежи региона [9, 133-134].

Исследование также позволило сделать следующие выводы:

– неприятие радикализма, экстремизма, терроризма любых форм насилия и принуждения имеет у народов Карачаево-Черкесии глубокие традиции, в том числе детерминируемые учением Ислама, и нашедшие свое отражение в традиционной культуре и народной педагогике региона, что и подтверждают исследования этнопедагогов [4, 77];

– учреждения образования республики вносят некоторый вклад в дело профилактики экстремизма и терроризма, тем не менее, их работа в указанной сфере носит фрагментарный характер, сказывается недостаточная методическая проработанность антиэкстремистской и антитеррористической работы в системе образования. По нашему мнению, целесообразна подготовка из числа работников образования специалистов в области пропаганды и контрпропаганды. За основу можно принять советскую систему подготовки пропагандистов.

Среди задач учреждений образования, направленных на профилактику экстремизма и терроризма, видятся следующие:

– дальнейшая активизация работы над развитием духовно-нравственного и гражданско-патриотического воспитания молодежи;

– повышение качества и разнообразия средств духовно-нравственного и гражданско-патриотического воспитания;

– дальнейшее развитие сложившихся традиций патриотического, нравственного, экологического и эстетического воспитания;

– формирование принципов здорового образа жизни у детей и подростков;

– активное внедрение передовых инновационных форм и направлений воспитательной работы;

– оказание помощи родителям в решении проблем духовно-нравственного воспитания детей, совершенствование средств педагогического просвещения, дальнейшее укрепление института семьи.

Роль средств массовой информации в формировании антиэкстремистского сознания населения, развитии межнационального и межконфессионального взаимоуважения и сотрудничества в республике признана респондентами ключевой. По мнению большинства участников опроса (82,9%) на СМИ должна быть возложена функция ведения активной профилактической работы – информировать об условиях возникновения экстремизма и терроризма и мерах их профилактики. Также, по мнению респондентов, именно СМИ в состоянии сегодня повысить эффективность социального взаимодействия, связи и координации усилий общества и органов власти в противодействии экстремизму и терроризму.

Оценивают деятельность региональных СМИ в исследуемой сфере недостаточной 13,1% респондентов. Работа федеральных СМИ в формировании и укреплении межнационального и межконфессионального согласия оценена невысоко *(67,5% опрошенных считают ее неэффективной; 16,3% – дали среднюю оценку; 16,2% – затруднились дать оценку).*

Наиболее востребованным источником информации признан Интернет – *98,3% работников образования; 75,7% имамов, 7,1% старейшин.* На втором месте по степени востребованности находится телевидение – *1,7% работников образования; 72,9% старейшин; 24,3% имамов.* В числе наиболее востребованных источников информации, по мнению старейшин, остаются печатные издания, которым они «*больше доверяют*» – *20%.*

- роль национальных общественных объединений КЧР в деле формирования антиэкстремистского сознания молодежи и антитеррористических ценностей жителей республики оценивается респондентами на сегодня как несущественная, но важная в принципе (обладающая значительным, но не реализованным потенциалом). По мнению участников опроса, общественные объединения республики уделяют внимание профилактике идеологии экстремизма и терроризма и экстремизма «*фрагментарно*», «*между прочим*», «*непоследовательно*», «*в контексте своей основной сферы деятельности*». Часть респондентов – 31,2% справедливо заметила, что «*…в республике нет ни одной общественной организации, которая бы ставила противодействие экстремизму и терроризму своей основной целью*». Хотя, по их мнению, подобная некоммерческая общественная организация могла бы быть создана бывшими работниками правоохранительных органов. Подобная широта видения путей решения проблемы участниками опроса дает основание для констатации высокой степени заинтересованности мусульманского населения республики в эффективном противодействии распространению идеологии экстремизма, устранению террористической угрозы;

– в целом работа, направленная на противодействие экстремизму и терроризму, должна носить интегрированный характер.

Необходимо продолжить систематическое проведение в республике мероприятий, позволяющих подготовить группы специалистов, способных стать трансляторами ценностей, направленных на противодействие распространению идеологии экстремизма и терроризма и укрепление межэтнического и межконфессионального согласия и сотрудничества.

По степени эффективности работы в области охраны прав верующих, сохранения и развития межнационального и межконфессионального согласия в республике среди государственных и муниципальных учреждений наилучшую оценку получила деятельность Министерства КЧР по делам национальностей, массовым коммуникациям и печати – 76,2%. На втором месте – работа местных администраций – 21,5%.

Как свидетельствуют результаты исследования состояние межнациональных и межконфессиональных отношений на территории КЧР не вызывает опасений, уровень социальной напряженности в данном аспекте низкий, а уровень толерантности высок. Жители республики, мусульманского вероисповедания, не просто толерантно (в значении терпимо), но *доброжелательно* относящиеся к представителям иной конфессиональной и (или) национальной принадлежности, составляют абсолютное большинство – 93,5% Доля респондентов, положительно оценивающих состояние межэтнических отношений и позитивно воспринимающих усилия органов исполнительной власти, предпринимаемых в этом направлении, составляет 76,8%.

Таким образом, хотя большинство рисков, связанных с экстремизмом и терроризмом в эпоху глобальных «исламистских» проектов, принято связывать с исламским радикализмом, но исследование показало, что опасность проявлений экстремизма и террористических атак, связанных с этим явлением в Карачаево-Черкесии, на сегодняшний день является минимальной. Основанием для констатации данного вывода является тот факт, что «современный исламский джихад», осуществляемый под флагом создания «Исламского государства», равно как и террористические вылазки, осуществляемые экстремистами внутри страны, не поддерживаются и не понимаются мусульманами республики в качестве выражающих интересы Ислама и

мусульман. Общим является мнение – «*Настоящий Исламский джихад должен решать задачи восстановления единства уммы и нравственного совершенствования мусульман, нести людям добро и справедливость, призывать к созиданию и процветанию*». Значительная часть мусульман республики убеждены в том, что «ИГИЛ» (организация, запрещенная в РФ) и террористические атаки на деле направлены против Ислама и мусульман. Подобные диверсии, по мнению респондентов, уже имели место. Так, участники опроса ссылались на труды российских и зарубежных мусульманских религиозных деятелей, разоблачающих антиисламскую деятельность ваххабитов» [7, 167].

Заключение. Согласно результатам исследования в настоящее время на территории КЧР организаций так называемых «исламских» радикалов не существует. Вместе с тем, на территории республики латентно действуют несколько организаций экстремистского толка, состоящие из адептов нетрадиционных течений христианства. Эти организации имеют своих идеологов, пользующихся значительным влиянием среди членов сообщества. Тем не менее, должное внимание со стороны правоохранительных органов к работе подобных организаций позволяет держать их деятельность под контролем.

Какого либо существенного влияния экстремистских организаций на трудовых мигрантов и иностранных граждан, проживающих в республике, не отмечено.

Наряду с тем, как справедливо отмечает часть респондентов, было бы ошибкой недооценивать конфликтный потенциал иных не связанных непосредственно с религией факторов, которые также могут нести в себе террористическую угрозу. Следует иметь ввиду, что экстремизм и терроризм как его крайнее проявление могут возникнуть на почве политических, экономических, социальных, межэтнических противоречий, а также конфликта интересов преступных кланов, идущих во власть.

В целом исследование показало: стойкое неприятие мусульманами республики идеологии экстремизма и терроризма; рост активности и качества профилактической работы провоохранитиельных и правонадзорных органов; рост эффективности разъяснительной работы муфтията республики; результативность профилактической, религиозно-просветительской и консолидирующей деятельности министерства КЧР по делам национальностей, массовым коммуникациям и печати.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гадаев В. Ю. Современная чеченская молодежь: поиск духовных ориентиров. Грозный, 2005. 71 с.
2. Койчуев А. А.-Дж. Исламская педагогическая мысль на Северном Кавказе в контексте истории и современных вызовов. Карачаевск, 2015. 152 с.
3. Койчуев А. Д. Карачаевская автономная область в годы Великой Отечественной войны 1941–1945 гг. Ростов-на Дону. 470 с.
4. Кущетерова Ф. Т. Воспитание семьянина в народной педагогике карачаевцев. Ставрополь, 2000. 192 с.
5. Михайлов Ю. А. Пора понимать Коран. М.: Ладомир, 2008. 240 с.
6. Мэлайз Ратвен. Ислам. Краткое введение. Ульяновск, 2005. 188 с.
7. Рамазанов К-Х. Заблуждения ваххабитов в шариатских вопросах. Махачкала, 2008. 200 с.
8. Шаманов И. М., Караева З. Б., Кечеруков К. А., Алиев А.-М. Ч. Карачаевцы. Выселение и возвращение. Черкесск, 1988. 176 с.
9. Шаповалов В К. Жизненные стратегии и карьерные планы учащейся молодежи Карачаево-Черкесии. Карачаевск, 2012. 202 с.
10. Хубиев И. Х. Судьба. Черкесск, 2015. 230 с.

REFERENCES

1. Gadaev V. Yu. Sovremennaya chechenskaya molodezh′: poisk dukhovnykh orientirov. Groznyy, 2005. 71 s.
2. Koychuev A. A.-Dzh. Islamskaya pedagogicheskaya mysl′ na Severnom Kavkaze v kontekste istorii i sovremennykh vyzovov. Karachaevsk, 2015. 152 s.
3. Koychuev A. D. Karachaevskaya avtonomnaya oblast′ v gody Velikoy Otechestvennoy voyny 1941-1945 gg. Rostov-na Donu. 470 s.
4. Kushcheterova F. T. Vospitanie sem′yanina v narodnoy pedagogike karachaevtsev. Stavropol′, 2000. 192 s.
5. Mikhaylov Yu. A. Pora ponimat′ Koran. M.: Ladomir, 2008. 240 s.
6. Mehlayz Ratven. Islam. Kratkoe vvedenie. Ul′yanovsk, 2005. 188 s.
7. Ramazanov K-KH. Zabluzhdeniya vakhkhabitov v shariatskikh voprosakh. Makhachkala, 2008. 200 s.

8. Shamanov I. M., Karaeva Z. B., Kecherukov K. A., Aliev A.-M. CH. Karachaevtsy. Vyselenie i vozvrashchenie. Cherkessk, 1988. 176 s.

9. Shapovalov V K. Zhiznennye strategii i kar′ernye plany uchashcheysya molodezhi Karachaevo-Cherkesii. Karachaevsk, 2012. 202 s.

10. Khubiev I. Kh. Sud′ba. Cherkessk, 2015. 230 s.

ОБ АВТОРЕ

Койчуев Айтек Алим-Джашарович, кандидат педагогических наук, доцент заведующий научной лабораторией, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Карачаево-Черкесский государственный университет имени У. Д. Алиева», 269202, КЧР, г. Карачаевск, ул. Ленина,29, 7928 383 4147, E-mail: aitek_koichuev@mail.ru

Koychuev Aytek Alim-Dzhasharovich, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Head of the Scientific Laboratory, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Umar Aliev Karachai-Cherkess State University», 269202, KCR, Karachaevsk, st. Lenin, 29, 7928 383 4147, E-mail: aitek_koichuev@mail.ru

Дата поступления в редакцию: 23.03.2019 г.
После рецензирования: 14.05.2019 г.
Дата принятия к публикации: 07.06.2019 г.

Л. А. Уманская [L. A. Umanskaya]

УДК 323.22/28
DOI 10.33236/2307-910X-2019-2-26-262-269

СОВРЕМЕННЫЙ БОЛГАРСКИЙ ПОЛИТИКУМ: ОСНОВНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ И ОСОБЕННОСТИ

MODERN BULGARIAN POLICY: BASIC MANIFESTATIONS AND FEATURES

Морской государственный университет им. Адмирала Ф.Ф. Ушакова,
г. Новороссийск, Россия, Email: lu-66@mail.ru

Аннотация. *Рассматриваются проблемы современной болгарской политики, современного политического процесса. Раскрывается этимология термина «политикум», проводится качественный анализ, политических элит Болгарии.*

Материалы и метод, результаты и обсуждения. *Утверждается тезис о мнимом «союзническом» долге Болгарии перед новыми европейскими «союзниками» в ущерб традиционным болгарском-российским отношениям. Показаны реальные плоды болгарской евроинтеграции, систематизированы акторы болгарской транзитологии. Демонстрируются каналы, ограничивающие болгарский суверенитет, раболепное преклонение перед Западом. Социальная политика превратила Болгарию в «иждивенческую республику» и лишила традиционных статей эксперта (виноделие, овощеводство, фармацевтика). В стране произошло перераспределение собственности, прекратила существование прежняя модель стратификации, вырос уровень безработицы, увеличилась социальная дифференциация населения.*

Заключение. *Эксперты отмечают, что социально-экономическая и политическая трансформация Болгарии действительно представляла уникальное явление - полное преобразовать и слом старых устоев, происходящие мирным путем, и в то же время удивительно быстро.*

Ключевые слова: политикум, ограниченный суверенитет, политические элиты, социальная политика, евроинтеграция, транзитология, политический процесс.

Abstract. *The problems of modern Bulgarian politics, the modern political process are considered. The etymology of the term "politicians" is revealed, a qualitative analysis is carried out, of the political elites of Bulgaria.*

Materials and method, results and discussions. *The thesis is affirmed about the alleged "allied" debt of Bulgaria to the new European "allies" to the detriment of the traditional Bulgarian-Russian relations. The real fruits of the Bulgarian Euro-integration are shown, the actors of the Bulgarian transitology are systematized. Demonstrated channels limiting Bulgarian sovereignty, servile worship of the West. Social policy turned Bulgaria into a "dependent republic" and deprived the traditional articles of the expert (winemaking, vegetable growing, pharmaceuticals). In the country there was a redistribution of property, the former model of stratification ceased to exist, the unemployment rate increased, the social differentiation of the population increased.*

Conclusion. *Experts note that the socio-economic and political transformation of Bulgaria really was a unique phenomenon - a complete transformation and the demolition of old foundations, taking place peacefully, and at the same time surprisingly quickly.*

Key words: politics, limited sovereignty, political elites, social policy, European integration, transitology, political process.

Введение. Эксперты отмечают, что «с целью обратить вспять опасные тенденции в экономике и общественно-политическом развитии Болгарии Международным валютным фондом был установлен (с июля 1998 г.) особый финансовый режим (получивший название «currency board»), – жестко привязавший болгарский лев к германской марке, а с 1 января 2002 г. – к евро. Это позволило добиться определенной стабилизации в экономике. Болгарское правительство добровольно ограничило свой суверенитет в финансовой сфере, делегировав часть своих функций МВФ. Эксперты этой международной организации получили право решающего голоса при составлении национального бюджета и контроля над его исполнением». [1] Так, Болгария медленно, но планомерно начала утрачивать полноту своего государственного суверенитета, вступая в различные международные организации и союзы.

Материалы и методы, результаты и обсуждения. Конституционное устройство современной Болгарии. В основе государственного строя Болгарии были положены конституционные признаки демократии. Конституция Республики Болгария устанавливает, что Болгария является республикой с парламентарным правле-

нием (*Конституция Республики Болгарии. ст. 1-1*), [2] что она – правовое государство и управляется в соответствии с Конституцией и законами страны (*ст. 4-1*). Данный принцип тесно увязывается с принципом народовластия, который гласит, что вся государственная власть исходит от народа. Она осуществляется им непосредственно и через органы, предусмотренные в этой Конституции. Осуществление народовластия предусматривается путем участия граждан в выборах и референдумах, проводимых на основе всеобщего, равного и прямого избирательного права при тайном голосовании *(ст.10*).

Болгарская Конституция устанавливает (*ст. 11*) принцип политического плюрализма в организации политической жизни Болгарии, в соответствии с которым ни одна политическая партия или идеология не может объявляться или утверждаться как государственная. Партии содействуют формированию и изъявлению воли граждан. Объединения граждан, включая профсоюзы, не могут выдвигать политические цели и осуществлять политическую деятельность, присущую политическим партиям *(ст. 12*) [3].

Конституция содержит нормы, характеризующие статус народного представителя. Статья 67 предусматривает, что народные представители представляют не только своих избирателей, но и весь народ. В связи с этим императивный мандат запрещен. В случае избрания народного представителя министром он не лишается депутатского мандата, а лишь временно прекращает свои полномочия народного представителя и замещается в определенном порядке (ст. 68). За исполнение своих обязанностей народные представители получают вознаграждение (ст. 71). Народные представители обладают депутатской неприкосновенностью (ст. 70).

Возглавляет Народное Собрание председатель, имеющий также заместителя. Председатель Народного Собрания обладает полномочиями лишь по организации деятельности Собрания (ст. 77).

Парламент Болгарии однопалатный. Его структура состоит из постоянных и временных комиссий. Постоянные комиссии помогают деятельности Народного Собрания и осуществляют от его имение парламентский контроль. Временные комиссии избираются для расследования и проверки (ст. 79).

Парламент Болгарии обладает достаточно широкой компетенцией, состоящей из 15 вопросов, изложенных в ст. 84 Конституции, а также некоторых иных полномочий [4].

Современный болгарский политикум. Став частью Европейского Союза, Болгария утратила значительную часть своего суверенитета, передав определенный объем полномочий Брюсселю [5]. Политические элиты Болгарии за последние 140 лет (прошедшие с момента освобождения этой страны от османского ига) привыкли жить под диктовку своих более сильных соседей. Поэтому не удивительно, что и в наше время такая их зависимость от сильного мира сего проявляется в их, как внутренней, так и во внешней политики [6]. Все это дает основания рассматривать Болгарию как страну с ограниченным суверенитетом, не имеющей своей самостоятельной внешней и внутренней политики [7].

Многие вопросы относительно природы и сущности политической власти этой балканской страны уходят в происходящие здесь политические процессы, главными субъектами которых являются элиты и их лидеры. В политической науке термин «политикум» (politikum) определяется как некая совокупность всех политических сил, определяющих характер среды принятия высших решений в национальной политике того или иного государства [8]. Ведущая роль в этом процессе отводится профессиональным группам политиков, составляющие политические элиты и возглавляемые своими лидерами.

Термин «политикум» чаще всего употребляется при описании политических процессов, имеющих неоднозначную оценку и непредсказуемые результаты. Наиболее часто он стал применяться на Украине после государственного переворота 2014 г., как символ «креатива» борющихся за власть элитарных группировок, весьма сомнительного профессионального качества и крайне неустойчивой (конфликтной) политической среде. Украинские политологи выдавали свой политикум как проявление творческого демократического начала, как вершина «евромайдана», который они выдали за «революцию достоинства».

О творящихся в политикуме негативах отмечали и западные источники. Так, например, анализируя политикум Израиля, Альмагий Голубов отмечал моральные и духовные трансформации политиков, которые с ними происходят, когда они приходят во власть. «Действительно, какое может быть доверие, к политику, за программу которого ты голосовал, если он, попав в Кнессет, на другой же день заключает союз с партией, программа которой во многом противоречит политическим принципам, которые ты поддержал своим голосованием.

Поэтому в широких слоях избирателей давно господствует устойчивое мнение о политиках, как о людях очень сомнительных моральных принципов, которые, ради обретения власти, способны на все. Этой негативной характеристике власть имущих способствует мгновенное, изменение тона и уровня агрессивности политика сразу

после обретения им власти. Действительно, чтобы обрести поддержку населения, политик вынужден прибегать к фигурам речи, свидетельствующим о радикальности его взглядов на решение сложных и далеко неоднозначных проблем (особенно международных).

Но придя к власти политик, как правило, поступает взвешенно, дабы неоправданным радикализмом не навредить родной стране. Став лидером, политик, начинает внимательно взвешивать плюсы и минусы того или иного политического решения. Он осознает свою ответственность за будущее страны, и отказывается идти на поводу у горячих, зачастую безрассудных эмоций своих избирателей.

В этом громадное достоинство нашего политикума» [9].

Наблюдения А. Голубова имеют для нас определенный интерес, поскольку отражают состояние дел в политикуме в целом. «Интересно, – пишет он, – что, утратив власть, политик вновь включается в борьбу за нее и, будто забыв от трезвости, принимается вновь возбуждать горячие страсти своих избирателей. Его забывчивость длится вплоть до момента вновь обретения им власти. Такое поведение, естественно, вызывает неуважение и неприязнь к политику.

Ирония ситуации в том, – отмечает А. Голубов, – что избиратель мог бы отказаться от обманувшего его надежды политика, но не может выбрать взамен никакого другого. Поведение всех без исключения израильских политиков ровно таково, как описано выше. Ибо, не совершая «неблаговидных», по мнению неискушенного избирателя, поступков, т.е. не заключая противоестественных (опять с точки зрения избирателя) политических союзов, невозможно обрести власть. А ни один из израильских политиков, обретя власть, не предается безумию безответственности и не пренебрегают необходимостью взвешенно относиться к принятию политических решений даже в угоду сохранения своей популярности у избирателей. У основной массы населения такое поведение политиков вызывает пессимизм и окончательное и бесповоротное презрение ко всему политическому классу страны. У меня же ровно наоборот. Именно эта ситуация вызывает у меня восторг и бесконечное уважение к израильскому политикому» [10].

Качественный анализ профессионализма политических элит Болгарии свидетельствует о том, что они еще не до конца овладели политической культурой развитых западных демократий и также еще не избавились от традиций своего социалистического прошлого. В критике своих политических оппонентов элиты чаще всего обращают внимание на их недостаточный качественный уровень профессиональной подготовки и компетенции [11]. Всем им кажется, что они умнее и профессиональней чем их конкуренты и что именно они больше всего и достойны власти. В условиях демократической конкурентной борьбы минимальное преимущество обеспечивает им победу или поражение на выборах. Несмотря на то, что многие политические деятели Болгарии получили образование или прошли стажировки на Западе, в их практиках по-прежнему чувствуется влияние традиций социалистического прошлого [12].

Болгарские блогеры прекрасно знают психологию поведения своей власти, поэтому позволяют себе порой не совсем лицеприятные о ней откровения. «Болгарские руководители хорошо знают, что в нестабильной политической обстановке в стране (а нестабильность вызвана прежде всего экономическими проблемами) не имеют никакой гарантии сохранения своего статуса в первом эшелоне политических лидеров. Поэтому всегда должны чувствовать «откуда дует ветер», чтобы в нужный момент поменять удобное кресло в Софии, – в Парламенте, или в Кабинете Министров, - на такое же в Брюсселе, или в Страсбурге» [13]. У болгарской бизнес элиты голубая мечта попасть в Ню Йорк или Вашингтон (в худшем случае в Лондон, что тоже не совсем Европа) и навсегда поменять политику на финансы и банковское дело.

Болгарский политикум характеризуется нестабильностью, частичной (причем значительной) утратой суверенитета и безвольным преклонением перед западным стандартом и заокеанским авторитетом. Именно политической воли как раз и не хватает болгарским правящим элитам. Они постоянно идут на неоправданные уступки своим западным коллегам (особенно из Вашингтона) и отказываются от выгодного политико-экономического сотрудничества с Россией [14]. Коллективный Запад в лице своих международных структур (НАТО, ЕС) весьма успешно спекулирует на тезисе о сохранения единства в рядах «союзных государств» и об их единой европейской идентичности.

Высказанным критическим замечаниям мы находим немало примеров из самой политической практики болгарских властей. Так, в начале 2010 гг. власти Болгарии и Сербии подписали договор с Россией и взяли на себя обязательства по строительству «Южного потока», подозревая, что не смогут их выполнить из-за давление на них со стороны США. По мнению директора российского Института стратегических исследований, генерала СВР в

отставке Леонида Решетникова, Болгария и Сербия «надеялись, что США и Брюссель позволят им реализовать «Южный поток». Они понимали, что проект выгоден их странам, и пытались убедить своих модераторов в США и ЕС дать зеленый свет на строительство газопровода. Был своеобразный энергетический шантаж, особенно в Болгарии, которая говорила западным партнерам — если не дадите очередной кредит, будем строить «Южный поток». До определенного момента такая политика работала, но, в конце концов, США и Еврокомиссия заняли твердую позицию против проекта, поэтому болгарам и сербам не осталось ничего, кроме как взять под козырек и отказаться от строительства газопровода» [15].

В самом болгарском политикуме не принято открыто критиковать международные структуры коллективного Запада, которые оказали и продолжают по их мнению оказывать Болгарии некие неоценимые «услуги».

По мнению болгарского журналист Валерий Найденов, с начала 2000-х гг. Болгария жила как «веселая вдова» после смерти «богатого мужа». «Она распродает дома, земли, все имущество супруга и лет пять живет гораздо лучше, чем прежде. А потом бестолковая баба остается на бобах и просит милостыню на паперти. В середине нулевых Болгария демонстрировала великолепный рост ВВП (который учитывает любую сделку купли-продажи). То есть мы распродавали национальные активы, а в ВВП это отражалось как наш доход. Все были счастливы: ах, какие иностранные инвестиции!» [16].

В конце 1980-х гг. в Болгарии активизировались те силы, которые в скором времени стали ее новыми элитами и политическими лидерами, определившие лицо современного политикума этой балканской страны.[17] К власти пришли лица, решившие сыграть на антикоммунистических и антироссийских настроениях общества. При активной поддержке Запада, им удалось сформировать правящий блок, следующий в фарватере вашингтонских и брюссельских указаний. «Ахиллесовой пятой» этой болгарской власти стала экономика, переживавшая в это время не самые лучшие свои времена.[18] Специалистам еще предстоит уточнить экономический ущерб причиненной этой политике, особенно по линии российско-болгарских экономических отношений [19].

Смена власти привела и к смене проводимой в современной Болгарии социальной политики, которая была приведена плод т.н. «западные стандарты» [20]. Анализ ситуацию в болгарском обществе после крушения коммунистического режима, приводит нас к неутешительным выводам: большинство населения проживало во время периода перемен либо за чертой, либо на грани бедности [21]. В социально-экономических вопросах постсоциалистической Болгарии на первом месте всегда стояла проблема безработицы и низкой занятости населения.[22] Прозападные власти Болгарии старались не акцентировать внимание на этих проблемах, поскольку главной их «идеей фикс» была евроинтеграция.

Проблемы в экономике Болгарии накапливались на протяжении целого ряда лет [23]. Но власти мало что делали в этом вопросе самостоятельно, больше полагаясь на «правильные» советы своих старших западных «друзей». Вызывает большие сомнения и степень эффективности государственного налогообложения Болгарии [24].

По утверждению Н. Шолакова в Болгарии и складывающиеся негативные демографическая ситуация. Анализируя уменьшающийся коэффициент рождаемости и ускорившийся процесс старения населения, он делает вывод о главных аспектах, в плане которых демографические факторы могут привести к существенным дефициту в социальном обеспечении, недостаточной занятости рабочей силы и колебаниям процессов ее перемещения.[25]

С исторической точки зрения трансформация в Болгарии достигла определенных успехов, но реализация ее результатов в повседневной жизни болгар оценивается иначе. Значительная часть населения Болгарии испытывает серьезные экономические проблемы, которые самостоятельно без поддержки властей решить не может [26].

Из новых возникших перед болгарской властью проблем является проблема ограничения ее суверенитета, в связи со вступлением в такие структуры, как НАТО и ЕС [27].

На парламентских выборах традиционными соперниками в это время были две ведущие партии страны – партия за евроинтеграцию («Граждане за европейское развитие Болгарии» – ГЕРБ) и «Болгарской социалистической партией». Голосования и это тоже стало традицией проходили на фоне не прекращающихся массовых протестов, а заканчивались громкими обвинениями в фальсификации и узурпации власти. Чаще всего фальсификация связывалась с деятельностью партией ГЕРБ, бессменным лидером которой был неоднократный премьер Болгарии Бойко Борисов [28].

Так, в ежегодном докладе американской правозащитной организации Freedom House, которая изучает состояние демократии в бывших соцстранах и странах бывшего СССР, в 2014 г. говорилось, что в Болгарии полуконсолидированная демократия, неэффективность и коррупция прослеживаются во всей политической

системе, а в СМИ отсутствует беспристрастность.[29] Согласно докладу, уровень коррупции в Болгарии в 2013 г. увеличился, а состояние демократии ухудшилось. В судебной системе нет изменений. Серия скандалов в судебной власти свидетельствуют о неэтическом поведении со стороны высокопоставленных судей [30].

