

**ISSN 2411-1872**

DOI: 10.17117/nv.2016.04

<https://ukonf.com/doc/nv.2016.04.pdf>

# **Научный Вестник**

**2016 · N 4(10)**

## **Science Bulletin**

ISSN 2411-1872



9 772411 187205



<https://ukonf.com/nv>



DOI: 10.17117/nv.2016.04

<https://ukonf.com/doc/nv.2016.04.pdf>

## Научный вестник

2016 · N 4(10)

Выходит 4 раза в год

Свидетельство о регистрации средства массовой информации Эл № ФС 77-55459 от 25.09.2013 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Учредитель и издатель:

ООО «Консалтинговая компания Юком»

Главный редактор: Уляхин Т.М.

Адрес редакции: Россия, 392000, г. Тамбов, а/я 44

URL: <https://ukonf.com/nv>

Информация об опубликованных статьях

предоставляется в РИНЦ (договор № 255-04/2015)

## Science Bulletin

2016 · N 4(10)

Issued 4 times a year

Registration Certificate of mass media EL № FS 77-55459 from 09/25/2013 given by Federal service of supervision in the scope of communication, information technologies and mass media (Roskomnadzor)

Founder and Publisher: Consulting company Ukom

Editor in Chief: Ulyahin T.M.

Address of Publisher:

Russia, 392000, Tambov, PO box 44

URL: <https://ukonf.com/nv>

The information about published articles is given

to the RISQ system (contract № 255-04/2015)

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. Материалы публикуются в авторской редакции. За содержание и достоверность статей ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов статей. При использовании и заимствовании материалов ссылка на издание обязательна. Издание основано в 2013 году. 8,38 усл. печ. л. 134 с.

## Редакционная коллегия

### **Бажева Римма Чамаловна**

Доктор химических наук, профессор

Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова

г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173

### **Баширов Вадим Дипрович**

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Оренбургский государственный университет

г. Оренбург, пр. Победы, 13

### **Гайсин Ильшат Ахатович**

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой

Казанский государственный аграрный университет

г. Казань, ул. К. Маркса, 65

### **Гоциридзе Рауль Симонович**

Доктор химических наук, директор

Батумский государственный университет им. Шота Руставели

Грузия, г. Батуми, ул. Гришашвили 5

### **Губанова Елена Сергеевна**

Доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой

Вологодский государственный университет

г. Вологда ул. Гагарина, 81

### **Жуков Борис Михайлович**

Доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой

Южный институт менеджмента

г. Краснодар, ул. Ставропольская, 216

### **Заернюк Виктор Макарович**

Доктор экономических наук, доцент

Российский государственный университет туризма и сервиса

Московская обл., п. Черкизово, ул. Главная, 99

### **Зенченко Светлана Вячеславовна**

Доктор экономических наук, профессор

Северо-Кавказский федеральный университет

г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1

## Editorial board

### **Bazheva Rima Chamalovna**

Doctor of Chemical Sciences, Professor

Kabardino-Balkaria State University named H.M. Berbekov

Nalchik, Chernishevskiy st., 173

### **Bashirov Vadim Diprovich**

Doctor of Agricultural Sciences, Professor

Orenburg State University

Orenburg, Pobedy ave., 13

### **Gaysin Ilshat Ahatovich**

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, head of Department,

Kazan State Agrarian University

Kazan, K. Marksa st., 65

### **Gotsiridze Raul Simonovich**

Doctor of Chemical Sciences, Director

Batumi State University named Shota Rustaveli

Georgia, Batumi, Grishashvili st., 5

### **Gubanova Elena Sergeevna**

Doctor of Economic Sciences, Professor, head of Department

Vologda State University

Vologda, Gagarin st., 81

### **Zhukov Boris Mihaylovich**

Doctor of Economic Sciences, Professor, head of Department

Southern Institute of Management

Krasnodar, Stavropolskaya st., 216

### **Zaernyuk Victor Makarovich**

Doctor of Economics Science, associate Professor

Russian State University of Tourism and Service

Moscow reg., set. Cherkizovo, Main st., 99

### **Zenchenko Svetlana Vyacheslavovna**

Doctor of Economics Science, Professor

North-Caucasian Federal University

Stavropol, Pushkin st., 1

**Редакционная коллегия****Ибраев Иршек Кажикаримович**

Доктор технических наук, профессор  
 Карагандинский государственный технический университет  
 Казахстан, г. Караганда, бул. Мира, 56

**Кайгородцев Александр Александрович**

Доктор экономических наук, профессор  
 Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова  
 (Усть-Каменогорский филиал)  
 Казахстан, Усть-Каменогорск, ул. 30-й Гвардейской дивизии, 22

**Киреев Иван Михайлович**

Доктор технических наук, зав. отделом,  
 ведущий научный сотрудник  
 Росинформагротех, КубНИИТиМ (филиал)  
 г. Новокубанск, ул. Кутузова, 5

**Кобелева Татьяна Алексеевна**

Доктор фармацевтических наук, профессор, зав. кафедрой  
 Тюменский государственный медицинский университет  
 г. Тюмень, ул. Одесская, 61

**Коротков Владислав Георгиевич**

Доктор технических наук, профессор, декан  
 Оренбургский государственный университет  
 г. Оренбург, пр. Победы, 13

**Куликов Владимир Владимирович**

Доктор юридических наук, директор  
 Российская академия народного хозяйства и государственной  
 службы при Президенте РФ (Кировский филиал)  
 г. Киров, ул. Ленина, 25

**Мальшева Галина Владленовна**

Доктор технических наук, профессор, Московский  
 государственный технический университет им. Н.Э. Баумана  
 г. Москва, ул. 2-я Бауманская, 6

**Мегрелишвили Зураб Неврович**

Доктор технических наук, профессор,  
 руководитель департамента  
 Батумский государственный университет им. Ш. Руставели  
 Грузия, Батуми, ул. Пиросмани, 12

**Надеждин Евгений Николаевич**

Доктор технических наук, профессор  
 Государственный научно-исследовательский институт  
 информационных технологий и телекоммуникаций  
 Москва, Брюсов пер., 21, стр. 2

**Ниценко Виталий Сергеевич**

Доктор экономических наук  
 Одесский национальный университет им. И.И. Мечникова  
 Украина, г. Одесса, ул. Дворянская, 2

**Оболенский Николай Васильевич**

Доктор технических наук, профессор, зам. директора  
 Нижегородский государственный инженерно-экономический  
 университет  
 г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, 65

**Пиджаков Александр Юрьевич**

Доктор юридических и исторических наук, профессор,  
 зав. кафедрой, Санкт-Петербургский государственный  
 университет гражданской авиации  
 г. Санкт-Петербург, ул. Пилотов, 38

**Пирожков Геннадий Петрович**

Доктор культурологии, профессор  
 Тамбовский государственный технический университет  
 г. Тамбов, ул. Советская, 106

**Полищук Владимир Юрьевич**

Доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой  
 Оренбургский государственный университет  
 г. Оренбург, пр. Победы, 13

**Editorial board****Ibraev Irshek Kazhikarimovich**

Doctor of Engineering Sciences, Professor  
 Karaganda State Technical University  
 Kazakhstan, Karaganda, Mira blvd., 56

**Kaygorodcev Aleksandr Aleksandrovich**

Doctor of Economics Science, Professor  
 Plekhanov Russian University of Economics (Ust-Kamenogorsk  
 branch)  
 Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk, 30-th Guards division st., 22

**Kireev Ivan Mikhailovich**

Doctor of Technical Sciences, head of Department,  
 leading Researcher  
 Rosinformagroteh, KubNIITiM (branch)  
 Novokubansk, Kutuzov st., 5

**Kobeleva Tatyana Alekseevna**

Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor, head of  
 Department  
 Tyumen State Medical Academy  
 Tyumen, Odessa st., 54

**Korotkov Vladislav Georgievich**

Doctor of Engineering Sciences, Professor, Dean  
 Orenburg State University  
 Orenburg, Pobedy ave., 13

**Kulikov Vladimir Vladimirovich**

Doctor of Juridical Sciences, Director  
 Russian Presidential Academy of National Economy and Public  
 Administration (Kirov branch)  
 Kirov, Lenin st., 25

**Malyшева Galina Vladlenovna**

Doctor of Technical Sciences, Professor  
 Moscow State Technical University named N.E. Bauman  
 Moscow, 2nd Bauman st., 6

**Megrelishvili Zurab Nevrovich**

Doctor of Technical Science, Professor, head of Department  
 Batumi State University named Sh. Rustaveli  
 Georgia, Batumi, Pirosmeni st., 12

**Nadezhdin Evgeniy Nikolaevich**

Doctor of Engineering Sciences, Professor  
 State Institute of Information Technologies and  
 Telecommunications  
 Moscow, Brousov lane., 21, build 2

**Nicenko Vitaliy Sergeevich**

Doctor of Economics Science  
 Odessa I.I. Mechnikov National University  
 Ukraine, Odessa, Dvoryanskaya str., 2

**Obolenskiy Nikolai Vasilyevich**

Doctor of Engineering Sciences, Professor, deputy Director  
 Nizhny Novgorod State University of Architecture and  
 Civil Engineering  
 Nizhny Novgorod, Ilinskaya st., 65

**Pidzhakov Aleksander Yurievich**

Doctor of Juridical and Historical Sciences, Professor,  
 head of Department  
 St. Petersburg State University of Civil Aviation  
 St. Petersburg, Pilotov st., 38

**Pirozhkov Gennadiy Petrovich**

Doctor of Culturology, Professor  
 Tambov State Technical University  
 Tambov, Sovetskaya st., 106

**Polischuk Vladimir Yurievich**

Doctor of Technical Sciences, Professor, head of Department  
 Orenburg State University  
 Orenburg, Pobedy ave., 13

## Редакционная коллегия

### **Попова Ангелина Алексеевна**

Доктор химических наук, доцент, зав. кафедрой  
Майкопский государственный технологический университет  
г. Майкоп, ул. Первомайская, 191

### **Попова Ольга Григорьевна**

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зам. директора  
Кубанский казачий государственный институт пищевой  
индустрии и бизнеса (филиал)  
г. Темрюк, ул. Советская, 4

### **Прохоров Владимир Тимофеевич**

Доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой  
Институт сферы обслуживания и предпринимательства  
(филиал) ДГТУ  
г. Шахты, ул. Шевченко, 147

### **Рябцев Александр Львович**

Доктор исторических наук, зав. кафедрой  
Черноморское Высшее военно-морское ордена Красной Звезды  
училище имени П.С. Нахимова  
г. Севастополь, ул. Павла Дыбенко, 1

### **Рябцева Елена Евгеньевна**

Доктор политических наук, профессор  
Севастопольский экономико-гуманитарный институт  
(филиал) Крымский федеральный университет  
им. В.И. Вернадского  
г. Севастополь, ул. Лизы Чайкиной, 80

### **Сопов Александр Валентинович**

Доктор исторических наук, профессор  
Майкопский государственный технологический университет  
г. Майкоп, ул. Первомайская, 191

### **Тамбовцева Ритта Викторовна**

Доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой  
Российский государственный университет физической  
культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК)  
г. Москва, Сиреневый бул., д. 4

### **Теренина Ирина Владимировна**

Доктор экономических наук, профессор  
Ростовский государственный строительный университет  
г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162

### **Хажметов Луан Мухажевич**

Доктор технических наук, профессор  
Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет  
им. В.М. Кокова  
г. Нальчик, пр. Ленина, 1 В

### **Халиков Абдулхак Абдулхайрович**

Доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой  
Ташкентский институт инженеров железнодорожного  
транспорта  
Узбекистан, г. Ташкент, ул. Адълходжаева, 1

### **Чеканов Николай Александрович**

Доктор физико-математических наук, профессор  
Белгородский государственный национальный  
исследовательский университет  
г. Белгород, ул. Победы, 85

### **Чернецов Владимир Иванович**

Доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой  
Московский государственный университет технологий и  
управления им. К.Г. Разумовского (филиал)  
г. Пенза, ул. Красная, 38

### **Шекихачев Юрий Ахметханович**

Доктор технических наук, профессор, декан  
Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет  
им. В.М. Кокова  
г. Нальчик, пр. Ленина, 1 В

## Editorial board

### **Popova Angelina Alekseevna**

Doctor of Chemical Sciences, associate Professor,  
head of Department  
Maykop State Technological University  
Maykop, Pervomayskaya st., 191

### **Popova Olga Grigoryevna**

Doctor of Agricultural of Sciences, Professor, deputy Director  
Kuban Cossack State Institute of Food Industry and  
Business (branch)  
Temryuk, Sovietskaya st., 4

### **Prokhorov Vladimir Timofeevich**

Doctor of Technical Sciences, Professor, head of Department  
Institute of the Service Sector and Entrepreneurship (branch)  
DSTU  
Shakhty, Shevchenko st., 147

### **Ryabcev Aleksandr Lvovich**

Doctor of Historical Sciences, head of Department  
Nakhimov Naval Academy (Sevastopol)  
Sevastopol, Pavla Dybenko st., 1

### **Ryabceva Elena Evgenyevna**

Doctor of Political Sciences, Professor  
Sevastopol economic-humanitarian Institute (branch)  
Crimean Federal University. V.I. Vernadsky  
Sevastopol, Lisa Chaikina st., 80

### **Sopov Alexander Valentinovich**

Doctor of Historical Sciences, Professor  
Maykop State Technological University  
Maykop, Pervomayskaya st., 191

### **Tambovtseva Ritta Viktorovna**

Doctor of Biological Sciences, Professor, head of Department  
Russian State University of Physical Education, Sport,  
Youth and Tourism (RSUPESY&T)  
Moscow, Lilac blvd., 4

### **Terenina Irina Vladimirovna**

Doctor of Economic Sciences, Professor  
State University of Civil Engineering  
Rostov-on-Don, Socialisticheskaya st., 162

### **Hazhmetov Liuyan Muhazhevich**

Doctor of Engineering Sciences, Professor  
Kabardino-Balkar State Agricultural University named  
after V.M. Kokov  
Nalchik, Lenina ave., 1

### **Halikov Abdulhak Abdulhairovich**

Doctor of Technical Sciences, Professor, head of Department  
Tashkent Institute of Railway Transport Engineers  
Uzbekistan, Tashkent, Adylhodzhaeva st., 1

### **Chekanov Nikolay Aleksandrovich**

Doctor of Physico-mathematical Sciences, Professor  
Belgorod National Research University  
Belgorod, Pobedy st., 85

### **Tchernetsov Vladimir Ivanovich**

Doctor of Technical Sciences, Professor, head of Department  
Moscow State University of Technology and Management  
named K.G. Razumovsky (branch)  
Penza, Krasnaya st., 38

### **Shekihachev Yuriy Ahmethanovich**

Doctor of Engineering Sciences, Professor, Dean  
Kabardino-Balkar State Agricultural University named  
after V.M. Kokov  
Nalchik, Lenina ave., 1

## Редакционная коллегия

### **Языджан Амаяк Захарович**

Доктор экономических наук, ведущий научный сотрудник  
Институт образовательных технологий РАО  
г. Сочи, ул. Орджоникидзе, 10 А

### **Яковлева Ирина Геннадьевна**

Доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой  
Запорожская государственная инженерная академия  
г. Запорожье, пр. Ленина, 226

### **Яковлева-Чернышева Анна Юрьевна**

Доктор экономических наук, доцент, проректор  
Международный инновационный университет  
г. Сочи, ул. Орджоникидзе, 10 А

## Editorial board

### **Yazydzhan Amayak Zakharovich**

Doctor of Economic Sciences, leading Researcher  
Institute of Educational Technologies RAE  
Sochi, Ordzhonikidze st., 10 A

### **Yakovleva Irina Gennadievna**

Doctor of Technical Science, Professor, head of Department  
Zaporozhye State Engineering Academy  
Zaporozhye, Lenina ave., 226

### **Yakovleva-Chernysheva Anna Yurievna**

Doctor of Economic Sciences, associate Professor, vice Rector  
International Innovative University  
Sochi, Ordzhonikidze st., 10 A

## Содержание

<b>ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ</b>	<b>8</b>
Бобохужаев Ш.И. Формирование и развитие рынка лизинговых услуг Узбекистана в постнезависимый период.....	8
Григорович М.А. Соответствие динамики пространственного распределения городов Свердловской области теоретическим закономерностям (на примере правила «ранг-размер» Ципфа) .....	21
<b>ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ</b>	<b>30</b>
Артеменко М.В., Калугина Н.М., Косьяненко В.В. Системные изменения структуры информативных показателей как индикаторы кластеров состояний организма .....	30
Глущенко Л.Ф., Петров Д.С., Лаптева Н.Г., Ларичева К.Н., Петрова А.С. Влияние инфракрасной обработки рыбы при подсушке перед холодным электрокопчением на изменение липидов .....	55
Кочетов О.С. Методика расчета аэродинамических глушителей шума для пылеуборочных машин текстильного производства.....	66
Ларичева К.Н., Глущенко Л.Ф., Лаптева Н.Г., Петрова А.С. Альтернативное сельскохозяйственное производство.....	75
Панкратов Д.Л., Гавариева К.Н. Разработка МАС для моделирования технологического процесса ЛПД на основе искусственного интеллекта.....	88
Петрова А.С., Глущенко Л.Ф., Лаптева Н.Г., Ларичева К.Н. Формирование качества медовухи при замене части меда в рецептуре сахаром .....	97
Пирумян Г.П., Симонян А.Г. Анализ экологического состояния реки с помощью фоновых концентраций .....	105
Цуканов О.Н. Зубчатые передачи на базе эвольвентно-конических колес .....	111
<b>ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ</b>	<b>118</b>
Кузнецов В.В. Оксониевый ион в фуллеренах малого диаметра .....	118
Хентов В.Я., Шачнева Е.Ю., Семчено В.В. Влияние физико-химических факторов на процессы сорбции катионов.....	126



## Contents

Bobokhujaev Sh.I. Forming and development of market of leasing services of Uzbekistan during the post-independent period .....	8
Grigorovich M.A. Compliance with the dynamics of the spatial distribution of cities Sverdlovsk Region theoretical laws (for example, the rules of "rank-size" Zipf).....	21
Artemenko M.V., Kalugina N.M., Kosyanenko V.V. System changes of structure of informative indicators as indicators of clusters of conditions of an organism.....	30
Glushchenko L.F., Petrov D.S., Lapteva N.G., Laricheva K.N., Petrova A.S. The influence of infrared processing fish at podsushke before cold jelektrokopcheniem on lipid change.....	55
Kochetov O.S. Method of calculation of aerodynamic mufflers of noise for the pyleuborochnykh of cars of textile production.....	66
Laricheva K.N., Glushchenko L.F., Lapteva N.G., Petrova A.S. Alternative agricultural production.....	75
Pankratov D.L., Gavarieva K.N. The process of profiling the grinding wheel helical grooves standard profile .....	88
Petrova A.S., Glushchenko L.F., Lapteva N.G., Laricheva K.N. The formation of quality mead when replacing part of the honey in the recipe with sugar.....	97
Pirumyan G.P., Simonyan A.G. Analysis of the ecological state of the river basis on background concentrations.....	105
Tsukanov O.N. Gears on basis involute-conical wheels .....	111
Kuznetsov V.V. Hydroxonium ion in fullerenes of small diameter.....	118
Khentov V.Ya., Shachneva E.Yu., Semchenko V.V. Influence of physical and chemical factors on processes of sorption of cations.....	126

DOI: 10.17117/nv.2016.04.008

Поступила (Received): 29.12.2016

com@gubkin.ru

## Бобохужаев Ш.И. Формирование и развитие рынка лизинговых услуг Узбекистана в постнезависимый период

### Bobokhujaev Sh.I. Forming and development of market of leasing services of Uzbekistan during the post-independent period

В данной статье автор рассматривает этапы формирования и развития рынка лизинговых услуг Узбекистана в постнезависимый период. В мировой практике крупнейшим рынком лизинговых услуг является США, где более 70 % компаний при необходимости приобретения оборудования используют лизинговые сделки. В историческом ракурсе первая лизинговая операция в постнезависимый период республики была заключена в 1993 году. В 1995 году была создана первая в республике лизинговая компания "Узбек лизинг интернешнл А.О." В Узбекистане регулирование лизинговых сделок осуществляется на основе ряда принятых нормативно-правовых документов. За последние 8 лет в Узбекистане количество лизингодателей увеличилось почти вдвое и на сегодняшний день их количество составляет 126 финансовых институтов. За последние годы наблюдается динамика роста объёмов лизинговых операций, а также объёмов портфеля лизинговых сделок. На сегодняшний день востребованы лизинговые услуги в таких сферах как: переработка хлопка, шёлка и сельскохозяйственной продукции, текстильная промышленность, производство стройматериалов, специальная строительная техника, специальный, грузовой, пассажирский автотранспорт, телекоммуникации, технологическое оборудование для малого бизнеса и частного предпринимательства. Анализ показателей лизинговой деятельности в Узбекистане указывает на экономическую привлекательность лизинговых операций и тенденции роста спроса на лизинговые услуги

**Ключевые слова:** лизинг, лизинговая операция, основные фонды предприятия, финансовый лизинг

In this article the author considers stages of forming and market development of leasing services of Uzbekistan during the after independence period. In world practice the largest market of leasing services is the USA where more than 70% of the companies in need of acquisition of the equipment use leasing transactions. In a historical foreshortening the first leasing transaction was put into the post-independent period of the republic in 1993. In 1995 the republic's first "Uzbek Leasing of International of A.O." leasing company was created. In Uzbekistan regulation of leasing transactions is performed on the basis of a number of the accepted standard legal documents. For the last 8 years in Uzbekistan the number of lessors increased nearly two and today their quantity makes 126 financial institutions. Dynamics of growth of amounts of leasing transactions, and also amounts of a portfolio of leasing transactions is in recent years observed. Today leasing services in such spheres as are demanded: conversion of cotton, silk and agricultural products, the textile industry, production of building materials, the special construction equipment, special, load, passenger motor transport, telecommunications, processing equipment for small business and a private entrepreneurship. The analysis of indicators of leasing activities in Uzbekistan specifies economic appeal of leasing transactions and a tendency of increase in demand for leasing services

**Key words:** leasing, leasing transaction, fixed assets of the entity, financial leasing



**Бобохужаев Шухрат Исмоилович**  
Доцент  
Российский государственный университет  
нефти и газа им. И.М. Губкина  
Узбекистан, г. Ташкент, ул. Дурмон йули, 34

**Bobokhujaev Shukhrat Ismoilovich**  
Associate Professor  
Russian state university of oil and gas  
named I.M. Gubkin  
Uzbekistan, Tashkent, Durmonuli st., 34

### **Введение (Introduction)**

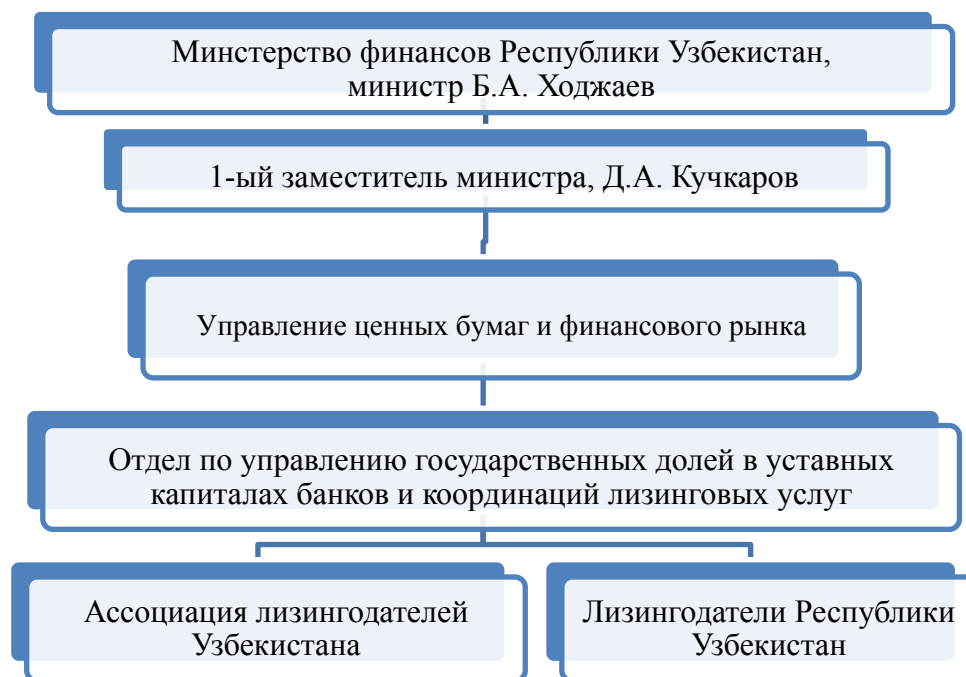
В современных условиях не всякое предприятие, особенно малого бизнеса и предпринимательства, может привлечь банковские кредиты для приобретения так необходимого в производстве современного оборудования, техники и новых технологий. Однако сегодня, кроме банковских кредитов, существует различное множество других финансовых инструментов. Одной из наиболее эффективных форм финансирования предприятий самой передовой техникой и технологией без отвлечения значительного количества собственных ресурсов, является лизинг.

Сегодня лизинг является одним из важнейших инструментов, стимулирующих развитие деятельности предприятия. По сути, лизинговая операция характеризуется специфической формой финансирования основных фондов предприятия посредством лизинговой компании.

В развитых странах данный инструмент используется в полной мере для развития экономики страны. В Германии лизинг масштабно используется как эффективный инструмент развития автомобильной промышленности, а также производства оборудования для автопрома. Немецкие автоконцерны «БМВ», «Фольксваген» и «Мерседес» выступили учредителями лизинговых компаний, через которые реализовывают свои автомобили и оборудование для автомобильных производств в странах мира. В США рынок лизинговых услуг является крупнейшим в мире, где более 70% компаний используют лизинговые сделки при необходимости приобретения оборудования. В первую очередь, лизинг является эффективным инструментом развития малого и среднего бизнеса, т.к. наибольший рост объема сделок в 2013 году были показаны в секторе smallticket (малые сделки стоимостью от 25 до 250 тыс. дол. США).

### **Материалы и методы (Materials and Methods)**

В историческом ракурсе первая лизинговая операция в постнезависимый период республики была заключена в 1993 году Национальной авиакомпанией "Узбекистон Хаво Йуллари", которая приобрела в лизинг десять самолетов от ведущих мировых производителей – 3 лайнера А-310 производства "Аэрбас Индастри", 2 британских самолета RJ-85, 2 лайнера Боинг-757 и 3 лайнера Боинг-767. В 1995 году была создана первая в республике лизинговая компания "Узбек лизинг интернешнл А.О.", на сегодняшний день лизинговые услуги оказывают более 100 лизингодателей. В 2005 году была создана Ассоциация лизингодателей Узбекистана, основными направлениями деятельности которой является совершенствование законодательной базы лизинговой деятельности и консалтинговая поддержка лизингодателей. Структурно координацию лизинговых услуг в Узбекистане осуществляет Министерство финансов Республики Узбекистан (см. рис.1).



*\*Составлено автором на основе данных сайта министерства финансов РУз, Ассоциации лизингодателей Узбекистана.  
URL: [https://www.mf.uz/mods/chart/org\\_chart\\_ru/org\\_chart\\_ru\\_3.html](https://www.mf.uz/mods/chart/org_chart_ru/org_chart_ru_3.html)*

**Рис. 1. Структура координации лизинговых услуг**

В Узбекистане регулирование лизинговых сделок осуществляется на основе ряда принятых нормативно-правовых документов:

- Гражданский Кодекс Республики Узбекистан;
- Закон Республики Узбекистан «О лизинге» от 14.04. 1999 г.;
- постановление Президента Республики Узбекистан от 10.05.2012 г. № ПП-1754 "О Программе развития сферы услуг в Республике Узбекистан в 2012-2016 годах";
- Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан от 26.04. 2004 г. №199 «О мерах по дальнейшему развитию лизинговых услуг»;
- Налоговый Кодекс Республики Узбекистан;
- Положение о порядке применения льгот по налогу на прибыль и единому налоговому платежу для юридических лиц, оказывающих отдельные виды услуг (рег. № 1594 от 17.06.2007 г.;
- Положение о порядке проведения лизинговых операций и их бухгалтерского учета в коммерческих банках (рег. № 1648 от 27.12.2006 г.);
- Перечень операций, относящихся к финансовым услугам, освобождаемым от налога на добавленную стоимость (рег. № 2460 от 29.05.2013 г.) и др.

В соответствии статьи 2 закона Республики Узбекистан «О лизинге» лизинг – это особый вид финансовой аренды, при котором одна сторона (лизингодатель) по поручению другой стороны (лизингополучателя) приобретает у третьей стороны (продавца) в собственность обусловленное договором лизинга имущество (объект лизинга) и предоставляет его лизингополучателю за плату на определенных таким договором условиях во владение и пользование на срок, превышающий двенадцать месяцев [1]. При этом договор лизинга должен отвечать одному из следующих требований:

- по окончании срока договора лизинга объект лизинга переходит в собственность лизингополучателя;

- срок договора лизинга превышает 80 % срока службы объекта лизинга или остаточная стоимость объекта лизинга по окончании договора лизинга составляет менее 20 процентов его первоначальной стоимости;

- по окончании срока договора лизинга лизингополучатель обладает правом выкупа объекта лизинга по цене ниже рыночной стоимости объекта лизинга на дату реализации этого права;

- текущая дисконтированная стоимость лизинговых платежей за период договора лизинга превышает девяносто процентов текущей стоимости объекта лизинга на момент передачи в лизинг. Текущая дисконтированная стоимость определяется в соответствии с законодательством о бухгалтерском учете.

В соответствии нормативно-правовой базы предусмотрены некоторые льготы и преференции, предоставляемые участникам лизинговой сделки. В соответствии с Налоговым кодексом (НК) Республики Узбекистан [2]:

- на основании статьи 209 «Финансовые услуги, освобождаемые от налога» НК предоставление услуг по договору финансовой аренды (лизинга) в части процентного дохода арендодателя (лизингодателя) относятся к финансовым услугам, освобождаемым от НДС. При этом в соответствии со статьей 219 «Сумма налога, не подлежащая отнесению в зачет» не подлежит зачету сумма НДС по имуществу, приобретаемому для передачи в финансовую аренду, включая лизинг;

- статьей 129 «Состав совокупного дохода» НК установлено, что не рассматривается в качестве дохода и не включается в совокупный доход налогоплательщика возмещение стоимости объекта финансовой аренды (лизинга) в виде части арендного (лизингового) платежа, полученное арендодателем (лизингодателем);

- статьей 156 «Особенности налогообложения дивидендов и процентов» НК определено, что процентные доходы, выплачиваемые арендодателю (лизингодателю) при предоставлении имущества в финансовую аренду (лизинг) не подлежат налогообложению налогом на прибыль у источника выплаты, а подлежат налогообложению у кредитной организации в порядке, установленном НК.

- на основании статьи 159 «Уменьшение налогооблагаемой прибыли» НК налогооблагаемая прибыль юридических лиц уменьшается на сумму возмещения стоимости объекта лизинга, за вычетом начисленной в соответствующем налоговом периоде амортизации, но не более 30 % налогооблагаемой прибыли.

- согласно статье 324 «Льготы» НК от уплаты сбора в Республиканский дорожный фонд за приобретение и (или) временный ввоз на территорию Республики Узбекистан автотранспортных средств освобождаются лизингодатели, приобретающие следующие автотранспортные средства для передачи в лизинг юридическим лицам:

- предприятия автомобильного транспорта, основным видом деятельности которых является перевозка пассажиров, имеющие лицензию установленного образца на перевозку пассажиров в соответствии с законодательством, -

по транспортным средствам, осуществляющим перевозку пассажиров (кроме легковых и маршрутных такси);

– юридические лица – по приобретенным карьерным автосамосвалам грузоподъемностью свыше сорока тонн;

– статьей 355 «Объект налогообложения» НК при расчете единого налогового платежа не рассматриваются в качестве объекта налогообложения возмещение стоимости объекта в виде части арендного (лизингового) платежа, полученное арендодателем (лизингодателем).

Кроме того, постановление Президента Республики Узбекистан от 17.04.2006 г. № ПП-325 "О мерах по ускорению развития сферы услуг и сервиса в Республике Узбекистан" устанавливает налоговые льготы, предусматривающие освобождение от уплаты налога на прибыль и единого налогового платежа (ЕНП) юридических лиц, оказывающих услуги лизинга [3]. Для микрофирм и малых предприятий срок действия льгот продлен **до 1 января 2017 года** в соответствии с пунктом 4 постановления Президента Республики Узбекистан от 10.05.2012 г. № ПП-1754 "О Программе развития сферы услуг в Республике Узбекистан в 2012-2016 годах" [4]. Порядок применения льготы установлен Положением о порядке применения льгот по налогу на прибыль и единому налоговому платежу для юридических лиц, оказывающих отдельные виды услуг (рег. № 1594 от 17.06.2007 г., Положение).

Также, согласно пункта 1 ПКМ №199 от 26.04. 2004 г. установлен порядок, при котором лизингополучатели при определении доходов (прибыли), подлежащих налогообложению, вправе вычитать из совокупного дохода всю сумму амортизационных отчислений, включая начисленную ускоренным методом в соответствии с законодательством, по основным средствам, полученным в лизинг до 1 января 2009 года [5].

### ***Результаты (Results)***

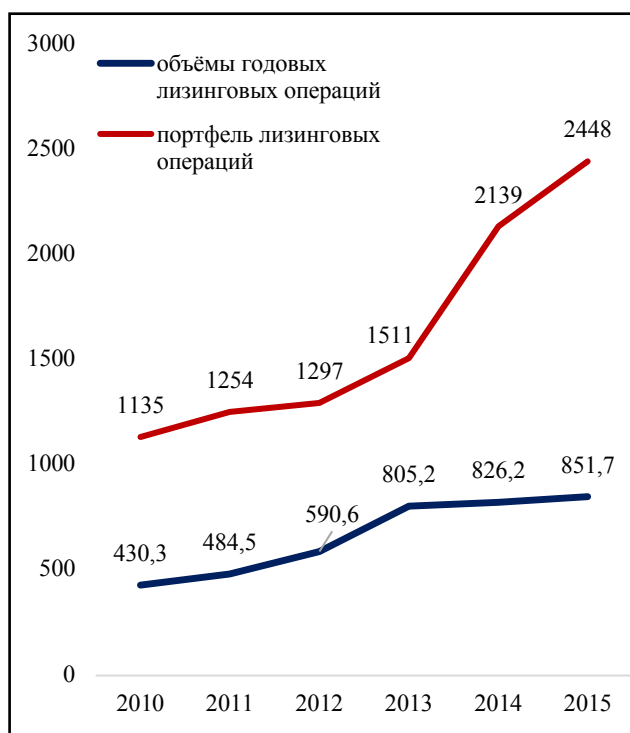
За последние 8 лет в Узбекистане количество лизингодателей увеличилось почти вдвое и на сегодняшний день их количество составляет 126 финансовых институтов (см. табл. 1), из которых 26 являются коммерческими банками. За полугодие 2016 года 79 лизингодателей активно проводили лизинговые операции, а остальные осуществляли мониторинг и погашение лизинговых платежей по операциям, заключенные в предыдущие годы [6].

Анализ основных показателей лизинговой деятельности в Узбекистане показывает, что средний темп роста объемов лизинговых сделок за период с 2008 по 2015 гг. составил 112,25%, что в среднем выше темпов роста ВВП республики (средний темп роста ВВП за аналогичный период составил 107,2%). Несмотря на динамику роста объема лизинговых операций, а также объема портфеля лизинговых сделок, вследствие незначительности данных показателей, доля операций и портфеля к ВВП снизилась почти вдвое и составляет соответственно с 1,0% и 2,5% до 0,6% и 1,5%. Кроме того, доля лизинга в инвестициях в основной капитал за период с 2008 года по 2015 годы также снизилась с 4,2% до 2,3% (см. табл.1).

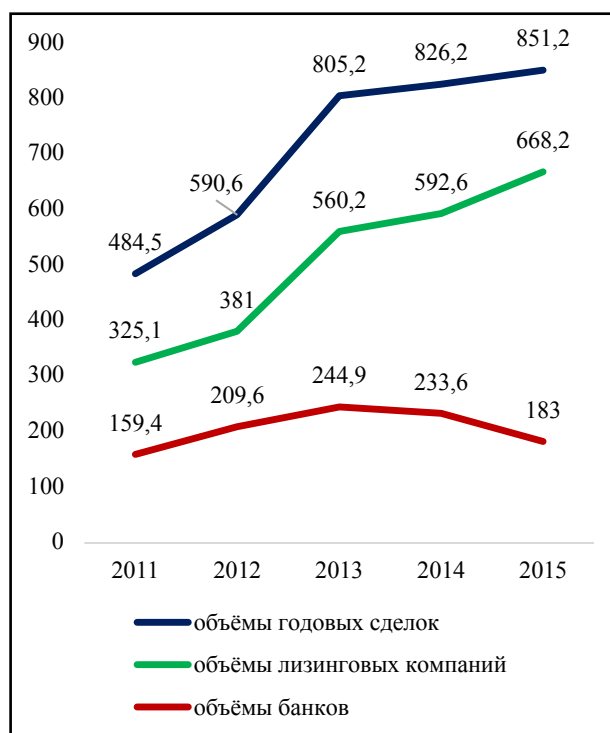
**Таблица 1. Основные показатели динамики изменения лизинговой деятельности в Узбекистане в 2008-2015 гг. [7-19]**

Показатели	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016 <sup>1/2</sup>
Количество лизингодателей	64	86	83	84	99	99	88	90	126*
Количество лизинговых сделок	5970	6102	5548	6260	7026	6692	4848	5630	2055
Темпы роста объёма лизинговых сделок, в %	100	114,3	107,2	112,6	121,9	136,4	102,6	103,0	
Доля лизинга в ВВП, %	1,0	0,8	0,7	0,6	0,6	0,7	0,6	0,6	
Темпы роста объёма портфеля лизинговых сделок, в %	100	137,2	101,2	110,5	103,5	116,5	141,6	114,5	
Доля лизингового портфеля в ВВП, %	2,2	2,3	1,8	1,6	1,3	1,3	1,5	1,5	
Доля лизинга в инвестициях в основной капитал, %	4,2	3,2	2,7	2,7	2,7	2,8	2,5	2,3	

Динамика изменения объёма лизинговых операций и портфеля лизинговых сделок в республике за последние 5 лет показывают разный тренд роста (см. рис. 2).



**Рис. 2. Динамика изменения объёма портфеля и заключённых годовых лизинговых операций, млрд. сум [7-19]**



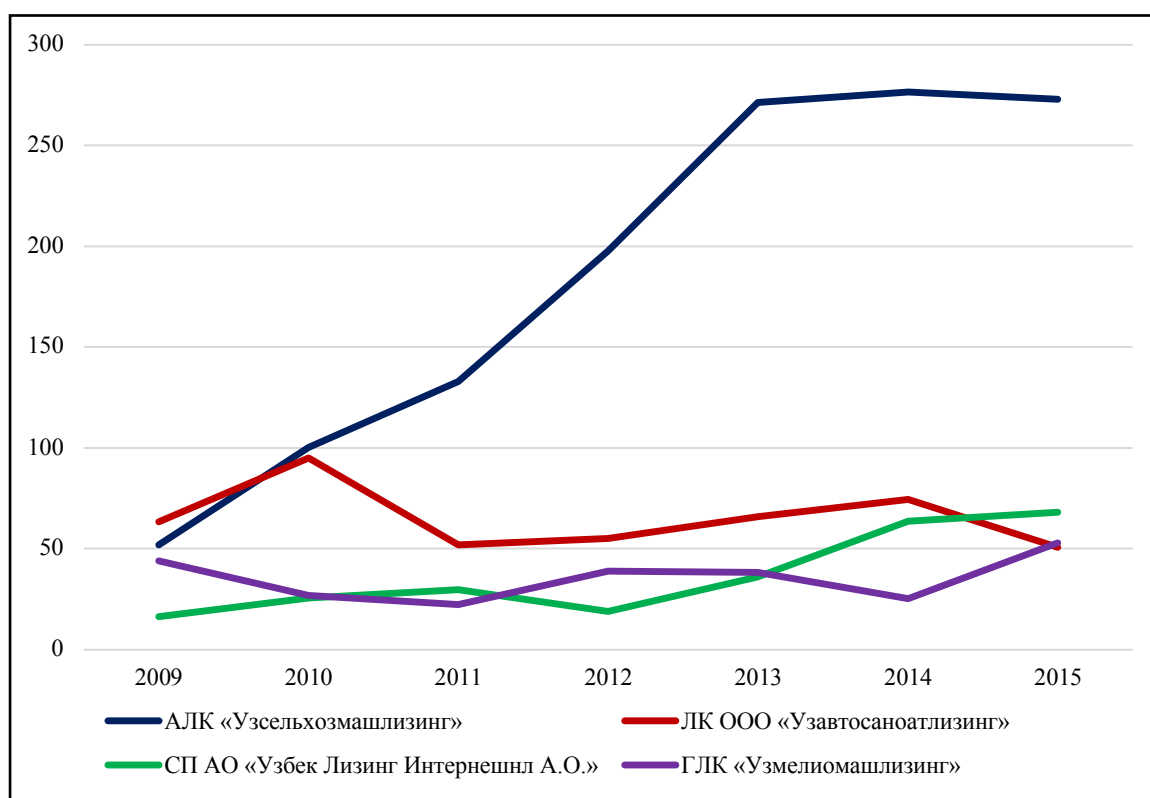
**Рис. 3. Динамика изменения объёмов годовых сделок лизинговых компаний и коммерческих банков, млрд. сум [7-19]**



Если с 2010 года по 2013 годы изменения объёма операций и портфеля имели идентичные и схожие тренды роста, то далее объёмы портфеля лизинговых сделок стали расти более быстрыми темпами, что указывает на увеличение сроков предоставления оборудования и техники в лизинг.