Другой «болезнью» болгарской власти является раболепное преклонение перед Западом.

Сами болгарские аналитики и политические эксперты отмечают, что современная «Болгария является классическим примером государства, которым правят компрадорские элиты. Несмотря на исторические и закономерные симпатии большинства болгар к России, болгарские элиты уже более столетия ведут откровенно антироссийскую политику. Достаточно вспомнить обе мировые войны, в которых Болгария воевала против Российской империи и Советского Союза. Что никак не соответствовало национальным интересам страны» [31].

Предел мечтаний прозападных политиков быть допущенными в «святую святых» – в Вашингтон. В 2001 году правительство премьера Ивана Костова очень хотело показать свою прозападную ориентацию, а сам господин Костов мечтал, чтобы американский президент пожал ему руку. И все случилось для него как в сказке. Костов поехал в США, где его принял вице-президент Дик Чейни. Но вдруг дверь отворилась, и вошел Джордж Буш. Итогом этой необыкновенной встречи стало подписание беспрецедентных контрактов: две старые советские – ТЭЦ «Марица-Восток 1» и «Марица-Восток 3» – достались неизвестным американским компаниям [32].

Ещё одним «достижением» демократических властей современной Болгарии стала последнее место в Европейском Союзе по социальному состоянию населения. В докладе за 2009 года аналитики европейского статистического агентства «Евростат» назвали Болгарию одной из самых «дешевых» стран объединенной Европы. Минимальный размер оплаты труда в Болгарии в 2018 году составляет 510 левов или 260 евро. По их оценкам, жизнь в Болгарии обходилась на 49 % ниже, чем в среднем в Европе [33].

О нестабильности политической системы Болгарии говорят слишком часто происходящие внеочередные парламентские выборы и массовые протестные акции. Например, сложившаяся к февралю 2013 г. в Болгарии ситуация, многими политическими аналитиками оценивалась как крайне опасной и непредсказуемой. Правительство Бойко Борисов (ГЕРБ) в феврале того года поставило на повестку дня вопрос о выборах, которые не должны были сейчас проходить. В Болгарии не существует четкого политического размежевания. Основная борьба шла между «ГЕРБом» и Болгарской социалистической партией. Это сидение на двух стульях, несмотря на то что Болгария является членом Европейского Сообщества и очень близка по тем или иным позициям России, создавало специфическую картину посткоммунистического развития. Все дело в том, что Болгария не совсем отреклась от своего коммунистического прошлого и оно до сих пор все напоминает болгарам об их исторических традициях [34].

Базовым критерием полноценной демократии считаются свободные и конкурентоспособные выборы. Посткоммунистическим странам пришлось пройти через это привить себе нормы и ценности западной либеральной демократии. «Электоральные практики посткоммунизма в странах региона демонстрируют двойственность эффектов институционального развития посткоммунистической демократии. Традиционно транзитология отводит выборам роль «локомотива» демократизации, однако в ЦВЕ заметен обратный феномен, когда выборы и референдумы, удовлетворяющие основным демократическим требованиям, приводят к власти антидемократические силы или популистов, в результате чего демократические процессы замедляются».

Заключение. Эксперты отмечают, что социально-экономическая и политическая трансформация Болгарии действительно представляла уникальное явление – полное преобразовать и слом старых устоев, происходящие мирным путем, и в то же время удивительно быстро.

ЛИТЕРАТУРА

1. Давыдова Н. А. Общественно-политическое развитие Болгарии в контексте международных отношений. Диссертация на соискание ученой степени кандидата исторических наук по специальности 07.00.15 История международных отношений и внешней политики. М., 2007.

2. Конституция Республики Болгария / перев. Г. В. Игнатенко // Правоведение, 1992, № 1.

3. Игнатенко Г. В. Новая конституция Болгарии // Правоведение, 1992, № 1. С. 81.

4. Ильинский И. П. Основные тенденции конституционного развития стран Восточной Европы // Государство и право. 1992. № 6.

5. Алексеев В. Н. Вхождение Болгарии в Европейский Союз: основные аспекты внутренней и внешней политики. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата исторических наук Специальность 07.00.03 - всеобщая (новая и новейшая) история. Краснодар, 2009.

6. Болгария в XX веке: Очерки политической истории / под ред Е. Валев. М., 2003; Прохоренко И. Л. Субнациональные элиты как субъекты трансформации политического пространства Европейского союза // Политическая наука. 2014. №2. С. 108-126.

7. Уманская Л. А. Политическая правящая элита современной Болгарии: специфика и проблемы // Каспийский регион: политика, экономика, культура. 2019 № 1 (58).

8. Используя терминологию В. Парето, следует признать, что *политикум* любой страны состоит из суммы *правящей* (принимающей участие в осуществлении политической власти) и *неправящей* (контрэлиты) элит [Pareto V. Traite de sociologie generale // Pareto V. Oeuvres completcs. Geneve, 1968. T.XII. § 2032], а также всех тех, кто активно участвует в политических процессах на стороне тех или иных партий и общественных движений.

9. Голубов А. Феномен демократии или панегирик политикуму. 15.10. 2016. URL: https://proza.ru/2016/10/15/808

10. Голубов А. Феномен демократии или панегирик политикуму. 15.10. 2016. URL: https://proza.ru/2016/10/15/808

11. Karabushchenko P., Lebedeva I., Bicharova M., Podvoisky L., Rezakov R. Axiology of modern political elite: expert evaluation of elite quality of power. p 19-26 // 4th International Multidisciplinary Scientific Conference on Social Sciences and Arts SGEM 2017, SGEM2017 Conference Proceedings, August, 2017, Political sciences law. Book 6, Vol 2, 661-668 pp.

12. Karabushchenko P., Lebedeva I., Bicharova M., Podvoisky L., Rekesheva F. Efficiency of modern political elite: acmeological dimension of quality professionalism. p.115-122 // 4th International Multidisciplinary Scientific Conference on Social Sciences and Arts SGEM 2017, SGEM2017 Conference Proceedings, August, 2017, Psychology and psychiatry. Book 6, Vol 2, 661-668 pp.

13. Коларов Г. Лавров вовремя приехал в Софию. 11.07.2014. URL: http://zavtra.ru/blogs/lavrov-vovremya-priehal-v-sofiyu

14. Зудинов Ф.Ю. Болгария между Россией и НАТО // Вестник Московского университета. Сер. 18. Социология и политология. 1996. № 4.

15. Леонид Решетников: Болгария и Сербия оккупированы США. 29.06.2015. URL: http://balkanza.ru/leonid-reshetnikov-bolgariya-i-serbiya-okkupirovany-ssha/

16. Как умирает Болгария: ЕС, самосожжения, русофобия и русофилия. 31.05.2016. URL: https://rusvesna.su/recent_opinions/1464600694

17. Политически партии, движения и организации в България и техните лидери. София, 1990; Конституцията и демократичнните промени в България. София, 1996.

18. Ангелов. Икономиката на България до 1998 година. София, 1995; Монахова Л. И. Экономика Болгарии в 90-е годы. М., 1999; Борисова-Маринова, К. Остаряване на населението. Отражение върху икономически активното население на България. АИ «Проф. М. Дринов», София, 2007.

19. Отношения между България и Русия през последните десет години, отразени в средствата за масова информация // Международни отношения. София, 2002. Г.31. № 1; Проданов В. България и Русия между икономизацията и политизацията // Международни отношения. София, 2002. Г. 31, № 5–6.

20. Белчева М Състояние, тенденции и проблеми на раждаемостта в Република България. София: Нац.статист.институт, 2003.; Горсов М. Соцпашіи аспекта на икономическата трансформация // България в началото на XXI век – икоігомическа, правна и социална трансформация Велико Търново, 2002.; Давидов Б. Болнична икономика. София: Унив.изд. Св. Климент Охридски, 2004.

21. Футеков Р. Доходи, жизнен стандарт и социално лодиомагане Б България // Статистика. София, 2002. Г.LIV. No4.

22. Мирчева Д. Безработица и бедност – двете предизвикателства пред социално-икономического развитие на България// Статистика. София, 2002. Г.LIV. No4.

23. Abgelov I. Strong and Weak Positions of Bulgaria on the Threshold of the European Union // Economic Thought Sofia. 2006. No6.

24. Pashev K. Tax Decentralization: Solutions for Bulgaria // Economic Thought Sofia 2007 No2.

25. Cholakov N. Demographic Situation in Bulgaria - State and Trends // Economic Thought Sofia. No5. 2005.

26. Papadimitriou D. The EU's Strategy in the Post-Communist Balkans // Journal of Southeast European and Black Sea Studies. 2001. vol 1 No3. September.

27. Тарасов И.Н. Институциональное развитие посткоммунистических политических систем стран Центрально-Восточной Европы: сравнительный анализ. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора политических наук по специальности – 23.00.02 Политические институты, этнополитическая конфликтология, национальные и политические процессы и технологии (по политическим наукам). Саратов – 2009.

28. Berend I. T. The Crisis Zone Revisited Central and Eastern Europe in the 1990s. // East European Politics and Society, Vol. 15,No.2,2001.

29. Reichard, M. The EU-NATO Relationship: a legal and political perspective. London: Ashgate Publishing, Ltd., 2006.

30. Таратута Ю. Парламентские выборы в Болгарии: массовые фальсификации и непрекращающиеся протесты. 12.05.2013. URL:

https://tvrain.ru/teleshow/here_and_now/parlamentskie_vybory_v_bolgarii_massovye_falsifikatsii_i_neprekraschajuschiesja_protesty-343118/

31. В Болгарии ухудшилось состояние демократии и увеличилась коррупция. 12.06.2014. URL: http://peopleand-countries.com/article-3232-1.html

32. Там же.

33. Аналитик CIS-EMO: Политика Болгарии не служит интересам её граждан. 04.02.2016. URL: http://www.cis-emo.net/ru/news/analitik-cis-emo-politika-bolgarii-ne-sluzhit-interesam-eyo-grazhdan

34. Как умирает Болгария: ЕС, самосожжения, русофобия и русофилия. 31.05.2016. - URL: https://rusvesna.su/-recent_opinions/1464600694

REFERENCES

1. Davydova N. A. Obshchestvenno-politicheskoe razvitie Bolgarii v kontekste mezhdunarodnykh otnosheniy. Dissertatsiya na soiskanie uchenoy stepeni kandidata istoricheskikh nauk po spetsial′nosti 07.00.15 Istoriya mezhdunarodnykh otnosheniy i vneshney politiki. M., 2007.

2. Konstitutsiya Respubliki Bolgariya. /Perev. G.V. Ignatenko // Pravovedenie, 1992, № 1.

3. Ignatenko G. V. Novaya konstitutsiya Bolgarii. // Pravovedenie, 1992, № 1. S. 81.

4. Il′inskiy I. P. Osnovnye tendentsii konstitutsionnogo razvitiya stran Vostochnoy Evropy // Gosudarstvo i pravo, 1992, № 6.

5. Alekseev V. N. Vkhozhdenie Bolgarii v Evropeyskiy Soyuz: osnovnye aspekty vnutrenney i vneshney politiki. Avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoy stepeni kandidata istoricheskikh nauk Spetsial′nost′ 07.00.03 - vseobshchaya (novaya i noveyshaya) istoriya. Krasnodar, 2009.

6. Bolgariya v KHKH veke: Ocherki politicheskoy istorii / pod red E. Valev. M., 2003; Prokhorenko I. L. Subnatsional′nye ehlity kak sub″ekty transformatsii politicheskogo prostranstva Evropeyskogo soyuza / I. L. Prokhorenko // Politicheskaya nauka. 2014. №2. S. 108-126.

7. Umanskaya L. A. Politicheskaya pravyashchaya ehlita sovremennoy Bolgarii: spetsifika i problemy // Kaspiyskiy region: politika, ehkonomika, kul′tura. 2019 № 1 (58).

8. Ispol′zuya terminologiyu V. Pareto, sleduet priznat′, chto politikum lyuboy strany sostoit iz summy pravyashchey (prinimayushchey uchastie v osushchestvlenii politicheskoy vlasti) i nepravyashchey (kontrehlity) ehlit [Pareto V. Traite de sociologie generale // Pareto V. Oeuvres completcs. Geneve, 1968. T.XII. § 2032], a takzhe vsekh tekh, kto aktivno uchastvuet v politicheskikh protsessakh na storone tekh ili inykh partiy i obshchestvennykh dvizheniy.

9. Golubov A. Fenomen demokratii ili panegirik politikumu. 15.10. 2016. - URL: https://proza.ru/2016/10/15/808

10. Golubov A. Fenomen demokratii ili panegirik politikumu. 15.10. 2016. - URL: https://proza.ru/2016/10/15/808

11. Karabushchenko P., Lebedeva I., Bicharova M., Podvoisky L., Rezakov R. Axiology of modern political elite: expert evaluation of elite quality of power. r 19-26 // 4th International Multidisciplinary Scientific Conference on Social Sciences and Arts SGEM 2017, SGEM2017 Conference Proceedings, August, 2017, Political sciences law. Book 6, Vol 2, 661-668 pp.

12. Karabushchenko P., Lebedeva I., Bicharova M., Podvoisky L., Rekesheva F. Efficiency of modern political elite: acmeological dimension of quality professionalism. r.115-122 // 4th International Multidisciplinary Scientific Conference on Social Sciences and Arts SGEM 2017, SGEM2017 Conference Proceedings, August, 2017, Psychology and psychiatry. Book 6, Vol 2, 661-668 pp.

13. Kolarov G. Lavrov vovremya priekhal v Sofiyu. 11.07.2014. - URL: http://zavtra.ru/blogs/lavrov-vovremya-priehal-v-sofiyu

14. Zudinov F. Yu. Bolgariya mezhdu Rossiey i NATO // Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 18. Sotsiologiya i politologiya. 1996. № 4.

15. Leonid Reshetnikov: Bolgariya i Serbiya okkupirovany SSHA. 29.06.2015. - URL: http://balkanza.ru/leonid-reshetnikov-bolgariya-i-serbiya-okkupirovany-ssha/

16. Kak umiraet Bolgariya: ES, samosozhzheniya, rusofobiya i rusofiliya. 31.05.2016. URL: https://rusvesna.su/-recent_opinions/1464600694

17. Politicheski partii, dvizheniya i organizatsii v B″lgariya i tekhnite lideri. Sofiya, 1990; Konstitutsiyata i demokratichnnite promeni v B″lgariya. Sofiya, 1996.

18. Angelov. Ikonomikata na B″lgariya do 1998 godina. Sofiya, 1995; Monakhova L. I. Ehkonomika Bolgarii v 90-e gody. M., 1999; Borisova-Marinova, K. Ostaryavane na naselenieto. Otrazhenie v″rkhu ikonomicheski aktivnoto naselenie na B″lgariya. AI «Prof. M. Drinov», Sofiya, 2007.

19. Otnosheniya mezhdu B″lgariya i Rusiya prez poslednite deset godini, otrazeni v sredstvata za masova informatsiya // Mezhdunarodni otnosheniya. Sofiya, 2002. G.31. № 1; Prodanov V. B″lgariya i Rusiya mezhdu ikonomizatsiyata i politizatsiyata // Mezhdunarodni otnosheniya. Sofiya, 2002. G. 31, № 5–6.

20. Belcheva M S″stoyanie, tendentsii i problemi na razhdaemostta v Republika B″lgariya. Sofiya: Nats.statist.institut, 2003.; Gorsov M. Sotspashii aspekta na ikonomicheskata transformatsiya // B″lgariya v nachaloto na XXI vek - ikoigomicheska, pravna i sotsialna transformatsiya Veliko T″rnovo, 2002.; Davidov B. Bolnichna ikonomika.- Sofiya: Univ.izd. Sv. Kliment Okhridski, 2004.

21. Futekov R. Dokhodi, zhiznen standart i sotsialno lodiomagane B B″lgariya // Statistika. Sofiya, 2002. G.LIV. No4.

22. Mircheva D. Bezrabotitsa i bednost - dvete predizvikatelstva pred sotsialno-ikonomicheskogo razvitie na B″lgariya// Statistika. Sofiya, 2002. G.LIV. No4.

23. Abgelov I. Strong and Weak Positions of Bulgaria on the Threshold of the European Union // Economic Thought Sofia. 2006. No6.

24. Pashev K. Tax Decentralization: Solutions for Bulgaria // Economic Thought Sofia 2007 No2.

25. Cholakov N. Demographic Situation in Bulgaria - State and Trends // Economic Thought Sofia. No5. 2005.

26. Papadimitriou D. The EU's Strategy in the Post-Communist Balkans // Journal of Southeast European and Black Sea Studies. 2001. vol 1 No3. September.

27. Tarasov I.N. Institutsional′noe razvitie postkommunisticheskikh politicheskikh sistem stran Tsentral′no-Vostochnoy Evropy: sravnitel′nyy analiz. Avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoy stepeni doktora politicheskikh nauk po spetsial′nosti - 23.00.02 Politicheskie instituty, ehtnopoliticheskaya konfliktologiya, natsional′nye i politicheskie protsessy i tekhnologii (po politicheskim naukam). Saratov – 2009.

28. Berend I. T. The Crisis Zone Revisited Central and Eastern Europe in the 1990s. // East European Politics and Society, Vol. 15,No.2,2001.

29. Reichard, M. The EU-NATO Relationship: a legal and political perspective. London: Ashgate Publishing, Ltd., 2006.

30. Taratuta YU. Parlamentskie vybory v Bolgarii: massovye fal′sifikatsii i neprekrashchayushchiesya protesty. 12.05.2013. - URL: https://tvrain.ru/teleshow/here_and_now/parlamentskie_vybory_-v_bolgarii_massovye_falsifikatsii_i_neprekraschajuschiesja_protesty-343118/

31. V Bolgarii ukhudshilos′ sostoyanie demokratii i uvelichilas′ korruptsiya. 12.06.2014. URL: http://peopleandcountries.com/article-3232-1.html

32. Tam zhe.

33. Analitik CIS-EMO: Politika Bolgarii ne sluzhit interesam eyo grazhdan. 04.02.2016. URL: http://www.cis-emo.net/ru/news/analitik-cis-emo-politika-bolgarii-ne-sluzhit-interesam-eyo-grazhdan

34. Kak umiraet Bolgariya: ES, samosozhzheniya, rusofobiya i rusofiliya. 31.05.2016. URL: https://rusvesna.su/recent_opinions/1464600694

ОБ АВТОРЕ

Уманская Луиза Антоновна, канд. ист. наук, доцент Морского государственного университета им. Адмирала Ф.Ф. Ушакова г. Новороссийск, докторант кафедры зарубежной истории, политологии и международных отношений Северо-Кавказского федерального университета, Email: lu-66@mail.ru, телефон: 8906-468-3380

Umanskaya Louiza Antonovna, Candidate of Historical Science, Associate Professor of the Maritime State University n.b. Admiral F.F. Ushakov, Novorossiysk, foreign doctoral student of History, Political Science and International Relations of the North Caucasus Federal University, E-mail: lu-66@mail.ru, phone: 8906-468-33-80

Дата поступления в редакци: 15.03.2019 г.
После рецензировани: 5.05.2019 г.
Дата принятия к публикации: 25.05.2019 г.

Я. А. Пономаренко [Y. An. Ponomarenko]

УДК: 316.48
DOI 10.33236/2307-910X-2019-2-26-270-277

ФОРМЫ УЧАСТИЯ СУБЪЕКТА ФЕДЕРАЦИИ В РЕАЛИЗАЦИИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОЛИТИКИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

TO THE FORMS OF PARTICIPATION OF THE SUBJECT OF THE FEDERATION ON ENSURING NATIONAL SECURITY

Астраханский государственный университет, e-mail: e.kaeva@yandex.ru

Аннотация. *В условиях федеративного государства необходимы особые формы и механизмы для участия органов власти регионов (субъектов федерации) в решении вопросов, преимущественно входящих в сфере ответственности центральной власти.*

Материалы и методы, результаты и обсуждения. *Целью статьи является исследование последовательного развития форм и механизмов участия органов власти субъектов федерации в политике по обеспечению национальной безопасности России. В статье отражены результаты проведенного институционального анализа форм участия органов государственной власти субъектов федерации в реализации государственной политики по обеспечению национальной безопасности. Особой формой институционального взаимодействия федеральных и региональных властей становятся антитеррористические комиссии. В период 2010-х гг. основной формой участия региональных властей в данном направлении государственного управления становится программно-целевой метод.*

Современная система взаимодействия органов государственной власти в проведении политики по обеспечению национальной безопасности актуализирует вопрос о возможных путях ее дальнейшего совершенствования.

Ключевые слова: национальная безопасность, субъект федерации, региональная безопасность, антитеррористические комиссии.

Abstract. *In the conditions of a federal state, special forms and mechanisms are needed for the participation of regional authorities (subjects of the federation) in resolving issues that are primarily within the sphere of responsibility of the central government. In modern Russia there is a consistent development of the forms and mechanisms of participation of the authorities of the subjects of the federation in the policy of ensuring national security.*

Materials and methods, results and discussions. *The article reflects the results of the institutional analysis of the forms of participation of authorities of the subjects of the Russian federation in the implementation of the policy on ensuring national security. Antiterrorist commissions become a special form of institutional interaction between federal and regional authorities. In the period of 2010-ies. the main form of participation of regional authorities in this direction of public administration is the program-target method.*

The modern system of interaction of public authorities in the policy of national security actualizes the question of possible ways to improve it further

Key words: national security, subject of the federation, regional security, antiterrorist commissions.

Введение. Обеспечение национальной безопасности относится к важнейшим направлениям деятельности органов государственной власти всех уровней. В Российской Федерации основные полномочия и функции в данной сфере принадлежат федеральным органам власти, в частности, правоохранительным органам. Тем не менее, возрастает роль и участие органов власти субъектов федерации в реализации государственной политики по обеспечению национальной безопасности.

Институциональные формы участия субъектов федерации в проведении единой государственной политики по обеспечению национальной безопасности в настоящее время не исследованы достаточно детально. В связи с этим, целью настоящей статьи является выявление и уточнение основных форм участия субъекта федерации в политике по обеспечению национальной безопасности на примере Астраханской области. Методологической основой исследования выступил институциональный анализ и сравнительный метод. Источниками исследования являются нормативно-правовые акты Астраханской области, паспорта областных целевых программ по вопросам, относящимся к национальной безопасности, отчеты органов государственной власти о реализации целевых программ, отчеты о деятельность антитеррористических комиссий отдельных субъектов федерации Южного федерального округа. Некоторые из этих источников вводятся в научный оборот впервые.

Материалы и методы, результаты и обсуждения. Как объект изучения в рамках данной темы Астраханская область обладает специфическими характеристиками. Астраханская область – один из наиболее проблемных в вопросах безопасности регионов Южного федерального округа. В Астраханской области представлены все риски и угрозы национальной безопасности, характерные для Южного федерального округа. По результатам исследования Р.Х. Усманова, территории Каспийского региона и Северный Кавказ могут быть признаны «наиболее дестабилизирующими территориями» страны в контексте проблем сохранения целостности государства [16]. Многие из проблем национальной безопасности, существующих на всей территории страны, в регионах Юга России приобретают особую остроту. В частности, незаконный оборот наркотических средств существенно влияет на уровень преступности данного региона. По официальным данным, если в среднем по стране наркотики фигурируют в 10% от общего количества уголовных дел, по которым выносятся обвинительные приговоры, на Юге России этот уровень достигает четверти [14].

В.С. Семенов выделяет следующие угрозы национальной безопасности в регионах Юга России: процессы регресса и стагнации в региональных элитах, состояние науки и образования, неконтролируемая миграция, терроризм, организованная преступность, незаконных оборот наркотических средств, системная коррупция [15].

В научных исследованиях политических процессов Прикаспийского региона России, которые проводятся учеными кафедры политологии и международных отношений Астраханского государственного университета, проблемы безопасности в этом регионе рассматриваются в контексте двух уровней безопасности - безопасности всего государства (России) и региональной безопасности (безопасности Каспийского региона). Как отмечает С. В. Новоселов, при осуществлении государственной политики на данной территории происходит наложение этих двух уровней безопасности [11]. Р. Х. Усманов также отмечает особое значение геополитических процессов и международных проблем в Каспийском регионе на решение задач Российской Федерации по обеспечению национальной безопасности на своих территориях, прилегающих к Каспию [17].

Официальные нормативно-правовые акты Астраханской области признают особую значимость для этого региона такой отдельной проблемы, как высокий уровень преступности. В 2013 г. уровень преступности в Астраханской области был самым высоким по Южному федеральному округу (172 преступления на 10 тыс. населения) [8].

Юридическим основанием для участия органов государственной власти субъекта Российской Федерации в политике в деятельности по борьбе с экстремизмом, терроризмом, а также в иных вопросах, преимущественно относящихся к компетенции правоохранительных органов власти федерального подчинения, является 21 статья Федерального закона «Об общих принципах организации законодательных (представительных) и исполнительных органов государственной власти субъектов Российской Федерации» [1]. В частности, здесь закрепляется право высшего исполнительного органа государственной власти субъекта федерации осуществлять меры по противодействию терроризму и экстремизму в пределах своих полномочий с их финансированием за счет средств бюджета субъекта Российской Федерации, снижения влияния угроз терроризма и экстремизма на экономическую и социально-политическую обстановку в регионе.

Наряду с этим, органы власти субъекта федерации имеют очевидные ограничения в возможностях повлиять на государственную правоохранительную политику. Данные ограничения связаны со спецификой российского федерализма. Поскольку в вопросах обеспечения правопорядка, борьбы с преступностью основные полномочия принадлежат органам власти федерального уровня, органы власти субъекта федерации должны найти свое место в системе управления в вопросах обеспечения национальной безопасности. В Астраханской области на официальном уровне еще в 2012 г. были определены основные задачи региональных властей в этом направлении деятельности, среди них – «поддержание комплексной системы мер по профилактике и предупреждению экстремистских и террористических проявлений», «мотивация деятельности граждан, институтов гражданского общества к участию в … пресечении экстремистских и террористических проявлений» и т.д. [10].

В 2014 г. в Постановлении Правительства Астраханской области также был обоснован важный для современного управления принцип недостаточности участия только правоохранительных органов в успешной реализации задач по борьбе с угрозами национальной безопасности: отмечено, что «решить эти вопросы одними только правоохранительными мерами невозможно» [8]. Данный принцип создает обоснование привлечения разных субъектов управления в этой сфере деятельности.

Мы можем прийти к выводу, что основными формами участия органов власти субъекта федерации в деятельности по обеспечению национальной безопасности являются скорее косвенные, чем прямые, формы

борьбы с угрозами. Этими формами являются создание и поддержание условий, затрудняющих преступную деятельность на территории региона, а также противодействие распространению идей терроризма и экстремизма, активизация информационно-пропагандистской работы.

Одним из институциональных инструментов координации деятельности уровней власти при проведении политики по обеспечению национальной безопасности являются региональные антитеррористические комиссии.

Создание антитеррористических комиссий в России на федеральном и региональном уровнях управления берет свое начало еще в 1997 г [3]. В январе 1997 г. Постановлением российского Правительства была образована Межведомственная антитеррористическая комиссия Российской Федерации, а главам субъектов федерации было рекомендовано создать межведомственные антитеррористические комиссии на региональном уровне. В Астраханской области межведомственная антитеррористическая комиссия Астраханской области была создана нормативно-правовым актом губернатора области в феврале 1997 г[4].

Антитеррористическая комиссия Астраханской области в существующем формате, как в большинстве субъектов федерации, была создана в апреле 2006 г во исполнение подписанного в том же году Указа Президента России «О мерах по противодействию терроризму» [2]. Она пришла на смену предыдущей форме региональной антитеррористической комиссии, созданной в 2005 г. [5]

Состав комиссии позволяет ее квалифицировать как институт оперативного взаимодействия представителей органов власти разных уровней и разного подчинения - субъекта федерации, территориальных отделений федеральных органов и органов местного самоуправления. Региональные антитеррористические комиссии входят в единую систему, которую на федеральном уровне возглавляет Национальный антитеррористический комитет. Таким образом, система этих инстанций обеспечивает целостную вертикаль управления в оперативной деятельности разных уровней и ветвей власти в отношении террористических угроз и рисков. Задача комиссии, определенная как «проведение … единой государственной политики борьбы с терроризмом», позволяет оценить ее как важный институт управления, решения которого обязательны для исполнения органами власти Астраханской области [6].

Уникальный статус антитеррористической комиссии отражает также обязательный характер принимаемых ею решений для территориальных органов федеральных органов исполнительной власти, представители которых входят в состав комиссии. Поскольку часть членов комиссии, включая председателя комиссии, являются представители органов власти субъекта федерации, антитеррористическая комиссия выступает инструментом воздействия органов власти субъекта федерации на реализацию государственной политики в сфере безопасности в той части, в какой за нее отвечают территориальные органы федеральных органов власти. Региональные власти получают возможность принимать участие в решении вопросов, относящихся к сфере иных субъектов управления. Но значит ли это, что институт антитеррористической комиссии в действительности обеспечивает механизм влияния субъекта федерации на работу федеральной власти? Очевидно, что в работе комиссии приоритет принадлежит представителям территориальных подразделений органов федерального подчинения. В настоящем составе в Астраханской области в составе Антитеррористической комиссии 8 из 13 членов комиссии являются представителями федеральных органов [9]. В Волгоградской области 5 из 9 членов областной комиссии представляют федеральные органы власти. Распределение состава комиссии между представителями органов власти Российской Федерации и субъектов Российской Федерации в некоторых регионах Юга России представлено в табл. 1.

Основной формой деятельности органов власти субъекта федерации в реализации мероприятий по обеспечению национальной безопасности являются государственные программы.

В Астраханской области государственные программы правоохранительной направленности реализуются с 2006 г.

В 2013–2014 гг. в Астраханской области впервые реализовывалась государственная программа, непосредственно направленная на противодействие угрозам терроризма и экстремизма, – программа «Профилактика экстремизма и терроризма в Астраханской области на 2013–2017 годы» [7], утвержденная областным Правительством. Мероприятия, включенные в состав программы, были составлены, в частности, на основании предложений территориальных федеральных правоохранительных и контрольно-надзорных органов. К сожалению, опыт реализации программы оказался менее продолжительным, чем это было предусмотрено. Тем не менее, полученные результаты позволяют дать оценку этому опыту и сформулировать выводы относительно такой формы организации работы по противодействию наиболее опасным угрозам национальной безопасности на региональном

уровне. Программа предусматривала мероприятия профилактического воздействия в сфере противодействия терроризму и экстремизму, а также решение задач по обеспечению готовности организаций и учреждений области к предупреждению и пресечению актов терроризма и экстремизма. Практически все мероприятия, предусмотренные программой, были ориентированы на координацию действий исполнителей, относящихся к разным уровням власти – федеральному, региональному и муниципальному. При этом финансирование программы осуществлялось из средств бюджета Астраханской области (на 2013 г. – сумма свыше 11 млн. рублей) [7].

Таблица 1

Соотношение представителей федеральных органов власти и органов власти субъекта федераций и МО в составе антитеррористических комиссий отдельных субъектов федерации Южного федерального округа

	Общее число членов комиссии	**Доля представителей федеральных органов власти (5)**	**Доля представителей органов власти субъекта федерации и МО (%)**
Астраханская область	13	62%	38%
Волгоградская область	9	56%	44%
Ростовская область	19	53%	47%
Краснодарский край	30	57%	43%
Севастополь	28	40%	60%

Примечание. Источник – отчеты о деятельности антитеррористических комиссий субъектов федерации ЮФО.

В рамках программы было предусмотрено проведение 34 групп мероприятий, которые были направлены на решение 5 основных задач. Среди состоявшихся за неполный период реализации программы мероприятий - профилактические семинары антитеррористической и антиэкстремистской направленности для молодежи, лекции, беседы, диспуты с учащимися спортивных школ с целью формирования у них активной гражданской позиции, тренинг социальных навыков.

Особо важным является вопрос о степени эффективности данных мер и действий. В 2014 г. в официальном документе, принятом Правительством области, была предпринята попытка определить степень успешности реализации программы за недолгий период ее реализации. В частности, омечено, что программа внесла вклад в совершенствование мер борьбы с данными видами преступлений, а также указано, что «удалось не допустить резонансных актов терроризма и экстремизма на территории» региона в указанный период [8]. По нашему мнению, данная оценка также иллюстрирует серьезные проблемы в обеспечении объективной оценки эффективности государственных программ: очевидно, что не приведено достаточной аргументации того, что именно предусмотренные программой мероприятия повлияли на факт отсутствия актов терроризма и экстремизма, также неубедительно, что программа способствовала развитию мер борьбы с этими угрозами.

В 2013 г. общее число региональных целевых программ, ориентированных на вопросы правоохранительной деятельности, составило наибольшее число, – 5 [13]. Во всех этих программах соисполнителями выступали территориальные отделения федеральных правоохранительных органов. Вероятно, основная идея, которая является фундаментом этого сотрудничества федеральных и региональных органов власти, была сформулирована в паспорте программы «Профилактика экстремизма и терроризма в Астраханской области на 2013–2017 годы» и звучит следующим образом: «…решить вопрос (противодействия терроризму и экстремизму) одними только правоохранительными мерами невозможно… Выполнение предлагаемых мероприятий возможно только при объединении усилий исполнительных органов государственной власти Астраханской области, органов местного самоуправления муниципальных образований Астраханской области, территориальных органов федеральных органов исполнительной власти, общественных объединений и организаций». Таким образом, именно данные программы являются на современном этапе реализации политики в сфере обеспечения национальной безопасности основными формами сотрудничества федеральных органов и органов власти субъекта федерации.

Следует признать, что реализация государственных программ по вопросам, относящимся к национальной безопасности, отличается в Астраханской области значительной степенью непоследовательности.

Уже в 2014 г. реализация областной государственной программы «Профилактика экстремизма и терроризма в Астраханской области на 2013–2017 годы» была прекращена в связи с включением запланированных мероприятий в состав более общей областной программы «Обеспечение общественного порядка и противодействие преступности в Астраханской области» [8] и перевода ее в статус подпрограммы. Такая непоследовательность

может быть оценена как несовершенство в планировании и осуществлении программно-целевого метода управления, что может нанести ущерб эффективности государственному управлению в этой области регулирования.

Основной задачей этой программы «Обеспечение общественного порядка и противодействие преступности в Астраханской области», реализуемой в области в период до 2019 г., является обеспечение такого важнейшего элемента национальной безопасности, как общественная безопасность. В соответствие с программно-целевым подходом, программа предусматривает перечень показателей эффективности программы, методику оценки эффективности, которая в значительной степени ориентируется на субъективные оценки (оценку удовлетворенности населения работой правоохранительной системы). Таким образом, для нее характерны те же методические недостатки, которые мы выявили на примере предыдущей государственной программы «Профилактика экстремизма и терроризма в Астраханской области на 2013–2017 годы». Основным индикатором достижения цели действующей государственной программы является сохранение на высоком уровне доли граждан, считающих работу органов внутренних дел удовлетворительной (55%). Очевидно, что ориентация на этот субъективный и относительный показатель, хотя и имеет отношение к обеспечению эффективности работы правоохранительных органов, содержит опасность смещения акцентов в деятельности органов управления, может стимулировать уделять повышенное внимание не столько непосредственной правоохранительной деятельности, сколько ее выгодной трансляции в общественное мнение. По нашему мнению, работа по популяризации работы органов управления не должна подменять объективные показатели и результаты их функционирования.

В рамках действующей областной программы подпрограмма «Профилактика экстремизма и терроризма в Астраханской области» сосуществует наряду с другими подпрограммами, в числе которых можно выделить такие, как «Профилактика правонарушений и усиление борьбы с преступностью в Астраханской области», «Комплексные меры противодействия злоупотреблению наркотиками и их незаконному обороту в Астраханской области» и т.д. По нашему мнению, их объединение в рамках единой областной программы имеет определенные преимущества в обеспечении эффективности достижения целей, поскольку способствует комплексному подходу в решении взаимосвязанных задач.

Областная подпрограмма «Профилактика экстремизма и терроризма в Астраханской области» реализуется в период до 2019 г. и предусматривает широкий круг исполнителей. Помимо областных организаций и учреждений, в качестве исполнителя этой подпрограммы по согласованию выступает и УВД по Астраханской области.

В целом анализ подпрограммы «Профилактика экстремизма и терроризма в Астраханской области» раскрывает особенности и проблемы взаимодействия федеральной власти и органов государственной власти субъекта федерации при решении задач, в решающей степени относящихся к компетенции федерального центра. Мероприятия, относящиеся к данной программе, в решающей степени ориентированы на совершенство системы взаимодействия с правоохранительными органами в деятельности по пресечению экстремизма, проведению воспитательной работы, развитию гражданского общества и т.д.

Целевой индикатор подпрограммы является объективным и предполагает недопущение увеличения доли зарегистрированных преступлений террористического и экстремистского характера свыше 0,3% от общего числа преступлений на территории субъекта федерации. Таким образом, государственная власть Астраханской области ставит целью своей деятельности в данной сфере достижение показателей, относящихся к деятельности правоохранительных органов федерального подчинения.

Измеримыми результатами реализации программы является, в частности, статистика, отражающая отношение граждан к проблеме терроризма и экстремизма. В частности, по данным управления по взаимодействию с воинскими частями и правоохранительными органами администрации Губернатор, в период с 2013 по 2015 гг. в 2,5 раза увеличилась доля респондентов, считающих, что проблемы экстремизма и терроризма в регионе нет [12].

В табл. 2 отражены основные виды работ по предотвращению терроризма и экстремизма, которые проводятся ответственными органами Астраханской области в ходе реализации соответствующих государственных программ. В результате их анализа нами выделено 14 основных видов работ, которые были классифицированы и распределены по 3 группам: информационно-аналитическая работа, разъяснительная и просветительская работа и работа по технологическому развитию.

Таблица 2

Основные виды работ по предотвращению терроризма и экстремизма в рамах реализации государственных программ Астраханской области

Информационно-аналитическая работа	
1	Социально-психологическое тестирование в образовательных учреждениях
2	Информирование населения о работе правоохранительных органов
3	Мониторинг региональных СМИ и социальных сетей
Разъяснительная и просветительская работа	
4	Издание буклетов
5	Установка стендов
6	Производство видеороликов антитеррористической направленности
7	Семинары и конференции
8	Встречи с руководителями национально-культурных обществ и конфессий
9	Встречи и беседы с молодежью по профилактике экстремизма
10	физкультурно-массовые и спортивные мероприятия под девизом «Спорт против террора»
11	Включение в учебные программы тематики противодействия экстремизму и терроризму и первоначальных мер по предотвращению террористических актов
Технологическое развитие	
12	Разработка антитеррористических паспортов для социальных учреждений
13	Установка систем видеонаблюдения в социальных учреждениях
14	Тренировки по ликвидации и минимизации последствии теракта

Примечание: источник – паспорта государственных программ Астраханской области по вопросам в сфере обеспечения безопасности и отчеты о ходе их реализации.

Отдельным вопросом эффективности программно-целевого метода в решении задач по обеспечению национальной безопасности является методика программ и используемые индикаторы и количественные показатели. С одной стороны, индикаторы обеспечивают измеримость результатов реализации программы и могут быть признаны необходимыми для объективной оценки результатов реализации программ. С другой стороны, методология выбора индикаторов в данной сфере регулирования вызывает вопросы. В частности, областная программа «Профилактика экстремизма и терроризма в Астраханской области на 2013-2017 годы» предусматривала 7 количественных показателей. Если такие показатели, как доля от общего числа населения области, участвующая в террористических или экстремистских организациях, не вызывает серьезных сомнений, то некоторые другие результаты реализации программы оценить при помощи количественных показателей проблематично. Например, 3-й из показателей был определен как «доля готовности сил и средств к предупреждению и пресечению террористических актов и проявлений экстремизма, минимизации и ликвидации их последствий». Возможность точной количественной оценки этой готовности, по нашему мнению, является спорной. Тем не менее, данное замечание не предполагает отрицания значимости программно-целевого подхода в целом, но акцентирует внимание на необходимости поиска более корректных и точных форм его использования для обеспечения эффективности государственного управления.

В результате проведенного исследования, обработки источников о деятельности органов государственной власти по отдельным вопросам обеспечения национальной безопасности, были уточнены научные представления о формах участия органов власти субъекта федерации в политике по обеспечению национальной безопасности. Некоторые из использованных в статье источников, в частности, отчеты о деятельности антитеррористических комиссий в субъектах федерации ЮФО и отчеты о реализации некоторых целевых программ Астраханской области, впервые введены в научный оборот. Обосновано, что основными конкретными формами участия органов власти субъекта федерации в политике по обеспечению национальной безопасности являются антитеррористические комиссии и областные целевые программы.

Заключение. Объективная оценка эффективности реализации областных программ затруднена также в связи с тем, что криминогенная ситуация в регионе может существенно изменяться не вследствие проводимых в рамках программ мероприятий, но под воздействием более значимых факторов общенациональной или даже глобальной значимости. Таким образом, оценка эффективности определенных целевых программ является в

связи с этим методологически сложной задачей, что имеет значение для корректного определения возможностей данной формы государственно-управленческого регулирования. Выявленные противоречия в системе индикаторов целевых программ позволяют критически оценить перспективы программно-целевого метода для решения задач по обеспечению национальной безопасности. Исключительная значимость, которую приобрел на современном этапе программно-целевой метод для решения различных задач государственного управления, может быть пересмотрена в зависимости от объекта регулирования. Тем не менее, именно программно-целевой метод превращается на современном этапе в основную форму участия органов власти субъектов федерации в реализации политики по обеспечению национальной безопасности.

Современная система взаимодействия органов государственной власти в проведении политики по обеспечению национальной безопасности актуализирует вопрос о возможных путях ее дальнейшего совершенствования.

В современной российской системе обеспечения национальной безопасности присутствуют противоречивые тенденции централизации политики обеспечения безопасности и развития новых форм участия субъектов федерации в проведении этой политики. Некоторые формы взаимодействия федеральных и региональных органов власти в данной сфере регулирования сложились еще в 1990-е гг., в последующий период пережили значительную трансформацию. Институциональная основа для эффективного участия органов государственной власти субъекта федерации в политике по обеспечению безопасности продолжает развиваться. Можно предположить, что дальнейшее совершенствование системы взаимодействия органов власти в политике по обеспечению национальной безопасности может быть связано с активизацией потенциала субъектов федерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон «Об общих принципах организации законодательных (представительных) и исполнительных органов государственной власти субъектов Российской Федерации» от 06.10.99 N 184-ФЗ.

2. Указ Президента РФ от 15.02.2006 г. N 116 «О мерах по противодействию терроризму».

3. Постановление Правительства РФ от 16 января 1997 г. N 45 «О создании Межведомственной антитеррористической комиссии Российской Федерации».

4. Постановление Главы администрации Астраханской области от 16.02.1998 г. № 63 «О создании межведомственной антитеррористической комиссии Астраханской области».

5. Постановление Правительства Астраханской области от 26. 08. 2005 года N 308-П «О региональной антитеррористической комиссии Астраханской области».

6. Постановление Правительства Астраханской области от 19. 04. 2006 г. N 104-П «Об антитеррористической комиссии Астраханской области».

7. Постановление Правительства Астраханской области 15.08.2012 г. N 350-П «О государственной программе «Профилактика экстремизма и терроризма в Астраханской области на 2013-2017 годы».

8. Постановление Правительства Астраханской области 12.09.2014 г. N 383-П «О государственной программе «Обеспечение общественного порядка и противодействие преступности в Астраханской области».

9. Постановление Правительства Астраханской области 9.03.2017 г. N 66-П «О внесение изменения в Постановления Правительства Астраханской области».

10. Распоряжение Правительства Астраханской области от 08.06.2012 г. № 250-ПР О концепции комплексной долгосрочной целевой программы «Профилактика экстремизма и терроризма в Астраханской области на 2013–2017 годы».

11. Новоселов С. В. Особенности современной системы региональной безопасности в Каспийском регионе // Каспийский регион: политика, экономика, культура. 2016. №4. С. 103-111.

12. Отчет о ходе реализации государственной программы «Обеспечение общественного порядка и противодействие преступности в Астраханской области» за 9 месяцев 2015 года. URL: https://adm.astrobl.ru/document/7799.

13. Перечень региональных государственных программ правоохранительной направленности, соисполнителем которых является УМВД России по Астраханской области. URL: https://30.xn--b1aew.xn--p1ai/document/2125545.

14. Семенов В.С. Наркотрафик и незаконное производство наркотических средств как угроза национальной безопасности (региональный аспект) // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки СКАГС. 2013. № 4. С. 203-209.

15. Семенов В. С. Социально-политические условия воспроизводства угроз безопасности (на материалах юга России). Автореф. дисс. канд. полит. наук. М., 2014.

16. Усманов Р. Х. Этнополитическая безопасность приграничных территорий Юга России и перспективы фронтирной миграции // Человек. Сообщество. Управление. 2013. №2. С. 29-40.

17. Усманов Р. Х. Геополитические процессы Каспийского региона в контексте национальной безопасности // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки СКАГС. 2015. №3. С. 58-63.

REFERENCES

1. Federal′nyy zakon «Ob obshchikh printsipakh organizatsii zakonodatel′nykh (predstavitel′nykh) i ispolnitel′nykh organov gosudarstvennoy vlasti sub″ektov Rossiyskoy Federatsii» ot 06.10.99 N 184-FZ.

2. Ukaz Prezidenta RF ot 15.02.2006 g. N 116 «O merakh po protivodeystviyu terrorizmu».

3. Postanovlenie Pravitel′stva RF ot 16 yanvarya 1997 g. N 45 «O sozdanii Mezhvedomstvennoy antiterroristicheskoy komissii Rossiyskoy Federatsii».

4. Postanovlenie Glavy administratsii Astrakhanskoy oblasti ot 16.02.1998 g. № 63 «O sozdanii mezhvedomstvennoy antiterroristicheskoy komissii Astrakhanskoy oblasti».

5. Postanovlenie Pravitel′stva Astrakhanskoy oblasti ot 26. 08. 2005 goda N 308-P «O regional′noy antiterroristicheskoy komissii Astrakhanskoy oblasti».

6. Postanovlenie Pravitel′stva Astrakhanskoy oblasti ot 19. 04. 2006 g. N 104-P «Ob antiterroristicheskoy komissii Astrakhanskoy oblasti».

7. Postanovlenie Pravitel′stva Astrakhanskoy oblasti 15.08.2012 g. N 350-P «O gosudarstvennoy programme «Profilaktika ehkstremizma i terrorizma v Astrakhanskoy oblasti na 2013-2017 gody».

8. Postanovlenie Pravitel′stva Astrakhanskoy oblasti 12.09.2014 g. N 383-P «O gosudarstvennoy programme «Obespechenie obshchestvennogo poryadka i protivodeystvie prestupnosti v Astrakhanskoy oblasti».

9. Postanovlenie Pravitel′stva Astrakhanskoy oblasti 9.03.2017 g. N 66-P «O vnesenie izmeneniya v Postanovleniya Pravitel′stva Astrakhanskoy oblasti».

10. Rasporyazhenie Pravitel′stva Astrakhanskoy oblasti ot 08.06.2012 g. № 250-PR O kontseptsii kompleksnoy dolgosrochnoy tselevoy programmy «Profilaktika ehkstremizma i terrorizma v Astrakhanskoy oblasti na 2013 — 2017 gody».

11. Novoselov S. V. Osobennosti sovremennoy sistemy regional′noy bezopasnosti v Kaspiyskom regione // Kaspiyskiy region: politika, ehkonomika, kul′tura. 2016. №4. S. 103-111.

12. Otchet o khode realizatsii gosudarstvennoy programmy «Obespechenie obshchestvennogo poryadka i protivodeystvie prestupnosti v Astrakhanskoy oblasti» za 9 mesyatsev 2015 goda. URL: https://adm.astrobl.ru/document/7799.

13. Perechen′ regional′nykh gosudarstvennykh programm pravookhranitel′noy napravlennosti, soispolnitelem kotorykh yavlyaetsya UMVD Rossii po Astrakhanskoy oblasti. URL: https://30.xn--b1aew.xn--p1ai/document/2125545

14. Semenov V. S. Narkotrafik i nezakonnoe proizvodstvo narkoticheskikh sredstv kak ugroza natsional′noy bezopasnosti (regional′nyy aspekt) // Gosudarstvennoe i munitsipal′noe upravlenie. Uchenye zapiski SKAGS. 2013. № 4. S. 203-209.

15. Semenov V.S. Sotsial′no-politicheskie usloviya vosproizvodstva ugroz bezopasnosti (na materialakh yuga Rossii). Avtoref. diss. kand. polit. nauk. M., 2014.

16. Usmanov R. Kh. Ehtnopoliticheskaya bezopasnost′ prigranichnykh territoriy Yuga Rossii i perspektivy frontirnoy migratsii // Chelovek. Soobshchestvo. Upravlenie. 2013. №2. S. 29-40.

17. Usmanov R. Kh. Geopoliticheskie protsessy Kaspiyskogo regiona v kontekste natsional′noy bezopasnosti // Gosudarstvennoe i munitsipal′noe upravlenie. Uchenye zapiski SKAGS. 2015. №3. S. 58-63.

ОБ АВТОРЕ

Пономаренко Ярослав Андреевич, Аспирант кафедры политологии и международных отношений Астраханского государственного университета, e.kaeva@yandex.ru

Ponomarenko Yaroslav Andreevich, Post-Graduate student, chair of Political Science and International Relations at the Astrakhan State University, e.kaeva@yandex.ru

Дата поступления в редакцию: 09.03.2019 г.
После рецензирования: 19.04.2019 г.

С. А. Жасузаков [S. A. Zhasuzakov]

УДК 32.019.5
DOI 10.33236/2307-910X-2019-2-26-278-282

НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ГУМАНИТАРНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА В КОНТЕКСТЕ "БОЛЬШОЙ ЕВРАЗИИ"

NEW TRENDS IN HUMANITARIAN COOPERATION IN THE CONTEXT OF "GREATER EURASIA»

Дата принятия к публикации: 23.05.2019 г.

Институт философии и политико-правовых исследований НАН Кыргызской Республики,
г. Нур-Султан, Республика Казахстан, e-mail: kuandikkz1@mail.ru

Аннотация. *Динамичное развитие евразийских интеграционных процессов подтверждает стратегическую дальновидность и перспективность евразийской идеи, озвученной Президентом Казахстана Н.А. Назарбаевым в стенах МГУ имени М. В. Ломоносова двадцать пять лет тому назад.*

Данная идея продолжила логику исторического развития Евразии и свидетельствовала о новом этапе интеграционных процессов.

Материалы и методы, результаты и обсуждения. *В статье отражена роль гуманитарного сотрудничества на пространстве Евразии в деле укрепления взаимодействия между странами-участницами таких международных организаций, как ОДКБ, ШОС, ЕЭАС и других. В таком контексте определенное значение сыграла идея Нурсултана Назарбаева об интеграции и активно развивающихся связях в различных сферах. Гуманитарное сотрудничество на пространстве Евразии сближает государства не только по территориальному признаку, но и с учетом общности истории и ценностного потенциала тюркских народов.*

Заключение. *Таким образом, для Евразийского региона перспективно сотрудничество в гуманитарной сфере. Вместе с тем на сегодняшний день практически отсутствуют принятые индикаторы для оценки состояния гуманитарного взаимодействия между странами ЕАЭС, наибольшее внимание сосредоточено на мониторинге экономического и военно-политического сотрудничества. Однако в настоящее время статус тренда приобретает повышение заинтересованности в усилении интеграции стран региона в гуманитарной, социокультурной плоскости, как на государственном уровне, так и среди населения.*

Ключевые слова: евразийская идея, сотрудничество, интеграция, межстрановое взаимодействие.

Abstract. *The dynamic development of Eurasian integration processes confirms the strategic foresight and prospects of the Eurasian idea, voiced by the President of Kazakhstan N. A. Nazarbayev at the Lomonosov Moscow state University twenty-five years ago.*

This idea continued the logic of the historical development of Eurasia and testified to a new stage of integration processes.

Materials and methods, results and discussions. *The article presents research developments on the synthesis of scientific materials in the field of Greater Eurasia in the context of Eurasian integration. The concepts and significance of humanitarian cooperation for in-depth perception of integration processes are revealed. The humanitarian component of cooperation opens up board opportunities for the economic union (EAEU). Formed humanitarian cooperation in education and science, ecology, social policy, including pension, as well as in the field of youth policy. However, certain issues of cooperation, such as migration, public opinion, family and marriage relations are not developed and require new meaningful execution.*

Conclusion *thus, cooperation in the humanitarian sphere is promising for the Eurasian region. At the same time, to date, there are practically no accepted indicators to assess the state of humanitarian cooperation between the EAEU countries, the greatest attention is focused on monitoring economic and military-political cooperation. However, at present, the status of the trend is becoming more interested in strengthening the integration of the countries of the region in the humanitarian, socio-cultural plane, both at the state level and among the population.*

Key words: Greater Eurasia, humanitarian cooperation, EAEU, trends, international institutions.

Введение. Постановка проблемы и связь с важными научными или практическими задачами. Динамичное развитие евразийских интеграционных процессов подтверждает стратегическую дальновидность и перспективность евразийской идеи, озвученной Президентом Казахстана Н. А. Назарбаевым в стенах МГУ имени М.В.Ломоносова двадцать пять лет тому назад.

Данная идея продолжила логику исторического развития Евразии и свидетельствовала о новом этапе интеграционных процессов. Тем самым становится очевидной объективная историческая обусловленность казахстанских интеграционных инициатив, которые в современном прочтении, по словам Первого Президента-Елбасы Н. А. Назарбаева, опираются на совместное использование и разработку новых технологий и укладов в рамках функционирования независимых государств [1].

Исследователи Глинкина С.П. и Орлик И.И., предметно изучающие теорию и практику евразийства, объективно отмечают вклад Президента Республики Казахстан Н.А.Назарбаева в обоснование необходимости укрепления сотрудничества на пространстве Евразии в различных сферах – экономической, оборонной, экологической, культурной и др., в том числе в формате «Евразийского союза государств» [2].

Евразийскую интеграцию можно сравнить с другим немаловажным процессом – глобализацией мира, которая касается не только целых стран, общества в целом, но и отдельных социальных групп, и изменяет существующие политические, экономические, социокультурные связи, а также формирует новые. В данном контексте рациональной признается разноскоростная интеграция, предполагающая создание объединений нескольких государств в регионе по целевому признаку [3, с. 37]. Ярким примером такого объединения можно считать Евразийский экономический союз (далее – ЕАЭС). В последние 25 лет данная проблематика находится в фокусе политических переговоров на самом высоком уровне, элитной дипломатии, широких общественных и экспертных кругов, конструктивный характер данного процесса отражают выдвигаемые президентами Казахстана и России интеграционные проекты.

Материалы и методы, результаты и обсуждения. Современные реалии и вызовы диктуют необходимость развития широкого спектра гуманитарной интеграции и активной общественной поддержки населением евразийских проектов. В таком контексте модернизации евразийской интеграции сформировались своеобразные группы стран, которые можно условно обозначить как «интеграционные ядра», к которым, безусловно, относятся Казахстан, Россия и Беларусь. Традиционно эти три страны выступают локомотивом интеграционных процессов на евразийском пространстве и задают главную интеграционную повестку.

Цель статьи. С учетом динамичного развития евразийской идеи на современном этапе и эффективного функционирования евразийских институтов, в первую очередь ЕАЭС, евразийские категории так же составляют ценностное ядро таких глобальных организаций, как СВМДА, ШОС, ОДКБ и др., где Казахстан играет важнейшую роль. Следует подчеркнуть, что эти идеи интегрируются в Большую Евразию, наполняясь новым содержанием.

Основной материал научного исследования. Анализ интеграционных процессов в Евразийском регионе свидетельствует о поиске новых форматов для повышения эффективности интеграционных образований. В качестве примера показательна идея «Большая Евразия», презентованная в ходе Global Challenges Summit в 2018 году [4].

Если охарактеризовать данный проект вкратце, «Большая Евразия – пространство взаимодействующих восьми локальных цивилизаций пятого поколения: Западноевропейская, Восточноевропейская, Евразийская, Китайская, Индийская, Японская, Буддистская, Мусульманская» [5].