Несмотря на то, что в республике действуют и оказывают лизинговые услуги 100 лизинговых компаний, доля оказывающих такие же услуги 26 коммерческих банков достигала в разные годы различного уровня показатели. Если пик объёма годовых сделок коммерческими банками был достигнут в 2007 году и составил 47,3%, то за последние годы наблюдается снижение и наименьшая доля составила 21,5% в 2015 году.

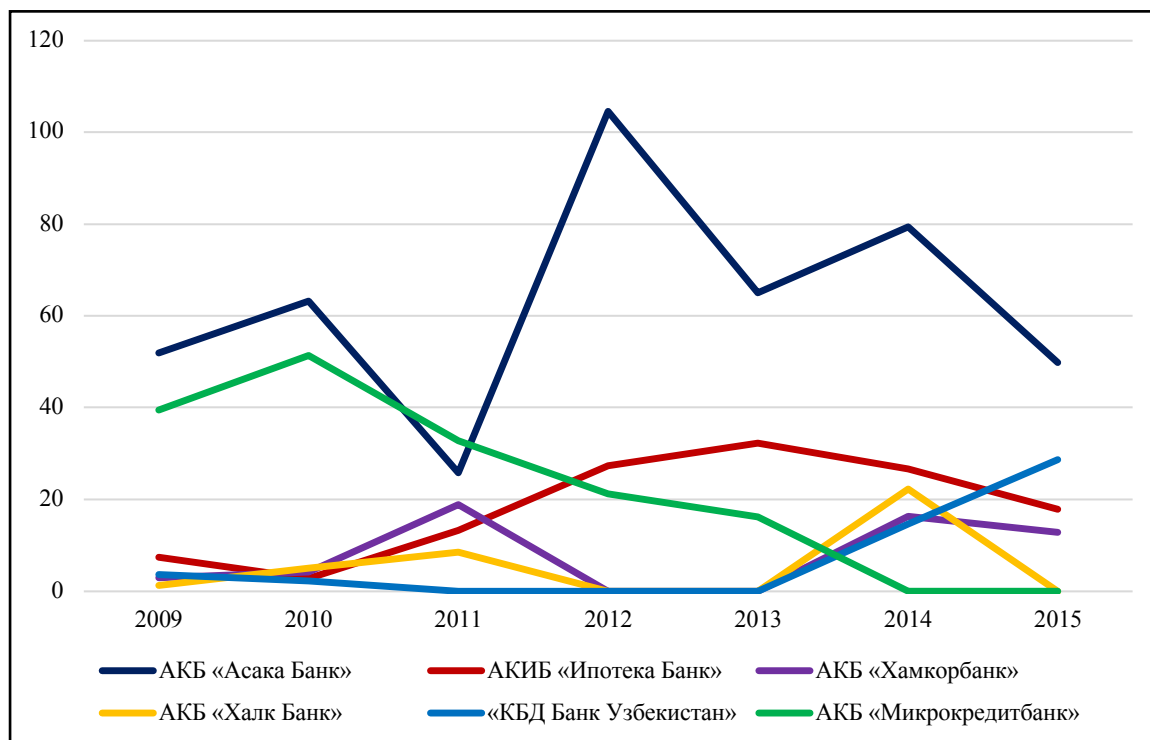
В целом, за последние годы наблюдается рост доли объёма годовых сделок лизинговых компаний, а также снижение доли коммерческих банков (см. рис. 3). В первую очередь, это связана с почти двукратным увеличением количества лизинговых компаний за последние 8 лет. Основная доля объёма годовых сделок лизинговых компаний приходится на 4 компании- АЛК «Узсельхозмашлизинг», ЛК ООО «Узавтосаноатлизинг», СП АО «Узбек Лизинг Интернешнл А.О.» и ГЛК «Узмелиомашлизинг» (см. рис. 4).



**Рис. 4. Динамика изменения объёма лизинговых сделок 4-х основных крупных лизинговых компаний Узбекистана, млрд. сум [7-19]**

Доля этих компаний в 2015 году составила 66,6% от объёма годовых сделок лизинговых компаний и 52,3% всего объёма лизинговых операций в республике. Из этих 4-х компаний наибольшая доля приходится на АЛК «Узсельхозмашлизинг» и составляет 40,9% всего объёма лизинговых сделок, совершённых лизинговыми компаниями в 2015 году.





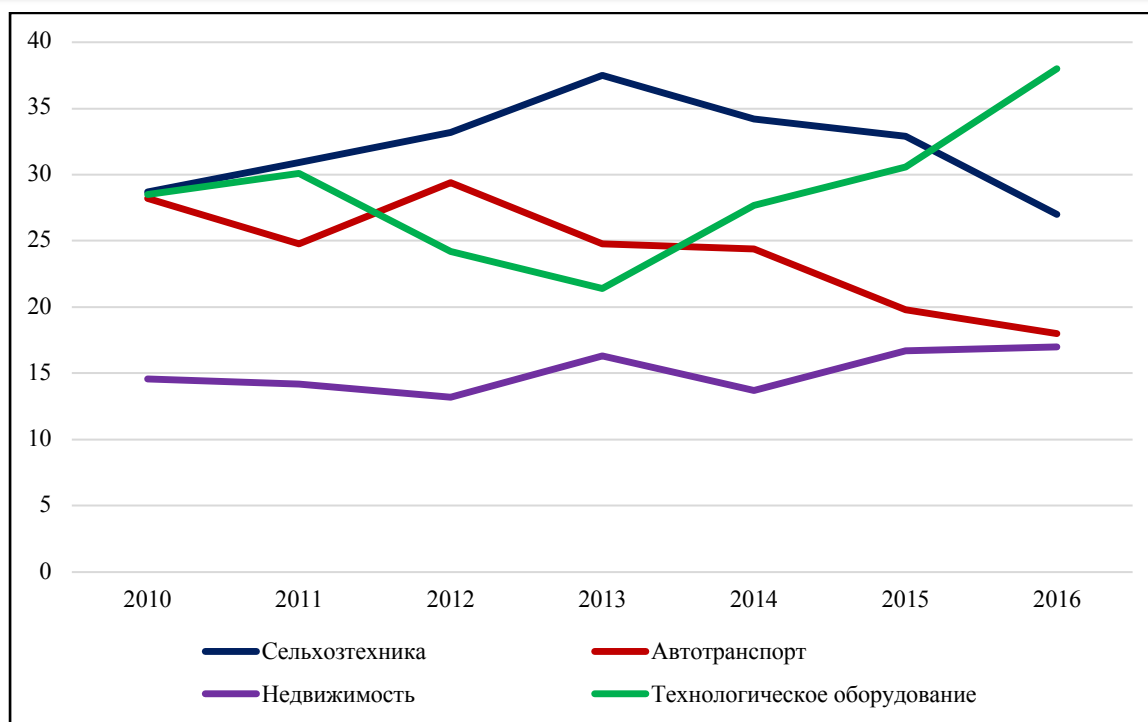
**Рис. 5. Динамика изменения объёма лизинговых сделок наиболее активных коммерческих банков Узбекистана, млрд. сум [7-19]**

В 2015 году из 26 коммерческих банков наиболее активно на лизинговом рынке оказывали услуги 5 банков - АКБ «Асака Банк», АКИБ «Ипотека Банк», АКБ «Хамкорбанк», «КБД Банк Узбекистан» и ЧАК «Трастбанк» (см. рис. 5).

Доля этих банков составила 67,7% от объёма годовых лизинговых сделок коммерческих банков. Из этих банков наибольшая доля приходится на АКБ «Асака Банк» и составляет 27,2% всего объёма лизинговых сделок, совершённых коммерческими банками в 2015 году.

Анализ распределения лизинговых операций за 2010-2016 годы по видам основных средств, приобретаемых лизингодателями для лизингополучателей, выявил ряд меняющихся трендов (см. рис.6). В течении многих лет пользовавшаяся наибольшим спросом лизинговые операции на сельхозтехнику уступила лидерство технологическому оборудованию. Кроме того, выявлено падение спроса заключения лизинговых сделок на автотранспорт и небольшой рост спроса заключения сделок на недвижимость.

Снижение спроса на заключение лизинговых сделок с сельскохозяйственной техникой наблюдается с 2013 года, а также растет доля лизинговых операций на технологическое оборудование (деревообрабатывающее, полиграфическое, компьютеры и оргтехника, торговое, для легкой промышленности, для производства продуктов питания, для производства строительных материалов и т.д.). Из технологического оборудования особым спросом пользуется сфера производства продуктов питания, строительных услуг и производства строительных материалов, мелиорации.



**Рис. 6. Динамика распределения лизинговых операций по видам основных средств за 2010-2016 годы [7-19]**

Учитывая проведённый анализ, можно отметить, что на сегодняшний день востребованы лизинговые услуги в таких сферах как: переработка хлопка, шёлка и сельскохозяйственной продукции, текстильная промышленность, производство стройматериалов, специальная строительная техника, специальный, грузовой, пассажирский автотранспорт, телекоммуникации, технологическое оборудование для малого бизнеса и частного предпринимательства.

Кроме того, анализ позволил выявить основные проблемы, которые препятствовали развитию лизинга в республике в первом полугодии 2016 года. К таким проблемам относятся концентрация финансовых средств в столице и столичном регионе, недостаточность валютных средств для финансирования некоторых проектов; задержка в поставках спецтехники СП ООО «MAN Auto Uzbekistan», временное приостановление выдачи договоров на автотранспорт ООО «SamAuto»; государственная программа по обновлению оборудования и техники мелиоративных предприятий выполнена и др. [20].

### **Обсуждение и заключение (Discussion and Conclusion)**

Рассмотрим некоторые перспективные направления деятельности лизинговых компаний Узбекистана. На сегодняшний день текстильная промышленность является одной из быстроразвивающихся отраслей республики. Предприятия, перерабатывая хлопок-волокно, выпускают пряжу, но не всем удаётся наладить дальнейшую его переработку. Именно в этом направлении отрасли имеется потенциал для лизинговых компаний, которые могут содействовать в организации производства продукции с более глубокой переработкой.

Рынок полиграфического оборудования стремительно развивается и обновляется. Полиграфические компании республики должны соответствовать

требованиям времени, своевременно обновляя устаревшее на современное оборудование. Лизинговые компании могут успешно содействовать переоснащению полиграфическим предприятиям малого бизнеса и частного предпринимательства. Производство упаковки сегодня востребованы практически во всех секторах промышленности, включая продовольственный, агропромышленный комплексы, химическую промышленность и т.д. Предприятиям, производящие упаковку, необходимо использовать новейшие технологии и разработки в упаковочной индустрии, поэтому спрос на упаковочные машины и технологии будет в перспективе только расти.

В Узбекистане в огромных объёмах выращиваются свежие фрукты, овощи и ягоды, общий размер которых составляют более 16 млн. тонн в год. Употреблять и доставлять такие объёмы свежей сельскохозяйственной продукции потребителям в полном объёме затруднительно, поэтому переработка сельхозпродукции является одной из приоритетных направлений. Поэтому в республике приняты меры по дальнейшему развитию инфраструктуры и оснащению современным оборудованием по приему, обработке, сортировке, калибровке, упаковке и маркировке сельхозпродукции для дальнейшей ее реализации не только на внутреннем, но и внешнем рынке. Значимую роль в решении данных задач играют и будут играть лизинговые компании.

В последние годы производство продуктов питания в Узбекистане занимает одно из важнейших мест промышленного рынка республики. Предприятиям, работающие в этом направлении, необходимо улучшать качество своей продукции, внедрять международные системы менеджмента, ориентироваться на мировые требования и стандарты. Поэтому этим предприятиям необходимо осуществлять модернизацию и технологическое переоснащение производства, что возможно осуществить с помощью лизинговых компаний.

В медицинской сфере республики также требуется постоянное совершенствование и обновление, в первую очередь, медицинского оборудования. Учитывая ужесточение требований к медучреждениям в отношении использования морально устаревшего оборудования, техническое оснащение играет важную роль для успешного диагностирования и лечения различных заболеваний.

В последние годы интерес к возобновляемым источникам энергии (ВИЭ) в Узбекистане значительно возрос, но предприятия до сих пор в производстве широко не используют ВИЭ. Для лизинговых компаний данное направление является также перспективным.

Т.о., анализ показателей лизинговой деятельности в Узбекистане указывает на экономическую привлекательность лизинговых операций и тенденции роста спроса на лизинговые услуги. В перспективе спрос на лизинговые услуги будет только возрастать, что связано с необходимостью обновления основных фондов многих предприятий. Одним из важнейших факторов развития лизинговой деятельности в республике является доступ лизингодателей к финансовым ресурсам, в том числе и зарубежных. Соответствие деятельности лизинговых компаний республики международным требованиям позволит привлечь прямые иностранные финансовые ресурсы. Также важным шагом в развитии

деятельности лизинговых компаний является необходимость налаживания сотрудничества со страховыми компаниями с целью фондирования лизинговых сделок.

**Список используемых источников:**

1. Закон Республики Узбекистан «О лизинге» от 14.04. 1999 г.  
URL: [http://www.lex.uz/pages/GetAct.aspx?lact\\_id=85248](http://www.lex.uz/pages/GetAct.aspx?lact_id=85248)
2. Налоговый Кодекс Республики Узбекистан. Национальная база данных законодательства Республики Узбекистан (LexUz). Сайт Центра правовой информатизации при Министерстве юстиции Республики Узбекистан. URL: [http://www.lex.uz/pages/getact.aspx?lact\\_id=1286689](http://www.lex.uz/pages/getact.aspx?lact_id=1286689)
3. Постановление Президента Республики Узбекистан от 17.04.2006 г. № ПП-325 "О мерах по ускорению развития сферы услуг и сервиса в Республике Узбекистан". Сайт Центра правовой информатизации при Министерстве юстиции Республики Узбекистан.  
URL: [http://www.lex.uz/Pages/GetAct.aspx?lact\\_id=1124522](http://www.lex.uz/Pages/GetAct.aspx?lact_id=1124522)
4. Постановление Президента Республики Узбекистан от 10.05.2012 г. № ПП-1754 "О Программе развития сферы услуг в Республике Узбекистан в 2012-2016 годах". Сайт Центра правовой информатизации при Министерстве юстиции Республики Узбекистан.  
URL: <http://www.lex.uz/mobileact/2011222>
5. Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан от 26 апреля 2004 г. №199 «О мерах по дальнейшему развитию лизинговых услуг». Сайт Центра правовой информатизации при Министерстве юстиции Республики Узбекистан.  
URL: [http://www.lex.uz/pages/GetAct.aspx?lact\\_id=297025](http://www.lex.uz/pages/GetAct.aspx?lact_id=297025)
6. Информация о лизингодателях Республики Узбекистан (по состоянию на 1 января 2014 года). Сайт Министерства финансов Республики Узбекистан.  
URL: [https://www.mf.uz/media/file/securities/lizing\\_org/lizing2014-01-01.pdf](https://www.mf.uz/media/file/securities/lizing_org/lizing2014-01-01.pdf)
7. Информация о лизингодателях Республики Узбекистан (по состоянию на 1 января 2015 года). Сайт Министерства финансов Республики Узбекистан.  
URL: [https://www.mf.uz/media/file/securities/lizing\\_org/lizing2015-01-01.pdf](https://www.mf.uz/media/file/securities/lizing_org/lizing2015-01-01.pdf)
8. Информация о лизингодателях Республики Узбекистан (по состоянию на 1 января 2016 года). Сайт Министерства финансов Республики Узбекистан.  
URL: [https://www.mf.uz/media/file/securities/lizing\\_org/lizing2016-01-01.pdf](https://www.mf.uz/media/file/securities/lizing_org/lizing2016-01-01.pdf)
9. Лизинговые операции, осуществленные лизингодателями. Сайт Министерства финансов Республики Узбекистан. URL: <https://www.mf.uz/home/deyatelnost-ii/lizing.html>
10. Информация о лизинговых операциях, осуществленных лизингодателями (по итогам 1 квартала 2013 года). Сайт Министерства финансов Республики Узбекистан.  
URL: [https://www.mf.uz/media/file/securities/lizing\\_operations2013-1.pdf](https://www.mf.uz/media/file/securities/lizing_operations2013-1.pdf)
11. Информация о лизинговых операциях, осуществленных лизингодателями (по состоянию на 01 января 2014 г.). Сайт Министерства финансов Республики Узбекистан.  
URL: [https://www.mf.uz/media/file/securities/lizing\\_operations2014.pdf](https://www.mf.uz/media/file/securities/lizing_operations2014.pdf)
12. Информация о лизинговых операциях, осуществленных лизингодателями (по состоянию на 1 января 2015 года). Сайт Министерства финансов Республики Узбекистан.  
URL: [https://www.mf.uz/media/file/securities/lizing\\_operations2015.pdf](https://www.mf.uz/media/file/securities/lizing_operations2015.pdf)
13. Информация о лизинговых операциях, осуществленных лизингодателями (по состоянию на 1 января 2016 года). Сайт Министерства финансов Республики Узбекистан.  
URL: [https://www.mf.uz/media/file/securities/lizing\\_operations2016.pdf](https://www.mf.uz/media/file/securities/lizing_operations2016.pdf)
14. Отчёт Ассоциации Лизингодателей Узбекистана за 2010 год. Сайт Ассоциации Лизингодателей Узбекистана. URL: <http://www.ula.uz/files/1303456605.pdf>
15. Отчёт Ассоциации Лизингодателей Узбекистана за 2011 год. Сайт Ассоциации Лизингодателей Узбекистана. URL: <http://www.ula.uz/files/1335164106.pdf>
16. Отчёт Ассоциации Лизингодателей Узбекистана за 2012 год. Сайт Ассоциации Лизингодателей Узбекистана. URL: <http://www.ula.uz/files/1370514393.pdf>
17. Отчёт Ассоциации Лизингодателей Узбекистана за 2013 год. Сайт Ассоциации Лизингодателей Узбекистана. URL: <http://www.ula.uz/files/1435217418.pdf>
18. Отчёт Ассоциации Лизингодателей Узбекистана за 2014 год. Сайт Ассоциации Лизингодателей Узбекистана. URL: <http://www.ula.uz/files/1467200325.pdf>



19. Отчёт Ассоциации Лизингодателей Узбекистана за 2015 год. Сайт Ассоциации Лизингодателей Узбекистана. URL: <http://www.ula.uz/files/1470811822.pdf>
20. Отчёт Ассоциации Лизингодателей Узбекистана за первое полугодие 2016 года. Сайт Ассоциации Лизингодателей Узбекистана. URL: <http://www.ula.uz/files/1470811822.pdf>

### References:

1. The law of the Republic of Uzbekistan "About leasing" of April 14, 1999. URL: [http://www.lex.uz/pages/GetAct.aspx?lact\\_id=85248](http://www.lex.uz/pages/GetAct.aspx?lact_id=85248)
2. Tax Code of the Republic of Uzbekistan. National database of the legislation of the Republic of Uzbekistan (LexUz). The website of Centre of legal informatization in case of the Ministry of Justice of the Republic of Uzbekistan. URL: [http://www.lex.uz/pages/getact.aspx?lact\\_id=1286689](http://www.lex.uz/pages/getact.aspx?lact_id=1286689)
3. The resolution of the President of the Republic of Uzbekistan of April 17, 2006 No. PP-325 "About measures for acceleration of development of service trade and service in the Republic of Uzbekistan". The website of the Center of legal informatization in case of the Ministry of Justice of the Republic of Uzbekistan. URL: [http://www.lex.uz/Pages/GetAct.aspx?lact\\_id=1124522](http://www.lex.uz/Pages/GetAct.aspx?lact_id=1124522)
4. The resolution of the President of the Republic of Uzbekistan of May 10, 2012 No. PP-1754 "About the Development program of service trade in the Republic of Uzbekistan in 2012-2016". The website of the Center of legal informatization in case of the Ministry of Justice of the Republic of Uzbekistan. URL: <http://www.lex.uz/mobileact/2011222>
5. The resolution of Cabinet council of the Republic of Uzbekistan of April 26, 2004 No. 199 "About measures for further development of leasing services". The website of the Center of legal informatization in case of the Ministry of Justice of the Republic of Uzbekistan. URL: [http://www.lex.uz/pages/GetAct.aspx?lact\\_id=297025](http://www.lex.uz/pages/GetAct.aspx?lact_id=297025)
6. Information on lessors of the Republic of Uzbekistan (as of January 1, 2014). Website of the Ministry of Finance of the Republic of Uzbekistan. URL: [https://www.mf.uz/media/file/securities/lizing\\_org/lizing2014-01-01.pdf](https://www.mf.uz/media/file/securities/lizing_org/lizing2014-01-01.pdf)
7. Information on lessors of the Republic of Uzbekistan (as of January 1, 2015). Website of the Ministry of Finance of the Republic of Uzbekistan. URL: [https://www.mf.uz/media/file/securities/lizing\\_org/lizing2015-01-01.pdf](https://www.mf.uz/media/file/securities/lizing_org/lizing2015-01-01.pdf)
8. Information on lessors of the Republic of Uzbekistan (as of January 1, 2016). Website of the Ministry of Finance of the Republic of Uzbekistan. URL: [https://www.mf.uz/media/file/securities/lizing\\_org/lizing2016-01-01.pdf](https://www.mf.uz/media/file/securities/lizing_org/lizing2016-01-01.pdf)
9. The leasing transactions performed by lessors. Website of the Ministry of Finance of the Republic of Uzbekistan. URL: <https://www.mf.uz/home/deyatelnost-ii/lizing.html>
10. Information on the leasing transactions performed by lessors (following the results of 1 quarter 2013). Website of the Ministry of Finance of the Republic of Uzbekistan. URL: [https://www.mf.uz/media/file/securities/lizing\\_operations2013-1.pdf](https://www.mf.uz/media/file/securities/lizing_operations2013-1.pdf)
11. Information on the leasing transactions performed by lessors (as of January 01, 2014). Website of the Ministry of Finance of the Republic of Uzbekistan. URL: [https://www.mf.uz/media/file/securities/lizing\\_operations2014.pdf](https://www.mf.uz/media/file/securities/lizing_operations2014.pdf)
12. Information on the leasing transactions performed by lessors (as of January 1, 2015). Website of the Ministry of Finance of the Republic of Uzbekistan. URL: [https://www.mf.uz/media/file/securities/lizing\\_operations2015.pdf](https://www.mf.uz/media/file/securities/lizing_operations2015.pdf)
13. Information on the leasing transactions performed by lessors (as of January 1, 2016). Website of the Ministry of Finance of the Republic of Uzbekistan. URL: [https://www.mf.uz/media/file/securities/lizing\\_operations2016.pdf](https://www.mf.uz/media/file/securities/lizing_operations2016.pdf)
14. The report of Association of Lessors of Uzbekistan for 2010. Website of Association of Lessors of Uzbekistan. URL: <http://www.ula.uz/files/1303456605.pdf>
15. The report of Association of Lessors of Uzbekistan for 2011. Website of Association of Lessors of Uzbekistan. URL: <http://www.ula.uz/files/1335164106.pdf>
16. The report of Association of Lessors of Uzbekistan for 2012. Website of Association of Lessors of Uzbekistan. URL: <http://www.ula.uz/files/1370514393.pdf>
17. The report of Association of Lessors of Uzbekistan for 2013. Website of Association of Lessors of Uzbekistan. URL: <http://www.ula.uz/files/1435217418.pdf>
18. The report of Association of Lessors of Uzbekistan for 2014. Website of Association of Lessors of Uzbekistan. URL: <http://www.ula.uz/files/1467200325.pdf>

19. *The report of Association of Lessors of Uzbekistan for 2015. Website of Association of Lessors of Uzbekistan. URL: <http://www.ula.uz/files/1470811822.pdf>*
20. *The report of Association of Lessors of Uzbekistan for the first half of the year 2016. Website of Association of Lessors of Uzbekistan. URL: <http://www.ula.uz/files/1470811822.pdf>*

---

© 2016, Бобохужаев Ш.И.

*Формирование и развитие рынка лизинговых услуг  
Узбекистана в постнезависимый период*

---

© 2016, Bobokhujaev Sh.I.

*Forming and development of market of leasing  
services of Uzbekistan during the post-independent  
period*



DOI: 10.17117/nv.2016.04.021

Поступила (Received): 14.11.2016

ntagilscool50@mail.ru

**Григорович М.А.**  
**Соответствие динамики пространственного  
распределения городов Свердловской  
области теоретическим закономерностям  
(на примере правила «ранг-размер» Ципфа)**

**Grigorovich M.A.**  
**Compliance with the dynamics of the spatial  
distribution of cities Sverdlovsk Region theoretical  
laws (for example, the rules of "rank-size" Zipf)**

Развитие науки требует проверки соответствия теории практике. Разрабатываемые в одних социально-культурных и временных условиях теоретические положения, требуют апробации в других. В данной статье предпринята попытка проверить соответствие разработанного в условиях относительно равномерного расселения Германии правила «ранг-размер» системе расселения старопромышленного региона – Свердловской области. За основу ранжирования городов по правилу Ципфа была взята численность населения городов за 2009 и 2016 гг. Было проведено идеальное ранжирование городов, а затем – реальное. В реальности картина другая. Реальное распределение городов отличается ранговым разрывом и отсутствием четкой иерархичности. Разрыв между городом первого ранга – Екатеринбург – и остальными городами увеличивается. В регионе отсутствует город 2 ранга, что также видно на диаграмме реального распределения. На диаграммах показано, что при реальном или идеальном распределении городов по рангу, кривая численности населения стремится к нулю

**Ключевые слова:** система расселения, правило «ранг-размер» Ципфа, ранг

**Григорович Михаил Александрович**  
Кандидат географических наук, доцент  
Средняя общеобразовательная школа № 50  
г. Нижний Тагил, ул. Фрунзе, 25 А

The development of science requires verification of compliance of the theory in practice. Developed in the same socio-cultural and temporal conditions of theoretical positions, require testing in others. This article attempts to verify compliance with the conditions developed in a relatively uniform settlement of German rules, "rank-size" the system of resettlement old industrial region – Sverdlovsk region. The basis of the ranking of cities by the rule Zipf was taken urban population for 2009 and 2016. It was conducted ranking of ideal cities, and then – real. In reality, the picture is different. The actual distribution of the different cities ranking gap and the lack of a clear hierarchy. The gap between the city of the first rank – Yekaterinburg – and the rest of the cities is increasing. In the region there is no city of rank 2, which is also seen in the diagram the actual distribution. The graphs show that for real or ideal distribution of cities by rank, the curve of the population tends to zero

**Key words:** settlement system, the rule of "rank-size" Zipf, rank

**Grigorovich Mikhail Alexandrovich**  
Candidate of Geographical Sciences, Associate  
Professor  
Secondary School № 50  
Nizhny Tagil, Frunze st., 25 A

### **Введение (Introduction)**

В данной статье проведено ранжирование городов Свердловской области на основе правила «ранг-размер» Ципфа. Актуальность данного исследования связана с тем, что система расселения Свердловской области формировалась в течение трехсот лет. Рост населенных пунктов наблюдался в советский период, когда в связи с бурным промышленным развитием возросло число городов и поселков городского типа. Поэтому на современном этапе развития региональная система расселения отличается повышенным удельным весом городов. Проведенные расчеты показывают, что на 10 тыс. км<sup>2</sup> площади Уральского федерального округа приходится в среднем 1,1 городских поселения, в т.ч. 0,44 города. В Свердловской области данные показатели в несколько раз превышают общеокружные и составляют 7,4 и 2,4 соответственно, что доказывает высокоурбанизированный характер региональной системы расселения. Основная зона городского расселения региона протягивается в меридиональном направлении по линии Серов-Екатеринбург. К западу и к востоку от горнопромышленной полосы уровень урбанизированности снижается.

Под влиянием особенностей промышленного развития в Свердловской области как старопромышленном регионе сформировался фабрично-заводской тип расселения. Он характеризуется формированием многоуровневой системы городского расселения с высоким удельным весом монопрофильных городов и поселков, для которых характерны высокая концентрация производства на небольшом числе предприятий. Такой ограниченный выбор рабочих мест наряду с глубокой привязанностью работников к месту проживания и работы создает условия для замкнутости локальных рынков труда и сбыта.

Для центральной горнопромышленной полосы характерно наличие нескольких сформировавшихся территориально-групповых систем расселения различных функционально-иерархических рангов. Самой низшей ступенью из них являются т.н. «низовые» системы расселения, обычно формирующиеся на базе муниципального района или городского округа. При благоприятных условиях (наличие у системообразующего центра потенциала для полноценного вовлечения в сферу своего влияния поселений-«спутников» и более отдаленных территорий, и хорошо развитая транспортная система) «низовые» системы расселения трансформируются в локальные системы расселения (ЛСР). Они включают в себя иерархически взаимоподчиненные поселения, которые объединены между собой межселенными социально-экономическими и технико-производственными взаимосвязями. Каждая ЛСР обладает следующими территориальными особенностями [4, с. 132]:

1. Территориальное единство и развитая транспортная сеть, связывающая воедино населенные пункты;
2. Производственно-технологические и социально-трудовые взаимосвязи с системообразующим городом и отдельными поселениями;
3. Наличие в пределах группы административных и культурно-бытовых связей, которые создают условия для социально-культурного развития системы;
4. Совместное использование объектов различного рода инфраструктуры (транспортной, производственной, социальной и др.).

В ходе дальнейшего развития, концентрируя социально-экономический потенциал, ЛСР могут трансформироваться в более крупные скопления населенных пунктов – городские агломерации. Они представляют собой компактные пространственные группировки городских и сельских поселений, которые объединены между собой и городом-«ядром» производственными, трудовыми, культурно-бытовыми и рекреационными взаимосвязями. В настоящее время в Свердловской области существует только одна полноценная городская агломерация – Екатеринбургская. Как правило, локальные системы расселения занимают бóльшую территорию, чем городские агломерации, и характеризуются меньшей интенсивностью взаимосвязей с отдаленными от города-«ядра» системы поселениями.

### ***Материалы и методы (Materials and Methods)***

Исследование проводилось на основе открытых статистических данных, размещенных на сайте Госкомстата РФ. Нами были использованы данные по среднегодовой численности населения городов Свердловской области г. Нижний Тагил за 2009 и 2016 гг.

В геоурбанистике существует ряд теоретических положений, которые отражают динамику процессов развития городского расселения и анализируют соотношение между рангом и размером городов. Наиболее известным из них является правило (закон) Ципфа. В 1913 г. немецким географом Ауэрбахом впервые эмпирическим путем была обнаружена зависимость между численностью населения города и его рангом в системе расселения. Это выражается в том, что если расположить все города страны или региона по списку по убыванию численности населения, то каждому городу можно присвоить некоторый ранг или номер места, которое он получит в данном списке. Этот ранг можно определить следующей формулой:  $P_r = \frac{P_1}{R} b$ , где  $P_r$  – население данного города (ранг),  $P_1$  – население главного города страны (1-го ранга),  $R$  – ранг (порядковый номер) города,  $b$  – коэффициент, зависящий от местных условий.

Позднее данная закономерность изучалась рядом специалистов, а наиболее значимые обобщения по этому поводу были сделаны Г. Ципфом в 1949 г. Данная закономерность получила название «правило Ципфа» или правило «ранг-размер». Смысл правила Ципфа заключается в том, что при свободном «органическом» формировании системы городского расселения в каждой стране складывается сеть городов с равномерно убывающим числом жителей, т.е. зависимость рангов и населения городов носит линейный характер [2, с. 13]. Если территория представляет собой целостный экономический район, то население  $n$ -ого по размеру города составляет  $1/n$  числа жителей самого крупного города [5, с. 7].

Анализ распределения городов по рангу на основе правила «ранг-размер» позволяет судить об уровне формирования городской системы региона или страны. В градостроительной практике данный метод является удобным для сравнения систем городского расселения во времени и пространстве. Недостат-

ком данного метода, на наш взгляд, является его усредненность. Было высказано соображение, что правило Ципфа описывает распределение населенных мест не государств, а систем расселения [3, с. 241]. При применении данного правила необходимым является допущение, что его следует рассматривать как гипотезу, требующую в каждом случае конкретного анализа.

### **Результаты (Results)**

За основу ранжирования городов по правилу Ципфа был взят критерий численности населения городов (центров городских округов) региона за 2009 г. и 2016 г., т.е. данный процесс рассмотрен в динамике. Свердловская область является высокоурбанизированным регионом. В настоящее время большинство городов являются составной частью городских округов как одной из форм муниципальных образований, куда включаются и сельские населенные пункты. Это связано с тем, что зачастую городской округ образовывался путем расширения городских границ и включения в его состав сельских территорий. При подсчете численности населения государственными органами статистики отдельно учитываются категории городского и сельского населения в составе муниципальных образований. Поэтому ранжирование городов нами проведено только с учетом численности городского населения по состоянию на 2009 и 2016 гг. Сельское население не учитывалось. Полученные данные приведены в таблице 1.

Нами намеренно исключены из данного перечня два города – Новоуральск и Лесной. Они имеют статус закрытых административно-территориальных образований, данных по численности населения в официальных источниках за 2016 г. не имеется.

По табличным данным можно сделать вывод, что в большинстве городов наблюдается снижение численности населения, т.е. депопуляционные процессы проявляют себя отчетливо. Рост населения наблюдается только в Екатеринбурге, городах-«спутниках» (Первоуральск, Берёзовский, Верхняя Пышма, Среднеуральск, Арамилы) и Верхотурье. Наиболее высокие темпы убыли населения (свыше 20 %) наблюдаются в городах Заречный, Североуральск, Красноуральск, Нижние Серьги. Это может быть связано с моноотраслевой структурой экономики, низким качеством жизни населения и периферийным географическим положением, в стороне от транспортных путей. Сыграло свою роль закрытие ряда производственных предприятий.

По нашему мнению, общее снижение численности населения может происходить в первую очередь за счет внутрирегиональной миграции, когда происходит переезд на постоянное место жительства в региональную столицу. Екатеринбург привлекает в первую очередь высокой динамикой развития, наличием развитой социальной инфраструктуры и широкими возможностями для трудоустройства. Поэтому удельный вес Екатеринбургской городской агломерации по численности населения в регионе неуклонно растет.

**Таблица 1. Численность городского населения городов Свердловской области [1]**

№ п/п	Город	Численность населения, тыс. жит., 2009 г.	Численность населения, тыс. жит., 2016 г.	Динамика изменения численности населения	
				тыс. жит.	%
1	Екатеринбург	1323	1477,7	154,7	10,5
2	Нижний Тагил	375,7	359,6	-16,1	-4,5
3	Каменск-Уральский	182,5	172	-10,5	-6,1
4	Первоуральск	133,6	148,5	14,9	10,0
5	Серов	98,5	97,9	-0,6	-0,6
6	Асбест	73,8	65,3	-8,5	-13,0
7	Полевской	72,6	62,4	-10,2	-16,3
8	Ревда	63,3	62,4	-0,9	-1,4
9	Красноурьинск	62,6	58	-4,6	-7,9
10	Верхняя Пышма	58	67,7	9,7	14,3
11	Верхняя Салда	50,1	43,3	-6,8	-15,7
12	Берёзовский	47,6	56,6	9	15,9
13	Качканар	44,1	39,7	-4,4	-11,1
14	Алапаевск	43,3	37,7	-5,6	-14,9
15	Ирбит	42,5	37,4	-5,1	-13,6
16	Красноуфимск	40,9	39	-1,9	-4,9
17	Тавда	39,5	34	-5,5	-16,2
18	Реж	39,3	37,6	-1,8	-4,5
19	Сухой Лог	36,3	33,9	-2,4	-7,1
20	Кушва	34,3	28,8	-5,5	-19,1
21	Заречный	33,6	27,6	-6	-21,7
22	Североуральск	33,5	26,8	-6,7	-25,0
23	Артёмовский	33,3	30,9	-2,4	-7,8
24	Богданович	32,3	29,3	-3	-10,2
25	Карпинск	30,4	27,3	-3,1	-11,4
26	Камышлов	28,6	26,6	-2	-7,5
27	Красноуральск	28,1	23,3	-4,8	-20,6
28	Невьянск	25,9	23,6	-2,4	-9,7
29	Нижняя Тура	23,7	20,5	-3,2	-15,6
30	Кировград	22,7	20	-2,7	-13,5
31	Сысерть	21	20,9	-0,1	-0,5
32	Среднеуральск	20	22,6	2,6	11,5
33	Туринск	18,8	17,4	-1,5	-8,0
34	Талица	18,7	16	-2,7	-16,9
35	Нижняя Салда	17,9	17,4	-0,5	-2,9
36	Ивдель	17,8	16,2	-1,6	-9,9
37	Дегтярск	15,3	16,1	0,8	5,0
38	Арамилъ	14,8	15	0,2	1,3
39	Новая Ляля	13,5	12	-1,5	-12,5
40	Верхний Тагил	12,4	11,3	-1,1	-9,7
41	Нижние Серьги	12,1	9,5	-2,6	-27,4
42	Волчанск	10,6	9,1	-1,5	-16,5
43	Михайловск	10,2	9,2	-1,1	-10,9
44	Верхняя Тура	10	9,2	-0,8	-8,7
45	Верхотурье	7,6	8,7	1,1	12,6



Но последствия депопуляции в регионе могут быть очень серьезными в ближайшей перспективе. Уже сегодня в ряде отраслей промышленности отмечается недостаток квалифицированных инженеров, в провинциальном здравоохранении наблюдается дефицит врачей узкой специализации, в ближайшей перспективе также вероятен недостаток учителей средней школы.

На основании табличных данных и вышеприведенной формулы правила Ципфа нами были выделены 12 рангов городов. Данное количество является достаточным для высокого уровня урбанизации Свердловской области.

**Таблица 1. Идеальное ранжирование 2009 и 2016 гг.**

Ранг городов	Численность населения, тыс. жит., 2009 г.	Численность населения, тыс. жит., 2016 г.
1*	1323,0	1477,7
2	661,5	738,9
3	441	492,6
4	330,8	369,4
5	264,6	295,5
6	220,5	246,3
7	189	211,1
8	165,4	184,7
9	147	164,2
10	132,3	147,8
11	120,3	134,3
12	110,3	123,1

*\*Для города первого ранга – Екатеринбурга – указана реальная численность населения, от которой производились расчеты теоретической численности для городов других рангов*



**Рис. 1. Идеальное распределение городов Свердловской области по рангу, 2009, 2016 г.**

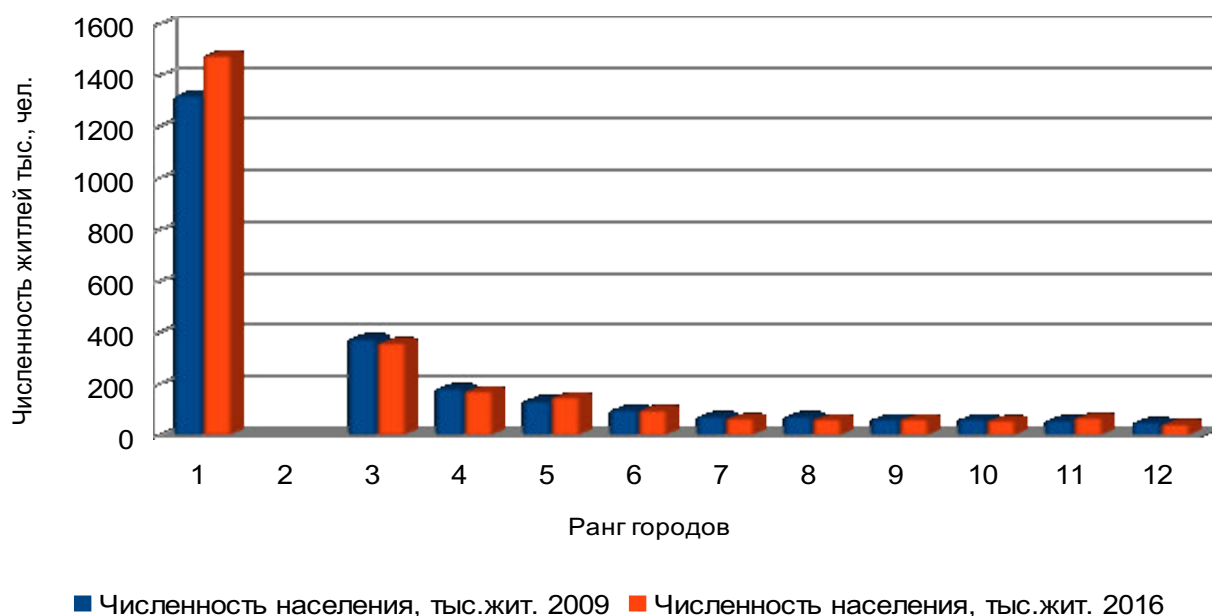


Из расчетов исключены города Лесной и Новоуральск по причине закрытости официальной статистики по численности населения. Сначала мы определили возможное идеальное распределение городов с учетом населения крупнейшего города – Екатеринбурга. Результаты показаны на рис. 1.