Благодаря такому пониманию предлагаемый и продвигаемый контекст «Большая Евразия» расширяет границы идеи об «интеграции интеграций». Несмотря на то, что проблематика усиления взаимодействий стран внутри Евразийского региона периодически находится в поле зрения общественного обсуждения, при этом гуманитарная составляющая не в полной мере задействована в интеграционных процессах. Тем не менее, на современном этапе духовно-нравственная основа человека, его знания, компетенции, умения адаптироваться в постоянно меняющемся мире – это ключевые характеристики, которые позволяют добиться успеха и стать частью прогресса и процветания, как отдельному человеку, так и нации в целом. С учетом этого Первый Президент Казахстана Н. А. Назарбаев видит главную движущую силу модернизационных и интеграционных процессов в человеческом капитале и акцентирует внимание не только на профессиональном, но и на личностном развитии казахстанцев.

Заметно оживился процесс модернизации ЕАЭС в контексте «Большой Евразии» после сочинского заседания Высшего экономического союза, где главы Казахстана и России внесли ряд новых инициатив. На Саммите глав государств казахстанский лидер еще раз подчеркнул особую значимость дальнейшего развития ЕАЭС, отмечая, что «...формируются контуры Большой Евразии. Влияние на этот процесс оказывает как меняющийся расклад между глобальными игроками, так и растущая конкуренция между региональными державами... международному сообществу необходимо выработать Глобальную стратегию взаимодействия в области развития информационного пространства. Евразийское пространство всегда являлось главной сценой истории» [6].

Проект «Большая Евразия», направленный на преодоление кризисных аспектов в региональном и глобальном масштабе, поддержали лидеры разных стран. Поэтому в последние годы данный проект неслучайно входит в повестку дня международных авторитетных экспертных встреч Астанинского и Валдайского клубов.

Кроме того, заинтересованность в предлагаемых проектом интеграционных идеях проявляет также Европа, о чём свидетельствует организация в Бельгии диалоговой площадки «Соединяя Евразию – от Атлантики до Тихого океана», которая в марте 2019 года собрала участников из 7 стран (Беларуси, Бельгии, Италии, Казахстана, России, Узбекистана и Франции). Международные ученые и эксперты, члены правительств, руководители транснациональных корпораций, делегаты от различных ассоциаций, принявшие участие, сошлись во мнении о необходимости рассмотрения количественных параметров «Большой Евразии», которые неизбежно повлияют и на ее качественные характеристики. По мнению участников, указанный проект по своим количественным параметрам в перспективе очень амбициозен («от Лиссабона до Владивостока»), но предполагаемых соглашений подобного масштаба мировая история не знала [7].

Как показал ряд авторитетных исследований, общественно-гуманитарное взаимодействие развивается медленнее, чем экономические контакты между странами. Однако на Евразийском пространстве сотрудничество в гуманитарной сфере становится объектом более пристального внимания правительств и превращается в важный инструмент внешней политики, придающий внутрирегиональным контактам в высокой степени конструктивную, созидательную направленность.

Применительно к термину «гуманитарный» в данном случае важно подчеркнуть, что в постсоветских странах он распространяется на «взаимодействие, в первую очередь, на межгосударственном уровне, хотя и с привлечением «горизонтальных контактов» в социально-экономической сфере: в области науки, культуры, искусства, массовых коммуникаций, – то есть, по сути, в духе Хельсинского соглашения» [8]. Так, по результатам исследований агентства «Евразийский монитор», первоочередными направлениями для гуманитарного сотрудничества в рамках «Большой Евразии» выступают научная, образовательная сферы, культурологические и лингвистические аспекты, вопросы религии и общественного мнения, информационно-коммуникационные процессы, развитие туризма и спорта и многие другие.

Во взаимодействии в данных направлениях мы видим значительные перспективы для всех стран Евразии, которым в связи с этим необходимо работать над формированием как национальных, так и в целом евразийский брендов, узнаваемых в мире, а также проводить исследования среди целевой аудитории и совершенствовать достигнутые результаты с опорой на экспертное мнение. Таким образом, основываясь на гармонизации и сопряжении процессов европейской и евразийской интеграции, страны региона смогут не допустить появления «разделительных линий» на континенте.

Взаимодействие гуманитарного характера не следует недооценивать, поскольку от него зависят многие другие аспекты, включая сотрудничество в политической и экономической сферах. По этой причине данные об образовательных и научных, культурных, туристических и прочих обменах между странами учитываются при расчете индексов трансграничного сотрудничества (на английском – cross-border cooperation indexes) [8].

Исходя из этого считаем необходимым обратить внимание на потребность в усилении взаимодействия на уровне ученых и экспертов стран ЕАЭС с целью выработать эффективные инструменты для дальнейшего совершенствования интеграционных процессов внутри данного союза. Кроме того, это позволит разрабатывать прогнозные сценарии применительно к интеграционным процессам.

Исторически евразийство является многоуровневым и многоаспектным идейным философским и методологическим. Здесь требуется работа по формированию объединительных трендов, с учетом толерантности, ментальности и традиций народов Евразии.

Среди ключевых трендов гуманитарного сотрудничества на пространстве Большой Евразии выделяется молодежная составляющая. Молодежь, в свою очередь, является барометром настроений и индикатором эффективности интеграционных процессов. В свете этого интересны презентованные на международной экспертной площадке «Евразийский экономический союз в восприятии студенческой молодежи приграничных регионов России и Казахстана» в г. Оренбурге результаты социологического исследования об уровне поддержки идей евразийской интеграции со стороны казахстанского и российского студенчества.

Положительное отношение к сотрудничеству стран в рамках ЕАЭС демонстрируют большинство опрошенных: 77% казахстанских студентов и 81% российских обучающихся. По мнению социологов, такие высокие показатели обусловлены тем, что студенты в основном правильно понимают задачу данного регионального союза, который призван повысить конкурентоспособность входящих в него стран благодаря их кооперации.

По другому важному параметру – осведомленности молодежи о ЕАЭС – доля положительно ответивших студентов из Казахстана выше по сравнению с российской частью выборки опрошенных. Кроме того, все казахстанские респонденты «считают, что ЕАЭС отвечает национальным интересам страны, обеспечивая принципы взаимной экономической выгоды (67%) и суверенитета (73%)» [9].

Выводы и перспективы дальнейших исследований. В контексте изучения потенциальных возможностей гуманитарного сотрудничества в научно-образовательном плане остается интересной идея Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева, который впервые среди вузов ЕАЭС начал подготовку магистрантов со специализацией «Евразийская интеграция». Актуальность специализации не вызывает сомнения, так как евразийская интеграция является одной из самых важных тем для современного евразийского пространства. Будущие специалисты углубленно изучают различные направления экономики, политики и гуманитарной сферы стран ЕАЭС. Первый выпуск по этой специализации будет осуществлен в 2019 году.

Таким образом, для Евразийского региона перспективно сотрудничество в гуманитарной сфере. Вместе с тем на сегодняшний день практически отсутствуют принятые индикаторы для оценки состояния гуманитарного взаимодействия между странами ЕАЭС, наибольшее внимание сосредоточено на мониторинге экономического и военно-политического сотрудничества. Однако в настоящее время статус тренда приобретает повышение заинтересованности в усилении интеграции стран региона в гуманитарной, социокультурной плоскости, как на государственном уровне, так и среди населения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Назарбаев Н. А. Евразийский Союз: от идеи к истории будущего // Известия. 2011. 25 октября. Режим доступа: https://iz.ru/news/504908 (дата обращения: 25.03.2019).

2. Глинкина С. П., Орлик И. И. Евразийская идея на постсоветском пространстве // Новая и новейшая история. 2012. № 2. С. 9. Назарбаев Н. А. Выступление в МГУ им. М.В. Ломоносова от 29.03.1994 г. // Портал «История Казахстана» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://e-history.kz/ru/publications/view/567 (дата обращения: 14.03.2019).

3. Абросимов Н. В., Шевченко Д. Г. Разноскоростная интеграция в региональных объединениях // ЭКОНОМИЧЕСКИЕ СТРАТЕГИИ. № 5/2017. С. 36-41.

4. Монография: «Коммуникативная политика Казахстана: современное состояние и перспективы развития»/ Ж.К. Медеуов, Р.А. Кудайбергенов, К.Н. Капаров и др. под общей редакцией Е.Ж. Бабакумарова (Калашникова Н. П. - руководитель проекта). Астана: Институт Евразийской интеграции, 2017 – 348 с., С.260.

5. Яковец Ю. В., Растворцев Е. Е. Большая Евразия: стратегия партнерства цивилизаций и объединений: Научный доклад. М.: МИСК, 2017.

6. https://rg.ru/2018/05/14/v-sochi-proshlo-zasedanie-vysshego-evrazijskogo-ekonomicheskogo-soveta.html (дата обращения: 28.03.2019).

7. https://news.rambler.ru/other/41875732/.?utm_content=rnews&utm_medium=read_more&utm_source=copylink (дата обращения: 28.03.2019).

8. Большая Евразия: Развитие, безопасность, сотрудничество. Ежегодник. Вып. 1. Ч. 1 / РАН. ИНИОН. Отд. науч. сотрудничества; Отв. ред. В. И. Герасимов. М., 2018. 612 с.

REFERENCES

1. Nazarbaev N. A. Evraziyskiy Soyuz: ot idei k istorii budushchego // Izvestiya. 2011. 25 oktyabrya. Rezhim dostupa: https://iz.ru/news/504908 (data obrashcheniya: 25.03.2019).

2. Glinkina S. P., Orlik I. I. Evraziyskaya ideya na postsovetskom prostranstve // Novaya i noveyshaya istoriya. 2012. № 2. S. 9. Nazarbaev N. A. Vystuplenie v MGU im. M. V. Lomonosova ot 29.03.1994 g. // Portal «Istoriya Kazakhstana» [Ehlektronnyy resurs]. Rezhim dostupa: http://e-history.kz/ru/publications/view/567 (data obrashcheniya: 14.03.2019).

3. Abrosimov N. V., Shevchenko D. G. Raznoskorostnaya integratsiya v regional'nykh ob"edineniyakh // EHKONOMICHESKIE STRATEGII. № 5/2017. S. 36-41.

4. Monografiya: «Kommunikativnaya politika Kazakhstana: sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya» / Zh. K. Medeuov, R. A. Kudaybergenov, K. N. Kaparov i dr. pod obshchey redaktsiey E.ZH. Babakumarova (Kalashnikova N.P. - rukovoditel' proekta). Astana: Institut Evraziyskoy integratsii, 2017. 348 s., S. 260.

5. Yakovets Yu. V., Rastvortsev E. E. Bol'shaya Evraziya: strategiya partnerstva tsivilizatsiy i ob"edineniy: Nauchnyy doklad. M.: MISK, 2017.

6. https://rg.ru/2018/05/14/v-sochi-proshlo-zasedanie-vysshego-evrazijskogo-ekonomicheskogo-soveta.html (data obrashcheniya: 28.03.2019).

7. https://news.rambler.ru/other/41875732/.?utm_content=rnews&utm_medium=read_more&utm_source=copylink (data obrashcheniya: 28.03.2019).

8. Bol'shaya Evraziya: Razvitie, bezopasnost', sotrudnichestvo. Ezhegodnik. Vyp. 1. CH. 1 / RAN. INION. Otd. nauch. sotrudnichestva; Otv. red. V.I. Gerasimov. M., 2018. 612 s.

ОБ АВТОРЕ

Жасузаков Сакен Адилханович, соискатель Отдела политологии и проблем государственного управления, Института философии и политико-правовых исследований НАН Кыргызской Республики, Республика Казахстан, г. Нур-Султан, e-mail: kuandikkz1@mail.ru

Zhasuzakov Saken Adhilkhanovich, Institute of Philosophy and Political and Legal Studies of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Republic of Kazakhstan, Nur-Sultane, mail: kuandikkz1@mail.ru

Дата поступления в редакци: 05.05.2019 г.
После рецензирования: 10.06.2019 г.
Дата принятия к публикации: 15.06.2019 г.

Т. А. Шебзухова [T. A. Shebzukhova]
А. А. Вартумян [A. A. Vartumyan]
И. С. Клименко [I. S. Klimenko]

УДК 519.8+32
DOI 10.33236/2307-910X-2019-2-26-283-291

ФОРМЫ УЧАСТИЯ СУБЪЕКТА ФЕДЕРАЦИИ В РЕАЛИЗАЦИИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОЛИТИКИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

FORMS OF PARTICIPATION OF THE FEDERATION SUBJECT IN THE IMPLEMENTATION OF STATE POLICY TO ENSURE NATIONAL SECURITY

Института сервиса, туризма и дизайна (филиала) автономного образовательного учреждения «Северо-Кавказский федеральный университет», г. Пятигорск, Россия, e-mail: pragpu@mail.ru

Аннотация. *Актуальность проблемы формализации политических процессов и систем и, как следствие, необходимость создания инструментальных средств, обеспечивающих научно-обоснованное принятие решений в управлении системами, поведение которых определяется слабо формализуемыми факторами и неопределенностью условий требует проведения исследований, направленных на приложение существующих моделей и методов исследования операций к проблемам политологии. В основе моделей политического поведения, представленных в статье, лежат элементы теории игр и идея оптимизации. Очевидно, что использование этих инструментальных средств моделирования социальных и политических процессов задача нетривиальная, решение которой позволит в гораздо большей степени, чем естественный язык, продвинуться в получении сложных выводов из некоторого множества исходных допущений.*

Актуальность рассматриваемой проблемы определяется тем, что современное состояние математического моделирования в политологии находится в стадии разработки. Как правило, разрабатываются модели систем по отдельным типам задач и проблем, что не соответствует современным вызовам, которые предъявляет общество к политологической науке.

Материалы и методы. *Статья, посвященная вопросам использования методов оптимизации в практике политологических исследований, содержит обоснование целесообразности и возможности использования вероятностных моделей для решения задач анализа сложных систем, обладающих поведением.*

Авторами выполнен анализ возможностей, который предоставляют формальные модели исследователю, определены те преимущества математических моделей, которые выявлены в процессе исследования по сравнению с моделями интуитивного характера, составленными в терминах естественного языка и предназначенными для обоснования принимаемых решений. Приведены примеры применения теории игр и процедуры многократного выбора к процессам формирования элитных групп и принятия решений в условиях несовпадения интересов.

Результаты и обсуждения. *Целесообразность применения методов формального моделирования в политологических исследованиях подтверждается практикой, предлагаемый ими собственный подход к применению методов исследования операций в практике моделирования сложных социальных процессов и систем требует дальнейшего интенсивного приложения к практике политологических исследований, а приведенные примеры подтверждают актуальность идеи комплексного использования формальных и неформальных моделей в политологии.*

Заключение. *Исследование проведенные авторами вносят вклад в развитие нового направления в системе политологических исследований, в основе которого лежат методы системного анализа и технология формального моделирования.*

Практическая ценность идеи состоит в использовании методов исследования операций в анализе поведения социально-политических систем и оригинальности интерпретации классических методов оптимизации, дополненной эвристическими методами математического моделирования.

Ключевые слова: языки выбора, теория игр, многокритериальный выбор в политологии, многосторонний и многократный выбор, элитные группы.

Abstract. *The urgency of the problem of formalization of political processes and systems and, as a consequence, the need to create tools that provide evidence-based decision-making in the management of systems whose behavior is determined by poorly formalized factors and uncertainty of conditions requires research aimed at the application of existing models and methods of research operations to the problems of political science. The models of political behavior presented in the article are based on the elements of game theory and the idea of optimization. It is obvious that the use of these tools for modeling social and political processes is a nontrivial task, the solution of*

which will allow to advance in obtaining complex conclusions from a set of initial assumptions to a much greater extent than natural language.

The relevance of the problem is determined by the fact that the current state of mathematical modeling in political science is under development. As a rule, we develop models of systems for certain types of tasks and problems that do not meet the modern challenges that society presents to political science.

Materials and methods. *The article is devoted to the use of optimization methods in the practice of political science research, contains a rationale for the feasibility and feasibility of using probabilistic models to solve the problems of analysis of complex systems with behavior.*

The authors analyze the possibilities that provide formal models to the researcher, identify the advantages of mathematical models that are identified in the process of research in comparison with models of an intuitive nature, compiled in terms of natural language and designed to justify decisions. Examples of application of the theory of games and procedure of multiple choice to processes of formation of elite groups and decision-making in the conditions of discrepancy of interests are given.

Results and discussions. *The expediency of using formal modeling methods in political science studies is confirmed by practice, their own approach to the use of methods of operations research in the practice of modeling complex social processes and systems requires further intensive application to the practice of political science research, and the examples confirm the relevance of the idea of integrated use of formal and informal models in political science.*

Conclusion. *The research carried out by the authors contribute to the development of a new direction in the system of political science research, which is based on the methods of system analysis and technology of formal modeling.*

The practical value of the idea is to use the methods of research operations in the analysis of the behavior of socio-political systems and the originality of the interpretation of classical optimization methods, supplemented by heuristic methods of mathematical modeling.

Key words: language choice, game theory, multicriteria choice in politics, multilateral and multiple selection, an elite group.

Introduction. A model is a display of one system in the signs and symbols of another system. By appointment, models can be cognitive and pragmatic; in the form of presentation: material, abstract, imitation; according to the type of similarity, it is customary to distinguish between indirect similarity models, conditional similarity, direct similarity (small copies).

Regardless of the basis chosen for the classification of models and whether the model belongs to one or another class of the model, they must have certain properties: target nature, inertness, adequacy, simplification of the structure compared to the modeled object/system. Models are used to study the properties and behavior of a complex system of any nature. The transition from a qualitative description of political science processes to quantitative indicators will allow mathematical processing of data in order to identify the features of systems/processes.

Stages of modeling:

1. Analysis of the object of modeling, observation and formulation of the problem (problematization).

2. Statement of the problem: determination of the goal and the task of modeling, that is, the indicator of the completeness of achieving the goal and the constraints that determine significant, insignificant and insignificant factors / conditions for the course of the studied process and / or functioning of the modeling object.

3. Construction of a conceptual model for establishing a logical correspondence between the model and the object of modeling. The complexity of this stage lies in the fact that a qualitative description of the problem by the researchers is carried out using different tools; the integration of disparate descriptions into a single model is an ambiguous process that requires knowledge of the subject area, which includes the object of modeling and the skills of creating models of various kinds (tabular, algorithmic, etc.) Thus, the use of operations research tools in political science allows using descriptions as a conceptual model situation like “zero-sum game”, “game with nature”, etc.

4. Transformation of a conceptual model containing a qualitative description of the modeling goal and the relationship of the utility function with the conditions for the implementation of the process into a mathematical model, that is, a formalized description. What pitfalls await the researcher at this stage of modeling? The researcher’s task on a variety of mathematical models to find such a tool that will reflect the meaning, goals and objectives of modeling. For example, when constructing a mathematical model of the process of forming regional elite groups, it is possible to apply the methods of game theory if the regional political process is considered as a situation with a divergence of interests. The same process can be represented in the form of a mathematical model of optimal choice, which is based on the idea of optimality, since, in essence, the selection of applicants takes place during the formation of the elite, and the researcher’s task is to build an adequate model that will provide an opportunity to analyze the relationships existing in this complex process

and prediction of the result. The idea of optimality is the basic idea of cybernetics. For strictly formalized tasks (technical, mathematical, operational), the concept of optimality has a rather specific definition, a clear mathematical formulation, moreover, the criterion by which the comparison and selection of alternatives in the decision-making process is carried out, as a rule, is correctly formulated. Thus, in economic management, the criterion of optimality is, as a rule, the maximum profit, in the tasks of production management - the maximum use of existing equipment or the maximization of the volume of output, in the problems of analysis of queuing systems - optimization of the structure and parameters of the system. Obviously, the idea of optimization is very effective both from the point of view of searching for optimal options, and from the point of view of the subsequent analysis of the results. As a rule, such an analysis makes it possible to evaluate the available reserves for improvement. Adapting the idea of optimality to the problems of political science, including the process of forming a regional elite, is of interest, both from a theoretical and practical point of view. Fundamental and applied research in order to study the mechanisms of the processes of social structuring, in which elites have a significant advantage in building relationships between themselves and society, must be transferred to a qualitatively different level. A scientific understanding of the challenges of our time such as system analysis and decision theory in a comparative way will help to clarify the theory of regional political processes and to actualize the problem of rotation and qualitative renewal of elites.

5. Search or development of a method of mathematical processing of the created model (solution).

6. Development of a solution algorithm and the actual solution.

7. Aggregation of the results of mathematical modeling and solving the problem in a system of qualitative descriptions in terms of a natural language.

8. Comparative analysis of the obtained and expected results, analysis of the assumptions / limitations made, model adjustment if necessary.

The practicability of using formal modeling in the study of political processes and systems does not require special argumentation, but it makes sense to note the significant advantages that distinguish formal modeling from intuition:

- political processes and systems, despite their seemingly stochastic nature, have certain a priori patterns that can be explicitly displayed in the form of a mathematical model; that is, formal models allow you to streamline and systematize mental descriptions of complex systems;
- the desire of the researcher to analyze the behavior of a complex system, its interaction with other systems, etc. get a forecast of the behavior of the investigated object;
- formal models make it possible to obtain a forecast and check its accuracy;
- formal modeling, as a tool in which entities of a higher level of complexity are used than in natural languages provide the basis for logical conclusions from the results of the study, which cannot be obtained in terms of natural languages;
- the mutual influence and development with other sciences: econometrics, biology, control theory, decision theory, etc.; interdisciplinary communication, the exchange of methodological techniques and modeling technologies understanding of the systematic phenomena and processes taking place in society [1].

Languages of choice. We define the concept of "choice" as an action that gives purposefulness to all activities. Indeed, in any area of human activity there comes a moment when actions can be different and lead to different results, and only one action can be implemented. How to make the right choice? What determines the ability (ability) to make the right decisions? Is there an algorithm that can be taught and / or learned to make the right decisions? Obviously, a fully formalized algorithm can be built for well-studied problems with a clearly defined structure and specific goals. As an example, you can use the well-known technique "analysis of a specific situation - ACS", and in a variety of cases, this technique can be used as a simulator for staff (accidents, emergencies), psycho-training, forms of classes, etc. It is unlikely that this technique is useful and effective in the study of poorly structured problems.

What are the methods and techniques for substantiating decisions for tasks of this type? Is it even possible to talk about modeling in such situations?

In some cases, simulation gives good results. At present, a combination of methods has gained wide application: formalized methods and computer modeling, combined with a person's ability to solve informal tasks. The number of selection problems is diverse, the methods for making the right decision (choice) are also infinitely many; we agree that a choice is an action on a set of alternatives, as a result of which a subset of the chosen alternatives is obtained (as a rule, this subset consists of one alternative). It is clear that the choice can be made only after comparing the alternatives, the

comparison should be carried out according to a certain parameter – the preference criterion. In fact, the problem of choice is reduced to a process consisting of two stages:

- definition of many alternatives on which to make a choice;
- determination of goals for the achievement of which a choice remains to be made.

As a rule, the number of alternatives is of course, their assessment is carried out according to one or several criteria of a quantitative or qualitative nature, the selection mode can be single or multiple. If the choice is made in conditions of certainty, then the consequences of the choice can be accurately known. If the choice is made under risk conditions, then with the known probabilities of possible outcomes, one can make a forecast about the consequences of the choice with a certain degree of probability. If the choice is made under conditions of uncertainty, that is, the introduction of probability is not allowed, then the consequences of the choice may have an ambiguous outcome.

Responsibility for choice can be one – or multilateral. The degree of consistency of goals in multilateral choice can take on different meanings: from complete coincidence of interests (cooperative choice) to complete non-coincidence (choice in a conflict situation). It is this variety of options and their combinations that leads to a variety of selection tasks.

It is proposed to consider the possibility of using three tools in formal modeling (decision making): criteria-based selection, the language of binary relations and the language of choice functions.

Criteria choice – by definition, each individual alternative of those over which the action is carried out can be characterized by a specific number - the value of the criterion. The name of this criterion, as a rule, does not have fundamental significance (quality criterion, efficiency criterion, etc.), it is important that the alternatives are compared according to this criterion. Thus, if a is some alternative from the set A and for all alternatives the function F (a) can be defined, which is called a criterion, then it is quite natural to consider that the one that has the highest criterion value is considered the best (optimal) alternative

$$A\ opt = \max \{F(x)\}$$

The task of finding the optimal alternative is quite simple in formulation and, as a rule, difficult to solve, since the choice of a solution method depends on many aspects (the nature of the set A, the type of this set, the nature of the criterion, etc.) Moreover, the criterion language of choice, that is, an attempt to assess the situation with a single number is a significant simplification in the study of systems and their models. In real practice, it becomes necessary to conduct a comparative assessment according to several, qualitatively different criteria.

Actual practice shows that assessment by one criterion is, as a rule, inadequate. In this connection, it will be quite natural to assume that estimates according to several criteria will be more complete and relevant. How then to compare alternatives for choice? Of course, we can assume that out of the whole set of alternatives there is one for which the values of all the criteria will be the greatest; we will consider this alternative optimal. But what if the values of the criteria are not the greatest? How are multicriteria problems solved?

Ways to solve multicriteria problems

1. The multicriteria problem is reduced to the single-criterion by introducing supercriteria. The essence of the method is that the "weight contribution" of each criterion to the supercriteria is determined and an ordered sequence of alternatives is built. The statement of the problem is reduced to maximizing the supercriterion.

2. From the set of criteria, one, the most important, is selected; the remaining requirements act as restrictions. With this approach, the statement of the choice problem is reduced to finding the conditional extremum of the main criterion, and the restrictions on additional criteria may not be so stringent. So, for the task of forming an elite group of experts in political science, the main criterion may be the degree of professional competence of an expert, restrictions on entry into domestic and international communities, publication activity, etc.

All of the above can be described as a problem with criteria of different importance. In the framework of the same approach, it makes sense to talk about solving multicriteria problems by the method of assignment. The essence of the method is that particular criteria are sorted by non-increasing their importance, then the optimal alternative is determined by the first of the particular criteria, then the size of the “concession” is determined, that is, the amount by which we agree to reduce the value of the most important criterion in order to increase the value next criterion in importance and get the best alternative, etc.

3. The third method for solving multicriteria problems is the search for an alternative with desired properties. The essence of the method is to find an alternative that satisfies these requirements using predefined values of particular criteria. The Pareto set is a formalized method of multi-criteria selection, according to which the preference for one alternative over another is given only if the first is better than the second by all criteria. If the preference for one criterion

diverges from the preference for another, then such alternatives are recognized as incomparable. So in the process of pairwise comparison, all the worst-case alternatives by all criteria are discarded, and the remaining alternatives that are incomparable among themselves remain. To find the best alternative, particular criteria are compared, if their maximum values refer to one alternative, then the selection is complete, and the accepted alternatives form a Pareto set. If one of these incomparable alternatives is required to choose, then it is more advisable to apply additional criteria and (or) means of choice (expert estimates, lots, etc.).

The language of binary relations. The essence of the selection procedure by the method of binary relations is that the criterion by which alternatives are evaluated is not specified. For each pair of alternatives, a preference system is established, using which you can choose the preferred alternative, or formulate a statement about their equivalence or incomparability. It should be remembered that the preference relation for the pair does not depend on other alternatives. The system of preferences can be defined in a matrix way, by simple enumeration, using a directed graph.

The language of choice functions is a system for selecting alternatives in the conditions of their mutual dependence and / or in conditions of searching for unique alternatives for which the terms are "optimality criterion", "preference", etc. do not make sense due to the lack of a precedent for comparison with analogues.

Multilateral (group) choice. Voting. The problem of group choice can exist in at least two typical situations: when opinions coincide with the problem and when opinions differ, that is, in a conflict situation. If the opinions coincide, the statement of the problem has the following form: let there be n individual preferences on the set of alternatives A, the task is to work out some new relation R, which will coordinate individual choices, that is, it expresses a "general opinion". Obviously, this new attitude must somehow be connected with individual choice. This can be an arbitrary function, the main thing is that it correctly displays the features of each specific option.