На диаграмме видно, что по распределению городов в 2009 г. город второго ранга должен иметь численность населения, равную 661,5 тыс. чел., третьего ранга – 441 тыс. чел., четвертого ранга – 330,8 тыс. чел., пятого ранга – 264,6 тыс. чел., шестого ранга – 220,5 тыс. чел., седьмого ранга – 189 тыс. чел., восьмого ранга – 165,4 тыс. чел., девятого ранга – 147 тыс. чел., десятого ранга – 132,3 тыс. чел., одиннадцатого ранга – 120,3 тыс. чел., двенадцатого ранга – 110,3 тыс. чел. Наблюдается закономерность снижения средней численности жителей в каждой иерархической группе, при этом интервал между нижележащими рангами сокращается. В этом случае города более высоких рангов выступают в роли центральных мест, выполняющих обслуживающие и транспортные функции по отношению к городам более низких рангов. Можно сделать вывод о том, что в Свердловской области отсутствует город 2 ранга, т.к. второй по численности город – Нижний Тагил – имеет значительно меньшую численность жителей.

Распределение городов в 2016 г. остается аналогичным, но с поправками на изменившуюся численность населения в городах, о которой сказано выше. Выросла численность населения Екатеринбурга. Поэтому город второго ранга должен иметь численность населения, равную 738,9 тыс. чел., третьего ранга – 492,6 тыс. чел., четвертого ранга – 369,4 тыс. чел., пятого ранга – 295,5 тыс. чел., шестого ранга – 246,3 тыс. чел., седьмого ранга – 211,1 тыс. чел., восьмого ранга – 184,7 тыс. чел., девятого ранга – 164,2 тыс. чел., десятого ранга – 147,8 тыс. чел., одиннадцатого ранга – 134,3 тыс. чел., двенадцатого ранга – 123,1 тыс. чел.

Реальное распределение городов отличается. Результаты приведены на рис. 2.



**Рис. 2. Реальное распределение городов Свердловской области по рангу 2009, 2016 гг.**

В реальности картина другая. Реальное распределение городов отличается ранговым разрывом и отсутствием четкой иерархичности. Разрыв между городом первого ранга – Екатеринбургом – и остальными городами увеличивается. В регионе отсутствует город 2 ранга, что также видно на диаграмме реального распределения. На диаграммах показано, что при реальном или идеальном распределении городов по рангу, кривая численности населения стремится к нулю.

### ***Обсуждение и заключение (Discussion and Conclusion)***

Таким образом, можно говорить о присущей региону пространственной неравномерности городского расселения. Ее важными закономерностями являются нарастание пространственной контрастности и усиление концентрации населения в Екатеринбургской агломерации. Для преодоления территориальных диспропорций могут быть предприняты некоторые меры – сдерживание роста главного города или стимулирование развития крупных городов (в противовес главному), либо средних и мелких (в противовес крупным).

Поэтому одним из главных инструментов развития городов становятся долгосрочные стратегии или комплексные инвестиционные планы. Стратегический план, раскрывая основные цели и ориентиры развития города на длительный период времени, позволяет сделать механизм управления городом более открытым, дает возможность населению, всем общественным силам, представителям всех хозяйствующих, финансовых, научных структур принимать участие в выборе различных решений и их успешной реализации. Изучение динамики городского расселения на основе теоретических закономерностей позволяет оценить ход реализации стратегии и внести в них определенные коррективы.

Выход из сложившейся ситуации состоит в том, чтобы постепенно сгладить противоречия в уровне и качестве жизни населения городов различного ранга и воссоздании градообразующей экономической базы. Основным преимуществом, которое благоприятно влияет на сохранение физического и психологического здоровья жителей малых городских поселений, является более спокойный темп жизни и транспортная доступность основных городских объектов в силу небольшой территории поселения. Социологизация личности в малых городах также проходит в более благоприятных условиях. Но в настоящее время невозможно ограничить конституционное право жителей на перемещение внутри страны и выбор места жительства. Каждый житель вправе жить там, где хочется, если для этого имеются соответствующие условия.

Но каким образом сдержать отток молодежи из родных городов? Ряд неблагоприятных факторов (дорогое жилье, особенно в крупных городах, неблагоприятная экологическая обстановка, недостаток территории для застройки и т.д.) делают крупные города менее привлекательными для проживания. С этой позиции пригородные зоны крупных городов, особенно те, что, расположены в пригородах (поселки-спутники), обладают резервом для развития. Здесь сохраняется благоприятная экологическая обстановка и есть свободные территории для строительства индивидуального жилья. В этом плане государством

начинают предприниматься некоторые шаги (оказывается помощь в получении кредита для строительства и т.д.). В России достаточно сырьевых ресурсов, чтобы обеспечить своих граждан недорогими стройматериалами. Таким образом, можно решить проблемы с обеспечением населения жильем и одновременно повысить качество жизни.

**Список используемых источников:**

1. База данных муниципальных образований Свердловской области.  
URL: <http://www.gks.ru/dbscripts/munst/munst65/DbInet.cgi>
2. Белов А.В. Инновации в региональной политике и территориальная структура экономического потенциала России в 1990-2009 гг. // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2012. № 2 (2). С. 13.
3. Перцик Е.Н. Города мира: География мировой урбанизации. М.: Международные отношения, 1999. С. 241.
4. Скутина Т.П. Место поселков городского типа в системе расселения Среднего Урала // Размещение производительных сил Урала. Вып. 9. Свердловск, 1978. С. 132.
5. Фаттахов Р.В., Строев П.В. Пространственный аспект модернизации экономики России // Экономика. Налоги. Право. 2015. № 6. С. 7.

**References:**

1. Database of municipalities of the Sverdlovsk region.  
URL: <http://www.gks.ru/dbscripts/munst/munst65/DbInet.cgi>
2. Belov A.V. Innovation in regional policy and territorial structure of Russia's economic capacity in the 1990-2009 biennium. Herald Below-City University named N.I. Lobachevsky. 2012. № 2 (2). P. 13.
3. Pertsik E.N. Cities: Geography of world urbanization. Proc. Guide for Geography. specialties universities. M.: International Relations, 1999. P. 241.
4. Skutina T.P. Place townships in the system of settlement of the Middle Urals. Placement of the productive forces of the Urals. Vol. 9. Sverdlovsk, 1978. P. 132.
5. Fattakhov R.V., Stroeve P.V. The spatial aspect of modernization Russian economy. Economy. Taxes. Right. 2015. № 6. P. 7.

© 2016, Григорович М.А.

Соответствие динамики пространственного распределения городов Свердловской области теоретическим закономерностям (на примере правила «ранг-размер» Ципфа)

© 2016, Grigorovich M.A.

Compliance with the dynamics of the spatial distribution of cities Sverdlovsk Region theoretical laws (for example, the rules of "rank-size" Zipf)

DOI: 10.17117/nv.2016.04.030

Поступила (Received): 30.11.2016

kstu-bmi@yandex.ru

**Артеменко М.В., Калугина Н.М., Косьяненко В.В.  
Системные изменения структуры информативных  
показателей как индикаторы кластеров  
состояний организма**

**Artemenko M.V., Kalugina N.M., Kosyanenko V.V.  
System changes of structure of informative indicators  
as indicators of clusters of conditions of an organism**

В связи с ростом психических заболеваний в различных странах и регионах возникает необходимость прогнозирования динамики уровней заболеваемости для своевременного принятия управляющих решений и корректирующих воздействий с целью проведения своевременных упреждающих мероприятий для улучшения и-или стабилизации ситуации и уменьшению возможных негативных последствий. Психические заболевания населения в регионе характеризуются определенными ритмологическими составляющими, обусловленными как эндогенными так и экзогенными факторами. В связи с неприемлемым для применения классических регрессионных и спектральных анализами объемами обучающих выборок предлагается использовать для построения математических моделей самоорганизационные алгоритмы моделирования, основанные на идеологии метода группового учета аргументов и системного анализа, позволяющие существенным образом уменьшить неопределенность выборок малого объема. В работе приведены и обсуждены результаты математического моделирования динамики психических заболеваний в Курской области, показаны соотношения между уровнями различных заболеваний, идентифицированы специфические внешние ритмы модулирующие основные социально значимые психические заболевания: психические расстройства, умственная отсталость, шизофрения и др. Сделан вывод о возможности построения приемлемых прогностических моделей на основе самоорганизационного подхода. Формализация предлагаемого подхода позволяет автоматизировать идентификационный процесс в системах поддержки принятия решений

Due to growth of mental diseases in various countries and regions there is a need of forecasting of dynamics of incidences for timely adoption of the operating decisions and the correcting influences for the purpose of holding timely anticipatory actions for improvement and-or stabilization of a situation and to reduction of possible negative consequences. Mental diseases of the population in the region are characterized by the certain ritmologichesky components caused by both endogenous and exogenous factors. Due to unacceptable for application classical regression and spectral analyses volumes of the training selections offer to use for creation of mathematical models the self-organizational algorithms of modeling based on the ideologies of a method of the group accounting of arguments and the system analysis allowing to reduce essentially uncertainty of selections of small volume. In work results of mathematical modeling of dynamics of mental diseases in Kursk region are brought and discussed, ratios between levels of various diseases are shown, specific external rhythms the modulating main socially important mental diseases are identified: mental disorders, intellectual backwardness, schizophrenia, etc. The conclusion is drawn on a possibility of creation of the acceptable predictive models on the basis of self-organizational approach. Formalization of the offered approach allows to automate identification process in systems of support of decision-making

**Ключевые слова:** математическое моделирование, самоорганизационные методы, системный анализ, региональная психическая заболеваемость, ритмологический анализ

**Артеменко Михаил Владимирович**  
Кандидат биологических наук, доцент  
Юго-западный государственный университет  
г. Курск, ул. 50-лет Октября, 96

**Калугина Наталья Михайловна**  
Магистр, аспирант  
Юго-западный государственный университет  
г. Курск, ул. 50-лет Октября, 96

**Косьяненко Виктория Викторовна**  
Студент  
Юго-западный государственный университет  
г. Курск, ул. 50-лет Октября, 96

**Key words:** mathematical modeling, self-organizational methods, system analysis, regional mental incidence, ritmologicheskyy analysis

**Artemenko Mikhail Vladimirovich**  
Candidate of Biology Sciences, Associate Professor  
Southwest state university  
Kursk, 50 years of October, 96

**Kalugina Natalya Mihailovna**  
Master, graduate  
Southwest state university  
Kursk, 50 years of October, 96

**Kosyanenko Victoria Viktorovna**  
Student  
Southwest state university  
Kursk, 50 years of October, 96

### **Введение (Introduction)**

В настоящее время все большее значение приобретают научно-практические исследования, посвященные адекватному прогнозированию региональной динамики социально-значимых заболеваний с целью оптимизации затрат на их профилактику и лечение, планирования лечебно-профилактических мероприятий и синтеза терапевтических средств, подготовки медицинских кадров.

Особый интерес среди них вызывают психические заболевания, поскольку данные патологии отражают не только генетическую предрасположенность, но и эколого-социальные особенности региона.

Таким образом, проблема прогнозирования уровней заболеваемости в регионе на ближайший и долгосрочный периоды, проектирование автоматизированной системы идентификации математических моделей на базе современных высокоэффективных и адекватных математических теорий и методов является, включающие инструментарий искусственного интеллекта, представляется актуальной проблемой повышения надежности краткосрочного и долгосрочного прогнозов уровней психических заболеваний с учетом региональных экологических факторов.

### **Материалы и методы (Materials and Methods)**

Классификация А.С. Мончадского [16] предусматривает выделение первичных и вторичных периодических и непериодических факторов и основана на особенностях реакций организмов на них.

На человеческое сообщество в регионе, как и на популяцию, распространяются (разумеется, с определенными уточнениями и ограничениями) следующие законы и принципы [12]:

– Закон минимума Ю. Либиха или концепция лимитирующего фактора – вещество, находящееся в минимуме, управляет величиной и устойчивостью развития и функционирования (у Либиха Ю. речь шла об урожайности);



– Закон толерантности В. Шелфорда. Лимитирующее влияние наряду с минимумом оказывает максимум фактора, следовательно, организмы характеризуются пределами толерантности;

– Принцип У. Олли. Недонаселенность (или отсутствие агрегации) и перенаселенность могут оказаться лимитирующими факторами. (В приложении к человеку, данный принцип проявляется на уровне урбанизации, когда рост современного города, если его численность превысит определенный порог, становится неуправляемым. Город, несмотря на высокий уровень комфортности, заставляет жителей расплачиваться здоровьем и продолжительностью жизни.);

– Факторы рождаемости и смертности удерживают популяцию в зоне гомеостатического плато. Эти факторы приобретают большое значение, когда воздействие стрессовых влияний уменьшается [4, 5, 8].

В системе ноосферы (по Вернадскому В.И, Чижевскому А.Л.) человек существует в экологическом пространстве, которое включает психологическое пространство личности. Кроме того, человек не только потребляет, но и воспроизводит необходимые для своего существования ресурсы, в том числе, за счет деградации внешней среды, разрушительным образом воздействуя на природные процессы, нарушая их важнейшее стабилизирующее свойство – цикличность [16]. Вследствие непродолжительности индивидуальной жизни (не говоря уже о жизни одного поколения) человеку трудно осознать эту цикличность и тем более оценить ее регуляторное влияние без анализа соответствующих моделей. Поскольку природа нашей планеты и всего мироздания рассматривается как стационарная система в больших интервалах времени, то в ней невозможны монотонно нарастающие или убывающие процессы, требующие в этом случае неограниченных энергоинформационных ресурсов.

Таким образом, при моделировании развития человеческого сообщества, его психологических, физических и социальных характеристик необходимо учитывать как ритмические процессы (внешние и внутренние, их синхронизацию и десинхронизацию), так и факторы, характеризующие на физико-химическом уровне региональную среду обитания, в том числе антропогенного характера (поскольку последние являются в определенном смысле управляемыми).

Методы экологических и ритмологических исследований в психиатрии основаны на определенных общих принципах, сложившихся в экологии [3, 4, 9, 10, 16]. Учитывая разноплановость экологических, биотических, абиотических и социальных факторов, принимающих участие в формировании этиологии и патогенеза болезни, наиболее оптимальной стратегией анализа является системный подход, учитывающий временной и пространственный аспекты.

Первый моделируется различными временными трендами и ритмическими структурами, дифференциальными уравнениями динамики.

Второй – в общем случае системами алгебраических и/или дифференциальных уравнений, отражающих влияние на региональную динамику уровней нозологии от загрязнений окружающей среды (более обобщенно и правильно – показателей, характеризующих химико-биологический состав среды обитания) и характеристик профилактических (и иных управленческих) воздействий [3].

Остановимся вначале более подробно на временном аспекте, в первую очередь биоритмическом направлении. В 1720 году французский астроном де Меран открыл околосуточную ритмику у мимозы – это было одно из первых научных исследований природных ритмов биологических объектов [14]. Хотя еще несколько тысячелетий назад было подмечено влияние солнечных и лунных ритмов на психически больных людей, развитие и характер эпидемий (в основном инфекционного типа) – ритуальный бытовой календарь мая, 60-летний календарь животных в Китае и Индии, современный 12-месячный календарь и т.п. Заметим, что уже на данном историческом этапе прослеживался региональный уровень.

Указанные сведения говорят о том, что биоритмология – одна из древнейших биологических дисциплин, а многочисленными исследованиями ученых, начиная с восемнадцатого столетия, неоднократно указывалось на тот факт, что биологические ритмы являются фундаментальной особенностью самого феномена жизни.

Исторически сложилось так, что наиболее подробно изучен суточный, циркадный ритм. Для человека, пожалуй, нет такого физиологического показателя, который бы не модулировался этими частотами. «Насквозь пропитанная ритмами» – так образно называет человеческий организм один из ведущих отечественных биоритмологов Б.М. Анекринский [16]. В настоящее время имеются сведения о периодичности порядка 300 функций человеческого организма [9, 10].

Существует гипотеза, что именно нарушение нормальной периодичности работы органов приводит к развитию той или иной патологии, того или иного заболевания. В подобной десинхронизации и синхронизации в ходе внешнего или самоорганизационного внутреннего воздействия в процессе лечения далеко не последнее место занимает управляющая и адаптационная деятельность нервной системы.

Замечено, что популяционные автоколебания, очевидно, имеют сезонные, окологодные и более длительные периоды. Подобная ритмика сопряжена обычно с циклическими вариациями солнечной активности и для организма человека выступает в качестве экзогенной. На уровне экосистем и популяций макроритмы имеют эндогенную природу, синхронизированных извне колебаний [5, 9]. В этот диапазон входит и 22-летний цикл солнечной активности – экзогенный ритм изменений процессов роста и развития человека.

Одним из важнейших моментов во временной организации биосистем является определенная упорядоченность, согласованность ритмики в организме. В настоящее время идентифицированы определенные соотношения между величинами периодов и фазами, поддерживающиеся в норме в определенных гомеостатических пределах [12].

Некоторые ученые [16] полагают, что указанная упорядоченность имеет иерархическую структуру: в определенном узком диапазоне периодов существует водитель ритма, частота которого является синхронизатором для всего диапазона. Эта «стандартная» частота «задающего генератора» зависит от управляющих сигналов водителя ритма более высокого порядка, осуществляющего компараторное сравнение первого водителя ритма с тем или иным

датчиком (эталоном) времени внешней среды. Конкретные органы, играющие роль водителя ритмов, соответствующие связи и системы взаимоподчинения изучены недостаточно, хотя для некоторых ритмов и имеются интересные гипотезы. Например, предполагают, что для организма млекопитающих весьма важным центром, определяющим ритмы мезодиапазона (часовые, суточные, месячные), является гипоталамус. Предполагают также, что некоторые характерные параметры в данном случае детерминированы генетически. У человека, по-видимому, наследуются фазовые соотношения между важнейшими ритмами и датчиками времени внешней среды, а также фазовые соотношения между различными гармониками.

В этом плане все более широкое развитие получает биоритмологическая генетика. При этом десинхроз исследуется обычно в двух ситуациях:

- 1) лишение организма всех без исключения датчиков времени;
- 2) помещение организма в условия резко измененных параметров внешнего задающего ритма.

Результаты проведенных исследований [16] показали, что для обеих ситуаций определено выраженные патологические изменения наблюдались у сравнительно небольшой части испытуемых (до 5%), что свидетельствует о наличии индивидуальной чувствительности к десинхрозу.

Вопрос о том, какие именно физические аспекты могут быть датчиками времени для биологических автоколебательных систем – один из наиболее разработанных в хронобиологии [9, 16]. Однако естественно предположить, что роль внешних синхронизаторов и десинхронизаторов могут играть любые физические факторы, к которым чувствительна система, – именно одним из таких, на наш взгляд, являются характеристики окружающей среды, в том числе загрязнители антропогенного (или иного) характера.

Это предположение развил, приняв во внимание одну из особенностей внешней синхронизации – незначительность амплитуды посторонней вынужденной силы при условии близости частот И.И. Блехман [7]. На основании проведенных исследований он делает вывод, что синхронизация возможна любым физическим агентом при условии, что вариации этого агента во времени содержат надлежащую периферическую компоненту. Подобные соображения приводят к необходимости рассмотрения таких физических факторов, как естественные фоновые электромагнитные и акустические поля и ионизирующие излучения, вариации радиоактивности атмосфер.

В целом, в биоритмологии выделяют следующие типовые диапазоны [16]:

1. Микроритмы. Здесь располагаются частоты синхропульсаций геомагнитного поля – так называемый электромагнитный фон. Эталоной частотой в этом диапазоне является частота 8 Гц – резонансная частота ионосферного волновода – полости, образуемой двумя проводящими поверхностями – Земля и ионосфера. Эта частота близка к  $\alpha$ -ритму энцефаллограммы человека.

2. Мезоритмы. Со стороны малых периодов диапазона мезоритмов располагается набор периодов собственных глобальных колебаний Солнца. Околонедельная ритмика и ее гармоники хорошо заметны в индексах геомагнитной возмущенности. Основные периоды здесь: 6,8; 8,9; 13,5 и 27,1 суток [16],

околонеделные (вариации межпланетного магнитного поля), – все они в пределах 10-20% колеблются в зависимости от фазы основного 11-летнего цикла 20 века солнечной активности или 11,9-летнего юпитерского цикла. Существенной деталью этих изменений является дискретность. Так, например, [3, 16] при подробном исследовании так называемого лунного периода в 27 дней было замечено его статистически значимое расщепление на гармоники с периодом 26,36; 26,98; 27,4; 27,82 суток.

3. Макроритмы представляются в основном гармониками солнечной цикличности.

4. Периоды большей длительности включают в себя циклы, длительность которых превышает жизнь нескольких поколений (столетия, тысячелетия и т.д.).

Было выявлено [2, 3, 16], что в мезо- и макродиапазонах временная структура синхронизаторов (водителей ритма) обладает определенным гармоническим единством: многие циклы обнаруживают соизмеримость и целочисленную кратность. Для относительно близких периодов характерно постоянство соотношений между фазами.

Методы ритмологических исследований в психометрии основаны на определенных базовых принципах [16]. Выдвигались гипотезы о возможной роли определенных экзогений в детерминации и патопластике психозов. Так, например Р.Г. Липанов анализу подверг ежемесячную периодичность психозов за 85 лет (госпитализации). Обнаружено, что каждой нозологической единице присуща своя кривая сезонных обострений с детерминированными пиками в весенне-осенний период. Причем сезонность обострений при шизофрении оказалась связанной с формой и течением болезни, наследственностью и практически не зависела от социально-экологических условий. (Большая отчетливость сезонности подобных заболеваний у женщин, возможно, связана с двумя факторами – меньшим разбросом водителей ритма и, следовательно, меньшей устойчивостью и большей склонностью к десинхрозам и сглаженной ритмической картиной у мужчин в силу склонности к алкоголизму и табакокурению).

Алкогольные психозы – это пример экзогенных психозов, поэтому в их начале периодика слабо наблюдается [16]. Между тем и здесь, например, для Крыма, хорошо идентифицированы периоды в 2; 2,5; 3,4; 4,2; 6,8 и 9,1 суток. У больных эпилепсией, напротив, относительно короткие ритмы статистически значимо не наблюдались – зафиксированы периоды: 14,8; 20,3; 20,4; 28,8; 64,4 и 98,5 суток. По наблюдениям Ч.А. Реймана, ряд клинических проявлений, относящихся к эпилептическим (мигрень, пароксизмы, булимии, вегетативно-сосудистые кризы, фосфены и ануфены на фоне тошноты), имеют периоды от нескольких часов до нескольких лет.

Гипотезы о роли внешних, экологических водителей ритма как дополнительных факторов риска при психозах связаны с концепцией времени наименьшего сопротивления или критических периодов, сопровождающихся снижением адаптационных возможностей и вследствие этого максимальной чувствительностью к неспецифическим воздействиям [9, 10]. В этом плане считается, что в первые часы рождения человек впервые сталкивается с прямым воздействием внешних факторов, что в значительной мере определяет его судьбу – реализацию генетических задатков [19].



Периодика умственной отсталости наиболее хорошо изучена на примере олигофрении [16]. Распределение по месяцам рождения показало, что наибольшее число подобных больных рождается в весенне-летний период (65%), причем до 30% из них в мае. Обнаружено, что олигофреники весьма чувствительны к колебаниям числа Вольфа (показатель солнечной активности). Предполагают, что на определенных этапах эмбриогенеза (в частности, 2-й и 5-й месяцы) внешние факторы могут тормозить синтез и-РНК, в общем случае дезорганизуя транскрипцию.

Феноменологией проявления ритма при шизофрении является смена состояний в дихотомии «психоз-ремиссия» [16]. Наиболее отчетливая периодичность наблюдается только в рекуррентном течении заболевания.

У маниакально-депрессивного психоза наиболее четко проявляется суточная, сезонная и синодическая ритмика. Феноменология клинических проявлений в этом случае выражена в длительности психоза, фазы, ремиссии.

Кроме «космической» модуляции давно замечено и изучается влияние на периодичность течения заболеваний метеоусловий (особенно для метеонестабильных людей) и конституции (антропологический аспект) [2, 11].

Действительно, проблема ритмических процессов связана со структурно-энергетической организацией биологических систем [4]. Считается, что система биологических ритмов формируется на основе индивидуальной временной шкалы организма. Согласно Н.И. Моисеевой, вариабельность этой автовременной шкалы для человека определена его индивидуально-типологическими особенностями, общим функциональным состоянием организма, а связь ритмики и конституции она доказывает через единство организма и среды. Она, в частности, считает, что ритм физиологических и психических (а в общем смысле, метаболических) процессов в организме определяется скоростью синтеза ферментов.

Циклические изменения жизнедеятельности организма связаны с периодическими изменениями внешней среды и поэтому организуются в суточные, недельные и т.д. Особенности ритмики жизнедеятельности человека лежат в основе его сенсорной организации и в основе его конституционного строения. Анализ литературы показывает, что в основном ритмическая концепция протекания психического заболевания у индивидуального больного рассматривается с целью оптимизации терапевтического воздействия (включая своевременность изоляции). Проблемы же, связанные с изучением ритмических и экологических особенностей динамики уровней психических заболеваний региона с целью управления и прогнозирования, изучены недостаточно. Проведение работ в этом направлении позволит:

- во-первых, определить психические маркеры экосоциальной напряженности региона;
- во-вторых, планировать и управлять региональными вопросами организации здравоохранительных мероприятий;
- в-третьих, проводить мероприятия по коррекции окружающей среды, сглаживать (или, по крайней мере, предусматривать) негативные последствия популяционных десинхронизаций психической саморегуляции общества.



Наиболее характерным для экологоритмологических исследований является изучение динамик заболеваемости и влияния на нее факторов внешней среды во времени, как однофакторно, так и многофакторно (сочетанный вариант с (и без) учетом загрязнений во времени, с (и без) накопительного эффекта отдельных факторов, в линейной и нелинейной структурах, алгебраических, дифференциальных и иных формах) [12, 16].

Объектом анализа обычно являются временные ряды, представленные, как правило, в виде протоколов мониторинга с постоянным или субпостоянным временным шагом. Анализ временного ряда наблюдений (регистраций) является составной частью статистического анализа [5, 9, 13]. В этом плане, по сложившейся традиции, обычно выделяют следующие компоненты: систематическое движение или тренд; колебания относительно тренда с большей или меньшей регулярностью; случайная (несистематическая) компонента, практически не моделируемая детерминированными методами.

Важной задачей в ритмологическом анализе ряда является анализ периодики. Периодические функции отражают приблизительно повторяемость и сходство с реальными периодическими колебательными движениями в природе. Основой математического моделирования волновых процессов традиционно считается спектральный анализ [17], применяемый при исследовании динамики психических заболеваний в классических трех вариантах: спектральный метод, в основе которого лежит расчет автокорреляционной функции [18], спектральный анализ Фурье, – спектральный анализ максимума энтропии.

Спектральный анализ максимума энтропии (преимущества применения данного метода в условиях интенсивной терапии больных кардиореспираторных нозологий было, например, показано в [1]) основывается на том, что временной ряд представляется в форме последовательных вероятностей событий ( $P$ ) и, следовательно, в форме энтропии по известной формуле Р. Шеннона

$$H = -r \sum p_i \log_a p_i,$$

вычисляемой методом «складных ножниц» [6]. Существенным отличием спектра MESA от преобразования Фурье является его более слабая разрешающая способность. Благодаря этому с одной стороны, наблюдаются более достоверные пики, с другой – хорошо выделяются (визуально и идентифицировано по порогам – перепадам) определенные гомеостатические состояния. Недостаток в данном случае – большая чувствительность к мощности выборки (протокола мониторинга) и размеру «окна» – т.е. чувствительность и наглядность данного метода в случае маломощности выборки определяется во многом субъективностью (инсайтностью, опытностью) исследователя. Обычно анализ подобного рода проводится параллельно с другими методами. Опыт применения данного метода при анализе циркадных и месячных ритмов психических заболеваний показал его сходные результаты с методом Дьюминга при мощности выборки порядка 100-200 регистраций [16], что, в общем-то, неплохо для индивидуальных исследований, но весьма проблематично для региональных.

В начале XX века был разработан интересный метод исследования (Ч. Кри, А.Л. Чижевский) – метод наложенных эпох. Его суть в том, что для выяснения связи определенного патологического явления с экологической ситуацией (в

этом случае имелись в виду не загрязнители, а определенные циркадные и сезонные природные изменения) рассматривался уровень экологических переменных в дни до и после явлений. Считается, что если связь между ними и динамикой патологии существует, то возможны флуктуации факторов среды вблизи «нулевого» времени (точки отсчета). Достоверность подобной связи принято осуществлять по предложению К.А. Браунли [16] по формуле Фридмана (ранговый анализ).

В конце XX века в психиатрии при эпидемиологическом подходе анализа связи эндогенных и экологических переменных получил распространение фазово-пространственный метод, основным требованием которого является построение пространства, отражающего специфические особенности временных отношений причинно-следственных связей, адекватно отражаемых в изучаемом объекте и рассматриваемом явлении. Тем самым рассматриваемые внешние характеристики «накладываются» на канву популяционных пространственно-временных связей. В этом случае популяционное пространство описывается моделью в форме равностороннего треугольника. Сопряженность отношений «причина-следствие» обеспечивается в данном случае распределением анализируемых событий в соответствии с их временными координатами внутри треугольника, а параметров внешней среды – на оси общего календарного времени. В.П. Исханов предлагает рассматривать каждое элементарное пространство в трех временных координатах: связанная с датами рождений (горизонтальная), связанная с календарной датой жизни (вертикальная), связанная с возрастом (косая).

В результате рассмотрению подлежат количественные и качественные фенотепические характеристики: горизонтальные соответствуют реальным поколениям, вертикальные – условным поколениям, косые – рядам условных сверстников. Показано, что данный метод является наиболее точным способом хроноэпидемиологического поиска роли внешних факторов в идентификации периодов и распределения инфекционных заболеваний и шизофрении. Однако в этом случае не учитывается региональный экологический статус антропогенного воздействия, хотя и сделана, на наш взгляд, удачная попытка увязок динамик индивидуальности и популяции. Развивая этот метод, можно было бы предположить по вертикальной оси вышерассмотренного треугольника указывать определенные загрязнения, что позволит выявить накапливающийся с годами (поколениями) эффект.

Одним из методов проверки результатов математического анализа является использование вместе с экспериментальным материалом дополнительного, в том числе полученного с применением идеи метода Монте-Карло. Новый (экзаменационный) временной ряд, таким образом, должен быть достаточен по своей мощности (длительности) для проверки необходимой адекватности полученной модели и качеств и надежности прогноза по ней. В этом случае мы вступаем в явное противоречие, поскольку таковой информации, на первый взгляд, в рассматриваемом случае не имеется. (Поскольку мы не можем, как в случае анализа технических систем провести вычислительный или иные эксперименты по формированию экзаменационной выборки.)

Однако данное противоречие может быть снято при применении концепции самоорганизационного моделирования, предложенной А.Г. Ивахненко и реализованной в так называемом методе группового учета аргументов [14, 15]. Предлагаемый метод неоднократно применялся при исследовании технических систем [14], биологических и экономических систем, в отделении интенсивной терапии [1], где доказал свою эффективность (в том числе, из-за максимальной приближенности самоорганизации моделирования с самоорганизационными, саморегулирующими и самоадаптационными процессами в открытых, живых системах).

К достоинствам МГУА относятся: повышенная работоспособность и помехозащищенность, присутствие на каждом этапе моделирования свободы выбора принятия решений о структуре и параметрах математической модели, а также применение критерия (или критериев) внешнего дополнения, что устраняет противоречия моделирования, связанные с теоремой Геделя о неполноте.

Интересно, что в рассматриваемом методе под эквивалентностью математических моделей понимается не только подобие структур (в смысле заданного коэффициента подобия – по сути определяющего класс моделей), но и подобие результатов прогнозирования [15].

Таким образом, рассмотренная методология моделирования является не только эвристической, основывающейся на применении правил приемов и упрощений, обобщающих предыдущий опыт лица, решающего прогностическую задачу и принимающего управленческое решение, но и наиболее приближенной и подобной на идеологическом уровне к самоорганизационным процессам живой материи, где функционируют принципы простоты и целесообразности, как обеспечивающие поступательное, позитивное развитие живого организма (системы), адекватное изменению окружающей среды, вплоть до необходимого влияния на нее.

К настоящему времени разработано несколько десятков алгоритмов самоорганизационной структурно-параметрической идентификации математических моделей [14], из которых интерес представляют следующие: гармонический – предназначен для синтеза моделей с некротными частотами, не зависящими от мощности выборки (в отличии от Фурье-анализа) и алгоритмы моделирования полей, которые интересны в смысле идентификации моделей влияния экологофакторов во времени и в пространстве (т.е. с учетом накапливающегося и сочетанного влияний).

Рассмотрим подробно методы первого типа (гармонические) [14]. Процесс восстановления (аппроксимации) функции дискретного времени  $f_n$  на интервале  $[1, N]$  тригонометрическим рядом с  $m$  – некротными частотами  $\omega_r \neq \omega$ , (т.е. частотами, несоотнесёнными к периоду наблюдения) определен выражением:

$$y_t = \sum_{k=1}^m A_k (\sin(\omega_k \cdot t) + \varphi_k), \quad \omega_i \neq \omega_j \quad (1)$$

и осуществляется следующим образом.

Определяются  $m$  коэффициенты  $\alpha_p$ ,  $p = \overline{0, m}$  из условия наилучшего наблюдения соотношений:

$$\sum \alpha_p (f_{i+p} + f_{i-p}) = f_{i+m} + f_{i-m} \quad (2)$$

из уравнения

$$\alpha_0 + \sum \alpha_p \cos(p \cdot \omega) = \cos(m \cdot \omega) \quad (3)$$

которое с помощью рекуррентного соотношения

$$\cos(r \cdot \omega) = 2 \cos((r-1)\omega) \cdot \cos \omega - \cos((r-2) \cdot \omega) \quad (4)$$

приводится к алгебраическому уравнению  $m$ -ой степени относительно  $\omega_r$ , находятся частоты  $\omega_r$ .

Затем, при известных частотах  $\omega_r$  определяются параметры гармонической функции  $A_k$  и  $\varphi_k$  с помощью регрессионного анализа методом наименьших квадратов.

Что касается вопроса выделения тренда из временного ряда, то, как показывает анализ литературы [6, 17], наиболее часто идентифицируются тренды следующих структур: линейные, параболические, гиперболические, логарифмические, степенные и экспоненциальные.

Для исследования устойчивости динамики заболеваемости региона рекомендуется исследовать на принадлежность анализируемых временных рядов протокольных данных решениям наиболее часто встречающихся в природе дифференциальных уравнений динамики:

– функции Бесселя

$$t^2 y'' + (t^2 - n^2) * y = 0$$

– второго порядка

$$y'' + p * y' + q * y = a * \sin(w * t)$$

### Результаты исследования

Необходимый для проектирования системы самоорганизационного моделирования фактологический материал был собран на базе архивного материала глубиной 25 лет с учетом рекомендаций [13]. Он подразделяется на четыре группы: уровни основных психических заболеваний; уровни загрязнения окружающей среды; уровни иммунизации населения (как представителя массового терапевтического воздействия на региональном уровне); уровни рождаемости и смертности региона (как интегральные реакции здоровья населения на экологическое давление в регионе).

Из психических заболеваний рассматривались группы: психозы, шизофрения, умственная отсталость, психические расстройства. В качестве индикаторов уровней загрязнения окружающей среды рассматривались: пыль, оксид углерода CO, диоксид азота NO<sub>2</sub>, фенол, формальдегид, марганец, свинец, БПК<sub>5</sub>, НФПР (нефтепродукты), азот аммонийный, азот нитритный, медь. Уровни иммунизации: прививки от дифтерии, прививки от столбняка, прививки от гепатита, прививки от кори.

Выбор пространственных факторов и отклика определялся по рекомендациям административных органов и исходя из следующих описанных в литературе [2, 4, 16] положений.

Статистический материал по заболеваниям в целях максимального соответствия общепринятым формам отчетности дифференцировался по подгруппам: взято на учет, впервые выявлено, взрослые и подростки, состоят на конец года, состоят на конец года взрослые и подростки.

Обработка фактологического материала по заболеваемости с помощью инструментария электронной таблицы позволила предположить доминантность ритмики и подтверждает выбранный нами путь исследования.

Анализ литературных источников и разведочный анализ динамики заболеваемости и основных антропогенных загрязнений позволяет предложить определенную технологию анализа – представлена на рисунке 1.

На первом этапе исследователь (специалист в рассматриваемой предметной области) формирует пространства факторов (характеристики окружающей среды) и отклика (характеристики уровней заболеваемости).

На втором этапе осуществляется статистический, корреляционный и регрессионный анализы с целью возможного сужения пространства отклика путем идентификации высокозначимых линейных и нелинейных взаимосвязей и исключения впоследствии таковых из дальнейшего рассмотрения как функционально взаимосвязанных. Полученные на данном этапе «первичные» модели позволяют использовать информацию о существующих внутренних взаимосвязях и на последующем этапе – принятие управленческих решений, т.к. позволяют прогнозировать внутреннюю структуру пространства отклика, предположить и идентифицировать внутренние системные функциональные отношения. Это позволяет существенно ускорить обработку информации и моделирование на последующих этапах.



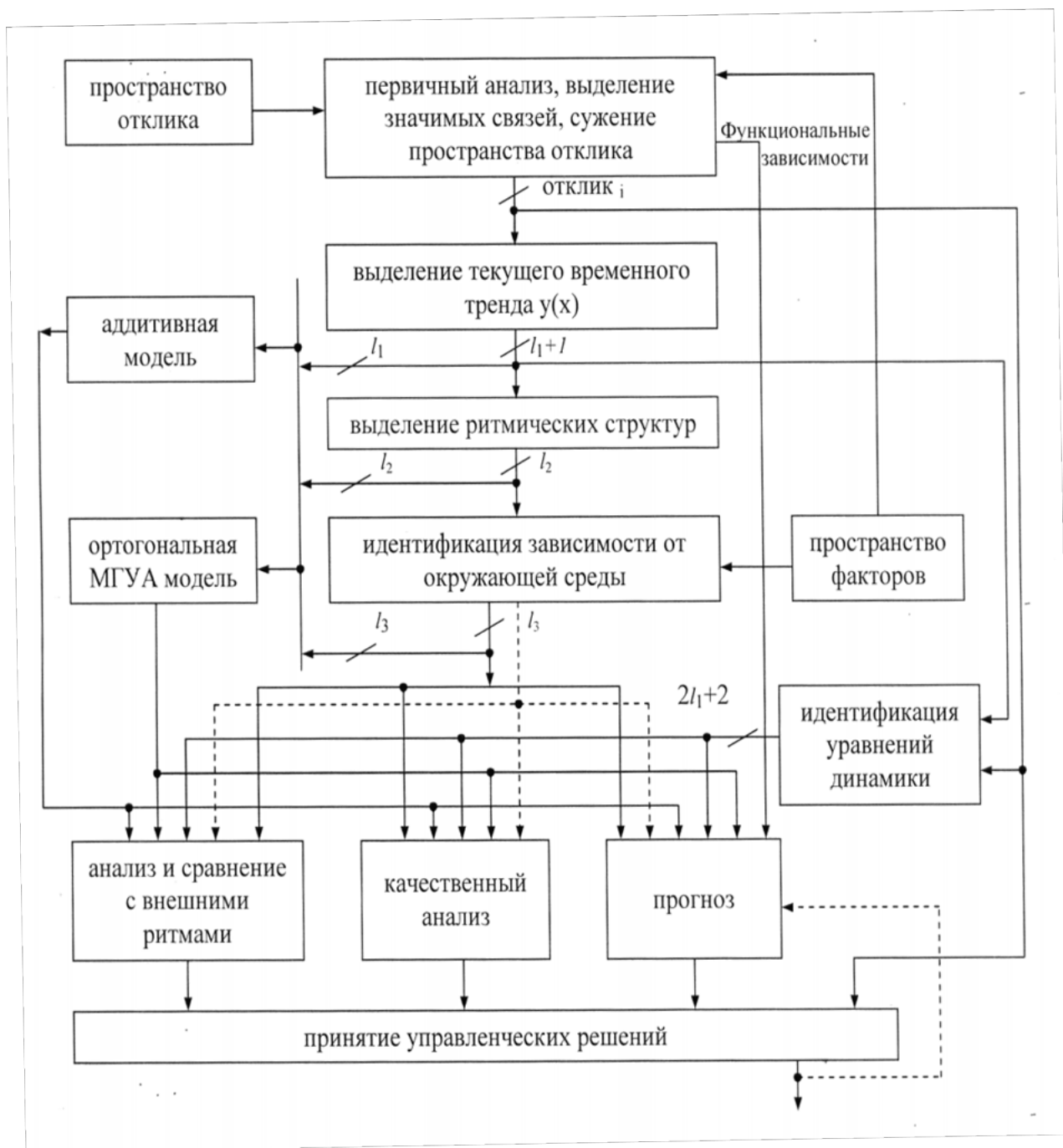


Рис. 1. Технология математического моделирования

Таким образом, после его окончания имеются отклики и функциональные связи между ними и характеристики корреляционной связи откликов с идентифицированными моделями (при этом фиксируется отношение полученного коэффициента парной корреляции к его пороговому значению по заданному пороговому значению уровня значимости, который рекомендуется выбирать не ниже 0,95).

На третьем этапе – в блоке «выделение текущего тренда» – для каждого отклика  $i$  (выбранного исследователем временного ряда уровней определенного  $i$ -го заболевания) идентифицируются  $l_1$  лучших моделей следующим образом.

Таблица 1. Регрессионные структуры

№	Структура модели $y(t)$ $T \in [1, +\infty)$	Прямое преобразование к линейной регрессии $Z=f(b_0, b_1, x)$	Обратное преобразование (восстановление параметров модели)
1	$a_0 + a_1 \cdot t$	$x=t; z=y$	$a_0=b_0; a_1=b_1$
2	$a_0 + a_1 \cdot t + a_2 \cdot t^2$	$x_1=t; x_2=t^2; z=y$	$a_0=b_0; a_1=b_1; a_2=b_2$
3	$a_0 + a_1 \cdot t + a_2 \cdot t^2 + a_3 \cdot t^3$	$x_1=t; x_2=t^2; x_3=t^3$	$a_0=b_0; a_1=b_1; a_2=b_2$
4	$a_0 + a_1 \cdot \log_c t$	$x=\ln(t); z=y$	$a_0=b_0; a_1=b_1/\log_c e$
8	$c=\{2, 3, e, \pi, 10\}$		
9	$1/(a_0 + a_1 \cdot t)$	$x=t; z=1/y$	$a_0=b_0; a_1=b_1$
10	$a_0 \cdot (c)^{a_1/t}$	$x=1/t; z=\ln(y)$	$a_0=\exp(b_0); a_1=b_1/\ln(c)$
14	$c=\{2, 3, e, \pi, 10\}$		
15	$a_0 \cdot (c)^{-a_1/t}$	$x=-1/t; z=\ln(y)$	$a_0=\exp(b_0); a_1=b_1/\ln(c)$
19	$c=\{2, 3, e, \pi, 10\}$		
20	$a_0 \cdot (c)^{a_1 \cdot t}$	$x=t; z=\ln(y)$	$a_0=\exp(b_0); a_1=b_1/\ln(c)$
24	$c=\{2, 3, e, \pi, 10\}$		
25	$a_0 \cdot (c)^{-a_1 \cdot t}$	$x=-t; z=\ln(y)$	$a_0=\exp(b_0); a_1=b_1/\ln(c)$
29	$c=\{2, 3, e, \pi, 10\}$		
30	$a_0/(a_1+t)$	$x=t; z=1/y$	$a_0=1/b_1; a_1=a_0 \cdot b_0$
31	$a_0/(a_1-t)$	$x=-t; z=1/y$	$a_0=1/b_1; a_1=a_0 \cdot b_0$
32	$a_0 \cdot t/(a_1+t)$	$x=1/t; z=1/y$	$a_0=1/b_0; a_1=a_0 \cdot b_1$
33	$a_0 \cdot t/(a_1 \cdot t)$	$x=1/t; z=1/y$	$a_0=-1/b_0; a_1=a_0 \cdot b_1$
34	$1/(a_0 + a_1 \cdot c^t)$	$x=c^t; z=1/y$	$a_0=b_0; a_1=b_1$
37	$c=\{2, 3, e, \pi\}$		
38	$1/(a_0 + a_1 \cdot c^{-t})$	$x=c^{-t}; z=1/y$	$a_0=b_0; a_1=b_1$
41	$c=\{2, 3, e, \pi\}$		
42	$a_0/(a_1+c^t)$	$x=c^t; z=1/y$	$a_0=1/b_1; a_1=a_0 \cdot b_0$
45	$c=\{2, 3, e, \pi\}$		
46	$a_0/(a_1+c^{-t})$	$x=c^{-t}; z=1/y$	$a_0=1/b_1; a_1=a_0 \cdot b_0$
49	$c=\{2, 3, e, \pi\}$		
50	$a_0/(a_1-c^t)$	$x=-c^t; z=1/y$	$a_0=1/b_1; a_1=a_0 \cdot b_0$
53	$c=\{2, 3, e, \pi\}$		
54	$a_0/(a_1-c^{-t})$	$x=-c^{-t}; z=1/y$	$a_0=1/b_1; a_1=a_0 \cdot b_0$
57	$c=\{2, 3, e, \pi\}$		
58	$a_0 \cdot c^t / (a_1 + c^t)$	$x=1/c^t; z=1/y$	$a_0=1/b_0; a_1=a_0 \cdot b_1$
61	$c=\{2, 3, e, \pi\}$		
62	$a_0 + a_1/t$	$x=1/t; z=y$	$a_0=b_0; a_1=b_1$
63	$a_0 \cdot c^{-t} / (a_1 + c^{-t})$	$x=1/e^{-t}; z=1/y$	$a_0=1/b_0; a_1=a_0 \cdot b_1$
66	$c=\{2, 3, e, \pi\}$		
67	$a_0 \cdot c^t / (a_1 - c^t)$	$x=1/c^t; z=1/y$	$a_0=-1/b_0; a_1=a_0 \cdot b_1$
70	$c=\{2, 3, e, \pi\}$		
71	$a_0 \cdot c^{-t} / (a_1 - c^{-t})$	$x=1/e^{-t}; z=1/y$	$a_0=-1/b_0; a_1=a_0 \cdot b_1$
74	$c=\{2, 3, e, \pi\}$		
75	$a_0 + a_1 \log_c t + a_2 d^t$	$x_1=\ln(t); x_2=d^t; z=y$	$a_0=b_0; a_1=b_1/\log_c e; a_2=b_2$
94	$c=\{2, 3, e, \pi, 10\}$ $d=\{2, 3, e, \pi, 10\}$		
95	$a_0 + a_1 \log_c t + a_2 d^{-t}$	$x_1=\ln(t); x_2=d^{-t}; z=y$	$a_0=b_0; a_1=b_1/\log_c e; a_2=b_2$
114	$c=\{2, 3, e, \pi, 10\}$ $d=\{2, 3, e, \pi, 10\}$		
115	$a_0 \cdot \log_i(a_1 t) \cdot \log_c(a_2 t)$	$x_1=\log_i t; x_2=\log_i t \cdot \log_i t$	$a_0=b_2; d=b_1^2 \cdot \log_i^2 j - 4b_0 \cdot \log_i j$
139	$i=\{2, 3, e, \pi, 10\}$	$z=y$	$\alpha_{1,2}=(b_1 \cdot \log_i j \pm \sqrt{d}) / (2b_0 \cdot \log_i j)$

№	Структура модели $y(t)$ $T \in [1, +\infty)$	Прямое преобразование к линейной регрессии $Z=f(b_0, b_1, x)$	Обратное преобразование (восстановление параметров модели)
	$j=\{2, 3, e, \pi, 10\}$		$a_2=j^{a_1 \cdot 2}; a_1=i^{(b_0/(a_0 \cdot \log_j a_2))}$
140 ... 155	$a_0+a_1 \cdot c^t+a_2 \cdot d^{-t}$ $c=\{2, 3, e, \pi\}$ $d=\{2, 3, e, \pi\}$	$x_1=c^t; x_2=d^{-t}$ $z=y$	$a_0=b_0; a_1=b_1; a_2=b_2$
156 160	$a_0 t^{a_1} c^{-a_2 t}$ $c=\{2, 3, e, \pi, 10\}$	$x_1=\ln t; x_2=-t \cdot \ln c$ $z=\ln(y)$	$a_0=\exp(b_0); a_1=b_1/\log_c e; a_2=b_2$
161 185	$a_0 \cdot (\log_i(t+1))^{a_1} c^{-a_2 t}$ $c=\{2, 3, e, \pi, 10\}$ $i=\{2, 3, e, \pi, 10\}$	$x_1=\ln(\log_i(t+1));$ $x_2=-t \cdot \ln c; z=\ln y$	$a_0=\exp(b_0); a_1=b_1/\log_c e; a_2=b_2$
186	$t/(a_0+a_1 t)$	$x=1/t; z=1/y$	$a_0=b_0; a_1=b_1$
187	$a_0 a_1^t$	$x=t; z=\ln(y)$	$a_0=\exp(b_0); a_1=\exp(b_1)$
188	$a_0 a_1^{-t}$	$x=-t; z=\ln(y)$	$a_0=\exp(b_0); a_1=\exp(b_1)$

Рассматриваются различные варианты сглаживания исходной информации (например, сглаживание по 3, 5 и 7 точкам) и различные варианты временного сдвига. Для каждого варианта идентифицируются модели 188 основных регрессионных структур (см. таблицу 1), для которых рассчитывается отношение коэффициента парной корреляции результатов моделирования и исходного материала к пороговому значению (например, на уровне значимости не хуже 0,99). По данному критерию отбирается  $l_1$  лучших моделей для дальнейшего анализа. Заметим, что селекция  $l_1$ , а не одной модели делает возможным самоорганизацию окончательной модели, придавая процессу моделирования свободу выбора и конкурентоспособность.

На четвертом этапе осуществляется выделение возможных ритмических структур. В качестве исходного временного ряда рассматривается  $(l_1+1)$  – вариант: непосредственно отклик  $i$  и  $l_1$  – варианты удаления из него векторов значений функций отклика полученных ранее математических моделей. Выделение ритмических структур осуществляется различными способами:

- 1) амплитудная модуляция, вида  $A_0 + \sum A_i \sin(\omega_i t + \varphi_i)$ ;
- 2) амплитудно-детекторная модуляция, вида  $A_0 + \sum A_i^* / \sin(\omega_i t + \varphi_i) /$ ;
- 3) фазочастотная модуляция, вида  $A_0 + A_1 * \prod_{k=1}^m \cos(\omega_k * t + \varphi_k)$ ,  $m=2, 3$ ;

4) негармонические ритмические структуры (идентифицируются следующие параметры  $A_0$  – начальное смещение,  $A_1$  – коэффициент при терме,  $\omega$  – круговая частота колебаний,  $\varphi$  – фаза колебаний).

Для структурно-параметрической идентификации предлагаемых моделей рекомендуется применение метода группового учета аргументов, позволяющего:

- выявлять некротные гармоники, что приближенно к биологическому естеству, поскольку априори отсутствует базовая частота, зависящая от мощности выборки;
- адекватно работать с маломощными выборками, что не позволяет делать классический спектральный анализ.

На данном этапе отбираются  $l_2$  лучшие модели аналогично описанному ранее способу предыдущего этапа.

Рассмотрим более подробно синтез негармонических ритмических структур, основанный на принципе метода наложенных эпох [16, 19]. Пусть имеется некоторая негармоническая периодическая нормированная функция вида:

$$z(t) = \begin{cases} g_1(t), t \in T_3 \\ g_2(t), t \in [T_3, T] \end{cases} \tag{5}$$

где  $t$  – время,

$T$  – период негармонической ритмической функции,

$T_3$  – интервал, в течение которого «действует» функция  $g_1(t)$ ,

$g_1(t)$  – функция-начало «переходного» процесса,

$g_2(t)$  – функция-окончание «переходного» процесса (этап восстановления),

$z(t)$  – периодическая нормированная функция, значения которой лежат в интервале  $[B, 1]$ .

Т.е.  $g_1(t)$  и  $g_2(t)$  – такие функции, что их значение не превышает 1 и гарантирует гладкость и скважность ритмическому процессу как это показано на рис. 23. Каждый функционал  $Z$  имеет, таким образом, свой период  $T$ , свою скважность  $\alpha = T_3/T$  и свое смещение относительно нуля –  $B$ . Тем самым различными линейными комбинациями  $\alpha, B, g_1(t), g_2(t)$  можно аппроксимировать достаточно широкий класс переходных функций во временном ряде, если таковые имеются.

В связи с этим предлагается шесть наиболее типовых функционалов  $Z_n$  ( $n=1,6$ ), из которых идентифицируются комбинации сложных ритмических структур:

$$y = \alpha_0 + \alpha_1 Z_k; \quad k = \overline{1,6}; \tag{6}$$

$$y = \alpha_0 + \alpha_1 Z_j + \alpha_2 Z_k; \quad j = \overline{1,6}; \quad k = \overline{1,6}; \tag{7}$$

$$y = \alpha_0 + \alpha_1 Z_j + \alpha_2 Z_k + \alpha_3 Z_l; \quad j = \overline{1,6}; \quad k = \overline{1,6}; \quad l = \overline{1,6}. \tag{8}$$

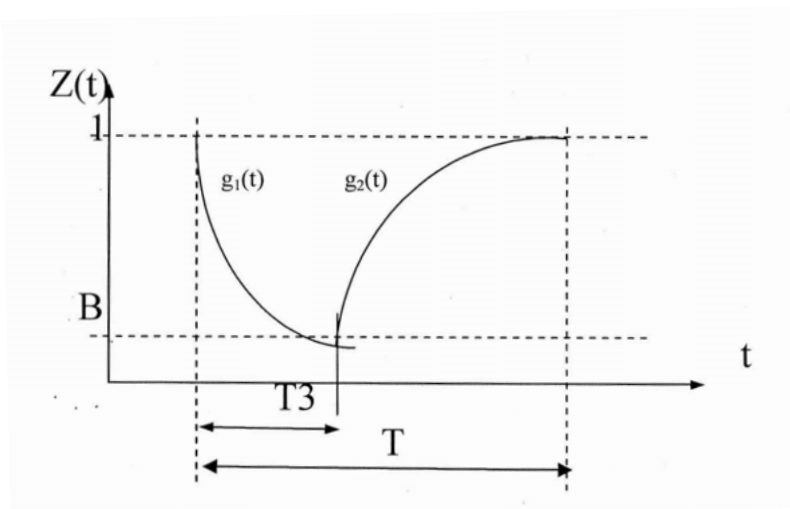


Рис. 2. Базовый фрагмент негармонической периодической функции

Более трех комбинаций Z выбирать не рекомендуется, поскольку в силу маломощности протокольной информации отклика число степеней свободы быстро падает и, следовательно, резко уменьшается статистическая адекватность модели.

К наиболее часто встречающимся функционалам Z относятся (по нашим наблюдениям и литературным источникам, например [6,10,13,22,29,69,85]):

- экспоненциально-линейный:

$$Z = \begin{cases} \left( B - \frac{B-1}{T_3 - T} \cdot T_3 \right) + \frac{B-1}{T_3 - T} \cdot t & t > T_3 \\ e^{-\frac{\ln(B)}{T_3} \cdot t} & t \leq T_3 \end{cases} \quad (9)$$

- логарифмически-линейный:

$$Z = \begin{cases} \left( 1 - \frac{1-B}{T_3 - T} \cdot T_3 \right) + \frac{1-B}{T_3 - T} \cdot t & t > T_3 \\ \log_d(t+1), \text{ где } d = \sqrt[1-B]{T_3 + 1} & t \leq T_3 \end{cases} \quad (10)$$

- экспоненциально-параболический:

$$Z = \begin{cases} a_1 t^2 + a_2 t + a_3 & t > T_3 \\ e^{-\frac{\ln(B)}{T_3} \cdot t} & t \leq T_3 \end{cases} \quad (11)$$

где  $a_1 = (B-1)/(T_3 - T)^2$ ;  $a_2 = \frac{2(1-B)}{(T_3 - T)^2} \cdot T$ ;  $a_3 = B - a_1 T_3^2 - a_2 T_3$

- логарифмически-параболический:

$$Z = \begin{cases} a_1 t^2 + a_2 t + a_3 & t > T_3 \\ \log_d(t+1) & t \leq T_3 \end{cases} \quad (12)$$

где  $d = \sqrt[1-B]{T_3 + 1}$ ;  $a_1 = (1-B)/(T_3 - T)^2$ ;  $a_2 = \frac{2(1-B)}{(T_3 - T)^2} \cdot T$ ;

$a_3 = 1 - a_2 T_3 - a_1 T_3^2$

- логарифмически-гиперболический:

$$Z = \begin{cases} \frac{T_3 + b}{t + b} & t > T_3 \\ \log_d(t+1) & t \leq T_3 \end{cases} \quad (13)$$

где  $b = \frac{T_3 - B \cdot T}{T - 1}$ ;  $d = \sqrt[1-B]{T_3 + 1}$

- логарифмо-экспоненциальный:

$$Z = \begin{cases} e^{-\frac{\ln B}{T_3 - T} (t - T_3)} & t > T_3 \\ \log_d(t+1) & t \leq T_3 \end{cases} \quad (14)$$

где  $d = \sqrt[1-B]{T_3 + 1}$

Рекомендуется (по собственным наблюдениям и литературным источникам [85]) рассматривать варианты:



$\alpha = \{0,05; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6\};$

$B = \{0,01; 0,05; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9\}.$

В случае обнаружения статистической адекватности модели в точке  $(\alpha_0, B_0)$  более детально исследуется ее окрестность, уменьшая шаги  $\Delta\alpha$  и  $\Delta B$ .

Затем, на пятом этапе, синтезируются  $l_3$  лучшие модели по  $(l_2+1)$  временному ряду: непосредственно отклик и после вычитания из него  $l_2$  моделей. Осуществляется это следующим образом. Вначале синтезируются аппроксиманты (согласно табл. 1) зависимостей рассматриваемого отклика от каждого фактора (с различным сглаживанием и сдвигами во времени).

Кроме того, только для загрязнений, формируются два интегральных показателя индивидуального для определенного отклика (аддитивного и мультипликативного характера) по формулам:

$$I_1 = \frac{\sum_k \alpha_k \varphi_k}{\sum_k \alpha_k} \tag{15}$$

$$I_2 = \left( \prod_k \varphi_k^{\alpha_k} \right)^{\frac{1}{\sum \alpha_k}} \tag{16}$$

где  $\alpha_k$  – коэффициент парной корреляции (абсолютное значение) между рассматриваемым откликом и  $\varphi_k$  фактором.

Затем отбираются  $l_3$  наилучшие модели описанным ранее способом. На данном этапе возможно возникновение варианта, когда исследователя интересует не только  $l_3$  лучших моделей, но и модели отражающие связь отклика с другими факторами окружающей среды в случае ее статистической значимости. В связи с этим фиксируются все статистически значимые (структура и параметры которых могут быть в дальнейшем использованы при анализе и прогнозе). На рисунке 1 эта связь показана пунктиром.

Далее, из полученных  $l_1, l_2$  и  $l_3$  моделей выделяются структуры (без параметров), которые используются в соответствующих блоках идентификации аддитивной и ортогональной моделей второго уровня, следующего вида:

$$S_1 = \alpha_0 + \sum_i^{\ell_1+\ell_2+\ell_3} \alpha_i g_i, \tag{16}$$

$$S_2 = \alpha_0 + \alpha_1 \prod_{i=1}^{\ell_1+\ell_2+\ell_3} g_i^{p_i} + \alpha_2 \prod_{j=1}^{\ell_1+\ell_2+\ell_3} g_j^{q_j}, \tag{17}$$

где  $g_i$  – структура  $i$ -ой модели из множества  $l_1+l_2+l_3$ .

(Структура (16) идентифицируется ортогональным алгоритмом метода группового учета аргументов [31], (17) – алгоритмом множественного линейного регрессионного анализа с исключением переменных [17].)

Таким образом, после окончания данного этапа исследователь имеет  $(l_3+2)$  модели для дальнейшего анализа.

Параллельно алгебраическому моделированию осуществляется анализ временного ряда рассматриваемого отклика путем поиска дифференциального

уравнения динамики (функция Бесселя и уравнение второго порядка). Синтез уравнений предлагается осуществлять как на базе «чистого» временного ряда отклика, так и после удаления из него  $l_1$  временных трендов.

Таким образом, общее количество анализирующих на последних этапах моделей равно  $(l_3+2+2l_1+2)=2l_1+l_3+4$ .

В случае автоматизации описанных этапов в единой системе автоматизированной системой формируется таблица 2.

Дальнейшее исследование предполагает три этапа:

1) анализ и сравнение с внешними ритмами – в этом случае осуществляется сравнение с базой данных основных внешних ритмов: солнечных, лунных и космических. Это делается с целью поиска возможного внешнего синхронизатора или, по крайней мере «норматива», «маркера» идентифицированных колебаний.

2) качественный анализ – осуществляется описание исследуемых моделей на предмет гносеологического описания системных связей и выявления управляемых факторов и их компенсирующего влияния.

**Таблица 2. Структуры идентифицированных моделей**

Отклик	(V) Взаимосвязь с откликами		(T) Тренд		(C) Ритмы		(O) Окружающая среда		(A) Аддитивная модель		(M) МГУА-модель		
		R/R <sub>n</sub>		R/R <sub>n</sub>		R/R <sub>n</sub>		R/R <sub>n</sub>		R/R <sub>n</sub>		R/R <sub>n</sub>	
Функции Бесселя (B)											R/R <sub>пор</sub>		
Уравнение 2-го порядка (D)	Уравнение динамики											R/R <sub>пор</sub>	
	Решение												

Где  $R/R_{пор}$  – отношение коэффициента парной корреляции между модельной функцией отклика и пороговым значением на уровне определенной статистической значимости, именуемое в дальнейшем как «корреляционное соотношение». Латинскими заглавными буквами в таблице помечены «зоны» моделей (для удобства ссылки на них). Например, ссылка O3 означает, что имеется в виду модель, полученная на этапе «идентификация зависимости от окружающей среды» № 3 в таблице.

3) прогноз – осуществляется прогнозирование динамики одного или множества откликов с учетом возможного изменения ситуации в окружающей среде. На данном этапе может быть использована информация о зависимостях откликов между собой. Рекомендуется рассматривать три вида прогноза: два экстремальных (наихудший и наилучший) и наиболее вероятный.

На основании экспертного анализа полученной информации, а так же возможного учета дополнительной информации от иных источников (например,

динамики колебаний потенциалов в рефлексогенных зонах точек человека или животных или их популяций как индикаторах индивидуальной, высокочувствительной реакции на изменения в окружающей среде), осуществляется принятие управленческого решения: выделение финансирования и проведение работ по коррекции параметров окружающей среды, оптимизации профилактической работы или простого ожидания, когда внешние факторы или эволюция процесса самостоятельно приведут ситуацию к оптимальному, гомеостатичному виду – в силу самоорганизационного адаптационного функционирования и целевого взаимодействия с окружающей средой. Кстати, в животном мире, ожидание как защита от опасности довольно часто используемый прием.

Для иллюстрации применения предлагаемой технологии моделирования осуществлялся анализ фактологического материала динамики уровней психических заболеваний глубиной 25 лет. Используются следующие идентификаторы рассматриваемых факторов и откликов.

Функции отклика (абсолютные значения уровней психических заболеваний в регионе деленные на численность населения): X1 – психозы – взято на учет; X2 – психозы – впервые выявлено; X3 – психозы – из них: взрослые и подростки; X4 – психозы – из них дети; X5 – психозы – состоят на конец года; X6 – психозы – из них: взрослые и подростки; X7 – психозы – из них дети; X8 – шизофрения – взято на учет; X9 – шизофрения – впервые выявлено; X10 – шизофрения – из них: взрослые и подростки; X11 – шизофрения – из них дети; X12 – шизофрения – состоят на конец года; X13 – шизофрения – из них: взрослые и подростки; X14 – шизофрения – из них дети; X15 – психические расстройства – взято на учет; X16 – психические расстройства – впервые выявлено; X17 – психические расстройства – из них: взрослые и подростки; X18 – психические расстройства – из них: дети; X19 – психические расстройства – состоят на конец года; X20 – психические расстройства – из них: взрослые и подростки; X21 – психические расстройства – из них дети; X22 – умственная отсталость – взято на учет; X23 – умственная отсталость – впервые выявлено; X24 – умственная отсталость – из них: взрослые и подростки; X25 – умственная отсталость – из них дети; X26 – умственная отсталость – состоят на конец года; X27 – умственная отсталость – из них: взрослые и подростки; X28 – умственная отсталость – из них дети.

Пространство факторов: Z1 – смертность; Z2 – рождаемость; Z3 – прививки от дифтерии; Z4 – прививки от столбняка; Z5 – прививки от кори; Z6 – прививки от гепатита; Z7 – пыль; Z8 – оксид углерода; Z9 – диоксид азота; Z10 – фенол; Z11 – формальдегид; Z12 – марганец; Z13 – свинец; Z14 – БПК 5; Z15 – нефтепродукты; Z16 – азот аммонийный; Z17 – азот нитритный; Z18 – медь; Z19 – первый интегральный I1; Z20 – второй интегральный показатель I2.

Факторы, характеризующие уровни загрязнения окружающей среды рассматриваются в относительных единицах – количествах ПДК (предельно допустимых концентраций), установленных согласно действующему законодательству на территории Российской Федерации. Интегральные показатели в качестве аргументов используют уровни загрязнений в аналогичной относительной форме.

**Таблица 3. Результаты моделирования отклика «Психозы (взято на учет)»**

Отклик - X1 - психозы - взято на учет Математическое ожидание = 8,41 R <sub>пор</sub> = 0,36 (95%), 0,492 (99%), 0,622 (99,9%) Асимметрия = 0,061 СКО = 2,13														
Код	Структура, параметры, адекватность моделей													
V	Корреляционная связь с экофакторами и другими откликами	№	<b>КОРРЕЛЯЦИЯ:</b> - с факторами Z: 0,308; 0,107; 0,217; 0,261; 0,118; -0,37; -0,045; -0,165; 0,005; 0,62; 0,4; 0,266; -0,746; -0,101; 0,195; 0,187; 0,012; 0,095; в "своей" группе психозов: 0,899(X2); 0,916(X3); -0,037(X5); -0,029(X6); с другими заболеваниями (взято на учет): 0,771(X8); 0,489(X15); -0,104(X22). <b>МОДЕЛИ:</b>						R/R <sub>пор</sub>					
			1	X2(X1) = -0,0806*X <sup>2</sup> + 2,093*X - 3,861						1,9				
			2	X3(X1) = -0,042 * X <sup>3</sup> + X <sup>2</sup> - 6,89*X + 19,07						1,9				
			3	X8(X1) = 0,307 * X + 0,61						1,6				
			4	X8(X1) = 0,54 * X <sup>0,832</sup>						1,6				
			5	X22(X1) = -0,053*X <sup>3</sup> + 1,32*X <sup>2</sup> -10,31*X + 31,03						1,2				
<b>Весовые коэффициенты для всех факторов Z(%):</b> -4; -15,8; 2,1; -3,2; 6,2; 3,0; 6,8; -2,4; 5,0; -1,9; 21,1; 1,4; -11; -4,1; 0,9; 5,2; -3,7; 2														
T	Трендовые структуры	N <sub>g</sub>	1						Sg	τ				
			2	0,715 + 1,955*t - 0,358*t <sup>2</sup> + 0,017*t <sup>3</sup>					5	+7				
			3	10,77 - 0,839*log <sub>π</sub> t + 1,443*10 <sup>-9</sup> π <sup>t</sup>					5	+2				
			8	8,09 + 3,308*10 <sup>-10</sup> π <sup>t</sup> + 5,622*2 <sup>-t</sup>					5	+1				
C	Гармонические структуры	L <sub>2</sub>	№						L <sub>1</sub>					
				9	8,57 + 3,63 * SIN(0,43*t + 1,78)+ + 3,83 * SIN(0,52*t + 1,2)+ + 0,19 * SIN(1,26*t + 1,2)+ + 0,13 * SIN(2,72*t + 5,45)						0	3	0	1,4
				4	5,45 + 1,45 * SIN(0,61*t + 0,243)+ + 1,11 * SIN(0,88*t + 5,56)						1	0	+1	1,6
				5	-0,89 + 1,8 * SIN(0,66*t + 5,92)+ + 0,82 * SIN(0,92*t + 4,5)						2	0	+2	1,6
				6	+ 0,04 * SIN(2,13*t + 3,39)						0	0	+2	1,6
				7	5,36 + 2,17 * SIN(0,63*t + 0,576)+ + 1,18 * SIN(0,96*t + 5,58)						3			
				8										
				9										
V	Функция Бесселя		X1 = 7,863 + 11,132*J <sub>n</sub> (10,t)						1,5					
P	Примечания		При не гармонических ритмических моделях наилучшие варианты наблюдались со скважностью 0,6, смещением относительно «0» - 0,15 - с прямой, экспонентой и параболой.						1,6					

Согласно описанной ранее технологии моделирования проведения были идентифицированы различные структуры, пример представлен в таблицей 3.

Разведочный статистический анализ позволил выявить следующее.

Динамика уровней «Психических расстройств» значимо не коррелируют с динамикой «психозов», что позволяет предположить различную реакцию соответствующих функциональных систем на внешние воздействия (в то время как

динамики уровней «психозов» и «детской умственной отсталости» статистически значимо коррелируют между собой).

Анализ матрицы парной корреляционной связи функций отклика позволяет говорить о следующей структуре взаимозависимости в данном пространстве (см. Рисунок 3).



Рис. 3. Корреляционная структура пространства откликов

### Обсуждение и заключение

Анализ элемента V таблицы 3 позволяет существенным образом сузить пространство откликов, исключив из него факторы, линейно или нелинейно статистически значимо связанные друг с другом – см. раздел «модели» элемента V. Заметим, что связи (корреляции) в основном носят только линейный, параболический, кубический или степенной характер, что говорит о достаточно простой функциональной связи между ними, отражающей возможно общие физиологические или иные природные аспекты функционирования.

Из рисунка 3 хорошо видно: линейная обособленность «Психических расстройств», связь умственной отсталости только с детскими психозами, полностью замкнутый контур «психозы» – «шизофрения». Полученная информация подчеркивает функциональную ортогональность функций отклика, физиологически разнотипных. Связь уровней «умственной отсталости» с «психозами» через «детские психозы» подчеркивает факт перерастания детской умственной отсталости в психозы в более старшем возрасте с одной стороны и некоторые ошибки в дифференциальной диагностике детских психических заболеваний – с другой.

Таким образом, было селектировано для дальнейших исследований 7 функций отклика: X1 – психозы – взято на учет; X5 – психозы – состоят на конец года; X9 – шизофрения – впервые выявлено; X13 – шизофрения – на конец года;



X15 – психические расстройства – взяты на учет; X20 – психические расстройства – на конец года; X23 – умственная отсталость – впервые выявлено.

Из приведенного, с математической точки зрения отбора значимых функций отклика, можно сделать вывод о том, что для быстрого (экспресс) анализа ситуации с уровнями психических заболеваний региона для каждой из рассматриваемых нозологий можно фиксировать только два показателя «впервые выявлено» и «на конец года» или «взяты на учет» и «на конец года», а остальные пересчитывать в соответствии с найденными функциональными зависимостями (на наш взгляд, предпочтительнее выглядит первая пара, т.к. она включает в себя более независимые характеристики).

Таким образом, можно говорить, что с динамикой анализируемых уровней заболеваний в текущем году коррелируют интегральные показатели демографической ситуации региона и такие экологические составляющие, как загрязнения окружающей среды формальдегидами и оксидами углерода – что напрямую связано с транспортными и промышленными выбросами сжигания топлива (по сути – деструктуризация внешней среды с целью самоорганизационного сосуществования человеческой популяции в исследуемом регионе).

Как уже отмечалось, на одном из первых этапах построения моделей уровня динамики психических заболеваний региона осуществляется выделение временных трендов путем выбора лучших структур из множества 188 типов по критерию корреляционного отношения и устойчивости во времени и по характеру сглаживания. Из полученных математических моделей можно сделать следующие выводы:

1) В ближайшее время следует ожидать рост психозов (взято на учет) и шизофрении (впервые выявленной), некоторую стабилизацию в динамике отклика «шизофрения – на конец года у взрослого населения». Этот факт, во-первых, подчеркивает активизацию регистрационной службы и качества диагностики в последнее время, во-вторых, определенную тенденцию роста «новых» шизофреников;

2) Следует ожидать в ближайшем будущем снижение уровней таких психических заболеваний, как психозов и психических расстройств в итоговом показателе (на конец года) и впервые выявленной умственной отсталости, что отражает, на наш взгляд, факт более четкой организации отчетной работы соответствующих лечебных учреждений в конце года с одной стороны, и, возможно, наметившейся тенденции акселерации населения (складывается впечатление – по полученной математической модели, во всяком случае – что отрицательная волна «синусоиды» деакселиративного периода закончилась);

3) В наиболее адекватных моделях временных трендов практически во всех случаях (кроме «психозов – взято на учет») в структуре прослеживается элемент временной степени двойки в различных вариантах и довольно частое фигурирование величины  $\pi$ , что заставляет предположить некоторую универсальность данных констант в динамике рассматриваемых заболеваний.

**Список используемых источников:**

1. Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. М.: Светоч Плюс, 2006-2009.
2. Артеменко М.В., Протасова В.В. Методы и средства моделирования влияния экологической напряженности региона на здоровье населения: Монография. Курск: ГТИ, 2009. С. 225.
3. Бельский В.В., Попов М.П., Калуцкий П.В., Киселева В.В. Биофизические и медико-биологические аспекты магнитобиологии. Курск. 1997. 144 с.
4. Березовский В.А. Ритмы биологических процессов как проявление индивидуальной реактивности и конституции индивида // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. 1991. № 3. С. 3-7.
5. Крайников А.В. и др. Вероятностные методы в вычислительной технике. М.: Высш.шк., 1996. 312 с.
6. Войтенко А.В., Попова О.Б., Демьянова О.П. Функциональные возможности программно-аппаратных элементов геоинформационных систем для организации и анализа данных в медицинских приложениях // Компьютеризация в медицине. Воронеж. 1996. С. 189-193.
7. Владимирский Б.М., Темуриянц Н.А. Влияние солнечной активности на биосферу- ноосферу. М.: Изд-во МНЭПУ, 2000. 374 с.
8. Грошков А.Н., Корневский Н.А., Позднякова О.И. Полифункциональная партнерская система контроля и управления социотехническими системами с учетом экологического фактора // Вестник новых медицинских технологий. АМНТ. 1997. Т. 4. N 4. С. 114-117.
9. Артеменко М.В., Бабков А.С. Классификация методов прогнозирования поведения систем // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6.  
URL: <https://science-education.ru/article/view?id=11527>
10. Доклад о состоянии окружающей природной среды Курской области в 2008 – 2015 годам. Курск 2009-16.
11. Заброта И.Н., Артеменко М.В. Гигиеническая характеристика региона курской магнитной аномалии и заболеваемость коренных жителей // Гигиена и санитария. 2008. № 5. С. 35-38.
12. Заброта И.Н., Артеменко М.В., Елисеев Ю.Ю. Влияние природных и антропогенных факторов на заболеваемость в регионе, системный анализ и моделирование. Курск: КГМУ, 2006. 156 с.
13. Иванов В.П. Методы вычислений на ЭВМ. Киев: Наукова думка, 1986. 584 с.
14. Ивахненко А.Г. Справочник по типовым программам моделирования. Киев: Техника, 1990. 256 с.
15. Орлов А.А. Принципы построения архитектуры программной платформы для реализации алгоритмов метода группового учета аргументов // Управляющие системы и машины. 2013. №2. С. 65-71.
16. Корнетов А.Н., Самохвалов В.П., Корнетов Н.А. Ритмологические исследования при психических заболеваниях. Киев: Здоровья, 1994. 208 с.
17. Крюков В.И. Генетический мониторинг антропогенного загрязнения окружающей среды: автореферат канд. диссертации. Тула. 1999.
18. Протасова В.В., Корневский Н.А., Артеменко М.В., Смирнов В.С. Исследование влияния экологических факторов на динамику уровней сердечно сосудистой заболеваемости в городе // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2010. Т. 6. № 1. С. 123-127.
19. Ужegov Г.Н. Биоритмы. Смоленск: Русич, 1997. 400 с.

**References:**

1. Atlas of temporary variations of natural, anthropogenous and social processes. M. 2006-2009.
2. Artemenko M.V., Protasov V.V. Methods and simulars of influence of ecological tension of the region on health of the population. Kursk. 2009. 225 p.
3. Belsky V.V., Popov M.P., Kalutsky P.V., Kiselyova V.V. Biophysical and medicobiological aspects of a magnitobiology. Kursk. 1997. 144 p.
4. Berezovsky V.A. Rhythms of biological processes as manifestation of individual reactivity and constitution of the individual. Pathological physiology and experimental therapy. 1991. N. 3. P. 3-7.
5. Kraynikov A.V., etc. Probabilistic methods in computer facilities. M. 1996. 312 p.
6. Voitenko A.V., Popova O.B., Demyanov O.P. Functionality of hardware-software elements of geographic information systems for the organization and the analysis of data in medical appendices. Interuniversity collection of scientific works. Voronezh. 1996. P. 189-193.
7. Vladimir B.M., Temuryants N.A. Influence of solar activity on the biosphere – a noosphere. M. 2000. 374 p.
8. Groshkov A.N., Korenevsky N.A., Pozdnyakov O.I. A multifunctional partner control and management system for sotsiotekhnicheskyy systems taking into account an ecological factor. Messenger of new medical technologies. 1997. V. 4. N. 4. P. 114-117.

9. Artemenko M.V., Babkov A.S. Classification of methods of forecasting of behavior of systems. *Modern problems of science and education*. 2013. N. 6. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=11527>
10. The report on a condition of the surrounding environment of Kursk region in 2008 – 2015. Kursk. 2009-16.
11. Zabroda I.N., Artemenko M.V. Hygienic characteristic of the region of the Kursk magnetic anomaly and incidence of aboriginals. *Hygiene and sanitation*. 2008. N. 5. P. 35-38.  
URL: <http://www.fesmu.ru/elib/Article.aspx?id=191967>
12. Zabroda N.N., Artemenko M.V., Yeliseyev Yu.Yu. Influence of natural and anthropogenous factors on incidence in the region, the system analysis and modeling. *Kursk*, 2006. 156 p.
13. Ivanov V.P. *Methods of calculations on the COMPUTER*. Kiev, 1986. 584 p.
14. Ivakhnenko A.G. *Reference book on standard programs of modeling*. Kiev. 256 p.
15. Orlov A.A. The principles of creation of architecture of a program platform for realization of algorithms of a method of the group accounting of arguments. *The operating systems and cars*. 2013. N. 2. P. 65-71.  
URL: <http://dspace.nbu.gov.ua/handle/123456789/83145?show=full>
16. Kornetov A.N., Samokhvalov V.P., Kornetov N.A. *Ritmologicheskiye's Cornets of a research at mental diseases*. Kiev, 1994. 208 p.
17. Kruykov V.I. *Genetic monitoring of anthropogenous environmental pollution*. Tula, 1999. 18 p.
18. Protasova V.V., Korenevsky N.A., Artemenko M.V., Smirnov V.S. A research of influence of ecological factors on dynamics of levels of warmly vascular incidence in the city. *Bulletin of the Voronezh state technical university*. 2010. V. 6. N 1. P. 123-127.  
URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vliyaniya-ekologicheskikh-faktorov-na-dinamiku-urovney-serdechno-sosudistoy-zabolevaemosti-v-gorode>
19. Uzhegov G.N. *Bioritma*. Smolensk, 1997. 400 p.