The coordination of individual and general opinions is carried out according to the majority rule, which determines that the alternative with the highest number of votes is considered accepted. Advantages of this rule: simplicity. Disadvantages: the result of such a choice is not always a criterion of truth, the second disadvantage is what is not defined – the "majority" is how much? New terms appear: simple majority, overwhelming majority, absolute majority, consensus, veto, etc. The situation is unclear with an even number of participants in the choice. The main drawback is that the impossibility of choosing from a variety of alternatives implies, theoretically, a refusal to make a decision, and, therefore, from further actions. In practice, such situations are extremely rare - refusal to take further actions is usually unacceptable; to make a decision, it is necessary to develop additional procedures that reduce the number of failures:

- alternatives are maximally specified, between which consensus does not allow a choice;
- a test of the effectiveness of alternatives is collectively built and a consensus is made about it, the test, fairness and the consent of all participants in the procedure to follow the test results;
- a test is carried out and its result is used.

Group choice, as a procedure, has not only advantages and disadvantages, it is filled with paradoxes, one of which is the Arrow paradox: on a set consisting of three alternatives a1, a2, a3, three experts need to make a choice.

Alternatives are presented in pairs, it is obvious that each expert, having his own system of preferences, will build his own series: a1> a2> a3, a2> a3> a1, a3> a1> a2. Most rule does not work here because:

- in pair 1-2 a1> a2
- paired 2-3 a2> a3
- in pair 3-1 a3> a1

If we accept the additional condition that after each step of the vote the rejected alternative is replaced by a new one, then the result depends on the order in which the alternatives are presented. The problem of choice can be solved after the introduction of additional restrictions:

- the choice will be considered consistent if: the number of experts does not coincide with the number of alternatives, as a rule, the number of experts n> = 2, the number of alternatives> = 3;
- the choice should be monotonous, that is, if the group choice prefers alternative X, then this decision should not change if one of the experts who previously rejected X changed his preference in her favor;
- the alternatives should be independent in nature and not connected with each other: if changes in individual preferences have not touched on some alternatives, then in the new group ordering their order should not change
- condition of sovereignty of alternatives;
- condition for the absence of dictatorship.

So, the group selection procedure involves the use of various ranking tools, criteria-based selection, the transition to a single digital scale, the creation of coalitions.

Examples of mathematical models of political behavior. The idea of optimality as the basis of the elite formation process.

Adapting the idea of optimality to the process of forming a regional elite is of interest, both from a theoretical and practical point of view. Fundamental and applied research is needed to study the mechanisms of the processes of social structuring, in which elites have a significant advantage in building relationships between themselves and society.

Ethnopolitical elite of the region is characterized by ethnically homogeneous social communities, which are the subjects of the most important strategic decisions, possessing the necessary resource potential for this and lobbying the interests of certain groups in power structures and economic relations. Decision-making processes in elite groups, built on the principles of subjective assessment of alternatives, must be transferred to a qualitatively different level. The topic of scientific research is relevant for the region, since the formation of elite groups is a diverse process in its components. Its content and dynamism are affected by the institutionalization of power structures associated with a change in the type of political system, the formation and functioning of party structures, and the activities of the leading elite. The use of mathematical models, systems analysis methods and optimal choice theory will allow for timely understanding of the dynamics, trends and characteristics, the socio-political practice of the region, the formation and implementation of the regional elite.

The emergence in the regions of players interested in accumulating administrative, political, and material resources gave rise to a number of serious problems: the discrepancy of interests in the power-property relations, the objectively existing system of "contractual relations" in the decision-making system, professional incompetence of representatives of administrative structures, conservatism in the formation of the elite [3].

The transition from mental models of the formation of elite groups to formal models is proposed to be carried out using the methodology of multiple selection (selection, selection), taking into account the following factor:

- the share of the elite group in the totality of elements;
- the nature of the change in quality X of each element: here X is the criterion quantity characterizing the property of the element;
- elimination rule from the elite group: accidental retirement, elimination of the best or worst;
- the rule of inclusion of new elements in the elite group: in accordance with the previous standard, with a modified standard, or in case of refusal of the previous standard after the first selection;
- temporary relations between the moments of the next replenishment of the elite group.

Different combinations of these factors make it possible to build different types of models.

The "Applicant – Recommender" Model. The mechanism for the formation of an elite group in accordance with this model is that if there is a vacancy in the elite group, an element (applicant) taken at random from a general population is compared with an random element taken from the elite (recommender). If the estimated indicator of the applicant is not less than the estimated indicator of the recommender, the applicant takes a vacant place, otherwise a new pair of "applicant –reference" appears and the nature of the change in the quality of the elite group will depend on which elements, better or worse, last longer group. If the worst elements last longer, the elite will degrade, since the worst often act as recommenders. With an increase in the lifetime T (x) of an element with an increase in the value of the estimated indicator, the worst elements are eliminated first of all, since the highest quality elements fall into the recommenders, that is, the average quality of the elite group grows.

The "weeding and harvesting" model. The idea of "weeding" is to remove m worst elements from an elite group and replace them with randomly taken m elements from the main group. Obviously, when replaced, elements can get into the elite both better and worse than deleted ones, but the next step again removes the worst, etc. As a result, the elite group is progressing. It is proved that the optimal strategy of weeding, which gives the highest marginal average quality, consists in removing one element at each step. The essence of the inverse procedure, called "harvesting", is that the best elements are removed, and the opposite effect is achieved accordingly: removing the one best element at each step brings maximum harm.

Comparing the models "*applicant-recommender*" and "*weeding - harvesting*", we note that the first model, unlike the second, does not imply the activity of an elite group.

The "delegation" model. The main difference from previous models is that activity in the formation of the elite is allowed, in addition, in this procedure there is no comparison of applicants with members of the elite. Delegation order:

- N elements are randomly selected from the total set – a delegating sample;
- these elements are ordered by the value of the estimated indicator;
- The element with the maximum value is credited to the elite.

Depending on the number of vacancies, the procedure is repeated n times.

It is proved that the higher the requirements for the quality of the elite group, the greater should be the size of the delegating sample. The advantage of this model is that it protects the elite from degradation.

The "Arms Race" model. The well-known Richardson model, expressed by a system of linear equations, takes into account three components in the process of opposition of two systems:

- armament costs / armament level at time t, which each system incurs and which directly depend on the enemy armament level S1 (t), S2 (t);
- expenses for social projects, which are, to a certain extent, a limiter of the cost of weapons;
- some constant value that reflects the level of past grievances, c and d for each player, respectively; the coefficients c and d can take positive and negative values depending on the degree of friendliness of the relations of opponents at the current time.

The mathematical model has the form:

$$S1 (t + 1) = a1 * S2 (t) - a2 * S1 (t) + c$$
$$S2 (t + 1) = b1 * S1 (t) - b2 * S2 (t) + d,$$

The terms of the equations S1 (t), S2 (t) are a quantitative expression of the magnitude of the levels of arms at time t, S1 (t + 1), S2 (t + 1) at time t + 1. A quantitative expression of the size of the threat is reflected in the terms a1 S2 (t) and b2 S1 (t), because the larger these numbers, the greater the number of weapons on the opposing side. The value of the expenses is reflected in the terms a2 * S1 (t), and b2 * S2 (t), since due to these expenses the level of armaments decreases next year.

The main advantages of the Richardson model, which can be attributed to the class of dynamic models: simplicity, the ability to make a short-term forecast and stability. At the same time, the situation taken as the basis of the Richardson model can be represented in the form of an antagonistic pair game with zero sum.

Game theory, as a mathematical apparatus used to build models of real conflict situations, adapted to political processes (formation of elite groups, arms race, etc.) provides researchers with the opportunity to study the logical consequences of the observed rules and correctly determine the alleged relationships between the phenomena [4]. The game, as a mathematical model of a real conflict situation, allows you to provide a formalized description of the problem, while the model can be descriptive, constructive or normative. Descriptive models are a description of a complex system in terms and concepts of mathematical modeling, but do not give recommendations on the choice of behavior. Models of a constructive form show how to create a game, what type / type / class the game is suitable for the system under study. It is advisable to formulate strategies for optimal behavior using normative models, that is, those that determine the norm of behavior in the current situation.

The "Arms Race" model is like a zero-sum game. An interpretation of the Richardson model in terms and definitions of game theory is proposed:

A1, A2 - players in relation to whom there is a certain opposition; the existing confrontation determines the amount of financing / investment in strengthening their defense capabilities, respectively V1, V2.

Players cannot afford to invest all resources in armaments, as they have certain obligations on social projects; each player's resources are limited and increasing the share of social projects will certainly lead to lower weapon costs.

Consequently, the situation with the arms race can be represented as a pair game with zero sum, where each player has two behavioral strategies Vi (i = 1,2) - weapons costs, Si (i = 1,2) - costs for social projects ; the total cost for each player is a constant value.

According to the existing classification of the game are divided:

- by the number of players: doubles, multiple and single player game or game with nature;
- in relation to players to the outcome of the game: games with a zero amount, when the gain of one player is equal to the loss of another and games with a non-zero amount in which the gain of one player does not mean the loss of the other.

As a rule, all games of a sports type, paired and multiple, are referred to zero-sum games [5].

It is advisable to position the political systems and processes occurring in them as a multiple game with a non-zero sum, while the game can be cooperative in nature, when players create a coalition to achieve the goal and, under

certain conditions, can win ("a game without losers"). Such games include a game called the prisoner's dilemma. The idea of this model is that the participants in the game have the opportunity to implement two strategies: deceiving the enemy and cooperation. The model has a fairly wide application: with its help, you can make a description of the situation with arms control; monitoring the implementation of business contracts, mutual control of the state and farmers in relation to food prices; corporate conspiracy of manufacturers to withhold prices of goods, etc. The matrix form of the game is presented in table 1, the payoff sizes are conditional numerical values.

Table 1

Generalized matrix of the game "The prisoner's dilemma"

	Player 2 - Cheating	**Player 2 - Collaboration**
Player 1 - Cheating	d	D, c
Player 1 - Collaboration	c, D	C

Rules of the game: two players and an expert participate in the game. Each player has two cards, symbolizing the choice of strategy on one is written "Collaboration", on the other - "Cheating". Each player puts one card in front of the expert with its face down (that is, no one knows someone else's decision, although knowledge of someone else's decision does not affect the analysis of dominance). The expert opens the cards and determines the win, in accordance with the rules: if both chose to "collaborate", both receive C. if one chose "Cheating", the other "Collaboration" - the first receives D, the second - from, if both chose "Cheating" - both get d; moreover, D> C> d> c. If the choice is repeated many times, the total gain from cooperation should be greater than the total gain in a situation when one cheats and the other does not, that is, condition 2C> D + c must be fulfilled.

How does the model work? Possible choices can be described using a criteria-based approach when using the maximin criterion: choosing the best of the worst possible options. This is the dilemma of choice. The iterative nature of the game, that is, its repeated repetition, allows each side to repeatedly punish the other for deception. In situations of positional warfare, or the fulfillment of the terms of the contract / agreement, players who are unable or unwilling to cooperate have little chance of survival. This largely explains why cooperation really exists in a world where there is neither compulsion to execute contracts, nor agreements between players and where it is beneficial to deceive an opponent trying to cooperate.

The model can be adapted and used to study competitive situations in socio-political processes, for example, determining the appropriateness of using threats, breaking a deal, bluffing in negotiations, etc.

Conclusion. The complexity of modeling political processes and systems is due to two factors. The first factor is the difference in the order of building the model from a similar process for economic, technical, etc. systems. In socio-political systems, the construction of the model begins with the observation of simple phenomena, the behavior of simple systems, which are the participants in the process. Modeling complex processes and conducting political analysis based on a formal model should complement the models built in terms of natural language. The existing variety of mathematical models is not an obstacle to their use, but requires careful analysis of the data, since incorrectly made assumptions reduce the validity of the model, which depends not on the mathematical methods used, but on the relevance of the assumptions, to a minimum. Separate requirements must be presented to the order of experimental verification of models for compliance with the goal and the transfer of the obtained numerical results into natural language terms.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дж. фон Нейман, О. Моргенштерн. Теория игр и экономическое поведение. М.: Наука,1970. 123 с.

2. Мангейм Дж. Б., Рич Р.К. Политология: Методы исследования/М.: Издательство "Весь Мир", 1997. 544 с.

3. Вартумян А.А. Профессиональные элиты и политические проблемы: проявления регионалистических и сепаратистских тенденций в политике элит / Мат. межд. конгресса «Элиты и лидеры: стратегии формирования в современном университете» (19-22 апр. 2017), Астрахань, изд-во: АГУ, 2017. С. 204-205.

4. Клименко И. С. Модели и методы управления. Экономическая кибернетика: экономико-математическое моделирование./ Электронное издание сетевого распространения. М.: «КДУ», «Добросвет». URL: https://book-onlime.ru/node/4558/

5. Клименко И. С. Теория игр в системе поддержки принятия экономических решений / Междисциплинарный подход к исследованию экономики: сборник материалов III Международной научно-практической конференции / науч.ред. Г. М. Россинская; отв. ред. Н. С. Ишмухаметов. Уфа: РИЦ БашГУ, 2017. С.192-197

REFERENCES

1. Dzh. fon Neyman, O. Morgenshtern. Teoriya igr i ehkonomicheskoe povedenie. M.: Nauka,1970. 123 s.

2. Mangeym Dzh. B., Rich R.K. Politologiya: Metody issledovaniya/M.: Izdatel′stvo "Ves′ Mir", 1997. 544 s.

3. Vartumyan A. A. Professional′nye ehlity i politicheskie problemy: proyavleniya regionalisticheskikh i separatistskikh tendentsiy v politike ehlit/ Mat. mezhd. kongressa «Ehlity i lidery: strategii formirovaniya v sovremennom universitete» (19-22 apr. 2017), Astrakhan′, izd-vo: AGU, 2017. s. 204-205.

4. Klimenko I.S. Modeli i metody upravleniya. Ehkonomicheskaya kibernetika: ehkonomiko-matematicheskoe modelirovanie./ Ehlektronnoe izdanie setevogo rasprostra-neniya. M.: «KDU», «Dobrosvet». URL: https://bookonlime.ru/node/4558/

5. Klimenko I. S. Teoriya igr v sisteme podderzhki prinyatiya ehkonomicheskikh resheniy/ Mezhdistsiplinarnyy podkhod k issledovaniyu ehkonomiki: sbornik materialov III Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii / nauch.red. G. M. Ros-sinskaya; otv. red. N. S. Ishmukhametov. Ufa: RITS BashGU, 2017. S.192-197.

ОБ АВТОРАХ

Шебзухова Татьяна Александровна, доктор исторических наук, профессор**,** директор Института сервиса, туризма и дизайна (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет» в г.Пятигорске
Shebzukhova Tatyana Alexandrovna, Doctor of Historical Sciences, Professor, Director of Institute of Service, Tourism and Design (branch) of Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "North-Caucasus Federal University" in Pyatigorsk

Вартумян Арушан Арушанович, д.полит.наук, профессор, заместитель директора по научной работе и инновационной деятельности Института сервиса, туризма и дизайна (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет» в г.Пятигорске
Vartumyan Arushan Arushanovich, Doctor of Political Science, Professor, Vice Director for Research and Innovation of Institute of Service, Tourism and Design (branch) of Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "North-Caucasus Federal University" in Pyatigorsk

Клименко Ирина Сергеевна, доктор технических наук, академик Международной академии информатизации, член-корреспондент Академии акмеологии РАО, начальник отдела организации проектно-грантовой деятельности Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет» в г.Пятигорске
Klimenko Irina Sergeevna, Doctor of Technical Sciences, academician of the International Academy of Informatization, corresponding member of the Academy of Acmeology of the Russian Academy of Education, Head of the Organization of Project and Grant Activities of Institute of Service, Tourism and Design (branch) of Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "North-Caucasus Federal University" in Pyatigorsk

Дата поступления в редакцию: 03.05.2019 г.
После рецензирования: 04.06.2019 г.
Дата принятия к публикации: 25.06.2019 г.

И. М. Вильгоненко [I. M. Vilgonenko]
Н. Ю. Белокопытова [N. Yu. Belokopytova]
И. В. Косенко [I. V. Kosenko]

УДК 340
DOI 10.33236/2307-910X-2019-2-26-292-296

ПОЛИТИКА ПРИМЕНЕНИЯ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА В СФЕРЕ ОКАЗАНИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ НЕСОВЕРШЕННОЛЕТНИМ

POLICY OF APPLICATION OF THE LEGISLATION IN THE SPHERE OF RENDERING MEDICAL CARE FOR MINOR

Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) СКФУ в г. Пятигорске
Ставропольский край, г. Пятигорск, Россия

Аннотация. *Современное развитие медицины и новых технологий диктуют необходимость реформирования законодательства, регулирующего защиту медицинских прав как несовершеннолетних, так и их родителей (опекунов, попечителей, законных представителей).*

Материалы и метод, результаты и обсуждения. *В данной статье рассмотрена актуальная тема оказания помощи несовершеннолетним и сохранения их здоровья. Оказание медицинской помощи несовершеннолетним является видом договорных услуг и регулируется соответствующими нормативными актами. При этом для получения медицинской услуги необходимо информированное согласие пациента. Это касается не только проведения сложных медицинских манипуляций, но и проведение медицинского осмотра, профилактических прививок и др. Основная коллизия правовых норм в этом вопросе касается возрастного ценза пациентов. Это в ряде случаев приводит к задержке оказания необходимой помощи, а также может послужить поводом для конфликтов между родителями (опекунами) и медицинскими учреждениями (врачами) вплоть до судебных разбирательств. Целесообразно поднятый вопрос рассмотреть на законодательном уровне с внесением соответствующих поправок в действующее законодательство для исключения двойного толкования. Это поможет защитить права несовершеннолетних в сфере охраны их жизни и здоровья.*

Разработка соответствующих норм с каждым днём всё больше становится необходимостью для устранения пробела в российском законодательстве. Однако приоритетной задачей для создания этих норм должна быть их направленность на разрешение ситуаций, с которыми часто сталкиваются медицинские организации при оказании медицинских услуг несовершеннолетним пациентам, которым, согласно Федеральному закону «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации», дано право на самостоятельное и добровольное согласие либо отказ от медицинского вмешательства. Жизнь и здоровье человека и гражданина, а в особенности ребёнка, признаётся в нашем государстве высшей ценностью, именно поэтому соответствующий вопрос требует дальнейшего рассмотрения в вышестоящих органах власти.

Ключевые слова: несовершеннолетние, родители, опекуны, медицина, медицинские услуги.

Abstract. *Modern development of medicine and new technologies dictate the need to reform the legislation regulating the protection of medical rights of both minors and their parents (guardians, Trustees, legal representatives).*

Materials and method, results and discussions. *This article deals with the actual topic of assisting minors and preserving their health. The provision of medical care to minors is a type of contractual services and is governed by relevant regulations. At the same time, to obtain a medical service, patient informed consent is required. This applies not only to conduct complex medical procedures, but also to conduct medical examinations, preventive vaccinations, etc.. The main conflict of laws in this matter concerns the age requirement of patients. This in some cases leads to a delay in the provision of necessary assistance, and may also give rise to conflicts between parents (guardians) and medical institutions (doctors) up to court proceedings. It is advisable to consider the issue raised at the legislative level with the introduction of appropriate amendments to the current legislation to avoid double interpretation. This will help protect the rights of minors in protecting their lives and health.*

The development of relevant norms is becoming more and more necessary every day to eliminate the gap in the Russian legislation. However, the priority task for the creation of these standards should be their focus on resolving the situations that medical organizations often face when providing medical services to minor patients who, according to the Federal law "on the basis of public health in the Russian Federation", are given the right to independent and voluntary consent or refusal of medical intervention. The life and health of a person and a citizen, and especially a child, is recognized in our state as the highest value, which is why the relevant issue requires further consideration by the higher authorities.

Key words: minors, parents, guardians, medicine, medical services.

Введение. Современное развитие медицины и новых технологий диктуют необходимость реформирования законодательства, регулирующего защиту медицинских прав как несовершеннолетних, так и их родителей (опекунов, попечителей, законных представителей). Эти перемены можно хорошо заметить, главным образом, в положении человека в обществе и государстве в целом, что предположило собой соответствующее совершенствование механизма реализации его неотъемлемых прав. Много новшеств, внесённых в российское законодательство, было связано с реализацией прав и законных интересов несовершеннолетних, в том числе и в сфере охраны их жизни и здоровья.

Материалы и методы, результаты и обсуждения. Актуальность данной темы находит своё отражение в необходимости совершенствования правового регулирования отношений в сфере оказания медицинских услуг несовершеннолетним, достигшим возраста пятнадцати лет, при их ограниченной дееспособности в силу гражданского законодательства. Данный вопрос имеет важное социально-правовое значение и находится в центре внимания государства и общества.

Любое современное демократическое государство признаёт наивысшей ценностью приоритет прав человека на жизнь и здоровье, закреплённых в международных нормативно-правовых актах, таких как Всеобщая декларация прав человека (1948 г.). Конвенция о правах ребенка (принята Генеральной Ассамблеей ООН 20 октября 1989 г.), гласит, что «право на жизнь - неотъемлемое право каждого ребенка, это базовое, отправное правомочие личности, лежащее в основе соблюдения всех прочих прав и свобод» [1]. Однако необходимо отметить то, что право на жизнь неотъемлемо связано с правом человека на здоровье, так как оно является непосредственным выражением самого права на жизнь и, как следствие, вытекает из него.

Закрепляя за собой это право, Конвенция предоставляет ребёнку широкий круг возможностей по осуществлению своего неотъемлемого права, в том числе и возможность пользоваться современными услугами здравоохранения, новейшими средствами лечения и т.д. В ст. 20 Конституции Российской Федерации закреплено право каждого на жизнь, а ст. 41 определяет право каждого гражданина на охрану здоровья и медицинскую помощь [2]. Однако Основной Закон государства не может в полной мере регулировать все аспекты данных комплексных отношений, и в этом к нему на помощь приходят соответствующие нормативно-правовые акты, раскрывающие конкретное содержание данных правовых норм и механизмы их регулирования. Но, к сожалению, механизм нормативно-правового регулирования обеспечения и реализации прав несовершеннолетних в области охраны здоровья всё равно не реализуется в должной мере, а иногда и вовсе отсутствует.

Российская Федерация, ратифицировав у себя положения Конвенции о правах ребёнка, взяла на себя ответственность признать права ребёнка «на пользование наиболее совершенными услугами системы здравоохранения и средствами лечения болезней и восстановления здоровья» [1]. Тем не менее, исполнение соответствующих положений Конвенции всё равно сталкивается со значительными трудностями при их реализации. Это связано с тем, что в нашем законодательстве практически отсутствует единый подход к вопросам реализации прав несовершеннолетнего при оказании ему медицинских услуг на договорном основании.

Как известно, в основе оказания медицинских услуг лежит заключение договора, что, непосредственно, относит регулирование данной сферы к гражданскому праву, отдавая ему ведущую роль. Однако, проводя соответствующие исследования в данной сфере, можно сказать о том, что правовые механизмы осуществления и защиты прав несовершеннолетних, которые регулируют договорные отношения в сфере здравоохранения, являются недостаточно эффективными для их корректной реализации.

Вплоть до достижения детьми восемнадцатилетнего возраста полную ответственность за их воспитание, развитие, а также заботу о состоянии их здоровья несут родители [6]. Они являются законными представителями своих детей и осуществляют защиту их прав и интересов перед другими лицами. Эти положения закреплены в статьях 63 и 64 Семейного Кодекса Российской Федерации (далее по тексту СК РФ) [3].

Пункт 1 статьи 26 Гражданского Кодекса Российской Федерации (далее по тексту ГК РФ) говорит о том, что «несовершеннолетние в возрасте от четырнадцати до восемнадцати лет совершают сделки, за исключением названных в пункте 2 настоящей статьи, с письменного согласия своих законных представителей - родителей, усыновителей или попечителя» [4]. Пункт 2 приводит в качестве исключения возможность несовершеннолетнего самостоятельно совершать мелкие бытовые сделки, распоряжаться своей стипендией и иным заработком, и так далее.

Согласие на медицинское вмешательство можно отнести к разновидности гражданско-правового акта, а именно к договору о возмездном оказании услуг, так как стороны подписывают соглашение о том, что одна

сторона выполняет требуемую услугу, а именно оказывает медицинскую помощь, а другая сторона предоставляет своё согласие на совершении в отношении её оговоренных действий и обязуется оплатить соответствующие услуги.

В соответствии со всем вышесказанным, можно прийти к выводу о том, что дать согласие на медицинское вмешательство в отношении несовершеннолетнего могут только его родители или иные законные представители. Это вытекает из того, что оказание соответствующих медицинских услуг требует наличия договора, порядок заключения которого регулируется гражданским законодательством. А в законе указано, что любой договор в отношении несовершеннолетнего может быть заключён только с согласия его родителей, усыновителей, опекунов или попечителей. Соответственно, если исходить из норм гражданского законодательства, то можно сделать вывод, что только родители вправе давать согласие на медицинское вмешательство в отношении несовершеннолетнего, даже если тот считается частично дееспособным, то есть в возрасте от четырнадцати до восемнадцати лет.

В ст. 12 Конвенции о правах ребёнка говорится о том, что «любой несовершеннолетний имеет право на получение необходимой информации о состоянии здоровья в доступной для него форме» [1]. Также Конвенция закрепляет положение о том, что не только родители или его законные представители, но и сам несовершеннолетний может принимать активное участие в решении тех вопросов, которые непосредственно связаны с охраной его здоровья. Из вышесказанного следует то, что сам несовершеннолетний имеет полное право на получение достоверной информации о своём здоровье, однако он по-прежнему ограничен в принятии самостоятельных решений в отношении охраны своего здоровья. Об этом свидетельствуют положения вышеупомянутой конвенции, которые указывают на то, что при принятии решений мнение несовершеннолетнего ребёнка, не достигшего возраста четырнадцати лет, по возможности должно учитываться с учётом его состояния, зрелости и развития. После достижения четырнадцати лет согласие на медицинское вмешательство оформляется непосредственно подписью самого несовершеннолетнего и его законного представителя.

В ст. 54 Федерального закона от 21.11.2011 № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» говорится, о том, что «несовершеннолетние в возрасте старше пятнадцати лет или больные наркоманией несовершеннолетние в возрасте старше шестнадцати лет имеют право на информированное добровольное согласие на медицинское вмешательство или на отказ от него в соответствии с настоящим Федеральным законом» [5]. Исходя из данного положения Федерального закона, можно сделать вывод о том, что в нём отражены положения, по общему правилу закрепляющие за несовершеннолетними, достигшими возраста пятнадцати лет, право давать согласие на медицинское вмешательство без согласования его с родителями или иными законными представителями. Однако стоит отметить то, что в таком случае данное положение вступает в противоречие с нормами, закреплёнными в Гражданском кодексе, о которых уже говорилось ранее. Нормы гражданского законодательства не позволяют несовершеннолетним в возрасте от четырнадцати до восемнадцати лет без согласия родителей заключать соответствующие договоры, в том числе и договоры по оказанию медицинских услуг. В то время, как Федеральный закон № 323 «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» наделяет несовершеннолетних, достигших пятнадцати лет, таким правом.

В связи с этим возникает множество проблем, связанных непосредственно с реализацией права несовершеннолетних на своевременное оказание им необходимой медицинской помощи. Нередко возникают ситуации, в которых родители ребёнка отказывают в оказании ему медицинской помощи из-за своих религиозных убеждений, в то время как сам несовершеннолетний пациент в данной помощи действительно нуждается, и неоказание её вовремя может привести к ухудшению состояния его здоровья или вовсе к летальному исходу. Однако в таких случаях врачи обладают приоритетным правом подачи соответствующего искового заявления, которое направляется в суд и рассматривается в течение пяти дней со дня его подачи (в экстренных случаях – непосредственно в день подачи искового заявления). На основании заключения врачей-экспертов о состоянии здоровья несовершеннолетнего пациента и вытекающей из этого необходимости оказания ему медицинской помощи, суд принимает решение о возможности оказания данных услуг без получения согласия родителей. В случае, если ситуация является экстренной и оказание помощи необходимо провести в кратчайшие сроки, судья в резолютивной части указывает на исполнение решения в этот же день.

Тем не менее, даже при наличии такого механизма защиты прав несовершеннолетнего в данной сфере, судебная практика в связи с такими исковыми заявлениями практически отсутствует. Во многих случаях это объясняется индивидуальными особенностями человеческого организма, его реакцией на определённые стандарты

лечения, а также внутренними убеждениями родителей, иных законных представителей или даже самих несовершеннолетних.

Также трудности обнаруживаются в отношении тех вопросов, которые возникают в случаях, когда несовершеннолетний пациент, уже достигший возраста пятнадцати лет, находится в стабильном состоянии, но оказание ему медицинской помощи всё равно необходимо, однако родители не дают своего согласия на соответствующее вмешательство со стороны медицинской организации.

Для разрешения подобных вопросов нами предлагается следующий порядок их урегулирования без необходимости подачи искового заявления в суд. В случаях, когда медицинское обследование несовершеннолетнего было проведено по инициативе родителей, и в результате такого исследования было выявлено наличие заболевания, угрожающего жизни и здоровью несовершеннолетнего пациента, но родители или иные законные представители отказались от оказания ему необходимой медицинской помощи, может быть собрана коллегия квалифицированных врачей по данному вопросу о необходимости применения данной помощи. Если коллегия врачей придёт к выводу, что оказание медицинских услуг необходимо для сохранения жизни и здоровья несовершеннолетнего, их решение, основанное на проведённых исследованиях, может служить основанием для применения медицинской помощи без получения согласия родителей, опекунов или попечителей.

В таких случаях также может быть поставлен вопрос о дальнейшем привлечении родителей к ответственности в связи с неисполнением ими родительских обязанностей, предусмотренных Семейным кодексом и Конституцией Российской Федерации. Привлечение к данному вопросу также органов опеки и попечительства может повлечь за собой решение вопроса о лишении таких родителей или иных законных представителей родительских прав или права опеки над несовершеннолетним, которому с их стороны было отказано в получении необходимой медицинской помощи, если это являлось угрозой для его жизни и здоровья.

Заключение. Разработка соответствующих норм с каждым днём всё больше становится необходимостью для устранения пробела в российском законодательстве. Однако приоритетной задачей для создания этих норм должна быть их направленность на разрешение ситуаций, с которыми часто сталкиваются медицинские организации при оказании медицинских услуг несовершеннолетним пациентам, которым, согласно Федеральному закону «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации», дано право на самостоятельное и добровольное согласие либо отказ от медицинского вмешательства. Жизнь и здоровье человека и гражданина, а в особенности ребёнка, признаётся в нашем государстве высшей ценностью, именно поэтому соответствующий вопрос требует дальнейшего рассмотрения в вышестоящих органах власти.

ЛИТЕРАТУРА

1. Конвенция о правах ребенка (одобрена Генеральной Ассамблеей ООН 20.11.1989) // Конвенция о правах ребенка: одобрена Генеральной Ассамблеей ООН 20.11.1989 (вступила в силу для СССР 15.09.1990) // Сборник международных договоров СССР. М., 1993. Выпуск XLVI. С. 986-992.

2. Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12.12.1993) (с учетом поправок, внесенных Законами РФ о поправках к Конституции РФ от 30.12.2008 № 6-ФКЗ, от 30.12.2008 № 7-ФКЗ, от 05.02.2014 № 2-ФКЗ, от 21.07.2014 № 11-ФКЗ) // Собрание законодательства РФ, 04.08.2014, № 31, ст. 4398.

3. Семейный кодекс Российской Федерации от 29.12.1995 N 223-ФЗ (ред. от 14.11.2017) // Собрание законодательства РФ, 01.01.1996, № 1, ст. 16.

4. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть первая) от 30.11.1994 № 51-ФЗ (ред. от 29.07.2017) (с изм. и доп., вступ. в силу с 06.08.2017) // Собрание законодательства РФ, 05.12.1994, № 32, ст. 3301.

5. Федеральный закон от 21.11.2011 № 323-ФЗ (ред. от 29.07.2017) «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» // Собрание законодательства РФ, 28.11.2011, № 48, ст. 6724.

6. Вильгоненко И. М., Степанова Л. П., Титенко Ю. А. Специфика субъектного состава обязательства из причинения вреда здоровью. // Юридический вестник ДГУ. № 4/2016. С. 114-117.

REFERENCES

1. Konventsiya o pravakh rebenka (odobrena General′noy Assambleey OON 20.11.1989) // Konventsiya o pravakh rebenka: odobrena General′noy Assambleey OON 20.11.1989 (vstupila v silu dlya SSSR 15.09.1990) // Sbornik mezhdunarodnykh dogovorov SSSR. M., 1993. Vypusk XLVI. S. 986-992.

2. Konstitutsiya Rossiyskoy Federatsii (prinyata vsenarodnym golosovaniem 12.12.1993) (s uchetom popravok, vnesennykh Zakonami RF o popravkakh k Konstitutsii RF ot 30.12.2008 № 6-FKZ, ot 30.12.2008 № 7-FKZ, ot 05.02.2014 № 2-FKZ, ot 21.07.2014 № 11-FKZ) // Sobranie zakonodatel′stva RF, 04.08.2014, № 31, st. 4398.

3. Semeynyy kodeks Rossiyskoy Federatsii ot 29.12.1995 N 223-FZ (red. ot 14.11.2017) // Sobranie zakonodatel′stva RF, 01.01.1996, № 1, st. 16.

4. Grazhdanskiy kodeks Rossiyskoy Federatsii (chast′ pervaya) ot 30.11.1994 № 51-FZ (red. ot 29.07.2017) (s izm. i dop., vstup. v silu s 06.08.2017) // Sobranie zakonodatel′stva RF, 05.12.1994, № 32, st. 3301.

5. Federal′nyy zakon ot 21.11.2011 № 323-FZ (red. ot 29.07.2017) «Ob osnovakh okhrany zdorov′ya grazhdan v Rossiyskoy Federatsii» // Sobranie zakonodatel′stva RF, 28.11.2011, № 48, st. 6724.

6. Vil′gonenko I. M., Stepanova L. P., Titenko Yu. A. Spetsifika sub″ektnogo sostava obyazatel′stva iz prichineniya vreda zdorov′yu. // Yuridicheskiy vestnik DGU. № 4/2016. S. 114-117.

ОБ АВТОРАХ

Вильгоненко Ирина Михайловна, доцент кафедры гражданского права и процесса, кандидат юридических наук, Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) СКФУ в г. Пятигорске; e-mail: Vil-irina-m@yandex.ru

Vilgonenko Irina Mikhaylovna, Associate Professor of Civil law and procedure, candidate of law, Institute of service, tourism and design (branch) of NCFU in Pyatigorsk; e-mail: Vil-irina-m@yandex.ru

Белокопытова Наталья Юрьевна, старший преподаватель кафедры гражданского права и процесса, Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) СКФУ в г. Пятигорске; e-mail: slep.80@mail.ru

Belokopytova Natalia Yuryevna, Senior lecturer of the Department of Civil law and procedure, Institute of service, tourism and design (branch) of NCFU in Pyatigorsk; e-mail: slep.80@mail.ru

Косенко Ирина Владимировна, бакалавр 4 курса, Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) СКФУ в г. Пятигорске; e-mail: irenekos18@gmail.com

Kosenko Irina Vladimirovna, 4-year bachelor, Institute of Servicetourism and design (branch) of NCFU in Pyatigorsk; e-mail: irenekos18@gmail.com

Дата поступления в редакци: 08.04.2019 г.
После рецензирования: 20.05.2019 г.
Дата принятия к публикации: 5.06.2019 г.

ДИСКУССИОННЫЕ СТАТЬИ

Е. Э. Горохов-Мирошников [E. E. Gorokhov-Miroshnikov] [1]
Г. В. Слюсарев [G. V. Slyusarev] [2]

УДК 677.016.41
DOI 10.33236/2307-910X-2019-2-26-297-308

ТЕХНОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГИЕЙ РАЗРЯДА ДЕФИБРИЛЛЯТОРА

CONTROL TECHNOLOGY ENERGY DISCHARGE OF A DEFIBRILLATOR

[1] СКБ полупроводниковых приборов, г. Ставрополь, Россия
[2] Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия

Аннотация. *Предложена инновационная технология,обеспечивающая стабилизацию клинически значимых параметров импульса для целей дефибрилляции и кардиоверсии. Обоснована возможность практического использования клинически перспективной восходящей формы импульса.*

Материалы и методы, результаты. *Рассмотрена технология управления энергией разряда при формировании импульса дефибрилляции с использованием переключаемого ёмкостного накопителя энергии. Технология позволяет минимизировать накопленную энергию и сформировать импульс требуемой формы с возможностью динамической корректировки скорости разряда в любой момент времени, для чего многократно переключают конденсаторы накопителя энергии в ходе разряда из параллельного соединения в последовательное соединение и наоборот. Результат – повышение эффективности и безопасности дефибрилляции.*

Заключение. *Достигнуто существенное снижение потребности в накопленной энергии для дефибрилляции, а так же возможность динамической стабилизации клинически значимых параметров импульса в ходе воздействия на пациента.Внедрение предлагаемой технологии может существенно снизить зависимость медицинских учреждений от производителей импортной техники.*

Ключевые слова: дефибрилляция, кардиоверсия, эффективность и безопасность дефибрилляции, управление энергией разряда емкостного накопителя, формирование импульса для дефибрилляции, высоковольтный модуль для дефибрилляции, форма импульса для дефибрилляции.

Abstract. *An innovative technology is proposed to stabilize the clinically significant impulse parameters for defibrillation and cardioversion purposes. The possibility of practical use of a clinically promising ascending ramp biphasic waveform has been substantiated.*

Materials and methods, results. *The technology of control of the discharge energy during the formation of a defibrillation pulse using a switched capacitive energy storage is considered. The technology allows minimizing the accumulated energy and forming a pulse of the required shape with the possibility of dynamically adjusting the discharge rate at any time. Why repeatedly switch the capacitors of the energy storage device during the discharge from a parallel connection to a serial connection and vice versa. The result is improved efficacy and safety defibrillation.*

Conclusion. *A significant reduction in the need for stored energy for defibrillation has been achieved, as well as the possibility of dynamically stabilizing clinically significant impulse parameters during exposure to a patient. The introduction of the proposed technology can significantly reduce the dependence of medical institutions on manufacturers of imported equipment.*

Key words: defibrillation, cardioversion, efficacy and safety of defibrillation, control of the discharge energy of a capacitive drive, formation of a pulse for defibrillation, a high-voltage module for defibrillation, a form of pulse for defibrillation.

Введение. Множество человеческих жизней прерывается от внезапных фибрилляций желудочков сердца или предсердий, вызывающих остановку кровообращения. В большинстве случаев восстановить синусовый ритм сердца можно только с помощью дефибриллятора. Технология управления разрядом дефибриллятора приформировании импульса является важным звеном в цепочке мероприятий, определяющих успех дефибрилляциии кардиоверсии. Во второй половине прошлого века в СССР был осуществлён прорыв в реаниматологии за счёт создания технологии дефибрилляции бифазным ассиметричным квазисинусоидальным импульсом, известным как импульс Гурвича-Венина. За выдающиеся клинические достижения коллектив разработчиков в 1970

году был удостоен Государственной премии СССРв области техники за предложение, разработку и внедрение в медицинскую практику электроимпульсной терапии сердечных аритмий. Тщательно выверенная форма импульса была внесена в отраслевой стандарт Министерства медицинской промышленности СССР (см. ОСТ64-1-116-74. Дефибрилляторы. Общие технические условия). Дефибрилляторы с импульсом Гурвича-Венинапроизводились не только в СССР, но и в других странах СЭВ. Такие дефибрилляторы прекращали фибрилляцию желудочков сердца наименьшими значениями тока, что позволяло снизить негативные последствия для пациента. Обеспечивалась близкая к 100% эффективность дефибрилляции с отдаваемой энергией не более 200 Джсогласно данным публикации [1].

Только спустя десятилетия, созданная в СССР бифазная технология, начала внедряться по всему миру, порой в искажённом виде. При этом стала доминировать тенденциянижения массы дефибрилляторов, для чего конструкторы были вынуждены пойти на компромисс между клинической эффективностью и массой дефибриллятора. Для этого применилидовольно простой способ формирования импульса. Из естественного разряда конденсатора был получен бифазный трапецеидальный импульс со спадающей амплитудой. Недостаток такого решения очевиден – зависимость формы и амплитуды импульса от параметров пациента. Но и при таких компромиссах современные трансторакальные дефибрилляторы являются достаточно тяжёлымии громоздкими устройствами.

Несмотря на рост производителей дефибрилляторов по всему миру, вот уже много лет отсутствуют прорывы в инженерных технологиях управления разрядом с целью формированияклинически оптимальной формы дефибриллирующих импульсов.Сложился своеобразный консенсус в том, что,с одной стороны, современные бифазные дефибрилляторы могут быть эффективны, ***но далеко не во всехклинических ситуациях***. С другой стороны, несложно добиться соответствия таких дефибрилляторов современным стандартам, в которых отсутствуют требования к форме импульса для дефибрилляции.

Объёмы производства и прибыли предприятий-изготовителей дефибрилляторовс каждым годом растут. Они самостоятельно создают инженерныерешения для дефибрилляторов.При этом вопросы оптимизации конкретных видов медицинской техники предприятия-изготовители решают исходя из оценки экономической целесообразности, порой в ущерб интересам пациентов.

Способыуправления разрядом дефибриллятора для обеспечения эффективности и безопасности дефибрилляции и методики определения заявленных параметров импульсного воздействия прииспытаниях дефибрилляторов, с учётом возможного многообразия клинических ситуаций, как правило,не проходят метрологическую экспертизу.

В настоящее время в Российскую Федерацию дефибрилляторымассово ввозятся из США, Германии и других стран. При этом, даже лучшие импортируемые модели дефибрилляторов обеспечивают условное сохранение формы импульса для дефибрилляции при изменении трансторакального сопротивления пациента.

Методы и материалы. Требования международных стандартов, рекомендацииирезультаты клинических исследованийпо эффективности дефибрилляторов. Дефибрилляторы являются спасательными реанимационными устройствами, не выявленные особенности которых могут привести к смерти пациента во время проведения реанимации. В случае успешной дефибрилляции возможны низкие показатели последующей выживаемости пациентов или повреждения сердца, требующие длительного и дорогостоящего лечения.

Инженерным подходомповышения эффективности дефибрилляции является совершенствование технологии управления разрядом при формированиипараметров импульса, направленной на устранение фибрилляции и восстановление синусового ритма сердца при меньшей энергии разряда, без снижения сократительной функции и электрической стабильности миокарда [1-4]. В современных дефибрилляторах импульс для дефибрилляции формируется исходя из предварительно накопленной энергии на конденсаторе (конденсаторах), при этом технология управления разрядом должна реализовать механизм по поддержанию формы импульса с длительностью, соответствующей оптимальному времени воздействия на сердце.

Впринятом недавностандарте [5] данные попредпочтительной форме импульсаотсутствуют.В стандартеуказано, что эффективность разных форм импульса различна; отмечена большая эффективность дефибрилляциис бифазными импульсами по сравнению с монофазными. Однако, не все бифазные формы импульса превосходят по эффективности однофазные. В публикации [3] подтверждено,что для достиженияположительного эффекта бифазной дефибрилляции амплитуда второй фазы должна составлять 50-60% от амплитуды первой фазы.

На это соотношение не должно влиять изменение трансторакального сопротивления пациента. Выбранная оператором энергии должна задаваться в Джоулях на сопротивлении нагрузки 50 Ом. Максимальное значение выбранной энергии не должно превышать 360 Дж. Отдаваемая энергия при других сопротивлениях нагрузки: 25, 75, 100, 125. 150, 175 Ом может отличаться от выбранного значения, но значение её должно быть нормировано для каждого из значений сопротивления нагрузки. Значения отдаваемой энергии на других сопротивлениях, входящих в интервал от 25 до 175 Ом, а также вид кривой изменения энергии при изменении сопротивления нагрузки не нормируются.

Многочисленные исследования показали, что наносимые повреждения пациенту в процессе дефибрилляциизависят от формы импульсов и их энергии.Наибольший вред пациенту наносят импульсы с энергиями более 200 Дж [9].

В руководствах Американской кардиологической ассоциации по сердечно-лёгочной реанимации и неотложной сердечно-сосудистой помощи (См. часть 6. Электрическая терапия: автоматические внешние дефибрилляторы, дефибрилляция, кардиоверсия и стимуляция) отмечается,что при дефибрилляции нормируется энергия импульса, а действующими параметрамиявляются ток и длительность его воздействия.Используемые методики дефибрилляции должны не просто достигать ожидаемого эффекта, но и обеспечивать выживаемость пациентов после ее проведения. Пиковые амплитуды тока, его среднеезначение, длительность фаз импульса и соотношение токов по фазам должны рассматриваться как основные параметры, определяющие эффективность дефибрилляции. Максимальноезначение тока для дефибрилляции, по видимому 30-40 А, устанавливается без привязки к сопротивлению пациента. В то же время, клиническое значение формы импульса остаётся неопределенным (уровни доказательства класс IIb, LOE C).

В стандарте [5]указано, что сопротивление пациента меняется, а высокие выходные токи могут вызвать необратимые изменения миокарда, то их случайное использование должно быть предотвращено. Предельный уровень тока стандартом не установлен. Тем не менее, требования однозначно обязывают производителей дефибрилляторов использовать технологии ограничения тока на уровне, указанном в документации на конкретную модель дефибриллятора. При этом испытаниями должно быть подтверждено, что при увеличении оператором выбранной энергии, поставляемая пациенту энергия должна так же увеличиваться.

Ограничение тока возможно без динамической корректировки формы импульса в ходе разряда, когда сопротивление пациента прогнозируется до момента начала заряда накопителя энергии. На основании полученного прогноза накопитель энергии заряжается до соответствующего заданной энергии напряжения. Ограничение тока возможноза счёт динамической корректировки формы импульса в ходе разряда при контроле тока в цепи пациента.

Предпочтительными являются технологии с динамической корректировкой формы импульса в ходе разряда при неизменной (оптимальной) длительности дефибриллирующего импульса, так как колебания сопротивления в цепи пациента превышают 20%, а данные до разрядного прогноза могут потерять актуальность, например, вследствие дыхания пациента, сдвига электродов или изменения усилия их прижима к груди пациента и прочих факторов.

Бифазная технология использует меньше энергии, чем монофазная и позволяет достичь большей эффективности дефибрилляции.Наибольшая доля успешных применений дефибрилляторов, согласно многочисленным исследованиям, приходится на длительность первой фазы около 5 мс для импульсов традиционных форм. Среднее значение сопротивления взрослого пациента 70-80 Ом, а возможный интервал сопротивленияот 16 до 200 Ом. Индивидуальные особенности пациента, нелинейное изменениеего сопротивления при разряде представляют проблемы для оптимизации дефибриллирующего импульса в современных компактных дефибрилляторах.Проблема оптимизации импульса осложняется тем, что каждый случай дефибрилляции имеет свой набор особенностей, связанных с динамикой изменения индивидуального состояния пациента,которое повторновоспроизвестиневозможно.В связи с этим, предпочтительным методом определения эффективности импульсов являются результаты клинических исследований повлиянию формы импульса на порог дефибрилляции и уровень повреждений наносимых пациенту.

Эффективность импульса для дефибрилляции можно обеспечить за счёт функции динамического регулирования его формы.При этом параметры, связанные с током в цепи пациента,должны контролироваться в ходе разряда с возможностью динамической корректировки формы импульса. В современных дефибрилляторах, име-

ющих максимальное напряжение ёмкостногонакопителя энергии около 2 кВ, используется технология увеличения длительности импульса сверх оптимального значения.Такой подход,направленныйна достижение уровня поглощаемой организмом пациента энергии до заданных в документации значений,не даёт желаемой эффективности импульса, хотя формальная сторона дела соблюдена. Приемлемый для дефибрилляции ток для «высокоомных» пациентов можно обеспечить только более высоким напряжением заряда накопителя энергии.

Увеличение напряжения накопителя энергии для получения большей эффективности дефибриллятора приводит к резкому скачку его себестоимости, что не выгодно производителям.На международном рынке дефибрилляторов присутствуетмножество моделей с различными формами двухфазных сигналов для дефибрилляции и различными энергиями импульса.В рекламных материалах на дефибрилляторы, как правило, подробно раскрываются лишь дополнительные функции, например, отражающие коммуникационные возможности и возможности контроля физиологических параметров пациента, но недостаточно представлена информация о параметрах импульса для дефибрилляции, а такжео технологии, обеспечивающей заявленные параметры управления разрядом.

Появление бифазной дефибрилляции вовлекло в рынок огромное число производителей медицинской техники, так как её преимущество по отношению кмонофазной дефибрилляции было официально признано. Коммуникационные возможности дефибрилляторов непрерывно совершенствуются, появляются модели, предусматривающие взаимодействие с оператором посредством голосовых сообщений, стало обязательным наличие функции автоматического распознавания ритмов сердца. Немаловажным является выполнение требований по минимизации массы и габаритов для современных моделей дефибрилляторов.

Опираясь на свои маркетинговые возможности и каналы сбыта, крупные производители дефибрилляторов, как правило, уделяют внимание лишь вспомогательным функциям дефибрилляторов, на которые и обращают внимание потенциальные покупатели.В то же время, форма, длительность импульса, максимальная амплитуда тока и его среднее значение для пациентов с высоким сопротивлением оказывают существенное влияние на результат дефибрилляции и уровень наносимых электрическими воздействиями пациенту повреждений. Анализ на биохимические маркеры разрушения клеток миокарда подтверждает наличие повреждений клеток сердца после разряда дефибриллятора с энергией более 150 Дж для импульсов традиционных форм [3, 4, 7]. Клинически подтверждено, что пациенты, которые получили более высокоэнергетический разряд от дефибриллятора,имеют более длительный период восстановления сократительной функции сердца и живут меньше, чем пациенты, получившие меньшую энергию разряда [9, 10]. К сожалению, слабые дефибриллирующие разряды с традиционными формами импульса не всегда обеспечивают эффект дефибрилляции, а если и обеспечивают, то у пациента может возникнуть потребность в повторнойдефибрилляции [9].

Анализ современных исследований в области эффективности импульсов для дефибрилляции и рекомендаций показывает, что результаты проведённых в СССРисследований и предложенные принципы дефибрилляции по-прежнему остаются весьма актуальными [11].

По результатам многолетних исследований [1-4, 6-10]можно сделать вывод, что для пациентов желательно обеспечить эффективнуюдефибрилляцию с энергией импульса до 200 Дж. При этом максимальное напряжение в цепи пациента с высоким значением трансторакального сопротивления должно быть не менее 2500 В.

Результаты. Текущее состояние технологии управления энергией разряда емкостного накопителя энергии. Основными техническими недостатками современных трансторакальных дефибрилляторов является то, что емкостной накопитель энергии дефибриллятора имеет существенные размеры, а на его заряд уходит много времени и расходуется значительная энергия батареи питания. Одновременно существует потребность улучшения формы импульса в пределах оптимальной для дефибрилляции длительности, для чего потребуется дополнительная накопленная энергия. Клинически значимые параметры импульсов дефибрилляции до настоящего времени были результатами компромисса между эффективностью дефибриллятора и массой, величиной потребляемой энергии, а также его стоимостью.При этом масса дефибриллятора имеет значение для выживания пациента, так как считается, что её уменьшение ускоряет время доставки дефибриллятора к пациенту в ситуациях, когда задержка в десятки секунд может стоить жизни. Обзор технологий управления разрядом ёмкостного накопителя энергии приведён в работе [14]. Возможностьувеличения напряжения импульса для дефибрилляции в цепи пациента с высоким сопротивлением ограничена стоимостью высоковольтных комплектующих, поэтому в большинстве моделей дефибрилляторов приходится довольствоваться максимальной величиной напряжения до 2 кВ. Это означает, что пациенты с повышенным сопротивлением имеют меньше шансов на успех дефибрилляции.

Поэтому существует потребность снять зависимость успеха дефибрилляции от значения трансторакального сопротивления пациента. Дальнейшее повышение эффективности дефибрилляторов с использованием существующих инженерных технологий технически возможно, но для этого потребуется существенное увеличение энергии, запасаемой в ёмкостном накопителе дефибриллятора, усложнение конструкции, рост стоимости, массы и его габаритов.

Перспективные формы импульсов для дефибрилляторов. Наименьшие повреждения пациенту наносят бифазные импульсы восходящей формы (ascendin grampbiphasic wave form) по сравнению с импульсами тех же энергий, но других форм. Теоретические предсказания и клинические исследования показывают, что импульсы восходящей формы имеют также минимальные пороги дефибрилляции. Эксперименты с восходящей формой импульса описаны в публикациях [6, 7, 11]. Использование такой формы импульса обеспечивает более щадящее воздействие на нервно-мышечную систему пациента.

В форме импульса Гурвича-Венина восходящий участок первой фазы импульса составлял примерно 2 мс. В монографии [11] Н. Л. Гурвич показал, что увеличение длительности переднего фронта импульса первой фазы у прямоугольного импульса повышает его эффективность, при этом расширяется диапазон полезного времени раздражения сердца.

Полученные ранее результаты исследований по повышению клинической эффективности импульса для дефибрилляциипредполагают перспективной разработку технологий на основе импульсов восходящей формы,воспроизводимой в диапазоне сопротивлений пациента 25-175 Ом. Не решённые инженерные проблемы для будущих дефибрилляторов с восходящей формой импульса существенно сказываются на актуальности исследований ее эффективности. Подобные исследования могли бы продолжить эксперименты прошлого века с медленно нарастающими импульсами, описанныев монографии Н. Л. Гурвича[11].

Для совершенствования технологий дефибрилляции новые исследования необходимы, в частности, исследования по влиянию скорости нарастания импульса тока на порог дефибрилляции и повреждениеклеток сердца.В настоящее время было бы некорректным сопоставлять по эффективности бифазные дефибрилляторы с монофазными на основе импульса Эдмарка.

Описание новой технологии управления энергией разряда для дефибрилляции и кардиоверсии

Развитие дефибрилляторов с бифазным импульсом перспективной восходящей формы (ascendin grampbiphasicwaveform) возможно, для чего предлагается инновационная технологияуправления разрядом ёмкостного накопителя энергиисоснижением уровня накопленной энергии (см. рис. 1). При этом можно задать средний ток в пределах оптимальной длительности импульса, как у лучших современных дефибрилляторовс импульсами традиционных форм. Для внедрения новой технологии необходимы полноценные клинические данные о статистически значимом превосходстве восходящей формы импульса для дефибрилляции. Теоретические предсказания и клинические исследования по этому вопросу публикуются со второй половины прошлого века. Предлагаемаятехнология эффективна и для традиционных форм импульсов; при этом можно получить значение максимальной накопленной энергии на 30% меньше, чем у известных моделей современных дефибрилляторов.

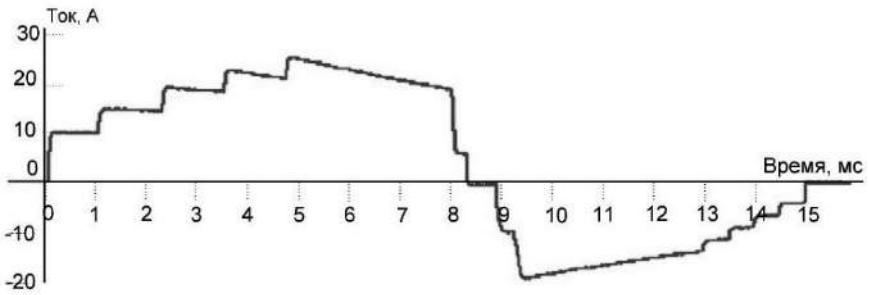


Рис. 1. Пример бифазного импульса восходящей формы сформированного на макете высоковольтного модуля на нагрузке 100 Ом

Предлагаемая технология с крайне низкими потерями энергии, извлекаемойиз емкостного накопителя энергии, адаптируетток разряда к потребности пациента в любой момент времени формирования дефибриллирующего импульса. Напряжение на накопителе энергии регулируют в соответствии с предустановленной программой, реализующей алгоритмыуправления коммутациями конденсаторов накопителя энергии в процессе формирования

импульса. При получении информации о не допустимом для пациента уровне тока, программа использует дополнительные возможности для возврата в оптимальный режим разряда.За счет разделения напряжения на переключаемых конденсаторных группахобеспечивается возможность повышения напряжения в цепи пациента до необходимых значений без повышения стоимости высоковольтных узлов дефибриллятора. Технология использует технические решения, защищённые патентами РФ [12-14] и Евразийской заявкой на изобретение [15].