© 2016, Артеменко М.В., Калугина Н.М.,  
Косьяненко В.В.

*Системные изменения структуры  
информативных показателей как индикаторы  
кластеров состояний организма*

© 2016, Artemenko M.V., Kalugina N.M.,  
Kosyanenko V.V.

*System changes of structure of informative  
indicators as indicators of clusters of conditions  
of an organism*

DOI: 10.17117/nv.2016.04.055

Поступила (Received): 14.11.2016

technolog@novsu.ru

**Глущенко Л.Ф., Петров Д.С., Лаптева Н.Г.,  
Ларичева К.Н., Петрова А.С.  
Влияние инфракрасной обработки  
рыбы при подсушке перед холодным  
электрокопчением на изменение липидов**

**Glushchenko L.F., Petrov D.S., Lapteva N.G., Laricheva K.N., Petrova A.S.  
The influence of infrared processing fish at podsushke before  
cold jelektropcheniem on lipid change**

В работе приведены сведения об использовании при производстве рыбы холодного копчения на стадии подсушки инфракрасной обработки взамен конвективной. Представлены схема экспериментальной установки и режимы обработки при подсушке рыбы опытных и контрольных партий. Приведены характеристики рыбы опытных и контрольных партий. Показано влияние инфракрасной обработки на основные показатели процесса копчения (продолжительность процесса, удельный расход электроэнергии). Влияние инфракрасной обработки на стадии подсушки на показатели качества рыбы холодного электрокопчения оценивались в работе по изменению липидов (определяли их перекисное и кислотное число). Показано, что наиболее заметно изменения липидов наблюдаются в процессе хранения готовой копчёной продукции. Причём, значения перекисных и кислотных чисел липидов рыбы контрольных партий превосходят значения, установленные гигиеническими требованиями безопасности к пищевой продукции, уже на 21 сутки хранения. Значения перекисных и кислотных чисел липидов рыбы опытных партий на 21 сутки не достигли предельных значений. Таким образом, показано, что использование инфракрасной обработки на стадии подсушки рыбы перед её электрокопчением, эффективно и может быть использовано при производстве высококачественной рыбы холодного копчения

**Ключевые слова:** электрокопчение, подсушка, липиды, рыба, качество

The article contains information about how to use in the production of cold smoked fish at the stage of processing of infrared predrying instead of convection. Submitted to the scheme of the experimental setup and processing modes in podsushke fish seasoned and controlling parties. Shows the characteristics of fish seasoned and controlling parties. The influence of infrared processing on the basic parameters of smoking (the duration of the process, specific energy consumption). The influence of infrared predrying stage processing on quality parameters of cold fish jelektropchenija were evaluated in working for change of lipids (determined their peroxide and acid number). It is shown that the most noticeable changes in lipids have been observed during storage of finished smoked products. Moreover, the value of peroxide and acid numbers of fish lipid control parties exceed the values set by hygienic requirements to safety of food products, already on the 21 day of storage. The value of peroxide and acid numbers lipids fish experienced parties on 21 day have not reached the limit values. Thus, it is shown that the use of infrared predrying stage processing fish in front of her jelektropcheniem, effectively and can be used in the production of high-quality cold smoked fish

**Key words:** jelektropchenie, drying, lipids, fish, quality



**Глущенко Людмила Фёдоровна**

Доктор технических наук, профессор,  
зав. кафедрой  
Новгородский государственный университет им.  
Ярослава Мудрого  
Великий Новгород, ул. Б. Санкт-Петербургская, 41

**Петров Дмитрий Сергеевич**

Аспирант  
Новгородский государственный университет им.  
Ярослава Мудрого  
Великий Новгород, ул. Б. Санкт-Петербургская, 41

**Лаптева Наталья Геннадьевна**

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент  
Новгородский государственный университет им.  
Ярослава Мудрого  
Великий Новгород, ул. Б. Санкт-Петербургская, 41

**Ларичева Кристина Николаевна**

Кандидат экономических наук, старший  
преподаватель  
Новгородский государственный университет им.  
Ярослава Мудрого  
Великий Новгород, ул. Б. Санкт-Петербургская, 41

**Петрова Анна Сергеевна**

Кандидат сельскохозяйственных наук, старший  
преподаватель  
Новгородский государственный университет им.  
Ярослава Мудрого  
Великий Новгород, ул. Б. Санкт-Петербургская, 41

**Glushchenko Lyudmyla Fyodorovna**

Doctor of Engineering Sciences, Professor,  
Head of Department  
Novgorod state university named Yaroslav Mudriy  
Velikiy Novgorod, B. St.-Petersburgskaya st., 41

**Petrov Dmitriy Sergeevich**

Graduate  
Novgorod state university named Yaroslav Mudriy  
Velikiy Novgorod, B. St.-Petersburgskaya st., 41

**Lapteva Natalya Gennadiyevna**

Candidate of Agricultural Sciences, Associate  
Professor  
Novgorod state university named Yaroslav Mudriy  
Velikiy Novgorod, B. St.-Petersburgskaya st., 41

**Laricheva Christina Nikolaevna**

Candidate of Economic Sciences, Senior Teacher  
Novgorod state university named Yaroslav Mudriy  
Velikiy Novgorod, B. St.-Petersburgskaya st., 41

**Petrova Anna Sergeevna**

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Teacher  
Novgorod state university named Yaroslav Mudriy  
Velikiy Novgorod, B. St.-Petersburgskaya st., 41

**Введение (Introduction)**

У населения большим спросом пользуются копчёные рыбные продукты благодаря тому, что они обладают высокими гастрономическими свойствами и способностью к длительному хранению и транспортировке. Копчение – сложный процесс тепло- и массообмена, в ходе которого происходят потеря влаги тканями рыбы, осаждение дыма на её поверхности, диффузия компонентов дыма в глубь тела рыбы, денатурация белков и другие биохимические изменения, что способствует повышению их усвояемости и получению рыбной продукции хорошего качества. Наиболее востребованными рыбными продуктами являются продукты, полученные методом холодного копчения, потому что в процессе тепловой обработки при горячем копчении рыба утрачивает многие полезные вещества и в ней больше скапливается канцерогенов из копильного дыма. Рыба холодного копчения лишена этих недостатков, она на 90% больше по сравнению с рыбой горячего копчения сохраняет питательных веществ, поэтому холодное копчение является перспективным способом обработки при производстве высококачественных рыбных продуктов, обеспечивающим углублённую переработку рыбной продукции.



Для увеличения выпуска высококачественной рыбной продукции холодного копчения постоянно проводятся работы по разработке новых и совершенствованию существующих технологий, которые позволяют улучшить качество продукта, в первую очередь, за счёт повышения их безопасности и улучшения органолептических показателей [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]. В настоящее время большое количество копчёной рыбы производится на предприятиях малой и средней мощности, где стремятся к расширению ассортимента выпускаемой продукции с учётом запроса потребителя. При этом основным вопросом при проведении этих работ должно являться обеспечение высокого качества выпускаемой продукции. Главная идея методологии обеспечения качества основана на том, что понятие «улучшение качества» должно употребляться применительно к любой сфере деятельности, поскольку качество продукции – следствие качественного выполнения всех видов работ.

Качество продукции закладывается непосредственно при производстве при соблюдении всех требований технологического процесса [3, 4, 5, 6, 7]. В последнее время технология холодного копчения получила много предложений, направленных на совершенствование процесса, одним из которых является использование электрокопчения с целью сокращения продолжительности процесса. Однако, используя электрокопчение, очень трудно добиться высокого качества готового продукта, особенно по органолептическим показателям (готовая рыба имеет привкус сырости, блеклый цвет, неравномерную окраску и др.). Для решения задачи повышения качества рыбы холодного копчения, произведённой с использованием электрокопчения, было предложено проводить подсушку рыбы, используя инфракрасное излучение [1, 2], что обеспечило значительное сокращение продолжительности подсушки рыбы и всего процесса копчения и, кроме того, привело к улучшению органолептических показателей качества готового продукта. Жиры наиболее подвержены воздействию в процессе обработки и хранения рыбы различных факторов, вызывающих их глубокие изменения и обуславливающих снижение качества продукта [3, 6].

Важные лимитирующие компоненты, определяющие уровень качества и сроки хранения продукции, – это именно липиды мышечной ткани рыбы, глубина и скорость изменения состава и свойств которых при гидролизе и окислении играют первостепенную роль в формировании важных качественных показателей рыбной продукции (цвет, запах и вкус). При этом надо помнить, что образующиеся в процессе окисления липидов вторичные продукты (альдегиды, кетоны и др.) делают рыбу небезопасной для здоровья [6].

Для принятия решения о целесообразности использования инфракрасной обработки рыбы на стадии подсушки требуется определить влияние этой обработки на гидролитические и окислительные процессы, протекающие в липидах, которые оказывают значительное влияние на качество копчёной рыбы.

### ***Материалы и методы (Materials and Methods)***

Работу проводили следующим образом. Рыбу мойву размораживали в соответствии с требованиями технологической инструкции. Размораживание проводили до момента свободного разделения блока рыбы на части. Затем рыбу

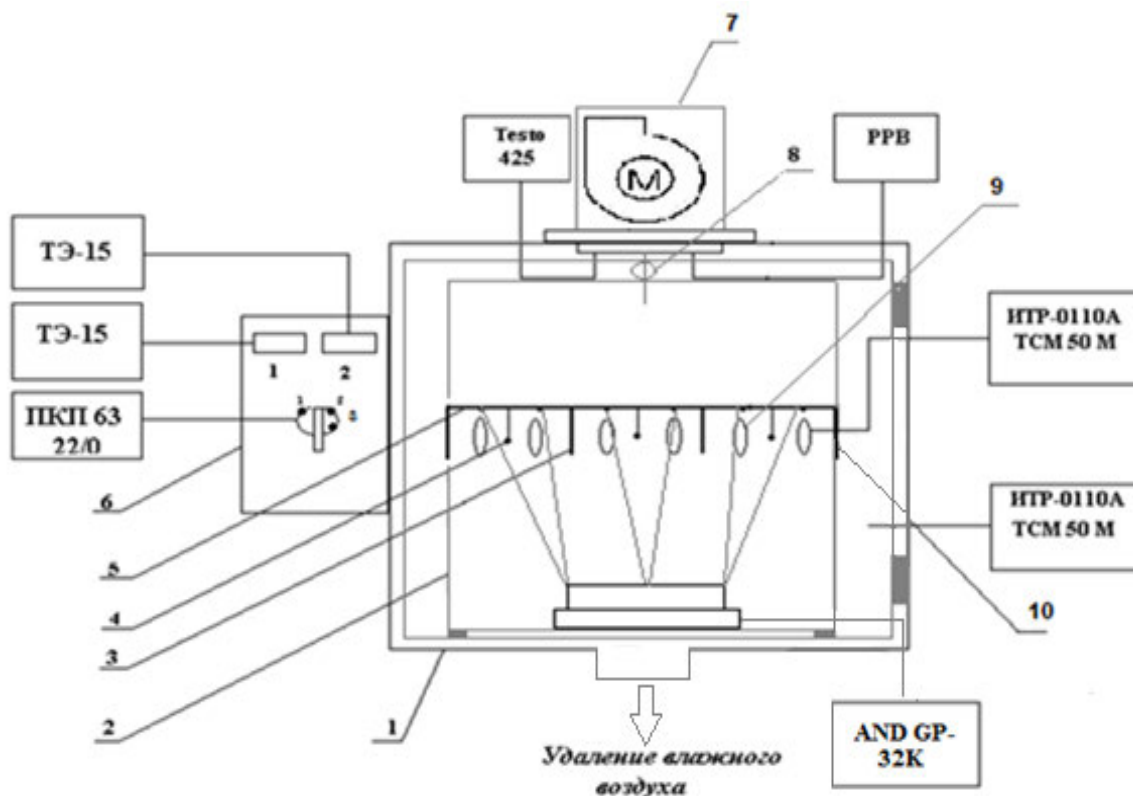
направляли на посол. Из посоленной в течение двух часов мойвы в тузлуке с концентрацией соли 10% подготавливали контрольные и опытные партии, характеристика которых представлена в таблице 1. Рыбу контрольных и опытных партии выдерживали в течение 1,5 минут в коптильном растворе, состоящем из воды (70,0%), жидкого дыма (27,5%) и натурального пищевого красителя (2,5%) и потом навешивали на металлические прутки.

**Таблица 1. Характеристика рыбы контрольных и опытных партий**

Наименование показателя	Размерность	Значение показателя
Масса одного экземпляра рыбы	кг	0,027±0,003
Длина одного экземпляра рыбы	см	16,0±1,0
Масса одной партии рыбы	кг	0,304±0,006
Содержание соли в рыбе	%	5,2±0,1
Влажность рыбы перед подсушкой	%	75,9±0,8

После стекания в течение 10-15 минут излишков коптильного раствора рыбу сразу направляли на подсушивание в экспериментальную инфракрасную сушильную установку, схема которой приведена на рисунке 1. Рыбу контрольных партий подвергали традиционной – конвективной обработке, рыбу опытных партий – радиационно-конвективной обработке (далее по тексту инфракрасной) в соответствии с режимами, указанными в таблице 2, на экспериментальной установке [5].

Рыбу обеих партий подсушивали до влажности, не превышающей 62%. Подсушенную рыбу направляли в установку «Ижица 1200», предназначенную для холодного копчения рыбы в электростатическом поле, и коптили в течение 90 минут. Готовую рыбу холодного копчения контрольных и опытных партий после окончания холодного копчения направляли на исследования.



**Рис. 1. Принципиальная схема экспериментальной инфракрасной сушильной установки**

1 – корпус; 2 – рама металлическая; 3 – отражатель из нержавеющей стали; 4 – излучатель инфракрасный КГТ 220-1000-1; 5 – место («гнездо») для установки металлического прутка с рыбой; 6 – управляющее установкой устройство; 7 – осевой тепловентилятор Electrolux EFH/S-1115; 8 – PPB – регулятор расхода воздуха; 9 – подсушиваемая рыба; 10 – секция сушильной установки; ТЭ-15 (1, 2) – таймер цифровой программируемый; ПКП 63 22/0 – переключатель кулачковый; Testo 425 – термоанемометр цифровой; TCM 50 M – термометры сопротивления; ИТР 0110 А – измеритель-регулятор влажности и температуры; PPB – регулятор расхода воздуха; ANDGP-32K – весы лабораторные

**Таблица 2. Режимы обработки рыбы контрольных и опытных партий**

Воздействующие факторы и диапазоны обработки	Размерность	Способ обработки рыбы при подсушке	
		Инфракрасный	Конвективный
Интенсивность инфракрасного излучения	кВт/м <sup>2</sup>	4,4	-
Режим работы инфракрасных излучателей, «нагревание-охлаждение», при постоянной обработке потоком воздуха	мин.	2-2	-
Температура сушильного агента	°С	24,0±0,5	
Удельный расход сушильного агента/ скорость сушильного агента	м <sup>3</sup> /(м <sup>2</sup> · час)/ м/с	316,4 /1,2	

При исследовании влияния инфракрасной обработки на изменение липидов в процессе хранения рыбу обеих партий упаковывали под вакуумом в пакеты из полимерных материалов, разрешённых для контакта с пищевыми продуктами и направляли на хранение в холодильную камеру, где хранили в соответствии с требованиями ГОСТ 32911-2014 [9] при температуре от 0 до минус 2 °С, относительной влажности воздуха не более 75% в течение 15 суток. Для определения возможности увеличения сроков хранения были проведены дополнительные исследования липидов на 17, 19, 21 сутки хранения.

При проведении работы использовали следующие методики.

*Отбор проб рыбы.* Отбор проб рыбы для исследования проводили по ГОСТ 31339-2006 [10]. Масса средних проб рыбы составляла  $0,304 \pm 0,006$  кг (таблица 1). Массу нетто солёной рыбы, отобранной для проведения исследований, определяли после отделения тузлука на весах лабораторных марки ANDGP-32K. Для этого рыбу выкладывали из посолочной ёмкости в перфорированную ёмкость, обеспечивающую свободное стекание тузлука. Выложенную продукцию очищали от кристаллов соли и сбитой чешуи промывкой тузлуком, которым была залита продукция. Через 15 минут после стекания тузлука рыбу взвешивали.

*Определение физических показателей рыбы (длины и массы).* Массу контрольных и опытных партий рыбы до подсушки определяли с помощью весов лабораторных марки ANDGP-32K. Длину рыбы и массу определяли по ГОСТ 7631-2008 [11]. При определении длины рыбы отдельные экземпляры помещали на плоскую поверхность и измеряли линейкой по прямой линии от вершины рыла (при закрытом рте) до основания средних лучей хвостового плавника.

*Определение концентрации солевого раствора (тузлука).* Концентрацию солевого раствора определяли по его плотности. Плотность тузлука определяли ареометром АОН-3 (ГОСТ 18481-81) [12].

*Определение температуры тузлука.* Температуру тузлука определяли термометром лабораторным ТЛ-2.

*Определение кислотного и перекисного чисел липидов рыбы.* Кислотное и перекисное числа являются гигиеническими показателями качества жира рыбы [13, 14], их определяли по ГОСТ 7636-85 [15], при этом массовую долю жира определяли экстракционным методом в аппарате Соклета.

Каждый эксперимент был проведен в 3-5 кратной повторности. Результаты исследований подвергали статистической обработке при помощи стандартного пакета программ (Microsoft Office 98, приложение Statistica) с последующей оценкой различий с использованием t-теста,  $p < 0.05$ .

### **Результаты (Results)**

Результаты подсушки рыбы при использовании обоснованных рациональных режимов процесса (таблица 2) приведены в таблице 3.

Подсушенную до влажности ( $60,9 \pm 0,8$ )% рыбу направляли на холодное электрокопчение и коптили 90 минут.

**Таблица 3. Влияние рациональных режимов инфракрасной обработки на продолжительность подсушки рыбы и удельный расход электрической энергии**

Показатель	Размерность	Рыба партий	
		контрольных	опытных
Влажность партий рыбы перед подсушкой	%	75,9±0,8	
Влажность партий рыбы после подсушки	%	60,9±0,8	
Продолжительность подсушки	мин.	92,0±1,0	23,0±1,0
Удельный расход электрической энергии	кВт·ч/кг	1,3	0,6

Результаты исследования влияния способов подсушки рыбы при её подготовке к холодному копчению на гигиенические показатели качества жира в готовом продукте, а именно, на кислотное и перекисное число, приведены в таблице 4.

**Таблица 4. Химические показатели образцов свежеприготовленной рыбы холодного копчения контрольных и опытных партий**

Показатель	Размерность	Солёный полуфабрикат перед подсушкой		Рыба холодного копчения	
		О	К	О	К
Кислотное число (КЧ)	мг КОН/г	2,1		2,1±0,2	2,2±0,1
Перекисное число (ПЧ)	ммольО/кг	4,2		4,2±0,2	4,3±0,1

\*Примечания: О – рыба опытных партий; К – рыба контрольных партий

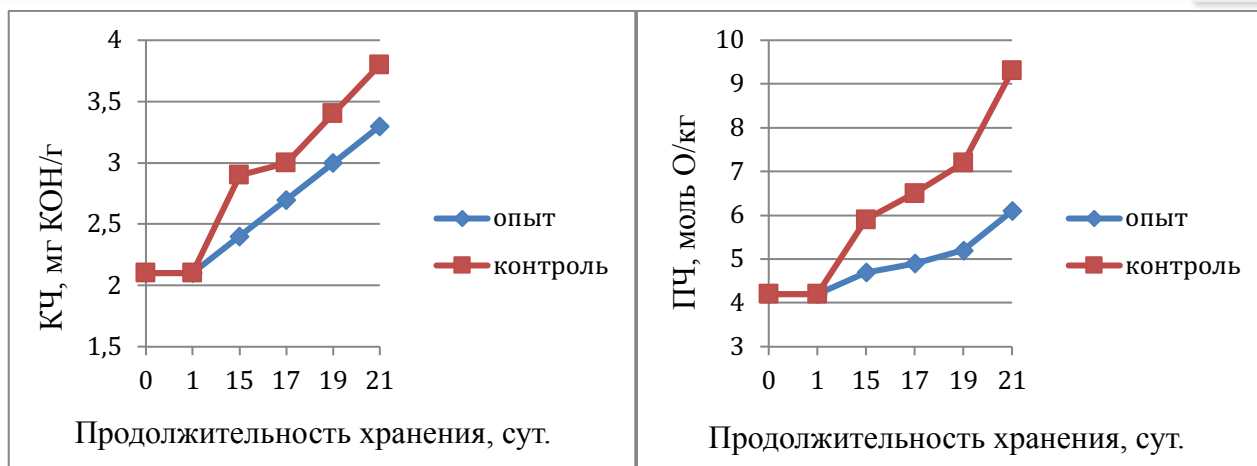
В таблице 5 и на рисунке 2 приведены результаты исследования гидролитических и окислительных изменений липидов рыбы холодного копчения при хранении.

**Таблица 5. Изменения липидов рыбы холодного копчения на 15, 17, 19 и 21 сутки хранения**

Показатель	Размерность	Липиды рыбы холодного копчения							
		15 сутки		17 сутки		19 сутки		21 сутки	
		О	К	О	К	О	К	О	К
Кислотное число (КЧ)	мг КОН/г	2,4±0,2	2,9±0,2	2,7±0,2	3,0±0,2	3,0±0,2	3,4±0,2	3,3±0,2	3,8±0,2
Перекисное число (ПЧ)	ммольО/кг	4,7±0,2	5,9±0,2	4,9±0,2	6,5±0,2	5,2±0,2	7,2±0,2	6,1±0,2	9,3±0,2

\*Примечания: О – опытные партии рыбы; К – контрольные партии рыбы





а, б –кислотное число, перекисное число соответственно

а)

б)

Рис. 2. Изменения липидов рыбы холодного копчения в процессе хранения

### Обсуждение и заключение (Discussion and Conclusion)

Анализ приведённых в таблице 3 сведений показывает, что при использовании инфракрасной обработки на стадии подсушки удельный расход электрической энергии и продолжительность подсушки рыбы до заданной влажности существенно сократились. При использовании рациональных режимов подсушки рыба достигает заданной влажности в среднем за 23 минуты, удельный расход электрической энергии составляет 0,6 кВт·ч/кг; при использовании конвективной обработки соответственно – за 92 минуты, удельный расход электрической энергии составляет 1,3 кВт·ч/кг. Известно, что общая продолжительность процесса холодного копчения является суммой двух составляющих: подсушки рыбы и собственно холодного копчения. Результаты исследования свидетельствуют о сокращении продолжительности процесса холодного копчения рыбы с использованием предложенных режимов инфракрасной обработки на стадии подсушки более чем в 1,6 раза по сравнению с продолжительностью процесса холодного копчения рыбы с использованием на стадии подсушки конвективной обработки.

Кроме того, было отмечено, что рыбы, подсушенная с использованием инфракрасной обработки до влажности (60,9±0,8) %, наиболее полно отвечает требованиям по качеству, предъявляемым к подсушенному и направляемому на холодное копчение в электростатическом поле полуфабрикату: на поверхности рыбы отсутствует корочка; влажность рыбы соответствует требуемому значению; коптильный препарат равномерно зафиксирован на всех частях тела рыбы.

Следовательно, использование инфракрасной обработки на стадии подсушки рыбы перед холодным копчением в электростатическом поле обеспечивает значительное увеличение коэффициента использования оборудования, сокращение энергопотребления более чем в два раза и повышение качества продукта.

В рамках нашей работы целью являлось определение влияния инфракрасной обработки на изменение липидов рыбы. Результаты исследований по определению кислотного и перекисного чисел, представленные в таблице 4, говорят об отсутствии существенных различий в значениях определяемых показателей образцов свежизготовленной рыбы холодного копчения опытных и контрольных партий, что, по нашему мнению, позволяет сделать вывод о том, что используемые режимы подсушки и холодного копчения рыбы в электростатическом поле влияния на определяемые показатели не оказали.

Анализ данных, представленных в таблице 5 и на графиках рисунка 2, показал, что кислотное и перекисное числа липидов в образцах рыбы холодного копчения контрольных и опытных партий при её хранении увеличились. Причём, изменения этих показателей оказались более выраженными у образцов рыбы холодного копчения контрольных партий. По данным [6] изменение кислотного числа является результатом двух противоположно направленных процессов: гидролиза жира, при котором количество свободных жирных кислот увеличивается, и окисления, понижающего их содержание. В нашем случае, на 15 сутки хранения значение кислотного числа по сравнению с исходным возросло у образцов рыбы холодного копчения опытных партий незначительно (увеличение содержания немного превышает границы погрешности), а у образцов рыбы холодного копчения контрольных партий более чем в 1,3 раза. Аналогичная ситуация наблюдалась с изменением перекисного числа липидов рыбы холодного копчения опытных и контрольных партий: на 15 сутки хранения значение перекисного числа по сравнению с исходным возросло у образцов рыбы холодного копчения опытных партий на 6%; у образцов рыбы холодного копчения контрольных партий – на 14%, что свидетельствует о большей активности окислительных процессов липидов жира в контрольных образцах рыбы холодного копчения. Всё это свидетельствует о продолжении гидролитического расщепления жиров и окислительных процессов в тканях рыбы. На 21 сутки хранения значения кислотного и перекисного чисел липидов жира образцов рыбы холодного копчения контрольных партий практически достигли предельного уровня (4,0 КОН/г и 10,0 ммоль активного кислорода/кг, соответственно), установленного гигиеническими требованиями безопасности к пищевой продукции.

Таким образом, результаты проведённой работы свидетельствуют, что использование инфракрасной обработки на стадии подсушки рыбы перед её электрокопчением имеет ряд преимуществ по сравнению с использованием конвективной обработки на стадии подсушки (сокращение продолжительности подсушки и в целом процесса копчения, сокращение расхода электроэнергии на проведение процесса, высокое качество и увеличение срока хранения готовой продукции холодного копчения) и может быть использовано при производстве высококачественной рыбной продукции холодного копчения.

**Список используемых источников:**

1. Глущенко Л.Ф., Петров Д.С. Совершенствование процесса подготовки мелкой морской рыбы к холодному копчению: монография. Великий Новгород: НовГУ им. Ярослава Мудрого, 2015. 58 с.

2. Петров Д.С., Глущенко Л.Ф., Марков А.А. Способ и устройство для производства мелкой морской рыбы холодного копчения: Патент РФ № 2535749. Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого. 27.06.2013; заяв. № 2013129515/13 (043964).
3. Агамов А.Н. Качество и безопасность рыбы холодного копчения. Автореферат дисс. канд. техн. наук. Астрахань. 2002. 21 с.
4. Дмитриев Ю.А. Повышение эффективности процесса холодного копчения рыбной продукции. Автореферат дисс. канд. техн. наук. Воронеж. 2002. 22 с.
5. Висков А.Ю. Повышение эффективности процесса холодного копчения рыбы путём непрерывного контроля внутренних свойств полуфабриката. Автореферат дисс. канд. техн. наук. Мурманск. 2001. 20 с.
6. Шульц Г.М. Влияние условий хранения и способов разделки на качество скумбрии провесной холодного копчения. Автореферат дисс. канд. техн. наук. С-Пб, 2002. 19 с.
7. Глазунов Ю.Т., Ершов А.М., Ершов М.А., Семяков И.Ю., Аминов В.А. Элементы теории «пунктирного» обезвоживания в процессе холодного копчения и вяления рыбы // Вестник ИГТУ. Т. 15. № 1. 2012. С. 15-20.
8. Петров Д.С., Марков А.А. Экспериментальная установка для сушки мелкой морской рыбы, используемая при её подготовке к холодному копчению в электростатическом поле // Вузовская наука Северокавказскому федеральному округу. Пятигорск: РИА-КМВ, 2013. С. 334-338.
9. ГОСТ 32911-2014. Рыба мелкая холодного копчения. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2015. 12 с.
10. ГОСТ 31339-2006. Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приемки и методы отбора проб. М.: Стандартинформ, 2007. 10 с.
11. ГОСТ 1368-2003. Рыба. Длина и масса. М.: Стандартинформ, 2010. 12 с.
12. ГОСТ 7631-2008. Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Методы определения органолептических и физических показателей. М.: Стандартинформ, 2011. 11 с.
13. Гроховский В.А. Исследования по установлению срока годности рыбы бездымного электрокопчения // Вестник МГТУ. 2012. Т. 15. № 1. С. 35-44.
14. О'Брайен Р. Жиры и масла. Производство, состав и свойства, применение. СПб.: Профессия, 2007. 752 с.
15. ГОСТ 7636-85. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. М.: Стандартинформ, 2010. 19 с.

### References:

1. Glushchenko L.F., Petrov D.S. Improving the process of preparation of the shallow marine fish to cold string: monograph. Veliky Novgorod: Novgorod State University named after Yaroslav the Wise, 2015. 58 p.
2. Petrov D.S., Glushchenko L.F., Markov A.A. Method and device for the production of fine smoked fish: Patent RFPФ№ 2535749. Novgorod State University named after Yaroslav the Wise. 27.06.2013; № 2013129515/13 (043964).
3. Agamov A.N. The quality and safety of smoked fish. PhD dissertation. Astrakhan, 2002. 21 p.
4. Dmitriev U.A. Strengthening the smoked fish products. PhD dissertation. Voronezh, 2002. 22 p.
5. Viskov A.U. Strengthening the smoked fish by continuous control of intrinsic properties of semi-finished product. PhD dissertation. Murmansk, 2001. 20 p.
6. Schulz G.M. Influence of storage conditions and ways of cutting on the quality provesnoj of cold smoked mackerel. PhD dissertation. S-Ptb, 2002. 19 p.
7. Glasunov U.T., Ershov A.M., Ershov M.A., Semjakov I.U., Aminov V.A. Elements of the theory of "dotted" dehydration during cold smoking and drying fish. Messenger IGTU. Vol. 15. № 1. 2012. P. 15-20.
8. Petrov D.S., Markov A.A. Experimental installation for drying of shallow saltwater fish, used in its preparation to cold string in electrostatic field. University Science Severokavkazskomu Federal District. Pyatigorsk: RIA-KMV, 2013. P. 334-338.
9. GOST 32911-2014. Small fish, smoked. Technical conditions. M.: Standartinform, 2015. 12 p.
10. GOST 31339-2006. Fish and non-fish objects and products of them. Rules of acceptance and sampling methods. M.: Standartinform, 2007. 10 p.
11. GOST 1368-2002. The fish. Length and weight. M.: Standartinform, 2010. 12 p.
12. GOST 7631-2008. Fish and non-fish objects and products of them. Methods for determination of organoleptic and physical indicators. M.: Standartinform, 2011. 11 p.
13. Grohovskiy V.A. Studies on establishment of expiry fish smokeless jelektrokopchenija. Messenger MSTU. 2012. Vol. 15. № 1. P. 35-44.

14. O'Brien P. *Fats and oils. Production, composition and properties, application.* SPb.: Profession, 2007. 752 p.  
15. GOST 7636-85. *Fish, marine mammals, marine invertebrates and their by-products. Methods of analysis.* M.: Standartinform, 2010. 19 p.

---

© 2016, Глущенко Л.Ф., Петров Д.С., Лаптева Н.Г.,  
Ларичева К.Н., Петрова А.С.

*Влияние инфракрасной обработки рыбы при  
подсушке перед холодным электрокопчением на  
изменение липидов*

---

© 2016, Glushchenko L.F., Petrov D.S., Lapteva N.G.,  
Laricheva K.N., Petrova A.S.

*The influence of infrared processing fish at podsushke  
before cold jelektropcheniem on lipid change*

DOI: 10.17117/nv.2016.04.066

Поступила (Received): 16.12.2016

rector@mirea.ru

**Кочетов О.С.****Методика расчета аэродинамических глушителей шума для пылеуборочных машин текстильного производства****Kochetov O.S.****Method of calculation of aerodynamic mufflers of noise for the pyleuborochnykh of cars of textile production**

В работе рассмотрена методика расчета аэродинамических глушителей шума для пылеуборочных машин текстильного производства. Приводится принципиальная схема расчета аэродинамических глушителей шума на ПЭВМ в компьютерной среде «Excel». Рассчитан и испытан серийно устанавливаемый на пылесосе типа НПП-2 многокамерный реактивный глушитель, который содержит цилиндрический корпус, жестко соединенный с торцевым впускным и выпускным патрубками. В корпусе, перпендикулярно направлению движения аэродинамического потока, установлены, по крайней мере, два диска с отверстиями, образующие камеры, причем отверстия дисков поочередно смещены относительно оси корпуса таким образом, что отверстия в двух смежных дисках не совпадают. Конструктивно глушитель выполнен в виде цилиндрической трубы диаметром 204 мм, длиной 766 мм и толщиной 2 мм, внутри которой установлены девять жестких перегородок, имеющих отверстия диаметром 40 мм и образующих десять реактивных камер, причем перегородки установлены таким образом, что отсутствует «лучевой эффект». Приводятся результаты испытаний аэродинамических глушителей шума. Выявлено, что наиболее перспективным направлением для создания аэродинамических глушителей шума машин такого класса является разработка схем комбинированных глушителей шума, состоящих из реактивной и активной частей. Облицовка камеры глушителя звукопоглощающим материалом позволила снизить уровни звукового давления в диапазоне частот 2000...8000 Гц на 8...9 дБ. Эффективность облицовки камерного глушителя, полученная экспериментальным путем оказалась

In work the method of calculation of aerodynamic mufflers of noise for the pyleuborochnykh of cars of textile production is considered. The schematic diagram of calculation of aerodynamic mufflers of noise on PEVM is provided in the computer Excel environment. The multichamber jet muffler which is serially installed on the NPP-2 vacuum cleaner which contains the cylindrical case which is rigidly connected with face inlet and final branch pipes is calculated and tested. In the case, perpendicular to the direction of the movement of an aerodynamic stream, at least, two disks with openings forming cameras are established, and openings of disks are serially displaced concerning a case axis in such a way that openings in two adjacent disks don't coincide. Structurally the muffler is executed in the form of a cylindrical pipe with a diameter of 204 mm, 766 mm long and 2 mm thick in which nine rigid partitions having openings with a diameter of 40 mm and forming ten jet cameras are established, and partitions are established in such a way that there is no "a beam effect". Results of tests of aerodynamic mufflers of noise are given. It is revealed that the most perspective direction for creation of aerodynamic mufflers of noise of cars of such class is development of schemes of the combined mufflers of noise consisting of jet and active parts. Facing of the camera of the muffler sound-absorbing material allowed to reduce levels of sound pressure in the range of frequencies of 2000... 8000 Hz on 8... 9 dB. The efficiency of facing of the chamber muffler received experimentally was lower settlement on 3. 4 dB for the reason that the settlement formula for determination of theoretical efficiency is fair for a coaxial arrangement of entrance and output openings of one diameter



ниже расчетной на 3...4 дБ по той причине, что расчетная формула для определения теоретической эффективности справедлива для соосного расположения входного и выходного отверстий одного диаметра

**Ключевые слова:** пылеуборочная машина, аэродинамический активный и реактивный глушители шума, эффективность

**Кочетов Олег Савельевич**

Доктор технических наук, профессор  
Московский технологический университет  
г. Москва, ул. Стромынка, 20

**Key words:** pyleuborochny machine, aerodynamic active and jet mufflers of noise, efficiency

**Kochetov Oleg Savelyevich**

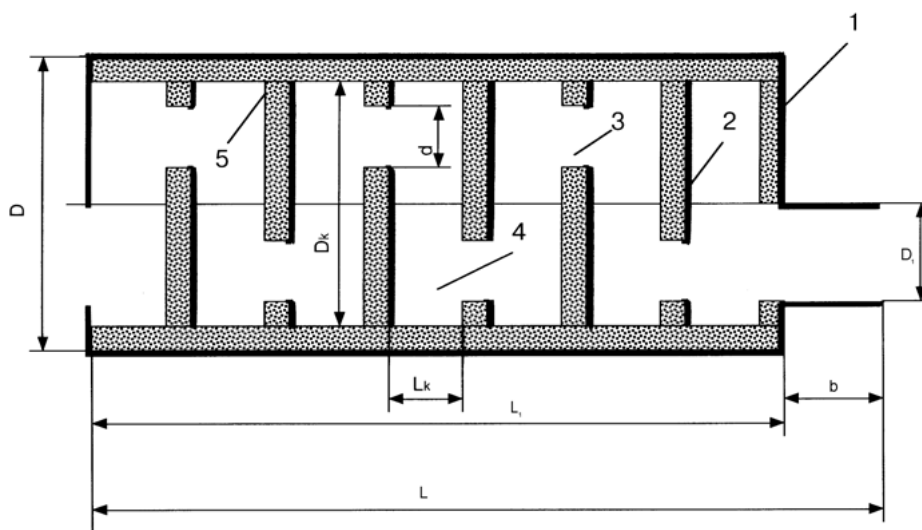
Doctor of Engineering Sciences, Professor  
Moscow technological university  
Moscow, Stromynka st., 20

Для проведения предпроектных изысканий использовался ориентировочный метод измерения шумовых характеристик [1, с.14; 2, с.17] в инструментальном цехе РЗТО (Рижского завода текстильного оборудования) на расстоянии  $d = 1$  м от контура пылесоса, причем расстояние до ограждающих поверхностей цеха было больше величины  $d + 1$  м.

При исследованиях использовался комплект акустической аппаратуры типа ИШВ-1, а испытываемый пылесос был установлен свободно на полу в цехе с размерами: длина  $D = 20$  м, ширина  $W = 12$  м, высота  $H = 3,4$  м. Режим работы пылесоса соответствовал вращению крыльчатки вентилятора со скоростью  $n = 3000$  об/мин. Количество точек измерения равнялось пяти, а число измерений в каждой точке – 3. Расчет шумовых характеристик пылесоса НПП-2 проводился согласно ОСТ 27-72-218-85 [2, с.15].

В качестве первого варианта был испытан серийно устанавливаемый на пылесосе типа НПП-2 многокамерный реактивный глушитель [3, с.15; 4, с.110; 5, с.90], который содержит цилиндрический корпус, жестко соединенный с торцевым впускным и выпускным патрубками. В корпусе, перпендикулярно направлению движения аэродинамического потока, установлены, по крайней мере, два диска с отверстиями, образующие камеры, причем отверстия дисков поочередно смещены относительно оси корпуса таким образом, что отверстия в двух смежных дисках не совпадают. Конструктивно он выполнен в виде цилиндрической трубы диаметром 204 мм, длиной 766 мм и толщиной 2 мм, внутри которой установлены девять жестких перегородок, имеющих отверстия диаметром 40 мм и образующих десять реактивных камер, причем перегородки установлены таким образом, что отсутствует «лучевой эффект». Однако наблюдалось превышение УЗД в высокочастотной области 4000...8000 Гц и составляло порядка 6...9 дБ. Для устранения этого недостатка при разработке средств модернизации в схему реактивного глушителя шума были введены элементы звукопоглощения [6, с.100; 7, с.94]. На рис.1 представлена схема многокамерного глушителя с обработкой внутренних полостей звукопоглотителем толщиной 10 мм (схема № 2), который содержит цилиндрический корпус 1, жестко соединенный с торцевым впускным 6 и выпускным 8 патрубками, при этом корпус изнутри облицован звукопоглощающим материалом 7, а также диски 2 облицованы звукопоглощающим материалом 5 со стороны движения аэродинамиче-

ского потока. В результате эксперимента были выявлены следующие оптимальные соотношения параметров нового глушителя: отношение длины корпуса  $L_1$  к его диаметру  $D$  лежит в оптимальном интервале величин:  $L_1 / D = 3,5 \dots 4,0$ ; а отношение диаметра корпуса  $D$  к диаметру  $D_1$  выпускного патрубка лежит в оптимальном интервале величин:  $D / D_1 = 4,5 \dots 5,5$ ; а отношение диаметра корпуса  $D$  к диаметру  $d$  отверстия дисков лежит в оптимальном интервале величин:  $D / d = 5,0 \dots 6,0$ , а отношение диаметра корпуса  $D$  к длине камеры  $L_k$  лежит в оптимальном интервале величин:  $D / L_k = 2,0 \dots 4,5$ . Корпус 1 выполнен из конструкционных материалов, с нанесенным на его поверхности с одной или двух сторон слоя мягкого вибродемпфирующего материала, например мастики ВД-17, или материала типа «Герлен-Д», при этом соотношение между толщиной облицовки и вибродемпфирующего покрытия лежит в оптимальном интервале величин – 1: (2,5...3,5).