При проведении экспериментов со схемами переключения конденсаторов, используемых в качестве накопителя энергии для дефибриллятора, обнаружено, что возможно энергетически эффективно регулировать амплитуду тока разряда ёмкостного накопителя энергии, включающего в своём составе одну или несколько конденсаторных групп. Формулировка «конденсаторная группа» означает двухполюсник, образованный двумя отдельными конденсаторами (см.рис. 2) с возможностью переключения цепей разряда конденсаторов в любой момент времени из параллельного соединения цепей разряда в последовательное соединение и наоборот. Свойства конденсаторной группы (групп) накопителя энергии основаны на известных положениях теории линейных электрических цепей.

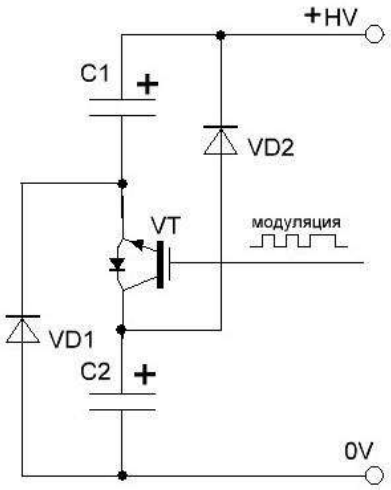


Рис. 2. Накопитель энергии на двух переключаемых конденсаторах

Схема соединения конденсаторов и, соответственно, электрические характеристики конденсаторной группыизменяются в зависимости от состояния ключа на транзисторе VT1 (см. рис. 2). Конденсаторная группа может бытьпредставлена в виде эквивалентного (равнозначного) конденсатора с двумя значениямиемкости и напряжения. Множество конденсаторных групп также можно представить как эквивалентный конденсатор смножеством переключаемых значений емкостей и напряжений. Эквивалентныйконденсатор одной конденсаторной группы может образовывать отдельныйконденсатор для другой конденсаторной группы.

Технология управления разрядом ёмкостного накопителя энергии заключается в том, что ток разряда при изменении сопротивления цепи пациентазадают посредствомпрограммы, управляющей переключениями конденсаторов накопителя энергии. Таким образом, задают желаемую форму импульса при его оптимальной длительности истабилизируют клинически значимые параметры импульса (время нарастания и спада тока, амплитуды тока фаз импульса и их соотношение). Для увеличения среднего значения тока фаз на высоких сопротивленияхв цепи пациента целесообразно предусмотреть снижение времени нарастания и спада фронтов импульса. Используя индуктивный накопитель энергии в цепипациента,можно получить требуемые значения тока от уровня, соответствующего параллельной схеме разряда конденсаторов, до уровня, соответствующего последовательной схеме разряда конденсаторов. Схема, представленная на рис. 2, может быть применена в других вариантах других схем, которые могут обеспечить те или иные возможности по регулированию операционного напряжения на емкостном накопителе энергии. Так, в известных схемах заряда переключаемых конденсаторов для источника питания лазеров [16] описаны технические решения, позволяющие изменять операционное напряжение в два, три или четыре раза.

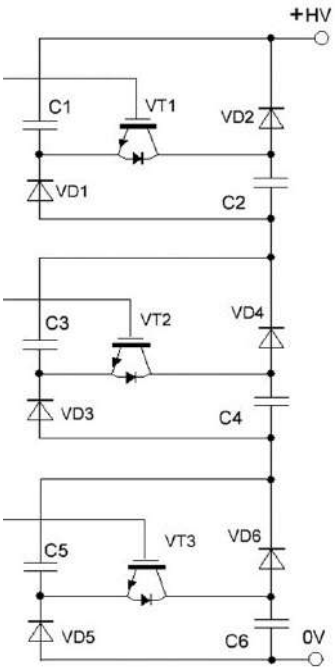


Рис. 3. Накопитель энергии с последовательным соединением трёх двухступенчатых схем на трёх ключах и шести конденсаторах

На рис. 3 приведена схема последовательного соединения трёх двухступенчатых схем, обеспечивающая изменение напряжения в два раза. Программа для управления таким накопителем энергии должна учитывать изменение операционного напряжения на конденсаторах C1-C6 и изменение тока разряда этих конденсаторов в зависимости от схемы соединений их цепей разряда.

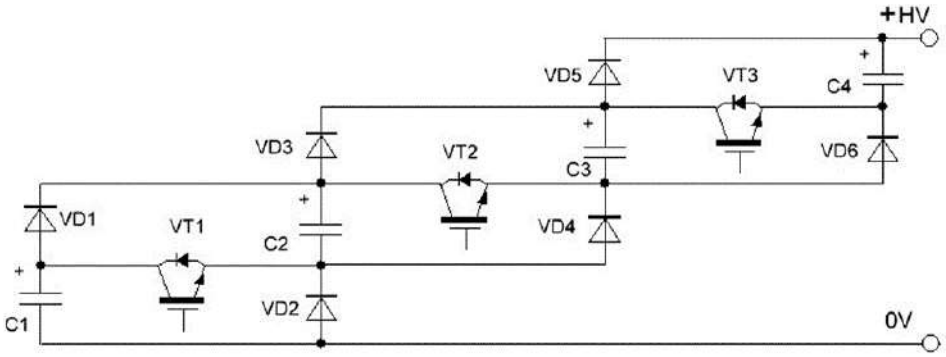


Рис. 4. Четырёхступенчатый накопитель энергии на трёх ключах и четырёх конденсаторах

На рис. 4 представлена четырёхступенчатая схема накопителя энергии на трёх ключах, которая позволяет получить увеличение напряжения до четырёх раз. Программа для управления таким накопителем энергии должна дополнительно учитывать потенциальную возможность превышения максимального напряжения на ключах VT1- VT3 при определённых коммутационных операциях и не использовать их,пока конденсаторы накопителя энергии не разрядятся до безопасного операционного напряжения.

На рис. 5 представлена блок схема высоковольтного модуля, предназначенного для применения в наружных дефибрилляторах массовых серий выпуска различной специализации (профессиональных, общедоступных, носимых).

Модуль содержит следующие основные узлы:

– преобразователь для программно- регулируемого скоростного заряда конденсаторов накопителя энергии с питанием от внешнего источника низковольтного напряжения (ШИМ), который в зависимости от установленной оператором энергии дефибриллирующего импульса заряжает конденсаторы до требуемого напряжения;

– изолирующий преобразователь напряжения (DC-DC) для питания изолированных узлов модуля от внешнего источника низковольтного напряжения;

– накопитель энергии до 250 Дж, выполненный в виде блока переключаемых конденсаторов с высоковольтными ключами VT1-VT3,для коммутации конденсаторов (по схемам, приведенным на рис. 3 или 4).

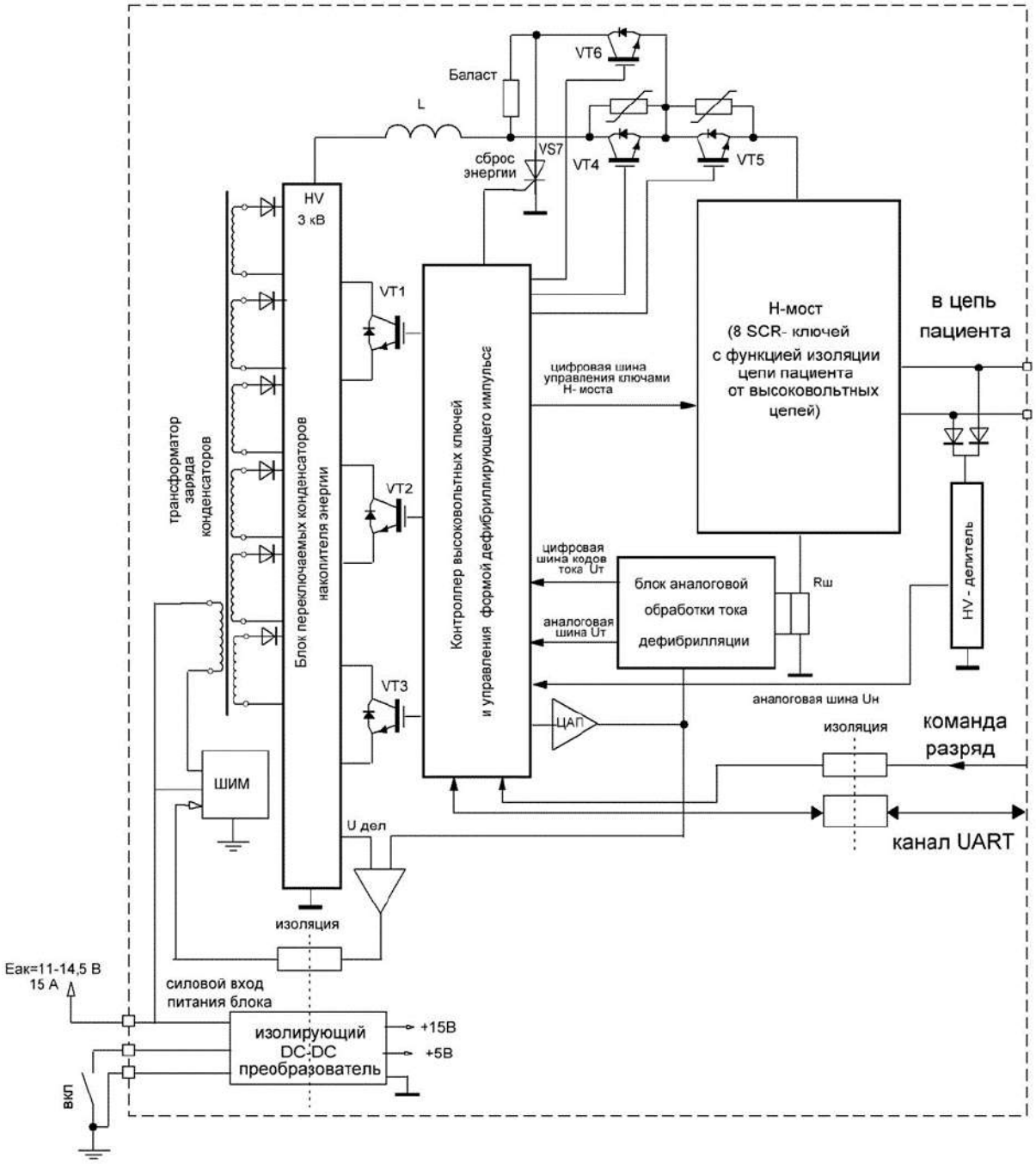


Рис. 5. Высоковольтный модуль дефибриллятора

Помимо этого модуль содержит набор высоковольтных ключей для выполнения коммутационных операций при формировании фаз импульса, коммутации тока, его ограничения с использованием высоковольтных транзисторов VT4-VT6 и тиристорного Н-моста. Предусмотрен разряд энергии накопителя,минуя цепь пациента, черезбалластный резисторитиристор VS7. Включение тиристора VS7 происходит после завершения формирования импульса, а также в случаях, когда команда на выполнение разрядане поступила в течение заданного интервала времени или при отключении питания при заряженном накопителе энергии. При выключенном транзисторе VT4и включённом транзисторе VT6, балластный резистор ограничивает ток в цепи пациента, например,

при переключении плеч тиристорногоН-моста, что обеспечивает безопасность выполнения коммутационных операций при смене фаз импульса.

Контроллер высоковольтных ключей содержит систему изолирующих драйверов высоковольтных ключей и микропроцессор, к входам которого подключены датчики тока и напряжения цепи пациента и модуль аналоговой обработки сигналов с программно управляемым формирователем опорных напряжений.Контроллер высоковольтных ключей определяет поглощённую энергию и динамическое сопротивление пациента на заданной ступени импульса и обеспечивает управление формой импульса с учётом требуемогосоотношения амплитуды токов его фаз при изменении сопротивления пациента. Так же контроллер поддерживает связь через изолированный канал UART для обмена данными с внешним управляющим модулем дефибриллятора по заданному протоколу. Форму импульса в пределах заданной оптимальной длительности импульса контроллер, посредством ключей VT1- VT3,регулирует следующим способом. На временных интервалах, требующих увеличения тока, стабилизации его уровня или снижения его скорости спада, контроллерувеличивает число последовательно включённых конденсаторов, и, наоборот, для снижения тока, стабилизации его уровня или увеличения его скорости спада, контроллерувеличивает число параллельно включённых конденсаторов. С увеличением сопротивления нагрузки в ходе формирования импульса увеличивается время пребывания конденсаторов в последовательном соединении, а при уменьшении – время пребывания конденсаторов в параллельном соединении.Для эксперимента использована схема переключения конденсаторов, представленная на рис. 3.

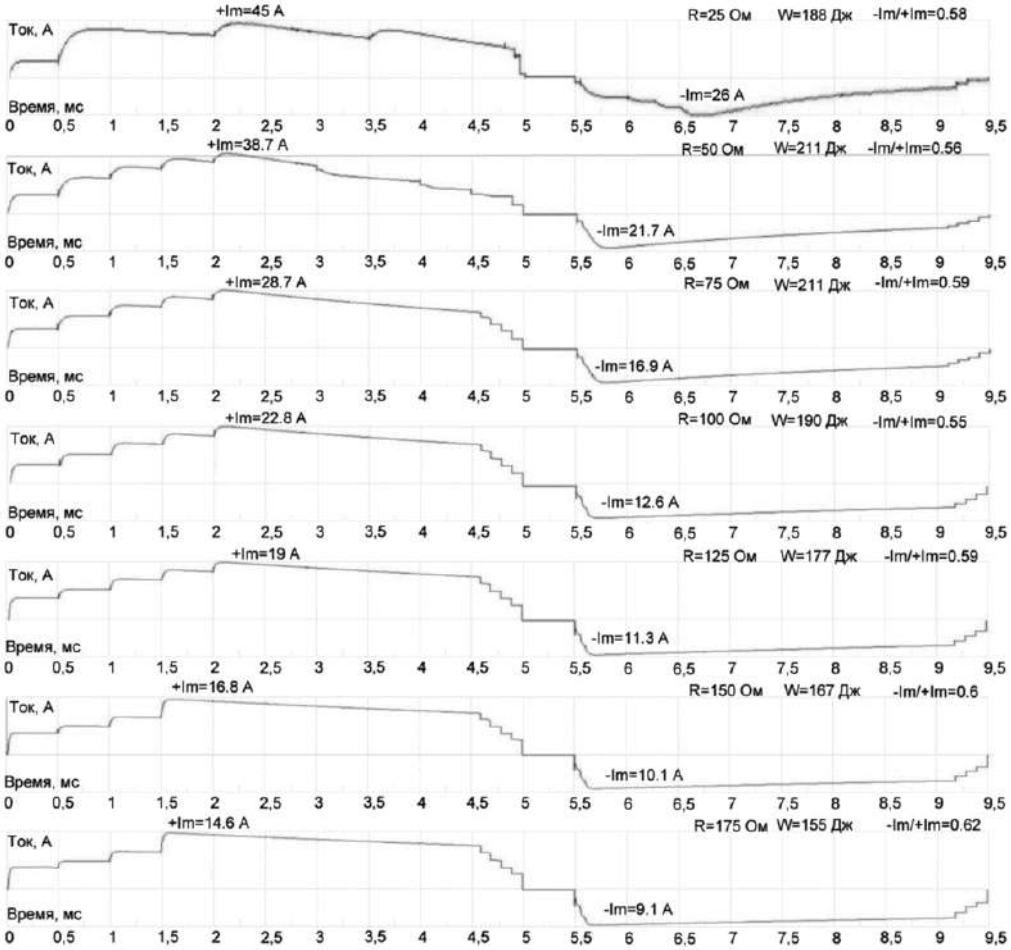


Рис. 6. Синтезированные переключаемым накопителем энергии формыбиполярного импульса со ступенчатым регулированием и фиксированной длительностью при выбранной энергии 200 Дж в диапазоне сопротивлений нагрузки 25…175 Ом

Максимальная энергия заряда конденсаторов переключаемого накопителя для устанавливаемой энергии 210 Дж составила 250 Дж. Формы биполярного импульса со ступенчатым регулированием и фиксированной длительностью при выбранной энергии 200 Дж в диапазоне сопротивлений нагрузки 25…175 Ом представленына

рисунке6. При формированииступенчатого бифазного импульса по типу импульса Гурвича-Венина получено рекордно высокое значение коэффициента использования накопителя энергии 85%, что позволяет обеспечить низкое значение накопленной энергии, экономию энергии батареи дефибриллятора искоростную зарядку накопителя энергии (примерно 2-3 с). При этом массавысоковольтного модуля должна составлять не более 1,2–1,5 кг при применении комплектующих общедоступного потребительского рынка.

При реализации инновационнойтехнологии, предполагающей снижение риска поражения сердца, представляется возможным создать множество новых моделейавтоматических наружных дефибрилляторов (АНД).Функцию АНД используют в дефибрилляторах-мониторах, дефибрилляторах для общественного доступа и в носимых портативных моделях дефибрилляторов.Цель широкого внедрения АНД - проведение более ранней дефибрилляции, способствующей снижению количества осложнений [17].

Кроме того, целесообразно применение предлагаемой технологии в отдельных специализированных модулях массой до 1,5 кг и относительно низкой стоимости для проведения дефибрилляции. Такие модули можно подключать к мониторам пациента для совместной работы с целью создания компактного комплекса «дефибриллятор-монитор» экспертного уровня.

Перспективным представляется создание комплексов для дефибрилляции с использованием выпускаемых для потребительского рынка компьютеров, дополнительно оснащённых высоковольтным модулем и объединённых в моноблок. Такой комплект недорогого оборудования должен обеспечивать анализ состояния пациента и воздействие на него адаптируемого дефибриллирующего разряда.

Заключение. Техническим достижением предлагаемой технологии является существенное снижение потребности в накопленной энергии для дефибрилляциипри формировании как традиционных форм импульсов, так и клинически перспективных. Достигнута возможность динамической стабилизации клинически значимых параметров импульса в ходе воздействия на пациента. Для реализации технологии возможно использование доступных комплектующих изделий низкой стоимости, предназначенныхдля массового потребительского рынка. В настоящее время не существует общепризнанных клинических данных, которые бы продемонстрировали разницу в выживаемости пациентов в зависимости от формы импульсов и от технологии управления разрядом дефибриллятора. В то же время клинически подтверждено, что эффективность дефибрилляции зависит от формы импульса. По сравнению с дефибриллятором с затухающим импульсом переменной длительности и пагубной зависимостью успеха дефибрилляции от величины сопротивления пациента, использование дефибриллятора с динамически стабилизированными параметрами импульса на основе инновационной технологии управления разрядом, учитывающей клинические рекомендации в области эффективности и безопасности дефибриллирующего импульса, даёт больше шансов на спасение пациентов.

Внедрение предлагаемой технологии может существенно снизить зависимость медицинских учреждений от производителей импортной техники, а стоимость дефибрилляторов, их эффективность, масса и габариты могут стать привлекательными для всех участников рынка медтехники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Востриков В. А., Сыркин А. Л., Холин П. В., Разумов К. В. Внутрибольничная дефибрилляция желудочков сердца: эффективность биполярного квазисинусоидального импульса // Кардиология. 2003. Т. 43, № 12. С. 51–58.

2. Востриков В. А., Разумов К. В. Эффективность электрической кардиоверсии пароксизмальной фибрилляции предсердий при использовании биполярного квазисинусоидального импульса у больных ишемической болезнью сердца // Общая реаниматология. 2014. Т.10, № 2. С. 41–49.

3. Востриков В. А. Эффективность и безопасность электрической дефибрилляции желудочков сердца: эксперимент и клиника // Общая реаниматология. 2012 г. Т.8, № 4. С. 79-87.

4. Востриков В. А., Горбунов Б. Б. Сравнение биполярных импульсов генерируемых внешними дефибрилляторами» // Клиническая анестезиология и реаниматология. 2006. Т.3, № 6. С. 20-23.

5. ГОСТ Р МЭК 60601-2-4-2013. Изделия медицинские электрические. Часть 2-4. Частные требования безопасности с учетом основных функциональных характеристик к кардиодефибрилляторам. 60 с.

6. Shorofsky SR идр. Improved defibrillation efficacy with an ascending ramp waveform in humans. // U.S. National Library of Medicine Apr.2, 2005. С. 493-496.

7. Jian Huang идр. Ascending-Ramp Biphasic Waveform Has a Lower Defibrillation Threshold and Releases Less Troponin I Than a Truncated Exponential Biphasic Waveform // «Arrhythmia and Electrophysiology» Американская кардиологическая ассоциация, том 126 выпуск 11, опубл. 11.09.2012 г.

8. Востриков В. А. Эффективность и безопасность электрической дефибрилляции желудочков сердца: эксперимент и клиника // Общая реаниматология. 2012 г. Т.8, № 4. С. 79-87.

9. Preston M. Schneider, MD, MSc идр. Biphasic Waveform External Defibrillation Starting Energy and In-Hospital Cardiac Arrest Survival: Retrospective Cohort Study From the Get With the Guidelines-Resuscitation Registry. Published by Journal of the Minneapolis Heart Institute Foundation. Copyright © 2018 Minneapolis Heart Institute Foundation, том 2, выпуск 1.Весна –лето 2018 г., США.

10. А. С. Шарыкин и др. Скрытые повреждения миокарда после сердечно-легочной реанимации у подростка без предшествующей патологии сердца. Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2014. Т. 4. С. 69-73.

11. Гурвич Н. Л. Основные принципы дефибрилляции сердца. М.: Медицина, 1975. 170 с.

12. Горохов-Мирошников Е. Э., Козидубов Е. Н. Формирователь импульсов энергии с использованием металлооксидных варисторов // Патент РФ № 2497274, опубл. 27.10.2013.

13. Горохов-Мирошников Е. Э. Высоковольтный коммутатор с динамическим ограничением энергии // Патент РФ № 2510774, опубл. 10.04.2014.

14. Горохов-Мирошников Е. Э. Способ и устройство формирования импульса дефибрилляции // Патент РФ № 2648868, опубл. 28.03.2018.

15. Горохов-Мирошников Е. Э. Способ разряда перестраиваемой батареи конденсаторов при дефибрилляции // Евразийская заявка на изобретение № 201700396, опубл. 05.09.2017.

16. Crafford I. D. Series-parallel switchable capacitor charging system // ПатентСША № 5461267, опубл. 24.05.1993.

17. Бокерия О. Л., Какиашвили Р. З. автоматические наружные дефибрилляторы. Анналы аритмологии. Издательство: Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии имени А.Н. Бакулева (Москва). 2013. Т.10 , № 1. С.22-30.

REFERENCES

1. Vostrikov V. A., Syrkin A. L., Kholin P. V., Razumov K. V. Vnutribol′nichnaya defibrillyatsiya zheludochkov serdtsa: ehffektivnost′ bipolyarnogo kvazisinusoidal′nogo impul′sa // Kardiologiya. 2003. T. 43, № 12. S. 51–58.

2. Vostrikov V. A., Razumov K. V. Ehffektivnost′ ehlektricheskoy kardioversii paroksizmal′noy fibrillyatsii predserdiy pri ispol′zovanii bipolyarnogo kvazisinusoidal′nogo impul′sa u bol′nykh ishemicheskoy bolezn′yu serdtsa // Obshchaya reanimatologiya. 2014. T.10, № 2. S. 41–49.

3. Vostrikov V. A. Ehffektivnost′ i bezopasnost′ ehlektricheskoy defibrillyatsii zheludochkov serdtsa: ehksperiment i klinika // Obshchaya reanimatologiya. 2012 g. T.8, № 4. C. 79-87.

4. Vostrikov V. A., Gorbunov B. B. Sravnenie bipolyarnykh impul′sov generiruemykh vneshnimi defibrillyatorami» // Klinicheskaya anesteziologiya i reanimatologiya. 2006. T.3, № 6. C. 20-23.

5. GOST R MEHK 60601-2-4-2013. Izdeliya meditsinskie ehlektricheskie. Chast′ 2-4. Chastnye trebovaniya bezopasnosti s uchetom osnovnykh funktsional′nykh kharakteristik k kardiodefibrillyatoram. 60 s.

6. Shorofsky SR idr. Improved defibrillation efficacy with an ascending ramp waveform in humans. // U.S. National Library of Medicine Apr.2, 2005. S. 493-496.

7. Jian Huang idr. Ascending-Ramp Biphasic Waveform Has a Lower Defibrillation Threshold and Releases Less Troponin I Than a Truncated Exponential Biphasic Waveform // «Arrhythmia and Electrophysiology» Amerikanskaya kardiologicheskaya assotsiatsiya, tom 126 vypusk 11, opubl.11.09.2012 g.

8. Vostrikov V. A. Ehffektivnost′ i bezopasnost′ ehlektricheskoy defibrillyatsii zheludochkov serdtsa: ehksperiment i klinika // Obshchaya reanimatologiya. 2012 g. T.8, № 4. S. 79-87.

9. Preston M. Schneider, MD, MSc idr. Biphasic Waveform External Defibrillation Starting Energy and In-Hospital Cardiac Arrest Survival: Retrospective Cohort Study From the Get With the Guidelines-Resuscitation Registry. Published by Journal of the Minneapolis Heart Institute Foundation. Copyright © 2018 Minneapolis Heart Institute Foundation, tom 2, vypusk 1.Vesna –leto 2018 g., SSHA.

10. A. S. Sharykin i dr. Skrytye povrezhdeniya miokarda posle serdechno-legochnoy reanimatsii u podrostka bez predshestvuyushchey patologii serdtsa. Rossiyskiy vestnik perinatologii i pediatrii. 2014. T. 4. S. 69-73.

11. Gurvich N.L. Osnovnye printsipy defibrillyatsii serdtsa. M.: Meditsina, 1975. 170 s.

12. Gorokhov-Miroshnikov E. Eh., Kozidubov E. N. Formirovatel′ impul′sov ehnergii s ispol′zovaniem metallooksidnykh varistorov // Patent RF № 2497274, opubl. 27.10.2013.

13. Gorokhov-Miroshnikov E. Eh. Vysokovol′tnyy kommutator s dinamicheskim ogranicheniem ehnergii // Patent RF № 2510774, opubl. 10.04.2014.

14. Gorokhov-Miroshnikov E. Eh. Sposob i ustroystvo formirovaniya impul′sa defibrillyatsii // Patent RF № 2648868, opubl. 28.03.2018.

15. Gorokhov-Miroshnikov E. Eh. Sposob razryada perestraivaemoy batarei kondensatorov pri defibrillyatsii // Evraziyskaya zayavka na izobretenie № 201700396, opubl. 05.09.2017.

16. Crafford I. D. Series-parallel switchable capacitor charging system // PatentSSHA № 5461267, opubl. 24.05.1993.

17. Bokeriya O. L., Kakiashvili R. Z. avtomaticheskie naruzhnye defibrillyatory. Annaly aritmologii. Izdatel′stvo: Natsional′nyy meditsinskiy issledovatel′skiy tsentr serdechno-sosudistoy khirurgii imeni A. N. Bakuleva (Moskva). 2013. T.10 , № 1. S.22-30.

ОБ АВТОРАХ

Горохов-Мирошников Евгений Эдуардович, СКБ полупроводниковых приборов, г. Ставрополь, ул. 50 лет ВЛКСМ дом 61 - 60, тел.: +7-905-411-17-43;e-mail: eegm@mail.ru

Gorokhov-Miroshnikov Evgeny Eduardovich, SKB of semiconductor devices, 355042, Stavropol, ul. 50 let VLKSM, 61 – 60), tel.+7-905-411-17-43; e-mail: eegm@mail.ru

Слюсарев Геннадий Васильевич, доктор технических наук, профессор, Северо-Кавказский федеральный университет (г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1,), тел.: +7-962-450-92-40; e-mail: gsliusarev@ncfu.ru

Slyusarev Gennadiy Vasilyevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, North-Caucasus Federal University, Stavropol, sul. Pushkina, 1, tel. + 7 962 450 92 40, e-mail: gsliusarev@ncfu.ru

Дата поступления в редакци: 08.04.2019 г.
После рецензирования: 20.05.2019 г.
Дата принятия к публикации: 5.06.2019 г.

А. А. Чахирова [A. A. Chakhirova][1]
Е. В. Ковтун [E. V. Kovtun][1]
М. А. Огай [M. A. Ogai][1]
Э. Ф. Степанова [E. F. Stepanova][1]
Н. Л. Нам [N. L. Nam][2]

УДК
15.451.16:582.573.16].
014.24:579.61
DOI 10.33236/2307-910X-2019-2-26-309-315

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАСЛЯНЫХ ЭКСТРАКТОВ ЛУКА РЕПЧАТОГО И ЧЕСНОКА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИНТРАНАЗАЛЬНОЙ ЛЕКАРСТВЕННОЙ ФОРМЫ

STUDY THE POSSIBILITY OF USING OIL EXTRACTS OF ONION AND GARLIC TO CREATE THE INTRANASAL DOSAGE FORM

[1] Пятигорский медико-фармацевтический институт-филиал ФГБОУ ВО ВолгГМУ Минздрава России, 357532, Россия, пр. Калинина, 11
[2] Российский Государственный Аграрный Университет-МСХА имени К. А.Тимирязева

Аннотация. *Изучена возможность создания инновационной лекарственной формы, с использованием масляных растительных экстрактов. Обоснована технология получения.*

Материалы и методы, результаты. *Рассмотрена технология получения масляных экстрактов. Технология позволяет извлечь максимальный комплекс ценных фармакологических веществ и свести их потери к минимуму. Использовали метод репрессования для чего, применили непрерывное противоточное, равновесное экстрагирование. А также применяли метод мацерации. Для оценки качества полученной лекарственной формы использовали метод окраски и парафиновой пластинки. Результат – получена эффективная и безопасная инновационная лекарственная форма.*

Заключение. *Изучена возможность использования овощных культур для получения ценных биологически активных комплексов, для применения их в качестве компонентов лекарственной формы. Получены масляные экстракты и соки свежих растений, методами, позволяющими извлечь максимальный комплекс биологически –активных веществ. Проведена их оценка качества.*

Ключевые слова: плоды рябины обыкновенной, лук, чеснок, каланхоэ, масляные экстракты, капли назальные.

Abstract. *The possibility of creating an innovative dosage form using oil-based plant extracts was studied. The technology of production has been substantiated.*

Materials and methods, results. *The technology of obtaining oil extracts is considered. The technology allows you to extract the maximum complex of valuable pharmacological substances and minimize their loss to a minimum. We used the repression method for what, we applied continuous countercurrent, equilibrium extraction. And also used the method of maceration. To assess the quality of the obtained dosage form used the method of staining and paraffin plate. The result is an effective and safe innovative dosage form.*

Conclusion. *The possibility of using vegetable crops to obtain valuable biologically active complexes for their use as components of a dosage form has been studied. Oil extracts and juices of fresh plants have been obtained using methods that make it possible to extract the maximum complex of biologically active substances. Their quality assessment is carried out.*

Key words: Rowan fruits (fruits of mountain ash mountain ash), onion, garlic, Kalanchoe, oil extracts, nasal drops.

Introduction. Valuable sources of biologically active substances with a wide spectrum of pharmacological action are the fruits of mountain ash (*Rowan fruits*), garlic, onions, Kalanchoe juice, tincture of calendula, which are widely used in folk medicine for diseases of the upper respiratory tract [1].

Quite urgent is the problem of finding compositions of medicinal plant materials that are less toxic, economically viable, have a wider spectrum of action than synthetic drugs, combining vitamins A, E, C, carotenoids, fatty acids, flavonoids and phytoncides and providing antimicrobial, anti-inflammatory, antioxidant and wound healing effects [2].

In official medicine, plant objects are used only to obtain such dosage forms as extracts, tinctures, suppositories, ointments. At the same time, using them in the form of nasal drops containing biologically active substances in the composition of the latter will settle on the mucous membrane of the nasal cavity and have a local prolonged therapeutic effect.

The aim of the work was to develop the composition and technology of an intranasal preparation in the form of nasal drops containing a biocomplex of plant origin with antimicrobial, anti-inflammatory, wound healing effects.

To achieve this goal, it was necessary to solve the main tasks:

• justify the choice of dosage form for the treatment of inflammatory diseases of the nasal cavity;

• develop a composition of nasal drops containing a biocomplex of plant origin;

• justify the optimal technological scheme for the production of drops for the nose;

Rowan fruits contain a rich complex of biologically active substances and are a source of vitamins: the amount of ascorbic acid reaches 200 mg%, thiamine -115 mg%, and riboflavin 56-310 mg%. According to the content of P-active substances, mountain ash ranks first in the row of fruit and berry crops. The amount of tannins and dyes in the fruits of mountain ash 170-1453 mg%. The content of carotenoids in the fruits of common Rowan fruits reaches 18–20 mg%, tocopherols over 70 mg%, among which ά-tocopherol is found in the greatest amount, and β-, γ-, and δ-tocopherols are also present in a smaller amount [3, 4,5 6,7,8].

Calendula inflorescences contain essential oil, bitter substances, phytoncides, saponins, mucus, a large amount of carotenoids, as well as saponins, bitterness, tannins. Inflorescences have anti-inflammatory and disinfectant effects [9].

In the composition of thuja essential oil, the main component is thujone. Essential oil is obtained by steam distillation from cones or needles, yield 3-4 kg from 1 ton of raw material. Thuja young shoots in folk medicine used to rub against rheumatism and tea, used as a diuretic. Currently, thuja is used mainly for the manufacture of homeopathic medicines.

Garlic contains essential oil. The peculiar smell of essential oil is mainly characteristic of its component diallyldisulfide. Alliin and allicin are also found - an oily liquid with the smell of garlic containing sulfur. Garlic volatile products have a strong antibiotic property. Garlic contains carotenoids, vitamins B, C, D, phytosterols, polysaccharides, fiber, iodine, etc.

Due to the presence of phytoncides, garlic has a strong bactericidal effect on diphtheria bacilli, tuberculous mycobacteria, staphylococci, streptococci and dysentery pathogens, has a toxic effect on yeast fungi, on diphtheria bacilli, tuberculous mycobacteria, staphylococci, streptococcus dysmenorrhea and microorganisms.

The juice of leaves and stalks of Kalanchoe contains tannins, vitamin P, polysaccharides, as well as micro and macro elements; aluminum, magnesium, iron, calcium, silicon, manganese, copper. Low toxicity, has bactericidal and bacteriostatic properties, promotes the healing of wounds, trophic ulcers and thermal burns, inhibits the development of inflammation, does not irritate the skin and mucous membranes [10].

Currently, in view of the complexity of the formulation of dosage forms, more and more multicomponent preparations are being created with a wide range of pharmacological effects for the treatment of inflammatory diseases of various etiologies at all stages of the process.

In this case, the choice of active ingredients of the dosage form should be theoretically justified from the technological and pharmacological sides.

In this regard, our attention was drawn to the long-standing prescription used in folk medicine, which contained oil extracts of medicinal plants containing volatile and carotenoids, tincture of calendula and Kalanchoe juice [11,12, 13].

Materials and methods. The mountain ash oil extract was prepared by the method of repression according to the method developed at the Department of Drug Technology by Professor V. Pogorelov, Associate Professor A. N. Bogdanov.

The basis of this process is continuous countercurrent, equilibrium extraction in a battery of 3 mass exchangers, with the forced separation of the liquid phase from the solid phase by exposure to high pressure [14, 15, 16, 17]. This method is widely used for raw materials containing thermolabile substances in a complex of biologically active substances, and also significantly increases the yield of fatty oils.

Oil extracts of onion and garlic were obtained by maceration; for this, the onion of garlic and onion was moistened with water in a ratio of 1: 1, then the onions were crushed and infused in soybean oil at a temperature of 50 ° C for 10 hours, with periodic stirring [18, 19, 20].

Results and its discussion. The result was an oil extract enriched in biologically active substances of lipophilic nature.

Since the oil extracts of mountain ash, garlic, onion and arborvitae oil are lipophilic, and the Kalanchoe juice and calendula tincture are substances of a hydrophilic nature, it was necessary to decide on the method of their introduction to obtain a homogeneous system.

Since, when mixing the ingredients of the recipe, an emulsion formed, it was necessary to establish the type of emulsion and choose the most effective emulsifier for this combination of components [21].

To establish the type of emulsion, well-known techniques were carried out:

• Paraffin plate method - a drop of the tested emulsion was applied to a glass slide coated with a thin layer of paraffin. A drop spreading, this indicated that the dispersion medium is oil (emulsion).

• Staining method - several grains of methylene blue were applied to a drop of the test emulsion and observed under a microscope. Grains of dye remained to lie on the surface of the droplet.

Thus, our methods for determining the type of emulsion proved that this object belongs to the second kind of emulsion.

When choosing and evaluating emulsifiers, we were guided by such indicators as solubility, availability, cost, and pharmacological indifference. In this connection, emulsifiers No. 1, T1 and T2 were widely used in the food and pharmaceutical industries [11, 22, 23].

The quality, stability and pharmacological effectiveness of drugs depends on various pharmaceutical factors. Therefore, in the development of new drugs, a reasonable careful selection of excipients is necessary.

To conduct a biopharmaceutical analysis of the nasal drops that we developed with an oil extract of mountain ash, we used a method for releasing lipophilic substances under model conditions. Studies conducted earlier at the Department of Drug Technology (Kovalskaya G.N., 1987) showed that generally accepted methods for evaluating the release of biologically active substances are unacceptable for lipophilic substances due to the physicochemical properties of the latter, and therefore, the authors of [24, 25] proposed a technique based on the properties and structural features of a living cell, which we used to develop drops for the nose with a phytocomplex.

As a model medium characterizing the hydrophilic-lipophilic balance of body structures and optimally approaching the properties of living tissue, we used a medium consisting of equal parts of direct and reverse type emulsions of the following composition:

1. Vaseline – 87 parts,
purified water – 10 parts,
emulsifier T – 2-3 parts.

In a water bath, 3 parts of T-2 emulsifier was melted, vaseline was melted for 87 parts, 10 parts of hot purified water was added and homogenized until completely cooled.

2. Vaseline 85 parts,
purified water 10 parts,
gelatose 5 parts.

5 parts of gelatose were poured into 10 parts of purified water and left to swell, then 85 parts of vaseline were partially administered and emulsified thoroughly.

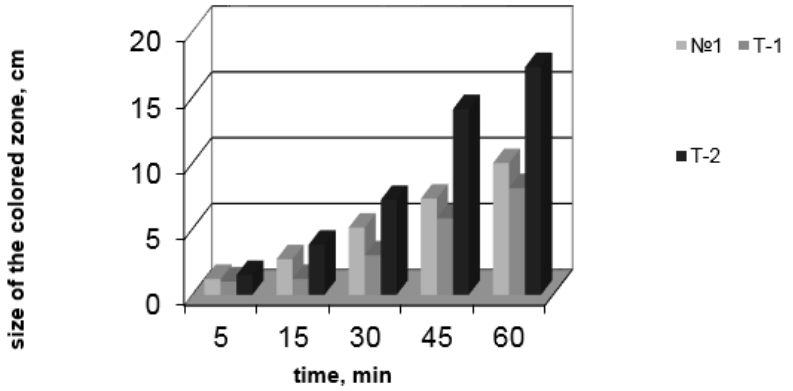
Emulsions of 2 types were mixed in a 1:1 ratio and a homogeneous white mass was obtained, which did not stratify at room temperature for 15 days. The finished model medium was introduced into a glass cylinder (20 cm^3), previously dried to an exact mass and weighed.

The study of the release of carotenoids from the drug was carried out in a thermostat at a temperature of 37 ° C; for this, 0.5 g of the samples under study were placed in the center of the medium formed in the cylinder and kept for an hour.

The ability to release carotenoids from preparations prepared with the addition of various emulsifiers was evaluated by the size of the colored zone of the model medium (Figure 1).

For a more accurate analysis of the release of carotenoids from the drug, a quantitative determination was made by spectrophotometric method. For this, the model medium was cooled, the carotenoids that were diffused were extracted with hexane and the optical density was determined on a spectrophotometer in the range from 400 to 600 nm, and the optical density of hexane extraction from the model medium was simultaneously determined.

The results of the quantitative determination of diffused carotenoids confirmed the data obtained by determining the degree of diffusion of carotenoids from the preparation by the size of the colored zone of the model medium. The results are presented in table 1.



[ЧНП1]

Fig. 1. Effect of emulsifiers on the release of carotenoids from developed nasal drops with a phytocomplex

Table 1

Quantification of the degree of release of carotenoids from nasal drops with a phytocomplex

The base	The optical density of the solution
emulsifier № 1	0,375±0,002
emulsifier T_1	0,122±0,0019
emulsifier T_2	0,581±0,003

Based on studies of the release of carotenoids in in vitro experiments, it was found that the maximum release of carotenoids is observed from a preparation prepared using a T2 emulsifier.

The results of determining the physical, chemical and microbiological stability of the drug using T2 emulsifier in various concentrations are presented in table 2.

Table 2

Determination of the stability of the drug prepared using the emulsifier T2

Emulsifier concentration, %	Microbiological stability	Physical stability	Chemical stability
0,5	+	-	-
1,0	+	-	-
1,5	+	-	+
2,0	+	+	+
2,5	+	-	+

The determination of physical stability was carried out visually, chemical spectrophotometrically according to the content of the main active substances, microbiological - according to the standard methodology of the State Pharmacopoeia of XI edition.

The results of the experiment showed that drops with a content of T2 emulsifier at a concentration of 2% possess physical, chemical, and microbiological stability.

Conclusion. Thus, the use of oil extracts of vegetable crops and medicinal plants in the composition of the nasal dosage form for the treatment of inflammatory diseases of the nasal cavity is justified. A composition of nasal drops containing a biocomplex of plant origin has been developed. The optimal technological scheme for the production of nose drops has been substantiated.

The prescription of the developed dosage form had the following composition:
garlic and onion oil extracts - 15 parts,
common mountain ash oil extract - 20 parts,
thuja oil - 16 parts,
calendula tincture - 15 parts,
kalanchoe juice - 17 parts.

The amount of emulsifier T2 used is 2 parts.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жиры, полиненасыщенные жирные кислоты, фосфолипиды: биологическая роль и применение в профилактической и клинической медицине. // Введение в частную микронутриентологию / под ред. Ю. П. Гичева и Э. Огановой. Новосибирск, 1999. С. 264-284.

2. Хасанов С. А. Распространённость хронического тонзиллита в семье и его профилактика / С. А. Хасанов, А. А. Асоров, У. Н. Вохидов // Вестн. Оториноларингологии. 2006. № 4. С.3 8-40.

3. Кудрицкая С. Е. Каротиноиды плодов и ягод. Киев: Выща шк., 1990. 210 с.

4. Матющенко Н. В. Стандартизация плодов рябины / Н. В. Матющенко, Т. А. Степанова // Фармация. 2003. № 5. С. 16-18.

5. Garrido Fernandes, Por.L. Minguer Pigmentos carotenoides / Por. L. Garrido Fernandes, M. I. Mosquero // Grasas Y aceites. 1983. Vol.34, №5. P.197-202.

6. Isler O. History and industrial application of carotenoids and vitamin A // Pure Appl. Chen. 1979. Vol. 51. P. 447-462.

7. Kikugawa, Kiyomi. β-carotene effectively scavenges toxic nitrogen oxides: Nitrogen dioxide and peroxynitrous acid / Kikugawa Kiyomi, Hiramoto Kazuyuki, Tomiyama Susumu // Lett.- 1997. Vol. 404, №2-3. P.175-178.

8. Wamer W. G. Beta-carotene uptake, metabolism and distribution in BALB / 3T3 cells. // Nutr Cancer. 1993. Vol. 19, №1. P. 1-8.

9. Химия биологически активных природных соединений / под ред. Н. А. Преображенского, Р. П. Евтисгнеевой. М.: Химия, 1976. 455 с.

10. Методические указания по экспериментальному (доклиническому) изучению нестероидных противовоспалительных веществ. М., 1963. 16 с.

11. Булдаков А. С. Пищевые добавки: справочник. СПб.: Ut, 1996. 240 с.

12. Витамины и витаминные препараты / под ред. В. А. Яковлева. М.: Медицина, 1973. С.210-223.

13. Деренько С. А. О содержании и накоплении биологически активных веществ в плодах рябины обыкновенной / С. А. Деренько, Н. И. Супрунов // Всесоюз. съезд фарацевтов (3; 1980: Кишинёв): тез. докл. Кишинёв, 1980. С. 204-205.

14. Муравьев И. А. Теоретические основы производства жидких экстрактов методом реперколяции с законченным циклом: методич. рекомендаци / И. А. Муравьев, Ю. Г. Пшуков. Пятигорск, 1985. 48 с.

15. Погорелов В. И. О новом способе получения облепихового масла репрессованием / Погорелов В. И., Муравьёв И. А., Пинчук В. А. // III Всесоюзный съезд фармацевтов (тезисы докладов) 14-17 октября. Кишинёв, 1980. 115 с.

16. Промышленная технология лекарств: уч. в 2 Т., Т №2. / В.И. Чуешов [и др.]. Харьков: Книга, 2002. 716 с.

17. Химия и технология процессов производства и переработки растительных масел и жиров: сб. науч. тр. / ВНИИ жиров. Л.: ВНИИЖ, 1986. 150 с.

18. Гавриленко И. В. Оборудование для производства растительных масел. М.: Пищевая пром.-сть, 1972. 748 с.

19. Лабораторный практикум по технологии производства растительных масел: учеб. пособие / В. М. Копейковский [и др.]. М.: Агропромиздат, 1990. 190 с.

20. Чахирова А. А. Технологические исследования по разработке масляного экстракта из плодов рябины обыкновенной и перспективы его использования: автореф. дис… канд. фармац. наук: 15.00.01 / Чахирова Анна Анатольевна. Пятигорск., 2008. 24 с.

21. Журавлёв М. А. Оборудование жироперерабатывающих предприятий / М. А. Журавлёв, Л. Д. Гозенпут. М.: Пищ. пром.-сть, 1976. 327 с.

22. Арутюнян И. С. Технология переработки жиров. М.: Пищепромиздат, 1998. С. 8-15

23. Ленцова Л. В. Пищевые жиры: значение и проблемы. Владивосток: ДВГАЭУ, 2001. 128 с.

24. Ковальская Г. Н. Биофармацевтическое и технологическое исследование мазей и суппозиториев с микробиологическим каротином: автореф. дис…. канд. фармац. наук: 15.00.01 / Ковальская Галина Николаевна. Пятигорск, 1987. 21 с.

25. Калошин Ю. А. Технология и оборудование масложировых предприятий. М.: Академия, 2002. С.115-117.

REFERENCES

1. Zhiry, polinenasyshchennye zhirnye kisloty, fosfolipidy: biologicheskaya rol′ i primenenie v profilakticheskoy i klinicheskoy meditsine // Vvedenie v chastnuyu mikronutrientologiyu / pod red. Yu. P. Gicheva i Eh. Oganovoy. Novosibirsk, 1999. S. 264-284.

2. Khasanov S. A. Rasprostranyonnost′ khronicheskogo tonzillita v sem′e i ego profilaktika / S. A. Khasanov, A. A. Asorov, U. N. Vokhidov // Vestn. Otorinolaringologii. 2006. № 4. S.3 8-40.

3. Kudritskaya S. E. Karotinoidy plodov i yagod. Kiev: Vyshcha shk., 1990. 210 s.

4. Matyushchenko N. V. Standartizatsiya plodov ryabiny / N. V. Matyushchenko, T. A. Stepanova // Farmatsiya. 2003. № 5. S. 16-18.

5. Garrido Fernandes, Por.L. Minguer Pigmentos carotenoides / Por. L. Garrido Fernandes, M. I. Mosquero // Grasas Y aceites.-1983.-Vol.34, №5.-P.197-202.

6. Isler, O. History and industrial application of carotenoids and vitamin A / O. Isler // Pure Appl. Chen. - 1979. Vol. 51. P. 447-462.

7. Kikugawa, Kiyomi. β-carotene effectively scavenges toxic nitrogen oxides: Nitrogen dioxide and peroxynitrous acid / Kikugawa Kiyomi, Hiramoto Kazuyuki, Tomiyama Susumu // Lett. 1997. Vol. 404, №2-3. P.175-178.

8. Wamer W. G. Beta-carotene uptake, metabolism and distribution in BALB / 3T3 cells. // Nutr Cancer. 1993. Vol. 19, №1. P. 1-8.

9. Khimiya biologicheski aktivnykh prirodnykh soedineniy / pod red. N. A. Preobrazhenskogo, R. P. Evtisgneevoy. M.: Khimiya, 1976. 455 s.

10. Metodicheskie ukazaniya po ehksperimental′nomu (doklinicheskomu) izucheniyu nesteroidnykh protivovospalitel′nykh veshchestv. M., 1963. 16 s.

11. Buldakov A. S. Pishchevye dobavki: spravochnik. SPb.: Ut, 1996. 240 s.

12. Vitaminy i vitaminnye preparaty / pod red. V. A. Yakovleva. M.: Meditsina, 1973. S. 210-223.

13. Deren′ko S. A. O soderzhanii i nakoplenii biologicheski aktivnykh veshchestv v plodakh ryabiny obyknovennoy / S. A. Deren′ko, N. I. Suprunov // Vsesoyuz. s″ezd faratsevtov (3; 1980: Kishinyov): tez. dokl.- Kishinyov, 1980. S. 204-205.

14. Murav′ev I. A. Teoreticheskie osnovy proizvodstva zhidkikh ehkstraktov metodom reperkolyatsii s zakonchennym tsiklom: metodich. rekomendatsi / I. A. Murav′ev, Yu. G. Pshukov. Pyatigorsk, 1985. 48 s.

15. Pogorelov V. I. O novom sposobe polucheniya oblepikhovogo masla repressovaniem / Pogorelov V. I., Murav′yov I. A., Pinchuk V. A. // III Vsesoyuznyy s″ezd farmatsevtov (tezisy dokladov) 14-17 oktyabrya. Kishinyov, 1980. 115 s.

16. Promyshlennaya tekhnologiya lekarstv: uch. v 2 T., T №2. / V.I. Chueshov [i dr.]. Khar′kov: Kniga, 2002. 716 s.

17. Khimiya i tekhnologiya protsessov proizvodstva i pererabotki rastitel′nykh masel i zhirov: sb. nauch. tr. / VNII zhirov. L.:VNIIZH, 1986. 150 s.

18. Gavrilenko I. V. Oborudovanie dlya proizvodstva rastitel′nykh masel. M.: Pishchevaya prom.-st′, 1972. 748 s.

19. Laboratornyy praktikum po tekhnologii proizvodstva rastitel′nykh masel: ucheb. posobie / V. M. Kopeykovskiy [i dr.]. M.: Agropromizdat, 1990. 190 s.

20. Chakhirova A. A. Tekhnologicheskie issledovaniya po razrabotke maslyanogo ehkstrakta iz plodov ryabiny obyknovennoy i perspektivy ego ispol′zovaniya: avtoref. dis… kand. farmats. nauk: 15.00.01 / Chakhirova Anna Anatol′evna. Pyatigorsk., 2008. 24 s.

21. Zhuravlyov M. A. Oborudovanie zhiropererabatyvayushchikh predpriyatiy / M. A. Zhuravlyov, L. D. Gozenput. M.: Pishch. prom.-st′, 1976. 327 s.

22. Arutyunyan I. S. Tekhnologiya pererabotki zhirov. M.: Pishchepromizdat, 1998. S. 8-15.

23. Lentsova L. V. Pishchevye zhiry: znachenie i problemy. Vladivostok: DVGAEHU, 2001. 128 s.

24. Koval′skaya G. N. Biofarmatsevticheskoe i tekhnologicheskoe issledovanie mazey i suppozitoriev s mikrobiologicheskim karotinom: avtoref. dis…. kand. farmats. nauk: 15.00.01 / Koval′skaya Galina Nikolaevna. Pyatigorsk, 1987. 21 s.

25. Kaloshin Yu. A. Tekhnologiya i oborudovanie maslozhirovykh predpriyatiy. M.: Akademiya, 2002. S.115-117.

ОБ АВТОРАХ

Чахирова Анна Анатольевна, кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры фармацевтической технологии с курсом медицинской биотехнологии Пятигорского медико-фармацевтического института филиала ВолгГМУ Минздрава России, E-mail: annachaxirova@gmail.com, +7(961)460-34-22

Chakhirova Anna Anatolievna, Candidate of Pharmaceutical Sciences, Associate Professor of Department of Pharmaceutical technology with the course of medical biotechnology of Pyatigorsk medical and pharmaceutical Institute – a branch of the VSMU Ministry of health of Russia, E-mail: annachaxirova@gmail.com, +7(961)460-34-22

Ковтун Елена Владимировна, кандидат фармацевтических наук, старший преподаватель кафедры фармацевтической технологии с курсом медицинской биотехнологии Пятигорского медико-фармацевтического института – филиала ВолгГМУ Минздрава России, E-mail: elena.f.73@mail.ru, +7(962)442-52-46

Kovtun Elena Vladimirovna, Candidate of Pharmaceutical Sciences, Senior lecturer Department of Pharmaceutical technology with the rate of medical biotechnology Pyatigorsk medical-pharmaceutical Institute – a branch of the VSMU Ministry of health of Russia, E-mail:elena.f.73@mail.ru, +7(962)442-52-46

Марина Алексеевна Огай, доктор фармацевтических наук, профессор кафедры фармацевтической технологии с курсом медицинской биотехнологии Пятигорского медико-фармацевтического института филиала ВолгГМУ Минздрава России, E-mail: marinfarm@yandex.ru, +7 (983)621-76-55
Ogai Marina Alexeyevna, Doctor of Pharmacy, Professor of Department of Pharmaceutical technology with the rate of medical biotechnology Pyatigorsk medical-pharmaceutical Institute – a branch of the VSMU Ministry of health of Russia„ E-mail: marinfarm@yandex.ru, +7 (983)621-76-55

Степанова Элеонора Федоровна, доктор фармацевтических наук, профессор кафедры фармацевтической технологии с курсом медицинской биотехнологии Пятигорского медико-фармацевтического института – филиала ВолгГМУ Минздрава России,
E-mail: efstepanova@yandex.ru, +7(928)919-83-35
Stepanova Eleonora Fedorovna, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor of the Department of pharmaceutical technology with a course of medical biotechnology of the Pyatigorsk medical and pharmaceutical Institute– a branch of the VSMU Ministry of health of Russia,
E-mail: efstepanova@yandex.ru, +7(928)919-83-35

Нам Наталья Леонидовна, кандидат химических наук, доцент кафедры химии Российского Государственного Аграрного Университета -МСХА имени К.А.Тимирязева;127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; Российский Государственный Аграрный Университет - МСХА имени К.А. Тимирязева; +7-926-303-08-05; E-mail: namnl@rambler.ru
Nam Natalia Leonidovna, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of Chemistry Department of the Russian State Agrarian University -Moscow Timiryazev agricultural Academy;49 Timiryazevskaya str., Moscow, 127550; Russian State Agrarian University - Timiryazev Moscow state agrarian University; +7-926-303-08-05; E-mail: namnl@rambler.ru

Дата поступления в редакци: 08.03.2019 г.
После рецензирования: 22.05.2019 г.
Дата принятия к публикации: 5.06.2019 г.

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. Рецензияспециалиста 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 узоров, 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@yndex.ru, orobinskaya.val@yandex.ru

СОВРЕМЕННАЯ НАУКА И ИННОВАЦИИ

Научный журнал

Выпуск №2(26), 2019

Научное редактирование, проверка статей на антиплагиат рубрики
«Технические науки» – В. Н. Оробинская
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 30.06.2019. Дата выхода в свет 10.06.2019.

Формат 210x297 1/8 Усл. печ. л. 37,22 Усл. изд. л. 36,68
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