**Рис. 1. Схема многокамерного аэродинамического глушителя шума с обработкой внутренних полостей звукопоглотителем толщиной 10 мм**

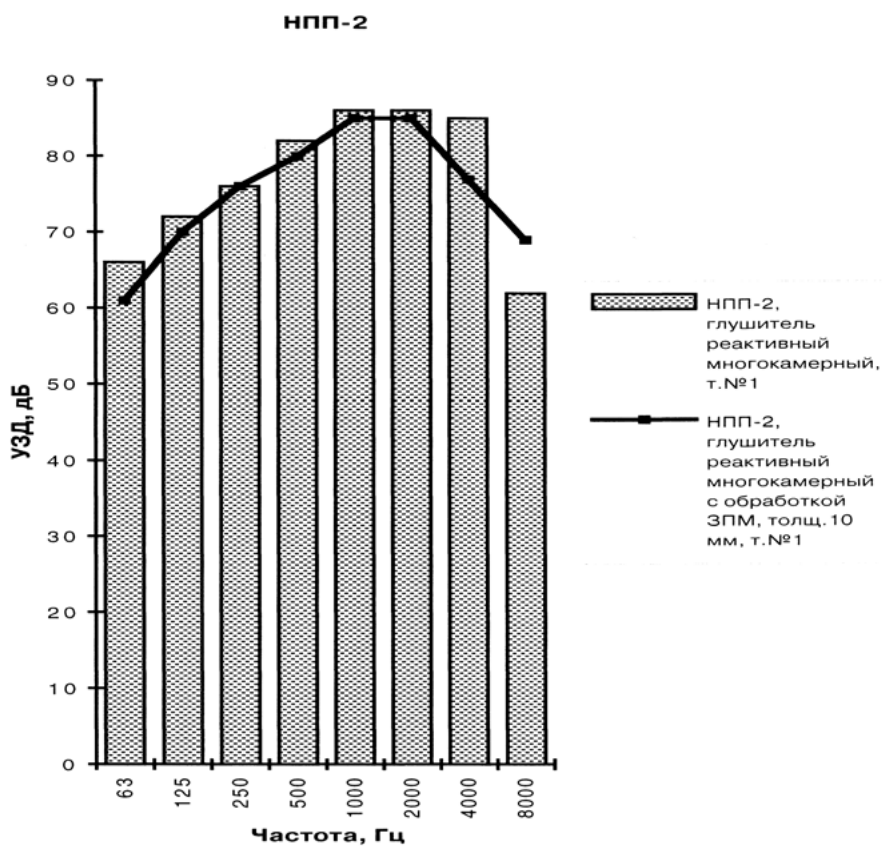
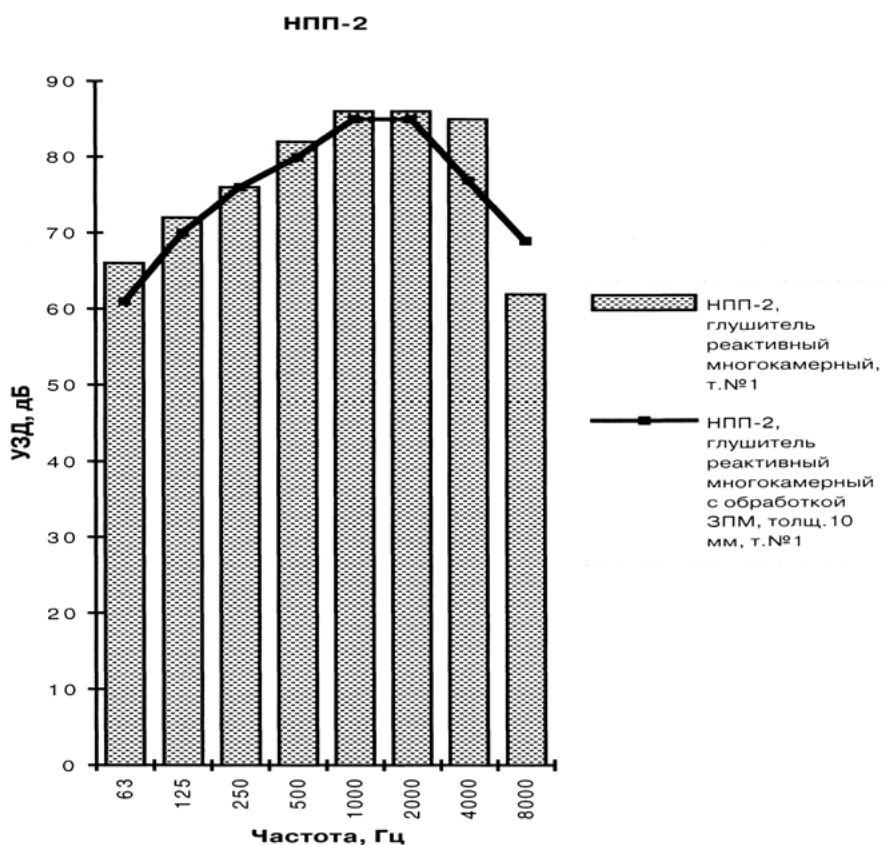
По сравнению с серийный у нового глушителя эффективность снижения шума на частотах 4000 Гц и 8000 Гц соответственно составила 8 дБ и 12 дБ.

Результаты испытания активного глушителя шума (схема №2, рис.2) показали также хорошие результаты в области высоких частот: его эффективность в диапазоне частот 2000...8000 Гц на 3 дБ выше, чем у глушителя, выполненного по схеме № 1. Однако недостатком активного глушителя шума является его невысокая эффективность в области низких и средних частот, где его эффективность ниже на 5...10 дБ серийного глушитель шума. Поэтому наиболее перспективным направлением для создания аэродинамических глушителей шума машин такого класса является разработка схем комбинированных глушителей шума, состоящих из реактивной и активной частей [8, с.15; 9, с.12].

Остановимся на расчете и настройке глушителя шума на выходе побудителя тяги на примере пылесоса типа Т-1. Подсчитаем частоту лопастного шума от побудителя тяги (центробежного вентилятора) на частоте вращения [7, с.92]

$$f = nz/60 = (11200 \times 12) / 60 = 2240 \text{ Гц},$$

где  $n$  – число оборотов диска в минуту;  $z$  – число лопаток на диске.



**Рис. 2. Сравнительные акустические характеристики пылесоса НПП-2 с многокамерными серийным (схема № 1) и глушителя с обработкой внутренних полостей звукопоглотителем толщиной 10 мм (схема № 2) в измерительной точке №1**

Так как необходимо снизить шум в широкополосном спектре частот, начиная от 400 до 2240 Гц и выше, глушитель шума выполнен комбинированным, т.е. состоящим из звукопоглощающих элементов, расширительной камеры и резонансных полостей. Активная часть (звукопоглощающие элементы облицовки камеры) входит составной частью в реактивную, образуя камерный глушитель, внутренние поверхности которого имеют звукопоглощающую облицовку. В диапазоне высоких частот, когда размеры камеры в несколько раз превышают длины волн, звуковое поле в ней приобретает диффузный характер. Условие диффузности звука в объеме выражается неравенством

$$f > \frac{c}{\sqrt[3]{V_k}}, \tag{1}$$

где  $c = 340$  м/сек – скорость звука в воздухе,

$V_k = L_k \times B_k \times H_k = 0,42 \times 0,12 \times 0,146 = 7,4 \times 10^{-3}$  – объем камеры в м<sup>3</sup>. Тогда для нашего случая частота, с которой начинается диффузность звука в камере определится так  $f > \frac{340}{\sqrt[3]{7,4 \times 10^{-3}}} = 1789,5$  Гц.

Для диапазона частот 1789,5...8000 Гц, потери звуковой мощности в камере глушителя со звукопоглощающей облицовкой из пенополиуретана можно представить следующим образом

$$\Delta L = 10 \lg \left( 1 + \frac{\alpha_k S_k}{F_0} \right), \tag{2}$$

где  $S_k, \alpha_k$  – площадь внутренних поверхностей камеры и коэффициент их звукопоглощения;  $F_0$  – площадь выходного отверстия в камере.

Подсчитаем потери звуковой мощности для полос со среднегеометрическими частотами 2000 Гц ( $\alpha_k = 0,85$ ); 4000 Гц ( $\alpha_k = 0,8$ ); 8000 Гц ( $\alpha_k = 0,75$ ).

$$\Delta L_{2000} = 10 \lg \left( 1 + \frac{\alpha_k S_k}{F_0} \right) = 10 \lg \left( 1 + \frac{0,85 \times 0,24}{0,012} \right) = 12,5 \text{ дБ}; \Delta L_{4000} = 12,3 \text{ дБ}; \Delta L_{8000} = 12 \text{ дБ}.$$

Таким образом, в результате проведенных расчетов получено, что эффективность камерного глушителя в диапазоне высоких частот 2000...8000 Гц, когда звуковое поле в объеме камеры приобретает диффузный характер, составляет 12...12,5 дБ [6, с.103; 7, с.98].

Для снижения шума в низкочастотной области 250...1000 Гц служит реактивная часть камерного глушителя шума. Этот глушитель пропускает звук ниже граничной частоты  $f_{гр}$  (для нашего случая выберем  $f_{гр} = 295$  Гц), препятствуя распространению колебаний звуковых волн, частота которых превышает граничную. Обычно в таких расчетах выбирают граничную частоту пропускания шума, а затем рассчитывают объем камеры глушителя шума, исходя из габаритных размеров пылесоса по формуле

$$V_k = \frac{c^2 S}{4 \pi^2 l_{mp} f_{гр}^2}, \tag{3}$$

где  $c$  – скорость звука в воздухе (340 м/с),

$S = \pi d_{вх}^2 / 4$  – площадь проходного сечения трубопровода,



$d_{вх}$  – диаметр трубопровода, соединяющего вентилятор с глушителем,  
 $l_{тр}$  – длина участков трубопровода соответственно до и после камеры, м

$$V_K = \frac{c^2 S}{4\pi^2 l_{мп} f_{гп}^2} = \frac{340^2 \times 6,6 \times 10^{-3}}{4 \times 3,14^2 \times 0,03 \times 295^2} = 7,4 \times 10^{-3} \text{ м}^3.$$

Теперь подсчитаем эффективность снижения уровня шума однокамерным глушителем для полосы частот со среднегеометрической частотой 500 Гц по формуле

$$\begin{aligned} \Delta L &= 10 \lg [1 + 0,25(m - m^{-1})^2 \sin^2 kL_k] = \\ &= 10 \lg \left[ 1 + 0,25(2,65 - 2,65^{-1})^2 \sin^2 \left( \frac{2 \times 3,14 \times 500}{340} \times 0,42 \right) \right] = 2 \text{ дБ}. \end{aligned} \quad (4)$$

где  $m = F_2 / F_1 = (0,146 \times 0,12) / 6,6 \times 10^{-3} = 2,65$  – отношение сечения камеры к сечению трубопровода,  $k = 2\pi f/c$  – волновое число.

Расчетная эффективность камерного глушителя шума для нашего случая оказалась небольшой (всего 2 дБ). Это связано с тем, что степень расширения  $m = 2,65$  очень незначительна, однако увеличить ее реально не позволяют габаритные размеры, отведенные под глушитель шума в пылесосе. Следует иметь в виду, что эффективность однокамерного глушителя шума увеличивается при возрастании степени расширения  $m$ . Так, при  $m = 9$  заглушение на частоте максимума составляет около 13 дБ, а при  $m = 16$  – около 18 дБ.

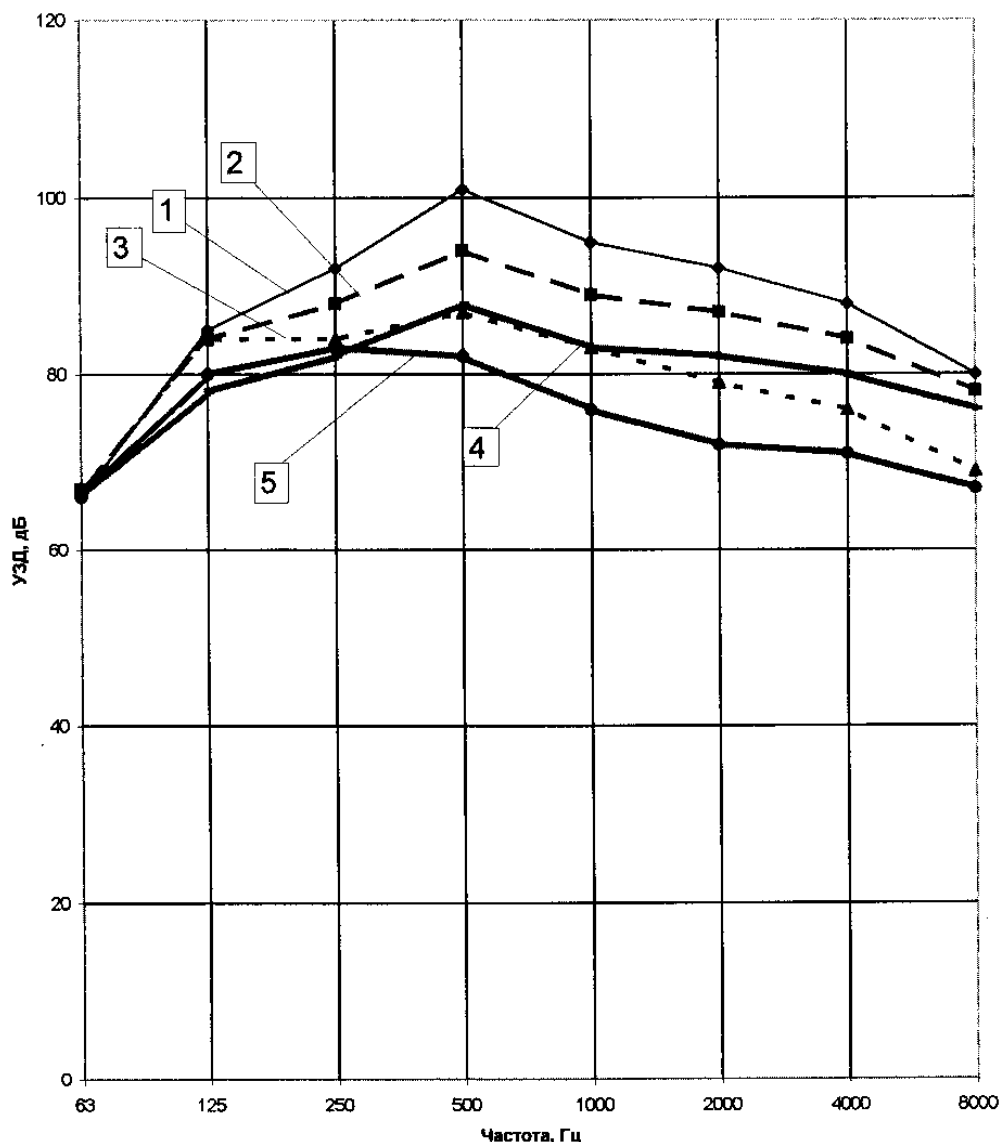
Были проведены следующие испытания схем аэродинамических глушителей шума применительно к пылесосу типа Т-1 (рис.3). в точке № 2 (см.рис.4): Кривая 1- точка №2 (без шланга на входе и без глушителя на выходе); Кривая 2- точка №2 (шланг и глушитель на выходе без резонансных полостей и звукопоглощающей облицовки камеры); Кривая 3- точка №2 (шланг и глушитель на выходе без резонансных полостей, но с облицовкой камеры ЗПМ); Кривая 4- точка №2 (без шланга, но с глушителем на выходе); Кривая 5- точка №2 (шланг и глушитель на выходе с резонансными полостями и облицовкой камеры ЗПМ). Из представленных результатов можно сделать вывод о том, что снижение шума реактивным однокамерным глушителем шума имеет место в низкочастотной области, начиная с 250 Гц, т.е. выбор для расчета  $f_{гп}=295$  Гц явился обоснованным. Эффективность в этом случае в диапазоне частот 250...1000 Гц (см. кривые 1 и 2) составила 4...7 Гц.

Увеличение эффективности по сравнению с расчетной (2 дБ на частоте 500 Гц) можно объяснить наличием в глушителе поворота потока на 90°, что вызвало увеличение потерь звуковой мощности.

Облицовка камеры глушителя звукопоглощающим материалом (ЗПМ) позволила снизить уровни звукового давления в диапазоне частот 2000...8000 Гц (кривая 3) на 8...9 дБ (расчетная эффективность в этом диапазоне составляет 12...12,5 дБ). Эффективность облицовки камерного глушителя, полученная экспериментальным путем оказалась ниже расчетной на 3...4 дБ по той причине, что расчетная формула для определения теоретической эффективности справедлива для соосного расположения входного и выходного отверстий одного диаметра.



Пылесос Т-1



**Рис. 3. Результаты испытаний промышленного пылесоса Т-1**

В нашем случае имеет место поворот потока на  $90^\circ$ , а выходной патрубок представлен 8-ю отверстиями диаметром 44 мм. Эффективность резонансной части глушителя составила на частоте 2000 Гц – 7 дБ (кривая 5), а на частоте 4000 Гц – 5 дБ (для настройкой резонансной части глушителя была выбрана частота  $f_p = 2240$  Гц, равная частоте "лопастного" импульсного шума вентилятора, что совпадает с расчетными данными). Следует отметить, что эффективность снижения шума шлангом для насадок составляет в полосе частот 500...8000 Гц 7...10 дБ и объясняется его работой как активного глушителя большой длины (см. кривые 4 и 5). Таким образом, общая эффективность комбинированного глушителя шума на выходе составляет в полосе частот 250...8000 Гц 13...20 дБ, а уровни звукового давления при работе с пылесосом Т-1, оснащенным глушителями шума на входе и выходе побудителя тяги при скорости 11200 об/мин не превышают санитарно-гигиенические нормы (см. рис.3).

**Выводы:**

1. Разработана методика расчета и создана конструкция аэродинамического глушителя шума комбинированного типа, т.е. состоящего из звукопоглощающих элементов, расширительной камеры и резонансных полостей.

2. Результаты проведенных испытаний подтвердили основные положения методики и выбранных расчетных схем и показали, что общая эффективность комбинированного глушителя шума на выходе составляет в полосе частот 250...8000 Гц 13...20 дБ, а уровни звукового давления при работе с пылесосом Т-1, оснащенным глушителями шума на входе и выходе побудителя тяги при скорости 11200 об/мин не превышают санитарно-гигиенические нормы.

3. Разработанные средства модернизации серийного глушителя для пылесоса НПП-2, выполненные с использованием элементов звукопоглощения, позволили повысить его эффективность в высокочастотной области на 8...12 дБ.

**Список используемых источников:**

1. ГОСТ 12.1.003-83.ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. М.: Госстандарт, 1984.
2. ОСТ 27-72-218-85.ССБТ. Оборудование для легкой промышленности и производства химволокна. Методы определения характеристик. М.: ВНИИЛтекмаш, 1985.
3. Семов А.Д., Кочетов О.С., Церлюк М.Б. А.С. СССР № 1567184. Пылесос. Опубликовано 27.10.1990 // Бюллетень изобретений № 20.
4. Кочетов О.С. Методика расчета шума в производственных помещениях текстильных предприятий // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 1997. № 2. С. 106-111.
5. Сажин Б.С., Кочетов О.С., Зубов П.О. Методика расчета снижения шума звукопоглощением в условиях текстильного производства. Известия высших учебных заведений // Технология текстильной промышленности. 2000. № 6. С.87-92.
6. Кочетов О.С. Расчет акустических характеристик промышленного пылесоса для ткацкого производства // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2001. № 2. С. 99-104.
7. Кочетов О.С. Методика расчета средств снижения шума промышленного пылесоса для прядильного производства. Известия высших учебных заведений // Технология текстильной промышленности. 2003. № 6. С. 91-97.
8. Сажин Б.С., Кочетов О.С., Синев А.В., Ходакова Т.Д. Методика расчета снижения шума звукопоглощением в условиях текстильного производства // Безопасность жизнедеятельности. 2002. № 6. С. 13-17.
9. Сажин Б.С., Кочетов О.С., Ходакова Т.Д. Методы и средства снижения шума и вибрации в текстильной промышленности // Безопасность жизнедеятельности. 2004. № 11. С. 10-15.

**References:**

1. GOST 12.1.003-83.SSBT. Noise. General safety requirements. M.: Gosstandart, 1984.
2. OST 27-72-218-85.SSBT. Equipment for light industry and production of man-made fibers. Methods of definition of characteristics. M.: Vniiltekmash, 1985.
3. Semov A.D., Kochetov O.S., Tserlyuk M.B. Ampere-second. USSR No. 1567184. Vacuum cleaner. Opublikovano 27.10.1990. Bulletin of inventions No. 20.
4. Kochetov O.S. A method of calculation of noise in production premises of the textile enterprises. News of higher educational institutions. Technology of the textile industry. 1997. No. 2. P. 106-111.
5. Sazhin B.S., Kochetov O.S., P.O Teeth. A method of calculation of noise reduction by a sound absorption in the conditions of textile production. News of higher educational institutions. Technology of the textile industry. 2000. No. 6. P. 87-92.
6. Kochetov O.S. Calculation of acoustic characteristics of the industrial vacuum cleaner for weaver's production. News of higher educational institutions. Technology of the textile industry. 2001. No. 2. P. 99-104.

7. Kochetov O.S. *A method of calculation of means of reduction of noise of the industrial vacuum cleaner for spinning production. News of higher educational institutions. Technology of the textile industry. 2003. No. 6. P. 91-97.*
8. Sazhin B.S., Kochetov O.S., Hodakov T.D. *Blue. A method of calculation of noise reduction by a sound absorption in the conditions of textile production. Health and safety. 2002. No. 6. P. 13-17.*
9. Sazhin B.S., Kochetov O.S., Hodakova T.D. *Methods and means of noise reduction and vibration in the textile industry. Health and safety. 2004. No. 11. P. 10-15.*

---

© 2016, Kochetov O.S.

*Методика расчета аэродинамических глушителей шума для пылеуборочных машин текстильного производства*

---

© 2016, Kochetov O.S.

*Method of calculation of aerodynamic mufflers of noise for the pyleuborochnykh of cars of textile production*

DOI: 10.17117/nv.2016.04.075

Поступила (Received): 29.12.2016

technolog@novsu.ru

## Ларичева К.Н., Глущенко Л.Ф., Лаптева Н.Г., Петрова А.С. Альтернативное сельскохозяйственное производство

Laricheva K.N., Glushchenko L.F., Lapteva N.G., Petrova A.S.  
Alternative agricultural production

В работе приведены сведения о необходимости развития альтернативных видов деятельности в агропромышленном комплексе. Предлагается совершенствовать пути развития сельских территорий, которые будут охватывать не только аграрное производство, но и лесное хозяйство, подсобные производства и промыслы. Показана необходимость развития традиционных сельских промыслов. Причём предлагается обратить внимание на развитие нестандартных направлений традиционных сельских производств и промыслов, в связи с чем предложена их модернизация. Приведены специфика и отличительные признаки модернизированных сельских промыслов. Поясняется суть инновационного использования биологических ресурсов. Предлагается использование несельскохозяйственных (диких) животных в сельскохозяйственной сфере и, наоборот, использование сельскохозяйственных технологий для содержания и разведения несельскохозяйственных животных. Представлены результаты сравнительного анализа мяса промышленно выращенных животных с мясом нетрадиционных видов убойных животных. Таким образом, в работе предложен инновационно-ориентированный подход, который позволит развивать альтернативное сельскохозяйственное производство и получать новые виды продукции и услуг по принципу сельскохозяйственного фермерства

**Ключевые слова:** сельские промыслы, биологические ресурсы

**Ларичева Кристина Николаевна**

Кандидат экономических наук,  
старший преподаватель

Новгородский государственный университет им.  
Ярослава Мудрого  
Великий Новгород, ул. Б. Санкт-Петербургская, 41

Data on need of development of alternative types of activity for agro-industrial complex are provided in work. It is offered to enhance ways of development of the rural territories which will cover not only agrarian production, but also forestry, subsidiary productions and crafts. Need of development of traditional rural crafts is shown. And it is offered to pay attention to development of the non-standard directions of traditional rural productions and crafts in this connection their upgrade is offered. Specifics and distinctive signs of the modernized rural crafts are given. The essence of innovative use of biological resources is explained. Use of nonagricultural (wild) animals in the agricultural sphere and, on the contrary, use of agricultural technologies for content and cultivation of nonagricultural animals is offered. Results of the comparative analysis of meat of industrially grown up animals with meat of nonconventional types of lethal animals are provided. Thus, in work the innovative oriented approach which will allow to develop alternative agricultural production is offered and to receive new types of products and services in the principle of agricultural farming

**Key words:** rural crafts, biological resources

**Laricheva Christina Nikolaevna**

Candidate of Economic Sciences, Senior Teacher  
Novgorod state university named Yaroslav Mudriy  
Velikiy Novgorod, B. St.-Petersburgskaya st., 41

**Глущенко Людмила Фёдоровна**

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой

Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого

Великий Новгород, ул. Б. Санкт-Петербургская, 41

**Лаптева Наталья Геннадьевна**

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого

Великий Новгород, ул. Б. Санкт-Петербургская, 41

**Петрова Анна Сергеевна**

Кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель

Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого

Великий Новгород, ул. Б. Санкт-Петербургская, 41

**Glushchenko Lyudmyla Fyodorovna**

Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of Department

Novgorod state university named Yaroslav Mudriy Velikiy Novgorod, B. St.-Petersburgskaya st., 41

**Lapteva Natalya Gennadievna**

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

Novgorod state university named Yaroslav Mudriy Velikiy Novgorod, B. St.-Petersburgskaya st., 41

**Petrova Anna Sergeevna**

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Teacher

Novgorod state university named Yaroslav Mudriy Velikiy Novgorod, B. St.-Petersburgskaya st., 41

**Введение (Introduction)**

В России на протяжении многих десятилетий основным доминирующим направлением развития сельских территорий являлся аграрный подход, в рамках которого сельское хозяйство рассматривалось как важнейшая сфера экономической деятельности, обеспечивающая население качественным продовольствием, а промышленность – сырьем. Однако, следует заметить, что не все виды деятельности на селе связаны только с сельским хозяйством. В этой связи ключевым направлением повышения занятости и доходов сельского населения является поэтапный переход от преимущественно монофункциональной модели сельской экономики к полифункциональной (диверсифицированной). Это предполагает организацию в сельской местности максимально возможного набора видов альтернативной деятельности.

Мировой опыт также подтверждает, что будущее сельских территорий тесно связано с развитием альтернативных видов экономической деятельности. Во всем мире идет поиск новых подходов к ведению сельскохозяйственной деятельности. Постоянно растет число ферм, занимающихся альтернативным (нетрадиционным) сельским хозяйством. Альтернативное сельское хозяйство открывает широкие перспективы для повышения производительности аграрной отрасли [1, с.31-42].

Важность исследуемой проблемы заключается в том, что только экономически устойчивые, экологически благоприятные и социально развитые сельские территории могут быть гарантом стабильности, независимости и безопасности государства, особенно продовольственной. Рассматриваемый круг вопросов обуславливает актуальность развития альтернативных видов деятельности в сельской экономике и в агропромышленном комплексе, что и определяет тему исследования.

Цель работы состоит в научном обосновании и разработке перспективных направлений развития альтернативных видов деятельности в агропромышленном комплексе на основе инноваций в традиционных сельских промыслах.



В соответствии с целью исследования были поставлены следующие задачи:

- обосновать объективную необходимость развития традиционных сельских промыслов для эффективного использования ресурсного потенциала, особенно биологического;
- предложить и обосновать возможные альтернативные направления использования биологических ресурсов;
- провести сравнительный анализ мяса дикого кабана с мясом свиньи, выращенной в промышленных условиях.

### ***Материалы и методы (Materials and Methods)***

В современных условиях необходимо совершенствовать пути развития сельских территорий, которые будут охватывать не только аграрное производство, но и лесное, водное хозяйства, туризм, социальную инфраструктуру, подсобные производства и промыслы, а также другие альтернативные виды деятельности, без развития которых неосуществимо увеличение эффективности сельской экономики [2, с.25].

Большинство российских исследователей (Беляев Е.А., Бюллер Е.А., Пашкова Н.С., Рознина Н.В., Рувиль В.С., Смирнова Е.Е., Филиппова Е.Н., Ходова З.С. и др.) в своих работах акцентируют внимание на необходимости развития стандартных направлений традиционных сельских производств и промыслов. За основу нами взята классификация сельских подсобных производств и промыслов Филипповой Е.Н., согласно которой к традиционным сельским промыслам относятся – охота, рыбалка и сбор дикорастущего растительного сырья [3, с.140-144]. Наряду с традиционными, необходимо развивать и альтернативные направления, в связи с чем, предлагаем традиционные сельских промыслы модернизировать.

Модернизация заключается в качественном изменении подхода к ведению традиционных сельских промыслов, в обновлении промысловых объектов, а также в переориентации деятельности в области сельских промыслов к современным требованиям и условиям диверсификации сельских территорий. Идея модернизации сельских промыслов базируется на адаптации знаний отечественного и зарубежного опыта альтернативных способов ведения промыслов, основанных на эффективном использовании биологических ресурсов, в связи с чем, к модернизированным сельским промыслам предлагается отнести альтернативное нестандартное направление ведения традиционного сельского промысла – вольерное содержание и разведение диких копытных животных.

Инновационно-ориентированный подход модернизации традиционных сельских промыслов возможен только на основе инновационного использования биологических ресурсов, которое предполагает комплексное и рациональное использование сельскохозяйственных угодий, земель лесного фонда и биоресурсов животного мира [4, с.197-200].

Инновационное использование биологических ресурсов заключается в обновлении традиционных секторов экономики посредством организации принципиально новой отрасли сельского хозяйства, которая предусматривает

переход на современные приемы ведения традиционной сельской деятельности.

Это позволит развивать альтернативные виды деятельности в сельской местности на основе гармоничного сотрудничества с лесным и сельским (в значительной мере), охотничьим и рыбным хозяйствами, а также с другими отраслями агропромышленного комплекса.

Инновационный подход в рамках использования биологических ресурсов охватывает организационные (совершенствование системы менеджмента), технологические (получение нового или усовершенствованного способа, процесса, метода, продукта, услуги), продуктовые (внедрение или разработка технологически новых или усовершенствованных продуктов) и социальные (процесс обновления сфер жизни человека) виды инноваций.

Специфика и отличительные признаки модернизированных традиционных сельских промыслов заключаются в следующем:

- использование несельскохозяйственных (диких) животных в сельскохозяйственной сфере и, наоборот, использование сельскохозяйственных технологий для содержания и разведения несельскохозяйственных животных;

- традиционный сельский промысел модернизируется в альтернативную подотрасль АПК, а также в уникальную отрасль нетрадиционного природопользования, которую можно рассматривать также как особую форму хозяйственной, рекреационной и социальной деятельности общества;

- возможность предоставления целого комплекса нестандартного ассортимента товаров и услуг, ориентированных на современные потребительские предпочтения;

- происходит трансформация традиционных сельских промыслов в форму предпринимательства (малого бизнеса), процесс участия в промысле становится коммерческой услугой; рыночная ниша сельских промыслов потенциально может трансформироваться в новые рынки для массового производства;

- происходит смена ориентиров, когда сам процесс участия в промысле (например, в охоте или рыбалке), а не товарная продукция промысла (например, пушнина, мясо, рыба), начинает пользоваться повышенным спросом и приносить доходы, превышающие стоимость товарной продукции;

- «стандартные природные ресурсы» и нестандартные направления модернизированных сельских промыслов гармонично взаимодействуют друг с другом, что приводит к отсутствию сезонности ведения промысла [2, с.43-44].

Деятельность модернизированных традиционных сельских промыслов может взаимодействовать со всеми базовыми отраслями АПК. Отрасли АПК и альтернативные формы ведения сельских промыслов могут комплексно развиваться и гармонично замыкаться в общем балансе деятельности АПК. Правильное сочетание видов деятельности в системе АПК обеспечивает конкурентное преимущество и его устойчивость.

Россия обладает неограниченными возможностями для развития альтернативной отрасли охотничьего хозяйства, которая успешно сочетается с развитием земледелия, животноводства, лесного хозяйства и другими отраслями

АПК. Использование территории для ведения охотничьего хозяйства в сочетании с другими отраслями хозяйства способствует повышению ее продуктивности. Например, лес, который служит источником получения не только древесины. Кроме того, лесные вырубки, пока подрастает лес, представляют ценность главным образом как охотничьи угодья.

При умелом ресурсопользовании доходы от альтернативной деятельности модернизированных традиционных сельских промыслов могли бы составлять значительную часть ВВП регионов без ущерба для ее эколого-ресурсного потенциала.

К одному из направлений модернизированного охотничьего промысла предлагаем отнести разработку технологических инноваций в пищевой промышленности на основе продукции альтернативного животноводства (мяса диких животных).

Пристальное внимание и акцент на биологические ресурсы животного мира связаны с рядом факторов: вступление России во Всемирную торговую организацию; значимость мясного сырья, как основного источника белка животного происхождения в рационе человека; недостаточный для обеспечения нужд потребителей уровень производства мясных продуктов; определяющая роль импортных поставок в обеспечении отечественных предприятий сырьем; ослабление позиций России по производству животноводческой продукции; растущие темпы спроса на высококачественную и безопасную продукцию; интенсификация сельского хозяйства и др.

Разведение и использование зверей в охотничьих фермах и парках – это такой же бизнес, как и разведение домашних животных. Кроме того, вольерное разведение диких копытных в несколько раз доходнее содержания на той же площади домашнего скота. Дикие копытные требуют меньшего ухода, для них не нужно строить капитальные фермы, они меньше подвержены заболеваниям. Мясо их более качественное, в нем отсутствуют гормоны и антибиотики, которые получает фермерский скот. Вольерное разведение позволяет вовлечь в хозяйственный оборот диких животных. Это направление может стать важнейшим элементом сельского хозяйства (альтернативным традиционному животноводству) в России.

Очень важно, что в отличие от вольноживущих зверей, являющихся государственной собственностью, дикие животные в вольерах – собственность владельца. Соответственно и охота здесь может быть круглогодичной.

Разведение и использование животных в вольерах позволяет значительно снизить охотничий пресс на дичь в природе, за счёт добычи животных, выращенных в вольере.

Российский рынок мяса и мясных продуктов является самым крупным сектором продовольственного рынка. Его роль определяется не только растущими объемами производства, спроса и потребления мясных продуктов, но и их значимостью как основного источника белка животного происхождения в рационе человека.

Одной из основных тенденций развития рынка мяса на сегодняшний день является недостаточный для обеспечения нужд потребителей уровень

производства. Основными конкурентами по производству животноводческой продукции являются Индия, Китай, США и ряд других стран. За последние 20 лет позиции России значительно ослабли.

Недостаточное производство мясного сырья в свою очередь создает проблемы для развития пищевой промышленности. Отсутствие необходимого количества и качества сырья оказывает негативное влияние на инновационную деятельность в отрасли, что актуализирует проблему роста альтернативного сельскохозяйственного производства. Проблема дефицита традиционных продуктов животноводства предопределяет поиск альтернативных его источников. Эта задача может быть решена посредством интеграции пищевой промышленности и альтернативного сельского хозяйства в условиях создания агропромышленных объединений.

Растущий уровень жизни населения в настоящее время в условиях дефицита белков животного происхождения обусловил интенсивное развитие новой идеологии в технологии мясных продуктов, а также заставляет обратить внимание на неиспользованные резервы, подаренные нам природой.

Кроме того, в последние годы наблюдается резкий подъем органического сельского хозяйства в мире. Перспективность этого направления отмечается в исследованиях отечественных и зарубежных ученых (А.Ю. Мазурова, В.И. Степенев и многие др.).

В современном мире вопрос качества продукции и ее безопасность становится очень важным. Интенсификация сельского хозяйства приводит к негативным последствиям, которые не в лучшую сторону сказываются на здоровье человека. В современной технологии мясопродуктов ярко проявляется содружество технолога, микробиолога, биолога и физиолога в области использования суммы знаний этих наук для получения продукции с заданными свойствами и необходимыми качественными показателями. В последние 30-40 лет пищевая промышленность все более и более становится одной из отраслей химической промышленности. Объем производства «искусственных» продуктов питания постоянно возрастает, аналоги мясопродуктов в скором времени вытеснят натуральные изделия.

Одним из перспективных вариантов развития мясной отрасли может стать производство мясного сырья нетрадиционных видов убойных животных для производства новых видов деликатесной продукции повышенной пищевой ценности, отвечающей современным концепциям рационального питания, а также предназначенной для расширения ассортимента изделий с учетом особенностей и вкусов русского народа. В связи с этим возникла необходимость проведения исследований для получения более полной характеристики нетрадиционного мясного сырья.

Экспериментальные исследования проводились на основе современных методов количественного и качественного анализа на базе учебной лаборатории кафедры «Технология переработки сельскохозяйственной продукции» Новгородского государственного университета имени Ярослава Мудрого и испытательно-производственной лаборатории качества ОАО «Великоновгородский мясной двор» г. Великий Новгород. Исследования заключались в сравнении



химического состава и функционально-технологических свойств мяса дикого кабана с мясом свиньи, выращенной в промышленных условиях. Для исследований использовали кабанье мясо самцов 2-х летнего возраста, добытых в Батецком районе Новгородской области на территории охотничьего хозяйства ОАО «Контур».

Нормативную базу исследования составляют, прежде всего, кодексы РФ, федеральные законы, государственные и межгосударственные стандарты.

Разделка туш производилась согласно ГОСТ 31778 – 2012 «Мясо. Разделка свинины на отрубы. Технические условия» [5, с.1-14].

Общее количество белка определяли по ГОСТ 25011-81 «Мясо и мясные продукты. Методы определения белка» – методом Къельдаля [6, с.1-8].

Содержание жира определяли по ГОСТ 23042-86 «Мясо и мясные продукты. Методы определения жира» – экстрагированием в аппарате Сокслета [7, с.1-6].

Влагу определяли по ГОСТ 9793-74 «Продукты мясные. Методы определения влаги» – высушиванием в сушильном аппарате САЛ [8, с.1-5].

Органолептические показатели определяли в соответствии с требованиями ГОСТ 9959-91 «Мясо и мясные продукты. Общие условия проведения органолептической оценки» [9, с.1-9].

Микробиологические показатели определяли по ГОСТ Р 54354-2011 «Мясо и мясные продукты. Общие требования и методы микробиологического анализа» [10, с.1-38].

Эмпирическую базу исследования составляют данные официальной статистики, периодических изданий по исследуемой проблеме; результаты опубликованных исследований отечественных и зарубежных ученых; официальные сайты, тематические информационные порталы, размещенные в сети Internet; собственные наблюдения; исследования, проведенные непосредственно автором и под его руководством; обработка данных и анализ результатов.

Методологической основой явились общенаучные и частные методы. Общенаучным методом выступает диалектический метод, который позволил выявить проблему и предложить пути решения. В числе частных методов использовались следующие: анализ, синтез, обобщение, группировка, сравнительное сопоставление, индукция, дедукция, наблюдение, описание, измерение, гипотеза, монографический метод. В качестве статического инструментария использовались табличные приемы визуализации числовых данных.

### **Результаты (Results)**

Для более полной характеристики нетрадиционного мясного сырья, провели оценку состава, свойств, качества и пищевой ценности мяса дикого кабана. Результаты были проинтерпретированы и представлены в сравнительную таблицу 1.

Анализ данных таблицы 1 показал, что мясо дикого кабана – уникальный по биологической ценности продукт. При низком уровне жирности и калорийности оно содержит большое количество ценных белков, что делает его не только изысканным деликатесом, но и незаменимым диетическим продуктом.



**Таблица 1. Сводная сравнительная таблица состава мяса дикого кабана с мясом свиньи**

Наименование мясного отруба		Жир, %	Белок, %	Влага, %
Окорок	Свинина	30,3	15	53,9
	Кабанятина	2,2	23,5	76,1
Спинно-поясничный отруб	Свинина	42	15,3	44,1
	Кабанятина	4,7	11,4	73,8
Шейно-лопаточный отруб, верхняя часть	Свинина	34,7	13,3	51,3
	Кабанятина	3,5	20,6	75

Необходимо отметить и то, что убой животных производился в зимнее время года, когда содержание жира наиболее высокое, в то время как показатели по содержанию жира в мясе дикого кабана получились в несколько раз меньше, чем в мясе свиньи. Считаем, что это связано с активным образом жизни диких животных, обитающих в условиях, приближенных к естественной среде обитания. В промышленности же на качество мяса влияют в негативную сторону плохие условия содержания животных и нанесение вреда их здоровью в условиях современного промышленного животноводства.

Следует отметить, что убой животных осуществлялся в зимний период, когда на их спине образуется жировое отложение – калкан. Это объясняет более высокие показатели по жиру в спинно-поясничном отрубе. Так же, анализ туши при разделке показал, что у дикого кабана откладывается не только подкожный, но и мышечный жир, что придает мясу характерный мраморный цвет, сочность и вкус.

Сравнительно малое содержание в мышечном аппарате соединительной ткани, что придает высокую пищевую ценность мяса, можно объяснить большой скоростью передвижения животных, их активностью и выносливостью. Это также обуславливает низкое содержание коллагена в мясе дичи. Интенсивность комплексного воздействия на белки мяса протеолитических ферментов желудочно-тракта (пепсина и трипсина) находится в обратной зависимости от количества соединительнотканых белков: чем оно выше, тем хуже переваримость. Это дает возможность предвидеть степень утилизации белков дикого мяса организмом и предположить их высокую общую перевариваемость [11, с.15-19].

Полученные данные о низкой температуре плавления жира определили высокую усвояемость мяса дикого кабана, а низкое содержание холестерина определило его высокую потребительскую ценность.

Содержание влаги в отрубях свинины колеблется в пределах 50%, кабана – 75%, это тесно связано с наличием жира. Высокая влажность обеспечивает созревание, размягчение и вкусообразование мяса, однако способствует более интенсивному развитию патогенной микрофлоры. Следовательно, при контроле безопасности мяса диких животных необходимо проводить качественный анализ показателей микробной обсемененности. В связи с этим, мясо так же было

исследовано по микробиологическим показателям. Все показатели соответствовали норме. Надо также отметить, что исследовались образцы от убитого, заганного животного при добыче, в котором содержание микроорганизмов теоретически должно быть в 3-4 раза больше, чем в тканях животных, не утомленных и получивших отдых перед убоем [10, с.1-38].

Отмечаем, что состояние влаги в мясе влияет на его свойства, потерю массы при хранении и тепловой обработке, а также на показатели качества изготавливаемых из него продуктов. В связи с этим возникла необходимость определить функционально-технологические свойства мяса дикого кабана.

Влагосвязывающую способность определяли планиметрическим методом прессования по методу Грау-Хамма. Полученные в ходе экспериментов сведения о высоких показателях влагосвязывающей способности (ВСС) мяса дикого кабана дополнили «корзину достоинств» исследуемого сырья.

В ходе исследований также был определен важный показатель качества мяса с позиции технологии его переработки и хранения – величина рН. От концентрации ионов водорода в мышечной ткани зависит ВСС мяса, влияющая на выход продукта, потерю массы при хранении, а также устойчивость продукта в отношении развития гнилостной микрофлоры. Наряду с другими показателями величину рН используют для выяснения целесообразных направлений переработки мяса. Полученные результаты по этому показателю также не позволили усомниться в качестве мяса дикого кабана (значения рН по всем образцам не превышали 6,0). Определение рН мяса проводили, используя количественный потенциометрический метод, основанный на изменении электродвижущей силы с использованием лабораторного рН-метра на глубине 4-5 см.

Содержание общего фосфора определяли гравиметрическим методом. Проведенные испытания показали, что мясо дикого кабана содержит порядка 250 мг фосфора, в то время как вырезка свинины – 220 мг. Учитывая, что фосфор является минералом первой необходимости и вторым по количественному присутствию в организме, присутствует в каждой клетке организма, обеспечивая нормальную работу всех систем и органов, и попадает в организм человека только с продуктами питания, высокое содержание его в исследуемом образце имеет огромное значение.

Для всесторонней характеристики качества мяса были определены органолептические показатели мяса дикого кабана. Внешний вид, цвет мышечной ткани и жира определяли визуально. Для определения увлажненности на разрез прижимали кусочек фильтровальной бумаги. Ослизнение – путем легкого прикосновения. Консистенцию – по скорости выравнивания ямки, образовавшейся от легкого надавливания. Запах определяли в поверхностном и глубоких слоях на разрезе, обращая особое внимание на запах в прилегающей к кости тканях. Также определяли запах бульона на момент закипания. Кроме того, определяли цвет, запах и консистенцию жировой ткани.

Проведенные испытания показали, что мясо кабана имеет довольно интенсивный насыщенный аромат и цвет от нежно-розового до бледно-красного. Это и неудивительно, ведь вкус и запах мяса дичи зависят от кормового рациона. У видов, питающихся как растительной, так и животной пищей, мясо

наиболее вкусное. Кабаны питаются пищей, свойственной своей биологической цепочке, в то время как у животных промышленного содержания: неестественное кормление, нарушение обмена веществ, также различные остающиеся в мясе вредные для здоровья вещества (антибиотики, сыворотки, пестициды, гормональные препараты и т.п.), которые попадают в корма вследствие экологического загрязнения, либо намеренно скармливают мясному скоту с целью ускорить его рост и развитие, успокоить его в случае синдрома стресса, а также предупредить или вылечить его заболевания.

Мышцы на разрезе слегка влажные, красного цвета. Насыщенный цвет свидетельствует о высоком содержании железа. Высокое содержание железа в мясе дикого кабана связано с повышенным содержанием миоглобина, необходимого для более быстрого протекания окислительных процессов у активно движущихся животных. Высокое содержание железа влияет на цвет мяса диких животных, придавая ему более интенсивную темно-красную окраску в сравнении с мясом домашних животных. Консистенция плотная, упругая. Жир белый, в отличие от многих других диких животных, без запаха, несколько мягче, чем свиной жир. Бульон прозрачный, мясо – сочное, нежное, вкусное, запах более выражен в сравнении с бульоном из традиционного мясного сырья. Ароматные бульоны из дичи вызывают усиленное выделение пищеварительных соков и, следовательно, способствуют лучшему усвоению пищи [9, с.1-9, 12].

Нельзя не отметить, что на вкус мяса дичи влияет также способ добычи, количество оставшейся крови, тщательность разделки, способ охлаждения, средства транспортировки и методы хранения. В этом вопросе должна быть предусмотрена четко-спланированная организация производства, грамотное управление сырьевыми зонами, совершенствование взаимоотношений между организациями единой технологической цепи (хозяйство – предприятие).

Сравнительный анализ химического состава мяса дикого кабана с мясом свиньи, выращенной в промышленных условиях, показал, что мясо диких копытных животных имеет ряд преимуществ перед мясом животных промышленного содержания, оно отличается высокой пищевой и биологической ценностью, усвояемостью, высокими потребительскими и диетическими свойствами. Использование мяса нетрадиционных убойных животных в пищевом производстве имеет особую актуальность и позволит предложить высококачественный, безопасный, а в отдельных случаях функциональный продукт питания в качестве деликатеса. Переработка мяса нетрадиционных убойных животных может стать составляющей системы продовольственной безопасности страны.

### ***Обсуждение и заключение (Discussion and Conclusion)***

Главной задачей агропромышленного комплекса (АПК) является обеспечение страны продуктами питания и сельскохозяйственным сырьем. Проблема продовольственной безопасности в России в настоящее время выступает на передний план. В условиях нестабильности сельскохозяйственного производства и роста доли импорта возникает острая необходимость изыскания новых источников насыщения рынка продуктами питания и товарами народного потребления собственного производства.

В сложившихся экономических условиях пищевая промышленность нуждается в разработке первоочередных мер, выполнить которые невозможно, не занимаясь инновационными разработками. Вопросы активизации инновационной деятельности в пищевой промышленности становятся особенно актуальными в связи со вступлением России во Всемирную Торговую Организацию (ВТО). Без инновационного развития невозможно добиться высокого уровня конкурентоспособности отрасли. Глобализация конкуренции значительно повышает требования к инновационной деятельности российских предприятий. Приход на рынок новых игроков снижает жизненные циклы продуктов, несмотря на сильную традиционность вкусов россиян, то есть увеличивается частота рождения новых продуктов, а, следовательно, частота переоснащения производства и перехода на новые технологии. Стратегия повышения конкурентоспособности мясоперерабатывающих предприятий предполагает их ориентацию на инновационное развитие. Именно инновации могут помочь предприятиям повысить свою конкурентоспособность, обеспечить выгодную конкурентную позицию на рынке и успешно преодолеть кризисные тенденции.

Продуктовые инновации являются преобладающим видом инноваций в пищевой промышленности; главным результатом инновационной деятельности многие предприятия называют расширение ассортимента. По нашему мнению, направления продуктовых инноваций в пищевой промышленности должны определяться с учетом тенденций продовольственного рынка (российского и мирового) – возрастания интереса к продуктам здорового питания, к полуфабрикатам и готовым продуктам, не требующим домашней обработки, к удобству потребления продуктов [13, с.10-19].

Продукты на основе мяса диких копытных без сомнения можно будет назвать технологической инновацией. Инновационная деятельность будет заключаться в разработке технологически нового продукта – продукта, чьи технологические характеристики (функциональные признаки, а также состав применяемых компонентов) будут принципиально новые либо существенно отличаться от аналогичных, ранее производимых продуктов. Такие инновации могут быть основаны на принципиально новых технологиях либо на сочетании существующих технологий в новом использовании, либо на использовании результатов исследований и разработок.

Мясо нетрадиционных убойных животных может быть эффективным источником мясного сырья. Использование редкого сырья позволит назначить высокую цену и предложить такой продукт в качестве деликатеса, позиционируя его в сегменте премиум. Значимость этого предложения повышается в связи с разработанной государственной программой развития сельского хозяйства и регулирования рынка сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия.

Таким образом, альтернативная отрасль охотничьего промысла – эффективное, перспективное и полезное направление для государства и граждан. Это инновационный путь повышения экономической эффективности сельскохозяйственного производства. Это многоцелевое направление нужно всячески развивать и поддерживать на государственном уровне, рассматривая его как: малый бизнес; ветвь животноводства, которая позволяет частично заменять



традиционные сельскохозяйственные виды нетрадиционными видами убойных животных, увеличивать ассортимент продукции животноводства; форму сохранения генофонда охотничьих животных; гарантирование охотнику успешной охоты; предоставление максимальных видов услуг при проведении промысла; реальный путь обеспечения продовольственной безопасности страны, сокращения сельской безработицы и развития экологического туризма.

Согласно исследованиям специалистов мясоперерабатывающей отрасли, Антиповой Л. В., Полянских С.В., Глотовой И.А., формирование подобной альтернативной сельской отрасли могло бы принести неоспоримую пользу, позволив стране использовать её конкурентные преимущества, тем более, что одной из основных задач концепции государственной политики в области здорового питания населения РФ, является задача расширения ассортимента и объема выпуска продуктов с использованием местных сырьевых ресурсов. Перечень диких животных неповторим ни в одной другой стране мира – это достояние, которое при эффективном использовании может содержать целую отрасль. Продукция с охотничьих ферм может являться дополнительным вкладом в пополнение продовольственных ресурсов с одной стороны, и товаров народного потребления – с другой стороны.

Таким образом, в рамках исследования: установлено, что развитие традиционных сельских промыслов, необходимо рассматривать как важный фактор устойчивого развития сельских территорий, позволяющий эффективно использовать имеющиеся биологические ресурсы и оказывающий влияние на уровень социально-экономического развития; предложено одно из приоритетных направлений модернизации традиционных сельских промыслов; экспериментально доказана и теоретически обоснована возможность и перспективность использования мяса диких копытных животных в малоразвитом сегменте производства деликатесной мясной продукции.

Также, в ходе исследования были намечены перспективы дальнейшего развития альтернативных видов деятельности в АПК с учетом модернизации промыслов и результатов комплексного использования биологических ресурсов: разработка новых ресурсосберегающих технологий, моделирование новых видов комбинированных продуктов из нетрадиционного мясного сырья; усовершенствование методов использования ресурсов животного мира при переработке не только на пищевые, но и технические цели и для медицинской промышленности; создание законодательной базы для содержания и эксплуатации охотничьих зверей и птиц в полувольных условиях и в неволе в охотничьих парках и на охотничьих фермах (по принципу сельскохозяйственного фермерства).

**Список используемых источников:**

1. Ларичева К.Н., Киркорова Л.А. Организация культурного охотничьего хозяйства. Монография. Великий Новгород, 2016. 174 с.
2. Ларичева К.Н. Развитие традиционных сельских промыслов на основе инновационного использования биологических ресурсов (на примере новгородской области). Диссертация канд. экон. наук. Великий Новгород, 2014. 199 с.
3. Филиппова Е.Н. Сельские подсобные производства и промыслы, как экономическая категория // Вестник алтайского государственного аграрного университета. 2012. №2. С. 140-144.



4. Ларичева К.Н., Киркорова Л.А., Лаптева Н.Г., Петрова А.С. Модернизация традиционных сельских промыслов как фактор устойчивого развития сельских территорий // Академическая наука – проблемы и достижения. США. Норт-Чарлстон. Ч. 2. 2015. С. 197-200.
5. ГОСТ 31778 – 2012 Мясо. Разделка свинины на отрубы. Технические условия. Дата введения 2013-07-01. Москва. Стандартинформ, 2014. 14 с.
6. ГОСТ 25011-81 Мясо и мясные продукты. Методы определения белка. Дата введения 1983-01-01. Москва. Стандартинформ, 2010. 8 с.
7. ГОСТ 23042-86 Мясо и мясные продукты. Методы определения жира. Дата введения 1988-01-01. Москва. Стандартинформ, 2010. 6 с.
8. ГОСТ 9793-74 Продукты мясные. Методы определения влаги. Дата введения 1975-01-01. Москва. Стандартинформ, 2010. 5 с.
9. ГОСТ 9959-91 Мясо и мясные продукты. Общие условия проведения органолептической оценки. Дата введения 1993-01-01. Москва. 2010. 9 с.
10. ГОСТ Р 54354-2011 Мясо и мясные продукты. Общие требования и методы микробиологического анализа. Дата введения 2013-01-01. Москва. 2013. 38 с.
11. Цикин С.С., Горлов И.В., Шалимова О.А. Перспективы расширения источников животного происхождения путем использования нетрадиционного мясного сырья // Вестник орелгау. 2009. №6. С. 15-19.
12. Информационный портал промышленного свиноводства. URL: [http:// www.piginfo.ru](http://www.piginfo.ru)
13. Васильева Н.А. Направления развития инновационного потенциала пищевой промышленности России // Гуманитарные и социальные науки. 2012. № 1. С. 10-19.

#### References:

1. Laricheva K.N., Kirkorova of L.A. Organization of cultural hunting economy. Monograph. Veliky Novgorod, 2016. 174 p.
2. Laricheva K.N. Development of traditional rural crafts on the basis of innovative use of biological resources (on the example of the Novgorod region). Thesis edging. econ. sciences. Veliky Novgorod, 2014. 199 p.
3. Filippova E.N. Rural subsidiary productions and crafts as economic category. Messenger of the Altai state agricultural university. 2012. № 2. P. 140-144.
4. Laricheva K.N., Kirkorova L.A., Lapteva N.G., Petrov A.S. Upgrade of traditional rural crafts as a factor of sustainable development of the rural territories. The Academic Science – Problems and Achievements. USA. Nort-Charleston. Vol. 2. 2015. P. 197-200.
5. GOST 31778 – 2012 Meat. Cutting of pork on junctures. Specifications. Date of Introduction 2013-07-01. Moscow. Standartinform, 2014. 14 p.
6. GOST 25011-81 Meat and meat products. Methods of determination of protein. Date of Introduction 1983-01-01. Moscow. Standartinform, 2010. 8 p.
7. GOST 23042-86 Meat and meat products. Fat determination methods. Date of Introduction 1988-01-01. Moscow. Standartinform, 2010. 6 p.
8. GOST 9793-74 Products meat. Moisture determination methods. Date of Introduction 1975-01-01. Moscow. Standartinform, 2010. 5 p.
9. GOST 9959-91 Meat and meat products. General terms of carrying out organoleptic assessment. Date of Introduction 1993-01-01. Moscow. 2010. 9 p.
10. GOST P 54354-2011 Meat and meat products. General requirements and methods of the microbiological analysis. Date of Introduction 2013-01-01. Moscow. 2013. 38 p.
11. Tsikin S.S., Gorlov I.V., Shalimova O.A. The prospects of expansion of sources of an animal origin by use of nonconventional meat raw materials. Messenger to an oreлга. 2009. №. 6. P. 15-19.
12. Information portal of industrial pig-breeding. URL: <http:// www.piginfo.ru>
13. Vasilyeva N.A. Directions of development of innovative capacity of the food industry of Russia. Humanitarian and social sciences. 2012. № 1. P. 10-19.

DOI: 10.17117/nv.2016.04.088

Поступила (Received): 10.12.2016

kaichelny@kaichelny.ru

**Панкратов Д.Л., Гавариева К.Н.**  
**Разработка МАС для моделирования технологического  
процесса ЛПД на основе искусственного интеллекта**

**Pankratov D.L., Gavarieva K.N.**  
**The process of profiling the grinding wheel  
helical grooves standard profile**

*В статье рассматриваются вопросы практического использования многоагентных технологий. Приводится описание специфических свойств многоагентных систем (МАС), определяющих области их практического применения, а также – примеры успешного использования многоагентного подхода для решения нескольких важных практических задач при ЛПД (ЛПД). Для организации процесса распределения задачи в МАС создается либо система распределенного решения проблемы, либо децентрализованный искусственный интеллект. В первом варианте процесс декомпозиции глобальной задачи и обратный процесс композиции найденных решений происходит под управлением некоторого единого «центра». При этом МАС проектируется строго сверху вниз, исходя из ролей, определенных для агентов и результатов разбиения глобальной задачи на подзадачи. В случае использования децентрализованного искусственного интеллекта распределение заданий происходит в процессе взаимодействия агентов и носит больше спонтанный характер. Нередко это приводит к появлению в МАС резонансных, синергетических эффектов. Основное внимание в статье уделяется проблеме взаимодействия агентов с внешней средой. В связи с этим приводится описание примеров внешней среды нескольких МАС*

**Ключевые слова:** МАС, технология разработки, внешняя среда агентов

*The article deals with the practical application of multi-agent technology. A description of the specific properties of multi-agent systems (MAS), which determine the field of their practical application, as well as – examples of successful use of multi-agent approach to address several important practical problems with LPD (LPD). For the organization of the distribution of tasks in the process of multi-agent systems, the system creates a distributed solution to the problem or decentralized artificial intelligence. In a first embodiment, the composition of the solutions found the process of decomposition of the global challenges and the reverse process takes place under the control of a single "center". In this multi-agent system is designed strictly top-down, based on the roles defined for the agents and the results of the decomposition of the global task into subtasks. In the case of artificial intelligence decentralized distribution of tasks occurs in the interaction of agents and is more of a spontaneous character. Often, this leads to the emergence of multi-agent systems, resonant, synergetic effects. The main attention is paid to the problem of interaction with the environment agents. In this regard, a description of examples of ambient multiple MAS*

**Key words:** MAS technology development, external environment agents

**Панкратов Дмитрий Леонидович**  
Доктор технических наук, профессор  
Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева;  
Набережночелнинский институт (филиал)  
Казанского (Приволжского) федерального  
университета  
г. Набережные Челны, ул. Королева, 1

**Гавариева Ксения Николаевна**  
Аспирант  
Набережночелнинский институт (филиал)  
Казанского (Приволжского) федерального  
университета  
г. Набережные Челны, пр. Мира, 68/10

**Pankratov Dmitry Leonidovich**  
Doctor of Engineering Sciences, Professor  
Kazan national research technical university named  
A.N. Tupolev; Kazan federal university Naberezhnye  
Chelny institute  
Naberezhnye Chelny, Koroleva st., 1

**Gavariyeva Ksenia Nikolaevna**  
Graduate  
Kazan federal university Naberezhnye Chelny  
institute  
Naberezhnye Chelny, Mira ave., 68/10

### **Введение (Introduction)**

В процессе развития автоматизации создается автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУТП) – общий комплекс программных и технических средств, направленный на автоматизацию управления технологическим оборудованием на предприятиях. Создание и ввод в эксплуатацию систем управления требует большой ответственности от всех участвующих в этом процессе специалистов.

В итоге внедрения интеллектуального программно-аппаратного комплекса позволяет достичь меньшего количества ошибок при разработке системы управления; снизить время на выявление и устранение причин при неправильном функционировании данной системы; снизить выход из строя дорогостоящего оборудования.

Использование средств искусственного интеллекта в процессе моделирования позволяет реализовать модель любого технологического объекта, который показывает множество влияющих друг на друга параметров, без привязки к определенной технологической сфере [1].

Процесс ЛПД – один из перспективных способ производства изделий, поддающийся автоматизации, т.к. все технологическое оборудование полностью механизировано и подготовлено для функционирования в составе автоматической системе управления [3].

Вопросам автоматизации процесса ЛПД посвящено много работ. Они, как правило, решают отдельные аспекты автоматизации: контроль отдельных параметров, управление наиболее важными операциями, контроль и управление качеством изготавливаемых отливок. Однако до сих пор вопрос не решен системно, что снижает производительность литейной машины и качество отливок [2].

### **Материалы и методы (Materials and Methods)**

При проектировании организацию агентов процесса можно рассматривать как набор ролей, находящихся между собой в определенном отношении, и взаимодействующих друг с другом. Таким образом, методология восходящего проектирования МАС требует предварительного задания исходных функций

(ролей агентов), определения круга их обязательств по отношению друг к другу, формирования исходных и развивающихся структур на основе выделенных функций и исследования адекватности этих структур характеру решаемых задач в выделенных проблемных областях.

Главная идея нисходящего проектирования состоит в определении общих социальных характеристик МАС по некоторому набору критериев, построении базовых типов их организаций с последующим определением требований к архитектуре агентов [4].

Процесс ЛПД характеризуется высокой скоростью прессования и большим удельным давлением на сплав в форме. Кроме этих факторов на качество отливки влияет конструкция литниковой и вентиляционной систем, температура формы и температура жидкого металла в момент заливки [5].

Управляющие воздействия на исполнительные механизмы пропорциональны: при регулировании температуры заливаемого металла – отклонению температуры от заданной; при регулировании температуры рабочей жидкости – отклонению температуры от заданной; при регулировании давления рабочей жидкости – отклонению давления от заданного; при регулировании давления зарядки аккумулятора – отклонению от пикового давления подпрессовки; при регулировании процесса подпрессовки – отклонению величины зазора между полуформами.

Для разработки МАС представим процесс ЛПД с горячей камерой прессования в виде структурной схемы технологического процесса (рис.1).

На основании представленной структуры технологического процесса ЛПД с горячей камерой прессования можно представить агентов данного процесса в виде единой МАС (рис.2).

В представленной системе весь спектр задач технологического процесса по определенным правилам распределены между всеми агентами, каждый из которых является членом группы. Распределение заданий означает присвоение каждому агенту некоторой роли, сложность которой определяется исходя из возможностей агента [6].

Так агент А-1 контролирует процесс включения ТЭН для нагрева рабочей жидкости и выключения его в случае необходимости охлаждения. Процесс контроля происходит за счет получения параметров от датчика температуры рабочей жидкости агента А-2 через выходной сигнал регулятора.

Агент А-2, отвечающий за температуру рабочей жидкости в тигле, определяет начальное качество всего процесса ЛПД [7].

Перегрев цинковых сплавов приводит к увеличению потерь свойств цинка и обогащению их неметаллическими включениями, а также способствует образованию столбчатой структуры (такая структура является причиной образования трещин при затрудненной садке).

Заполнение формы перегретым расплавом может вызвать возможность проникновения его в вентиляционные каналы пресс-формы и закупорить их, что приведет к увеличению в отливках газовой пористости, а возможно и к не заполнению формы.

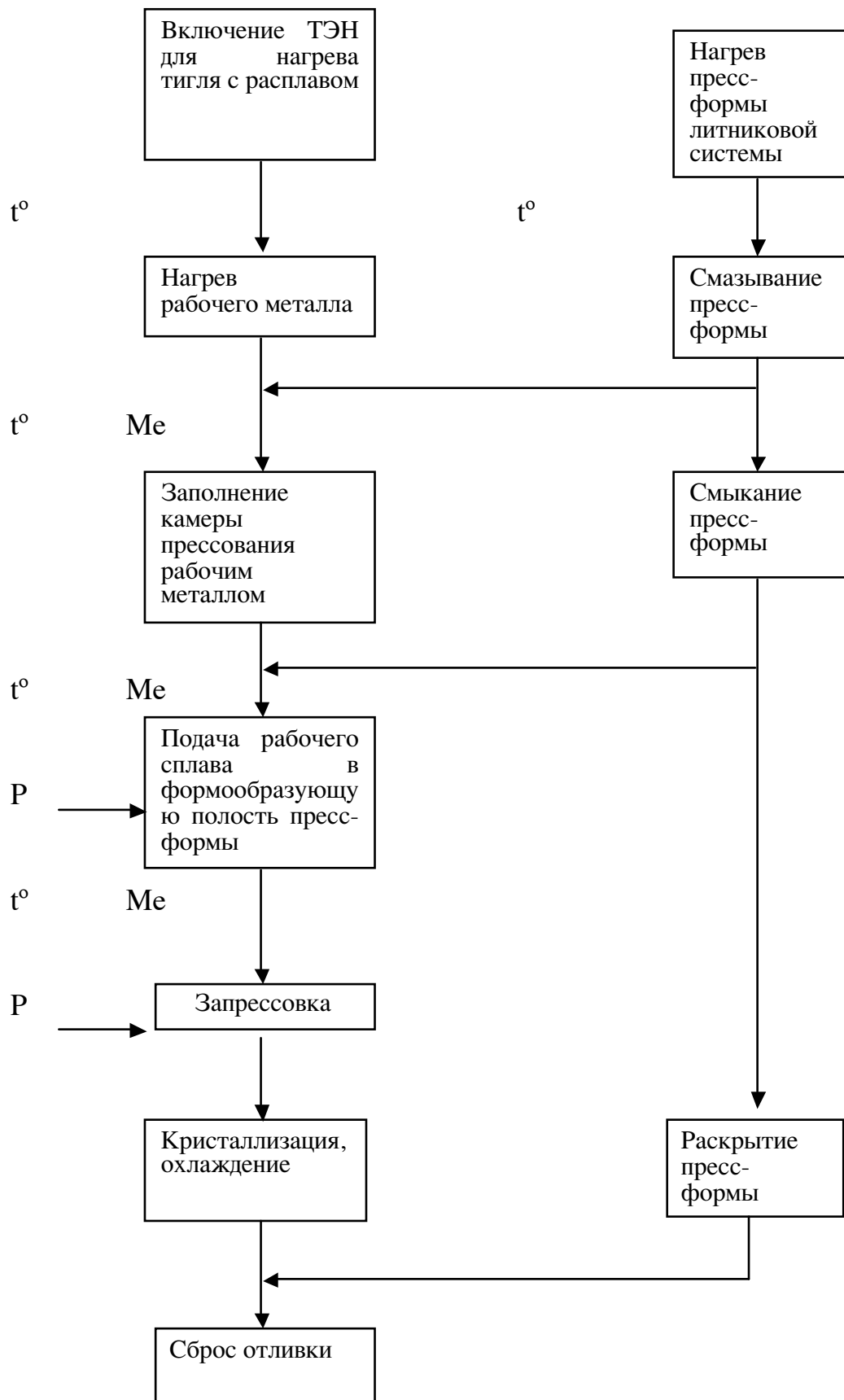
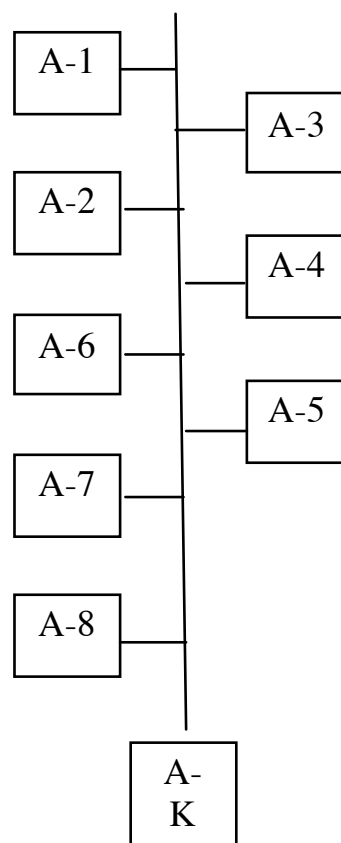


Рис. 1. Структурная схема технологического процесса





**Рис. 2. Структура МАС для процесса ЛПД с горячей камерой прессования**

Высокая температура расплава способствует увеличению объема усадочных пор в отливке, возрастанию длительности затвердевания и охлаждения отливки, снижению темпа работы машины и соответственно увеличению тепловой нагрузки на пресс-форму, что снижает ее стойкость и увеличивает вероятность приваривания отливки к пресс-форме и их поломку. Следовательно, температура нагрева не должна превышать 500 С<sup>0</sup> [8].

Параллельно с работой агентов А-1 и А-2, включается в процесс агент А-3. Начинается нагрев температуры пресс-формы до температуры 120 С<sup>0</sup> ...220 С<sup>0</sup> и поддержание ее в определенном диапазоне.

Качество отливок, срок службы пресс-формы, производительность процесса во многом зависят от температуры пресс-формы. Повышение температуры пресс-формы удлиняет технологический цикл в результате увеличения продолжительности охлаждения отливки, кроме того вызывает опасность ее схватывания (приваривания) с пресс-формой, поломки пресс-формы и отливок при выталкивании, может привести к попаданию расплава в вентиляционную систему и ухудшению условий удаления газов из пресс-формы и соответственно к увеличению пористости отливок [9].

В зависимости от вида сплава устанавливается следующая температура пресс-формы: для цинковых – 120С<sup>0</sup>-160 С<sup>0</sup>. Для тонкостенных отливок сложной формы температуру пресс-формы целесообразно назначать ближе к верхнему пределу указанных интервалов, для более массивных отливок – ближе к нижнему. Это позволит при изготовлении тонкостенных отливок улучшить

заполнение формы расплавом, а для массивных отливок повысить скорость затвердевания и уменьшить количество усадочных дефектов [10].

После агента А-3, начинается процесс смазывания пресс-формы, за которое отвечает агент А-4. Смазывание пресс-форм позволяет защитить их рабочие поверхности от химического механического, теплового воздействия струи расплава, предотвращает «приваривания» отливки к пресс-форме, а также снижает усилие извлечения из нее стержней и вставок во избежание их поломки и деформации отливок при их извлечении из пресс-форм [11].

После того как через заливочное отверстие, при исходном положении пресс-поршня, расплав самотеком поступает из тигля в камеру прессования, происходит смыкание пресс-формы. Величину зазора между полуформами пресс-формы регулирует агент А-5. При наличии большого зазора между полуформами возникает облой [12].

После достижения оптимальной температуры расплава рабочей жидкости и заполнения им самотеком камеры прессования, включается агент А-6, отвечающий за подачу рабочего сплава и заполнение им формообразующей полости пресс-формы. Расплавленный металл заполняет пресс-форму за доли секунды (0,001 – 0,6 с) при скорости до 120 м/с. С такой скоростью поступления сплава в форму турбулентный поток металла, ударяясь о стенку формы, разбивается на отдельные капли. Пузырьки воздуха и газов, находящиеся внутри отливки под давлением, стремясь расшириться, давят на кристаллизующийся расплав, способствуя четкому формированию рельефа поверхности отливки. Это очень важно для отливок со сложной конфигурацией и точным микрорельефом поверхности.

Далее происходит запрессовка расплава в формообразующей полости, контролируемая агентом А-7. Контролируемые параметры для данного агента – скорость прессования, давление прессования, тепловой режим пресс-формы. Скорость прессования должна соответствовать характеру отливаемой детали.

Кристаллизация и охлаждение отливки регулируется агентом А-8. В жидком металле происходит непрерывное движение атомов. С понижением температуры движения атомов замедляются. Они начинают сближаться, группироваться, образуя зародыши или центры кристаллизации. Процесс образования этих зародышей идет непрерывно, но наряду с ним происходит и Число центров кристаллов, зарождающихся в единицу времени ( $1 \text{ мм}^3/\text{сек}$ ), и скорость кристаллизации ( $\text{мм}/\text{сек}$ ) зависят от степени переохлаждения. При небольшом переохлаждении образуется малое количество крупных кристаллов, при большом – образуется значительное количество мелких кристаллов. Это находит место в практике литейного производства: при литье тонкостенных деталей получается мелкозернистая структура, а при литье деталей с толстыми стенками – крупнозернистая.

Агент-координатор А-К предназначен для координации работы агентов всех уровней. Он содержит репозиторий всех технологических функций МАС и базу знаний с правилами построения системы. В случае вывода в ремонт оборудования или установке нового оборудования агент-координатор осуществляет реконфигурацию системы путем перераспределения функций между

программно-техническим комплексом (ПТК) и внедрением новых функций (правил поведения) в ПТК агентов на основании многостороннего информационного обмена между ПТК агентов разных уровней МАС. После реконфигурации обмен данными между ПТК агентов осуществляется без привлечения агента-координатора по цифровым протоколам передачи информации.

Для определения продукционных правил, рассмотрим нечеткий вывод на примере агента-запрессовка. Имеются следующие сигналы с датчиков (таблица 1).

**Таблица 1. Примеры сигналов датчиков**

№ п/п	Сигнал	Обозначение	Вариант происхождения	Обозначение
2	Температура пресс-формы	$t^{\circ}$	Агент-запрессовка	А-7
3	Давление на расплав	P		
4	Скорость прессования	V		

**Результаты (Results)**

Для «температура пресс-формы» лингвистическая переменная температура пресс-формы определяется тремя множествами. Примем, что температура пресс-формы до 120°C и ее окрестности (0–10°C) является «низкая», 120-160°C в зависимости от толщины стенок отливок – «нормальная», температура больше 160°C – высокая температур.

Следовательно:

- если температура пресс-формы «низкая», то отливки получаются пористыми и с неспаями;
- если температура пресс-формы «нормальная», то отливки получаются согласно заданным качествам;
- если температура пресс-формы «высокая», то снижается стойкость пресс-формы и увеличивается пористость отливки, повышается вероятность налипания расплава на рабочую поверхность пресс-формы

Для «давление на расплав» лингвистическая переменная давление на расплав определяется тремя множествами. Примем, что давление до 10 МПа является «низкое», 10-30 МПа- «оптимальное», больше 30 МПа- «высокая»

Следовательно:

- если давление на расплав «низкое», то – наблюдаются недоливы и торможение движения (переохлаждения) вещества в отдельных фрагментах гнезд пресс-формы; расклинивание пресс-формы с последующим отрывом от стола термопластавтомата при размыкании
- если давление на расплав «оптимальное», то процесс соответствуют требуемым качествам
- если давление на расплав «высокое», то происходит прираскрытие формы и образование грата (облоя); напряжение собственно прессованного изделия (ухудшение качеств); разброс размеров и веса изделия; потери энергии

Для «скорость прессования» лингвистическая переменная скорость прессования определяется тремя множествами. Примем, что скорость прессования до 10 м/с считается «низкая», 10-50 м/с- «рабочая», свыше 50 м/с- «высокая».

Следовательно:

- если скорость прессования «низкая», то эффект грампластинки (концентрические круги на поверхности изделия); недостаточное заполнение пресс-формы (недолив); деформация извлеченного изделия; различимость соединительных швов (стыка потоков материала);

- если скорость прессования «рабочая», то улучшается заполнение формы расплавом, повышается скорость затвердевания и уменьшается количество усадочных дефектов;

- если скорость прессования «высокая», то осуществляется смыв смазочного материала с формообразующих поверхностей пресс-формы, оказывает на них эрозионное воздействие, приваривание отливки к пресс-форме.

### ***Обсуждение и заключение (Discussion and Conclusion)***

Важнейшей предпосылкой дальнейшего повышения количества отливок и эффективности ЛПД является создание автоматизированных комплексов, гибких производственных систем ЛПД, гибких автоматизированных производств.

Программами технического перевооружения предусматривается интенсивное обновление парка оборудования, применение искусственного интеллекта для управления процессами и производством, ужесточение требований техники безопасности, улучшение условий труда, повышение внимания к охране окружающей среды.

На основе аналитического обзора МАС, можно сделать вывод, что их применение в процессе ЛПД позволяет повысить эксплуатационные, качественные, а также технико-экономические показатели за счет уменьшения количества ошибок при разработке системы управления; сокращения времени на выявление и устранение причин, вызывающих неправильное функционирование данной системы; снижения вероятности выхода из строя дорогостоящего оборудования.

#### **Список используемых источников:**

1. Берхеев М.М., Заляев И.А. и др. Основы систем автоматизированного проектирования. Казань: изд. КГУ, 1988. 253 с.
2. Сабиров Д.Х. Компьютерные технологии в литейном производстве. Новосибирск, 2005. С. 208-216.
3. Савин И.А., Марков В.В., Нищенков А.В., Плохов С.В. Методика теоретического расчета поверхностного натяжения металлических расплавов на основе физической модели энергетического состояния жидкости // Справочник. Инженерный журнал (с приложением). 2014. № 5. С. 48-52.
4. Гавариев Р.В., Леушин И.О., Савин И.А. Влияние функциональных покрытий на эксплуатационную стойкость пресс-форм для литья под давлением цинковых сплавов // Цветные металлы. 2016. №1. С. 66-70.
5. Савин И.А., Леушин И.О., Ульянов В.А., Леушина Л.И. Теоретическая оценка трещиностойкости оболочковых форм точного литья, изготовленных с применением технологии низкотемпературного прокаливания // Справочник. Инженерный журнал (с приложением). 2015. № 9 (222). С. 3-5.
6. Мозилевец В.Д., Савин И.А. Хосин канри: опыт применения в рамках сотрудничества КАМАЗ-НЧФ КНИТУ-КАИ // Компетентность. 2014. № 2(113). С. 28-33.

7. Савин И.А. Вопросы выбора материала режущей части инструмента при проектировании обработки резанием // *Современная техника и технологии*. 2015. С. 67-71.
8. Шапарев А.В., Савин И.А. Расчет совместной пластической деформации, необходимой для образования соединения металлов в холодном состоянии // *Заготовительные производства в машиностроении*. 2016. № 10. С. 32-36.
9. Савин И.А. Исследование характеристик износостойких покрытий, наносимых на режущие инструменты сложной формы методом катодно-ионной бомбардировки // *Заготовительные производства в машиностроении*. 2012. № 9. С. 41-44.
10. Шапарев А.В., Савин И.А. Совершенствование технологии производства биметаллических лент: монография. Курск: Университетская книга, 2015. 214 с.
11. Гавариев Р.В., Савин И.А., Леушин И.О. Повышение эффективности литья под давлением цинковых сплавов за счет оптимизации теплового баланса пресс-форм // *Литейное производство*. 2014. №7. С. 27-30.
12. Коростелев В.Ф. Теория, технология и автоматизация ЛПД: моногр.. М.: Новые технологии, 2004. 224 с.

### References:

1. Berheev M.M., Zala I.A., etc. *Fundamentals of computer-aided design text*. Kazan: KSU, 1988. 253 p.
2. Sabirov D.X. *Computer technology in foundry text*. Novosibirsk, 2005. P. 208-216.
3. Savin I.A., Markov V.V., Beggar A.V., Plovov S.V. *Methods theoretical calculation of the surface tension of molten metal on the basis of a physical model of the energy state of the liquid*. Directory. *Engineering magazine (with the application)*. 2014. № 5. P. 48-52.
4. Gavariyev R.V., Savin I.A., Leushin I.O. *Impact of the functional coating on service durability of injection molds for the zinc alloys pressure casting*. 2016. No. 1. P. 66-70. DOI: 10.17580/tsm.2016.01.11
5. Savin I.A., Leushin I.O., Ulyanov V.A., Leushina L.I. *Theoretical estimate crack resistance shell molds precision castings manufactured using low calcination technology*. Directory. *Engineering magazine (with the application)*. 2015. № 9 (222). P. 3-5.
6. Mogilevets V.D., Savin I.A. *Hocine kanri: experience of cooperation in the framework of the KAMAZ-LPF KNRTU-KAI. Competence*. 2014. № 2 (113). P. 28-33.
7. Savin I.A. *Questions material selection of the cutting tool in the design of machining*. *Modern techniques and technologies*. 2015. P. 67-71.
8. Shaparev A.V., Savin I.A. *Calculation of the joint plastic deformation, necessary for the formation of metal compounds in the cold*. *Procuring production in mechanical engineering*. 2016. № 10. P. 32-36.
9. Savin I.A. *Investigation of the characteristics of wear-resistant coatings applied to cutting tools of complex shape by ion bombardment cathode*. *Blank production in mechanical engineering*. 2012. № 9. P. 41-44.
10. Shaparev A.V., Savin I.A. *Improving the technology of bimetallic strips: monograph*. Kursk: University Book, 2015. 214 p.
11. Gavariyev R.V., Savin I.A., Leushin I.O. *Improving the efficiency of molding pressure of zinc alloys by optimizing the thermal balance of molds*. *Foundry*. 2014. №7. P. 27-30.
12. Korostelev V.F. *Theory, technology and automation LPD: monograph*. M.: New Technologies, 2004. 224 p.

© 2016, Панкратов Д.Л., Гавариева К.Н.  
 Разработка МАС для моделирования  
 технологического процесса ЛПД на основе  
 искусственного интеллекта

© 2016, Pankratov D.L., Gavariyeva K.N.  
 The process of profiling the grinding wheel helical  
 grooves standard profile



DOI: 10.17117/nv.2016.04.097

Поступила (Received): 23.11.2016

technolog@novsu.ru

**Петрова А.С., Глущенко Л.Ф., Лаптева Н.Г., Ларичева К.Н.  
Формирование качества медовухи при замене  
части меда в рецептуре сахаром**

**Petrova A.S., Glushchenko L.F., Lapteva N.G., Laricheva K.N.  
The formation of quality mead when replacing  
part of the honey in the recipe with sugar**

В статье приводятся результаты исследований, направленных на формирование качества медовухи при замене в рецептуре части меда сахаром и изучение потребительских свойств напитка. Проведен анализ ассортимента и структуры рынка слабоалкогольных изделий на основе меда, обоснована перспективность производства и реализации медовых напитков. Из-за сложности, дороговизны и продолжительности процесса изготовления медовых технологий их производства возрождаются медленно, что делает исследования, направленные на удешевление рецептур напитков на основе меда, актуальными. По результатам полученных данных, замена части меда сахаром в рецептуре медовухи не оказала отрицательного влияния на органолептические показатели напитка. Существенных отличий по физико-химическим показателям полученных образцов напитка также не обнаружено, что позволяет рекомендовать разработанную в ходе исследований рецептуру для производства медовухи. В ходе изучения влияния вида дрожжей на органолептические показатели напитка установлено, что образец медовухи, приготовленный с использованием винных дрожжей *Saccharomyces ellipsoideus* отличался более сформированным букетом напитка, хорошо сочетающимся с медовым вкусом и ароматом.

**Ключевые слова:** медовуха, качество, сахар, дрожжи, рецептура

**Петрова Анна Сергеевна**

Кандидат сельскохозяйственных наук,  
старший преподаватель  
Новгородский государственный университет им.  
Ярослава Мудрого  
Великий Новгород, ул. Б. Санкт-Петербургская, 41

The article describes the research aimed at the formation of the quality of the Mead when you replace in the recipe of honey, sugar and the study of consumer properties of the beverage. The analysis of the range and structure of the market of low-alcohol products based on honey, prospects of production and realization of honey drinks. Because of the complexity, cost and duration of manufacturing process production technology honeys reborn slowly, making research aimed at cheapening the formulation of beverages based on honey that are relevant. According to the obtained data, replacing honey with sugar in the recipe Mead has not had a negative impact on organoleptic characteristics of the drink. Significant differences in physico-chemical properties obtained samples of the beverage was found, which allows to recommend the developed in the course of research the recipe for the production of Mead. In the course of studying the influence of yeast on organoleptic characteristics of the beverage found that a sample of Mead made with wine yeast *Saccharomyces ellipsoideus* were more shaped bouquet that goes well with the honey flavor and aroma

**Key words:** mead, quality, sugar, yeast, recipe

**Petrova Anna Sergeevna**

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Teacher  
Novgorod state university named Yaroslav Mudriy  
Velikiy Novgorod, B. St.-Petersburgskaya st., 41

**Глущенко Людмила Фёдоровна**

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой

Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого

Великий Новгород, ул. Б. Санкт-Петербургская, 41

**Лаптева Наталья Геннадьевна**

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого

Великий Новгород, ул. Б. Санкт-Петербургская, 41

**Ларичева Кристина Николаевна**

Кандидат экономических наук, старший

преподаватель

Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого

Великий Новгород, ул. Б. Санкт-Петербургская, 41

**Glushchenko Lyudmyla Fyodorovna**

Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of Department

Novgorod state university named Yaroslav Mudriy Velikiy Novgorod, B. St.-Petersburgskaya st., 41

**Lapteva Natalya Gennadievna**

Candidate of Agricultural Sciences, Associate

Professor

Novgorod state university named Yaroslav Mudriy Velikiy Novgorod, B. St.-Petersburgskaya st., 41

**Laricheva Christina Nikolaevna**

Candidate of Economic Sciences, Senior Teacher

Novgorod state university named Yaroslav Mudriy Velikiy Novgorod, B. St.-Petersburgskaya st., 41

**Введение (Introduction)**

Одним из важнейших факторов, воздействующих на здоровье населения, является питание. В Распоряжении Правительства Российской Федерации от 25 октября 2010 года №1873-р основой государственной политики РФ в области здорового питания населения на период до 2020 года назван комплекс мероприятий, направленных на создание условий, обеспечивающих удовлетворение в соответствии с требованиями медицинской науки потребностей различных групп населения в здоровом питании с учетом их традиций, привычек и экономического положения.

В течение последних лет в стране «сохраняется существенный дисбаланс в структуре питания населения Российской Федерации: высокое потребление хлеба, хлебопродуктов, сахара, картофеля и крайне недостаточное потребление мяса, молока, рыбы, яиц, фруктов, овощей, растительного масла, являющихся источником незаменимых аминокислот, витаминов и микроэлементов, что оказывает существенное негативное влияние на здоровье населения» [10, с.83; 5, с.100]. Состояние продовольственного комплекса РФ, его стратегическое значение в обеспечении продуктами питания населения вызывают необходимость создания организационно-экономического механизма, обеспечивающего отечественный агропродовольственный рынок собственной продукцией за счет вовлечения в систему экономических отношений имеющихся ресурсов [9, с.6]. В этой связи перед перерабатывающей промышленностью ставится актуальная задача поиска возможностей для производства продуктов питания с повышенным содержанием биологически активных веществ, витаминов и ферментов на основе натурального сырья.

Для сохранения и поддержания нормальной жизнедеятельности организма человека, его полного физического и психического равновесия, необходимо ежедневно получать с пищей все необходимые нутриенты. Немаловажную роль при решении данной проблемы имеют напитки. Безалкогольные и сла-

боалкогольные напитки пользуются популярностью у российского потребителя, в этой связи при решении задачи по разработке обогащенных продуктов питания, значимую роль играет использование полезного натурального сырья высокого качества. Медовуха является примером функциональных слабоалкогольных напитков, полученных сбраживанием углеводного сырья. В результате жизнедеятельности микроорганизмов в процессе брожения напитков обогащаются аминокислотами, витаминами, органическими кислотами, приобретает общеукрепляющие и лечебно-профилактические свойства. Поскольку медовуха – продукт естественного брожения, характерным ее признаком является легкая насыщенность диоксидом углерода [6, с.49].

Напитки, полученные с использованием меда, обладают хорошими органолептическими свойствами, прекрасно утоляют жажду, нормализуют обмен веществ в организме. Благодаря своим полезным свойствам, мед широко используется в производстве безалкогольных и алкогольных напитков, обладающих профилактическими свойствами [7, с.48].

Медовуха – слабоалкогольный напиток с объемной долей этилового спирта от 1,2 до 9,0 %, с содержанием не менее 8 % меда. Пчелиный мед, входящий в рецептуру медовухи, является поставщиком биологически активных веществ, обладает противомикробными свойствами, содержит ценные углеводы. В ходе проведения III Международной научно-практической конференций «Пчела и человек» в Москве, в Доме науки Всероссийского селекционно-технологического института садоводства и питомниководства (ФГБНУ «ВСТИСП»), состоявшейся 18–19 марта 2016 года, в докладе начальника отдела животноводства, племенного дела и механизации департамента сельского хозяйства и продовольствия Новгородской области Владимира Татаренко прозвучало, что в Новгородской области производством меда и продукции пчеловодства занимаются более 4500 человек. По данным на 01.07.2016 года в хозяйствах всех категорий насчитывается до 27,4 тысяч пчелосемей. По сравнению с 2010 годом количество пчелосемей увеличилось более чем на 70%. Растет и производство меда: за 2015 год этот показатель составил более 600 тонн товарного меда (в 2014 году – 450 т). Благодаря такому количеству пчелосемей, местные производители меда в состоянии обеспечить бесперебойное снабжение производителей сырьем для производства медовухи.

На Руси мед всегда был одним из основных продуктов. Медом торговали с соседями, медом лечились, из меда делали напитки. Трудно найти более полезный продукт, средоточие полезного и уникального вкуса и сладости, чем мед. Напитки из меда варили наши предки, угощали гостей на пирах и пили сами. Медовуха была буквально в каждом доме, ведь мед был весьма доступным продуктом, она всегда считалась национальным исконно русским напитком, хотя медоварение было распространено и в других странах [4, с.50].

Несомненное достоинство медовых напитков заключалось в том, что в своем составе они не содержали сивушных масел. Тем не менее, в связи с изобретением в середине XV в. технологии производства значительно более дешевой хлебной водки и из-за сложной технологии, изготовление медовухи в XVI-м

столетии почти прекратилось, а в XVII – исчезло совсем. И даже секреты её приготовления одно время были утеряны [11, с.49].

В настоящее время технологии производства напитков на основе меда возрождаются. Однако из-за сложности, дороговизны и продолжительности изготовления, их промышленный выпуск так и не был восстановлен в полном объеме. Появившиеся в последние десятилетия «меды», и «медовухи» с настоящими традиционными русскими медами ничего общего не имеют. Одной из причин низких объемов производства традиционной медовухи является достаточно высокая себестоимость напитка по причине дороговизны сырья для его производства – натурального пчелиного меда.

В этой связи целью нашей работы являлось формирование качества медовухи при замене в рецептуре части меда сахаром и изучение потребительских свойств напитка путем проведения комплексных аналитических и экспериментальных исследований. Данное исследование является одним из направлений решения проблемы воссоздания промышленного производства слабоалкогольных напитков на основе меда с высокой пищевой и потребительской ценностью.

В соответствии с поставленной целью задачами исследования являлись:

– определить органолептические и физико-химические показатели качества медовухи, приготовленной с заменой 1/3 части меда в ее рецептуре сахаром;

– определить влияние вида используемых дрожжей на органолептические показатели полученного напитка.

Таким образом, сформулированная в работе цель исследования, посвященная формированию качества слабоалкогольных напитков на основе меда, является современной и актуальной, а исследования, направленные на разработку рецептуры медовухи с заменой части меда на сахар, перспективны.

### ***Материалы и методы (Materials and Methods)***

Методологическую основу исследований составили труды ученых, посвященные проблемам здорового питания населения, эффективному использованию натурального сырья в пищевой промышленности, направлениям возрождения производства традиционных напитков на основе меда.

Эмпирическую базу исследований составили законодательная база Российской Федерации, статистические материалы Администрации Новгородской области, Департамента сельского хозяйства и продовольствия Новгородской области, публикации средств массовой информации, периодических изданий по исследуемой проблеме, официальные сайты, тематические информационные порталы, размещенные в сети Internet, собственные исследования, экспериментальные данные и расчеты.

В ходе исследования применялись всеобщие, общенаучные и частные методы исследования. Всеобщий диалектический метод исследований применялся для выработки генеральной стратегии поиска и регулятивов в построении программы исследования. Общенаучными методами выступали эмпирические (наблюдение, эксперимент, описание и сравнение), теоретические (формализация, гипотетико-дедуктивный метод) и общелогические (анализ, синтез,



обобщение, моделирование). В числе частных методов применялись измерительные, регистрационные, расчётные, экспертные и органолептические.

Органолептические показатели определялись в соответствии с обязательными требованиями нормативных документов [2].

Объёмную концентрацию спирта в зрелой медухе определяли ареометрическим методом с помощью ареометра АСп-1 [3].

Массовую концентрацию сахаров определяли методом прямого титрования, основанном на восстановлении инвертным сахаром окисной формы меди (раствор Фелинга) в закисную [1].

### Результаты (Results)

Для выявления влияния использования в рецептуре сахара на органолептические и физико-химические показатели качества медухи, была поставлена задача определить качественные показатели напитков, приготовленных по различным рецептурам:

Образец 1 – медуха, приготовленная по рецептуре: на 1 л воды – 150 г полифлерного полевого меда, 0,5 г дрожжей, 1,5 г лимонной кислоты;

Образец 2 – медуха, приготовленная по той же рецептуре с заменой части меда сахаром в соотношении 2:1 (100 г меда + 50 г сахара).

Оценка органолептических свойств образцов медухи была проведена по универсальной 5-ти балльной шкале с использованием коэффициентов весомости, определенных экспертным методом. Действуя в соответствии с методом рангов, эксперты оценивали важность каждого показателя по заранее разработанной шкале относительной значимости в диапазоне от 5 до 10, исходя из оценок, назначенных всеми экспертами по каждому показателю во всей их совокупности.

Результаты проведенной с соблюдением всех требований к проведению органолептической оценки слабоалкогольных напитков дегустации представлены на рисунке 1.

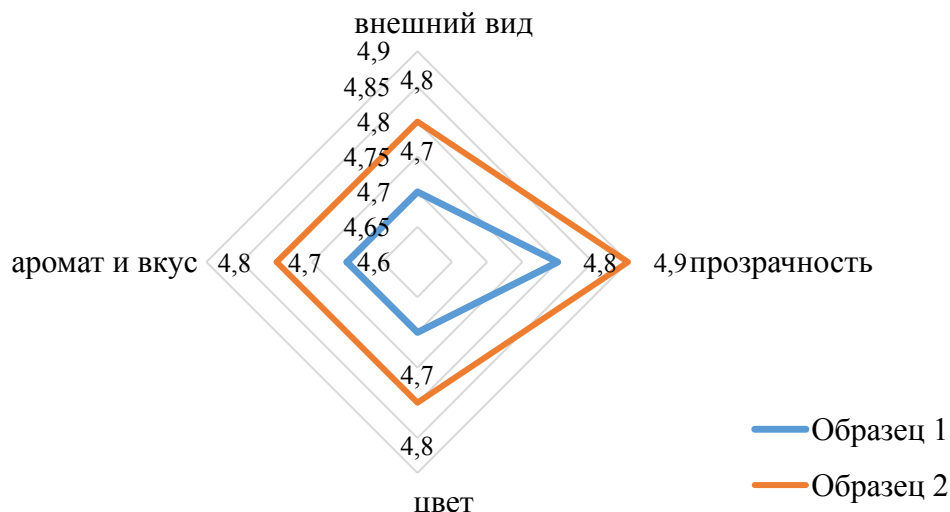


Рис. 1. Результаты дегустации медухи



Анализ данных, представленных на рисунке 1, показал, что замена части меда сахаром в рецептуре медовухи не оказала отрицательного влияния на органолептические показатели напитка, полученные экспертные оценки образцов напитка достаточно близки. Результаты сравнительной дегустации показали, что средний экспертный балл первого образца медовухи составил 4,7, второго – 4,8. Кроме того, экспертами было отмечено, что второй образец отличался более прозрачным цветом, имел приятный сладковатый привкус без потери характерного медового аромата, свойственного напиткам, приготовленным с использованием меда.

В ходе анализа физико-химических показателей исследуемых образцов напитка установлено, что во втором образце, в результате замены части меда сахаром, незначительно увеличивается содержание этилового спирта (3,5% об. против 3,1 % об.) и содержание сахаров (10,2% против 9%). Таким образом, существенных отличий по физико-химическим показателям полученных образцов напитка не обнаружено, что позволяет рекомендовать разработанную в ходе исследований рецептуру для производства медовухи.

Задачей дальнейших исследований являлось определение влияния вида используемых дрожжей на органолептические показатели напитка, приготовленного с заменой части меда в рецептуре сахаром. Вид применяемых дрожжей обуславливает скорость сбраживания медового сусла, что, в свою очередь, оказывает влияние на формирование специфических органолептических характеристик напитков брожения [8, с.29]. При производстве медовухи могут быть использованы дрожжи вида *Saccharomyces cerevisiae*: хлебопекарные и винные.

С целью исследования влияния вида дрожжей на качественные показатели медовухи, нами было приготовлено два образца напитков по рецептуре с заменой 1/3 части меда сахаром:

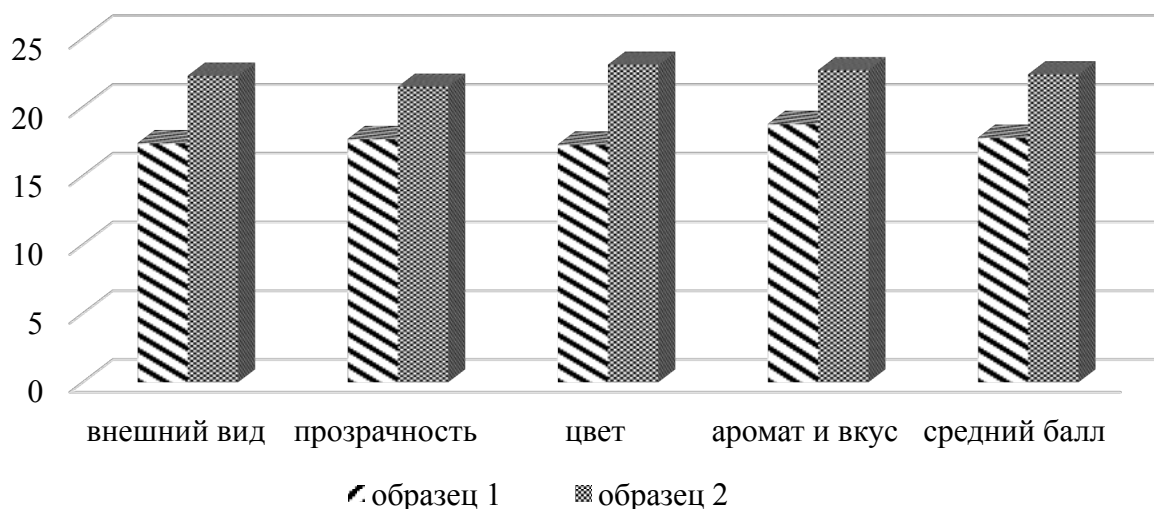
Образец 1 – с применением хлебопекарных дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*;

Образец 2 – с использованием винных дрожжей *Saccharomyces ellipsoideus*.

Брожение напитков проводилось при температуре  $22 \pm 2$  °С на протяжении 36 часов с последующим охлаждением и дображиванием в течение 7 суток при температуре 12 °С. Далее следовал этап повторного охлаждения напитка и дополнительная выдержка на протяжении 3 суток при температуре 4-5 °С.

Для оценки влияния применяемого вида дрожжей на формирование качественных показателей медовухи был проведен дегустационный анализ по 25-бальной шкале. Полученные в результате экспертной оценки данные представлены на рисунке 2.

Анализ данных, представленных на рисунке 2, показал, что образец медовухи, приготовленный с использованием винных дрожжей *Saccharomyces ellipsoideus*, получил наивысшую среднюю оценку органолептических показателей (22,4 балла) по сравнению с образцом, при изготовлении которого применялись хлебопекарные дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* (17,8 баллов). Экспертами было отмечено, что образец медовухи, приготовленный с использованием винных дрожжей *Saccharomyces ellipsoideus*, отличался более сформированным букетом напитка, хорошо сочетающимся с медовым вкусом и ароматом.



**Рис. 2. Оценка влияния применяемого вида дрожжей на органолептические показатели качества медовухи**

### **Обсуждение и заключение (Discussion and Conclusion)**

В ходе исследований проведен анализ ассортимента и структуры рынка слабоалкогольных напитков на основе меда, обоснована перспективность их производства и реализации. Разработанная нами рецептура медовухи с заменой части дорогостоящего сырья (пчелиного меда) сахаром содержит только натуральные компоненты отечественного производства, что делает ее привлекательной для использования в производстве.

На основании комплексного анализа полученных результатов установлено, что предлагаемая замена не оказала негативного влияния на формирование органолептических и физико-химических показателей качества медовухи. Готовая медовуха обладает гармоничным букетом и вкусом, светлым цветом, готовится при естественном брожении, без применения консервантов и красителей, имеет невысокую насыщенность этиловым спиртом, сохраняет полезные свойства натурального пчелиного меда.

Установлена зависимость качественных показателей напитка от применяемого для производства медовухи вида дрожжей: экспериментально подтверждено, что использование винных дрожжей *Saccharomyces ellipsoideus* обеспечило формирование легкого приятно-сладковатого вкуса, отсутствие привкуса, характерного для дрожжевого компонента, что позволяет рекомендовать винные дрожжи для производства медовухи.

Таким образом, на основании результатов, проведенных аналитических и экспериментальных исследований разработана рецептура медовухи, обогащенной природными биологически активными веществами и обладающей высокими показателями качества. Слабоалкогольный напиток медовуха, произведенный по разработанной в результате исследований рецептуре, может стать прекрасной альтернативой крепким алкогольным напиткам, пиву и импортным коктейлям, оказывающим известное негативное воздействие на организм человека.

**Список используемых источников:**

1. ГОСТ 13192-73 Вина, виноматериалы и коньяки. Метод определения сахаров (с Изменениями N 1, 2, 3). Взамен ГОСТ 13192-67. Дата введения 1975-01-01. М.: Издательство стандартов, 2005. 17 с.
2. ГОСТ 6687.5-86 Продукция безалкогольной промышленности. Методы определения органолептических показателей и объема продукции (с Изменением N 1). Взамен ГОСТ 6687.5-75. Дата введения 1987-07-01. М.: Издательство стандартов, 1998. 10 с.
3. ГОСТ 3639-79 Растворы водно-спиртовые. Методы определения концентрации этилового спирта (с Изменением N 1). Взамен ГОСТ 3639-61. Дата введения 1982-01-01. М.: Издательство стандартов, 1994. 12 с.
4. Бородина О. Мед: медовое богатство // Товароведение продовольственных товаров. 2010. № 8. С. 50-53.
5. Величковский Б.Т. Патогенетическое обоснование медицинских и социальных приоритетов улучшения здоровья населения России // Успехи современной биологии. 2004. Т. 124. № 2. С. 99-108.
6. Гончаренко В.М. О пчелах и меде // Пчеловодство. 2010. № 8. С. 48-49.
7. Кудряшева А.А. Пища XXI века и особенности ее создания // Пищевая промышленность. 1999. № 12. С. 48-49.
8. Миллер Ю.Ю. Напитки брожения типа кваса // Пиво и напитки. 2007. № 3. С. 28-29.
9. Новоселова Н. Развитие продовольственного рынка – необходимое условие формирования эффективного аграрного сектора // Международный сельскохозяйственный журнал. 2012. № 2. С. 6.
10. Орлова Г.Г. Роль здорового и сбалансированного питания в профилактике наиболее распространенных и социально-значимых заболеваний // Рациональное питание, пищевые добавки и биостимуляторы. 2016. № 1. С. 83-85.
11. Старостин В.А. Что пили наши предки // Пиво и напитки. 2007. № 5. С. 48-51.

**References:**

1. GOST 13192-73 Wine, wine materials and cognacs. Method for determination of sugars (with the Changes N 1, 2, 3). Instead GOST 13192-67. Date of introduction 1975-01-01. M.: Publishing house of standards, 2005. 17 p.
2. GOST 6687.5-86 Products of soft drink industry. Methods for determination of organoleptic indices and volume of products (with a change N 1). Instead GOST 6687.5-75. Date of introduction 1987-07-01. M.: Publishing house of standards, 1998. 10 p.
3. GOST 3639-79 Solutions of water and alcohol. Methods for determining the concentration of ethyl alcohol (with a change N 1). Date of introduction 1982-01-01. M.: Publishing house of standards, 1994. 12 p.
4. Borodina O. Honey: honey richness. Commodity food products. 2010. № 8. P. 50-53.
5. Velichkovskiy B.T. Pathogenetic substantiation of medical and social priorities of improving the health of the population of Russia. The successes of modern biology. 2004. Vol. 124. № 2. P. 99-108.
6. Goncharenko V.M. About bees and honey. Beekeeping. 2010. № 8. P. 48-49.
7. Kudryasheva A.A. Food of the XXI century and especially its creation. Food industry. 1999. № 12. P. 48-49.
8. Miller Y.Y. The fermented beverages of the type of brew. Beer and drinks. 2007. № 3. P. 28-29.
9. Novoselova N. The development of the food market – a necessary condition for the formation of an effective agricultural sector. International agricultural journal. 2012. № 2. P. 6.
10. Orlova G.G. The role of a healthy and balanced diet in prevention of the most common and socially significant diseases. A balanced diet, nutritional supplements and biostimulants. 2016. № 1. P. 83-85.
11. Starostin V.A. What happened to our ancestors. Beer and drinks. 2007. № 5. P. 48-51.

© 2016, Петрова А.С., Глущенко Л.Ф., Лаптева Н.Г., Ларичева К.Н.

Формирование качества медовухи при замене части меда в рецептуре сахаром

© 2016, Petrova A.S., Glushchenko L.F., Lapteva N.G., Laricheva K.N.

The formation of quality mead when replacing part of the honey in the recipe with sugar

DOI: 10.17117/nv.2016.04.105

Поступила (Received): 08.10.2016

info@ysu.am

**Пирумян Г.П., Симонян А.Г.  
Анализ экологического состояния реки  
с помощью фоновых концентраций**

**Pirumyan G.P., Simonyan A.G.  
Analysis of the ecological state of the river basis  
on background concentrations**

Степень загрязненности воды реки Дебед впервые оценена с помощью энтропийного индекса качества воды. Показано, что значение энтропийного индекса качества воды, полученное с использованием значения фоновых концентраций, получается больше, чем при использовании значения предельно допустимой концентрации. Установлено, что имеет прямолинейную зависимость с индексом загрязненности воды и удельно-комбинаторным индексом качества воды и обратную зависимость с канадским индексом качества воды. энтропийный индекс качества воды. Показано, что энтропийный индекс качества воды больше единицы. После города Алаверди энтропийный индекс качества воды увеличивается, что свидетельствует о снижении качества воды реки, обусловленный загрязнением воды бытовыми сточными водами. Получается, что от источника до устья реки Дебед наблюдается снижение качества воды по энтропийному индексу качества воды с 2-го до 3-го класса загрязнения, по индексу загрязненности воды наблюдается снижение качества воды с 3-го до 7-го класса загрязнения, а для канадского индекса качества воды и удельно-комбинаторного индекса качества воды со 3-го до 4-го класса загрязнения

**Ключевые слова:** река Дебед, фоновая концентрация, качество воды, индекс качества воды

**Пирумян Геворг Петросович**  
Доктор технических наук, профессор  
Ереванский государственный университет  
Армения, г. Ереван, ул. Алека Манукяна, 1

The degree of contamination of the River Debed water is evaluated at first by the entropy index of water quality. It is shown that the value of the entropy index of water quality obtained using the values of the background concentrations, the obtained values higher, than the values calculating by the maximum permissible concentration. It was established that the entropy index of water quality has a linear relationship with the index of water pollution and specific combinatorial index, and an inverse relationship with the Canadian Water Quality Index. It is shown that the water quality entropy index is greater than one. After Alaverdi entropy index of water quality increases, which indicates a decline in the water quality of the river due to water pollution domestic wastewater. It turns out that from the source to the mouth of the River Debed detects a decrease in water quality entropy index of water quality from the 2nd to the 3rd grade of pollution, on an index of water pollution there is a decrease in water quality from the 3rd to the 7th grade of pollution, and for Canadian water quality index and resistivity-combinatorial index of water quality from the 3rd to the 4th grade of contamination

**Key words:** River Debed, background concentration, water quality, water quality index

**Pirumyan Gevorg Petrosovich**  
Doctor of Engineering Sciences, Professor  
Yerevan state university  
Armenia, Yerevan, Alek Manukyan st., 1



**Симонян Арсен Геворгович**  
 Аспирант  
 Ереванский государственный университет  
 Армения, г. Ереван, ул. Алека Манукяна, 1

**Simonyan Arsen Gevorgjvich**  
 Graduate  
 Yerevan state university  
 Arnenia, Yerevan, Alek Manukyan st., 1

**Введение (Introduction)**

Фоновые концентрации (ФК) химических веществ рассчитываются для конкретного створа водотока и являются количественной характеристикой содержания веществ в этом створе при наиболее неблагоприятных гидрологических условиях или наиболее неблагоприятных в отношении качества воды периодов (сезонов) в годовом цикле под воздействием как природных факторов, так и всех источников загрязнения, расположенных выше рассматриваемого створа [1,2]. При расчете фоновой концентрации вещества учитываются только те створы наблюдений, где имеются данные не менее чем за один год – при ежемесячной, ежедекадной или еще более дробной системе отбора проб воды и не менее чем за двухлетний период при 6-11 разовом отборе проб воды в год. Для вредных веществ приняты предельно допустимые концентрации (ПДК), под которыми подразумевается такая максимальная концентрация вещества, которая оставляет воду при неограниченно долгом ее использовании такой же безвредной, как и при полном отсутствии этого вещества [2].

В последние годы для комплексной оценки качества поверхностных вод нами предлагается использовать энтропийный индекс качества воды (ЭИКВ) [3-9].

Целью данной работы является оценка качества воды реки Дебед с помощью ЭИКВ с использованием ПДК и фоновых концентраций (ФК).

Дебед –правый приток реки Храми, являющийся правым притоком Куры. Образуется слиянием рек Памбак и Дзорагет в селе Дсех. Длина с Памбаком 178 км, из них в Армении -152 км. Площадь бассейна- 4050 км<sup>2</sup>. Течёт по узкому и глубокому ущелью до села Баграташен. По реке проходит участок армяно-грузинской границы протяжённостью около 12 км.



**Рис. 1. Мониторинговые створы реки Дебед**



Течение быстрое, Дебед –одна из полноводных река Армении (после Аракса). Воды используются для орошения и получения электроэнергии. Крупные притоки – Марц, Шног (справа) и Ахтала (слева). На реке Дебед расположены три створа ( мониторинговые посты): № 5 – 0.5 км ниже от точки слияния реки Марцигет, № 6 – 0.5 км выше г. Айрума и № 7 – около границы с Грузией.

**Методика расчета.** Энтропийный индекс качества воды характеризует гидроэкологические системы по соотношению порядка и хаоса, мерами которых являются геоэкологическая синтропия –I [10] и энтропия Шенона- H [11]. Значения ЭИКВ говорят о том, что и в какой мере преобладает в структуре системы: хаос или порядок. Так, если ЭИКВ <1, то в структуре системы преобладает порядок, в противном случае, когда ЭИКВ>1 – хаос. При ЭИКВ= 1 хаос и порядок уравниваются друг друга, и структурная организация системы является равновесной. Загрязненность водных систем можно представить, как систему тех гидрохимических показателей (элементов), концентрация которых превышает ФК и ПДК.

Для расчета значений I, H и ЭИКВ пользуемся следующим вычислительным алгоритмом [3]:

1. Определяются число превышения ФК или ПДК i-го вещества или показателя воды:  $n$ ,
2. Оценивается общая сумма превышений ФК или ПДК (N):  $N = \sum n$ .

**Таблица 1. Данные по энтропийному индексу качества воды р. Дебед по значениям ПДК**

Створ	5		6		7	
	n	$n \log_2 n$	n	$n \log_2 n$	n	$n \log_2 n$
ХПК	1	0	1	0	3	4.755
Раст.О <sub>2</sub>	0	0	1	0	2	2
pH	0	0	1	0	2	2
БПК <sub>5</sub>	3	4.755	5	11.61	5	11.61
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	5	11.610	8	24.000	6	15.510
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	3	4.755	2	2.000	2	2.000
Fe	3	4.755	3	4.755	4	8.000
Cu	12	43.000	12	43.000	12	43.000
V	12	43.000	12	43.000	12	43.000
Al	12	43.000	12	43.000	12	43.000
Cr	6	15.510	5	11.610	5	11.610
Mn	9	28.529	10	33.2	12	43.000
Zn	1	0.000	10	33.2	10	33.2
Se	6	15.510	6	15.510	5	11.610
N	73		88		92	
$\sum n \log_2 n$	214.428		264.875		274.295	
I	2.9373		3.0099		2.9814	
H	3.2489		3.4458		3.5383	
ЭИКВ	1.106		1.1448		1.1868	

3. Вычисляются:  $n \log_2 n$ ,  $\sum n \log_2 n$  и  $\log_2 N$
4. Рассчитывается геоэкологическая синтропия и энтропия:  
 $I = \sum n \log_2 n / N$  и  $H = \log_2 N - I$
5. Определяется ЭИКВ : ЭИКВ=  $H/I$ .

**Результаты и обсуждение (Results and Discussion)**

Показано, что высокие значения БПК5 и ХПК речной воды и загрязнение ионами нитрит и аммония обусловлены загрязнением воды реки бытовыми сточными водами, поскольку нет очистных сооружений в бассейне реки. Сточные воды города Алаверди и некоторых сел без очистки впадают в реку.

**Таблица 2. Данные по энтропийному индексу качества воды р. Дебед по значениям ФК**

Створ	5		6		7	
Показатель	n	$n \log_2 n$	n	$n \log_2 n$	n	$n \log_2 n$
ХПК	7	19.64	9	28.5	8	24
Раст.О <sub>2</sub>	2	2	2	2	2	2
pH	0	0	1	0	2	2
БПК <sub>5</sub>	3	4.75	5	11.61	5	11.61
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	9	28.50	10	33.2	9	28.5
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	6	15.51	7	19.64	6	15.5
Fe	10	33.20	12	43.000	12	43.000
Cu	11	38.03	12	43.000	12	43.000
V	9	28.5	10	33.200	9	28.500
Al	4	8	5	11.61	6	15.500
Cr	0	0.000	3	4.75	3	4.752
Mn	0	0.000	2	2	4	8.000
Zn	6	15.51	12	43.000	11	38.03
Se	6	15.50	6	15.51	5	11.61
N	73		96		94	
$\sum n \log_2 n$	209.15		291.02		276.02	
I	2.8650		3.0314		2.9364	
H	3.3212		3.5497		3.6144	
ЭИКВ	1.1592		1.1709		1.2308	

Установлено, что в речной воде регулярно превышает ФК и ПДК ванадия, алюминия, хрома, марганца, железа, меди, цинка и селена. В таблицах 1 и 2 приведены числа превышения ПДК и ФК веществ и показателей воды, сумма случаев превышений ПДК и ФК, значения I, H и ЭИКВ.

Полученные данные свидетельствуют о том, что значение ЭИКВ больше единицы и от источника до устья рек в основном наблюдается снижение качества воды с 2-го до 3-го класса загрязнения. Значения ЭИКВ, полученные с использованием значений ФК, получаются больше, чем при использовании значений ПДК.

Качество воды р. Дебед оценено также с помощью других индексов качества воды, используя значения ПДК: канадским индексом качества воды (КИКВ)

[12], удельно-комбинаторным индексом качества воды (УКИКВ) [13] и индексом загрязненности воды (ИЗВ) [14], (см. таблица 3).

**Таблица 3. Индексы качества воды р. Дебед**

Посты	ЭИКВ <sub>пдк</sub>	ИЗВ	КИКВ	УКИКВ	ЭИКВ <sub>фк</sub>
5	1.106	1.9	69.13	2.84	1.1592
6	1.1448	3.94	62.37	3.13	1.1709
7	1.1868	14.38	45.32	4.29	1.2308

Выбор индексов ИЗВ, КИКВ и УКИКВ обоснован тем, что эти индексы качества воды наиболее точно и обобщенно характеризуют качество речной воды и его изменения.

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что ЭИКВ имеет прямолинейную зависимость с ИЗВ и УКИКВ и обратную зависимость с КИКВ.

$$\text{ЭИКВ}_{\text{пдк}} = (1.1076 \pm 0.0178) + (0.0058 \pm 0.0020) \cdot \text{ИЗВ}, R=0.94013, N=3$$

$$\text{ЭИКВ}_{\text{пдк}} = (0.9744 \pm 0.0559) + (0.0501 \pm 0.0161) \cdot \text{УКИКВ}, R=0.95215, N=3$$

$$\text{ЭИКВ}_{\text{пдк}} = (1.3352 \pm 0.0433) - (0.0032 \pm 0.0001) \cdot \text{КИКВ}, R=0.97553, N=3$$

$$\text{ЭИКВ}_{\text{пдк}} = -(0.0282 \pm 0.4258) + (0.9891 \pm 0.3586) \cdot \text{ЭИКВ}_{\text{фк}}, R=0.94011, N=3$$

$$\text{ЭИКВ}_{\text{пдк}} = -(0.0282 \pm 0.4258) + (0.9891 \pm 0.3586) \cdot \text{ЭИКВ}_{\text{фк}}, R=0.94011, N=3$$

Получается, что от источника до устья рек по ИЗВ наблюдается снижение качества воды с 3-го до 7-го класса загрязнения, а для КИКВ и УКИКВ со 3-го до 4-го класса загрязнения.

### **Заключение (Conclusion)**

1. Показано, что ЭИКВ больше единицы. Получается, что от источника до устья реки Дебед наблюдается снижение качества воды по ЭИКВ с 2-го до 3-го класса загрязнения.

2. Значение ЭИКВ, полученные с использованием значений ФК, получаются больше, чем при использовании значений ПДК.

3. После города Алаверди энтропийный индекс качества воды увеличивается, что свидетельствует о снижении качества воды реки, обусловленный загрязнением воды бытовыми сточными водами.

4. Установлено, что энтропийный индекс качества воды имеет прямолинейную зависимость с индексом загрязненности воды и удельно-комбинаторным индексом качества воды и обратную зависимость с канадским индексом качества воды.

### **Список используемых источников:**

1. Постановления Правительства РА от 27-го января 2011г.

URL: <http://www.arlis.am/DocumentView.aspx?docID=65705>

2. Никаноров А.М. Научные основы мониторинга качества воды. С.-Пб.: Гидрометеоиздат, 2005. 577 с.

3. Симонян А.Г., Пирумян Г.П. Энтропийный подход к оценке экологического состояния реки // Геология морей и океанов. Т. 4. М.: ГЕОС, 2015. С. 196-199.

4. Пирумян Г.П., Симонян А.Г. Энтропийный подход к оценке экологического состояния реки Вохчи // Научный вестник. 2015. №4(6). С. 89-94.

5. Пирумян Г.П., Симонян А.Г. Анализ экологического состояния реки Агстев с помощью энтропийного индекса // Научный вестник. 2016. №1(7). С. 191-195.

6. Simonyan A.G. Analysis of environmental status of the river Voghji with Armenian index of water quality // *Proceedings of YSU*. 2016. №2. P. 20-24.
7. Simonyan A.G., Simonyan G.S., Pirumyan G.P. Analysis of environmental status of the rivers Aghstev and Getik with Armenian index of water quality // *European Journal Of Natural History*. 2016. №4. P. 28-33.
8. Пирумян Г.П., Симонян А.Г. Анализ экологического состояния реки Арпа // *Научный вестник*. 2016. №2(8). С. 44-49.
9. Пирумян Г.П., Симонян А.Г. Экологическое состояние реки Воротан // *Научный вестник*. 2016. N 3(9). С. 112-117.
10. Симонян Г.С. Оценка состояния гидроэкологических систем в свете синергической теории информации // *Экологическая безопасность и природопользование: наука, инновации, управление*. Махачкала: АЛЕФ, 2013. С. 275-280.
11. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. М.: ИЛ, 1963. 830 с.
12. CCME Water Quality Index. Technical Report, Excerpt from Publication Ni 1299, SBN 1-896997-34-1, Winnipeg, 2001.
13. РД 52.24.643-2002. «Руководящий документ. Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям». С.-Пб.: Гидрометеоиздат, 2002. 55 с
14. Временные методические указания по комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям, введены в действие указанием Госкомгидромета №250-1163 от 22.09.86. М. 1986. 5 с.

#### References:

1. Resolution of the Government of the Republic of Armenia on 27 January 2011.  
URL: <http://www.arlis.am/DocumentView.aspx?docID=65705>
2. Nikanorov A.M. Scientific basis for water quality monitoring. St.-Pb.: Gidrometeoizdat, 2005. 577 p.
3. Simonyan A.G., Pirumyan G.P. Entropy approach to evaluating the ecological state of the river. *Geology of the oceans and seas*. Vol. 4. M.: GEOS, 2015. P. 196-199.
4. Pirumyan G.P., Simonyan A.G. Entropy approach to evaluating the ecological state of the river Voghji. *Science bulletin*. 2015. № 4(6). P. 89-94.
5. Pirumyan G.P., Simonyan A.G. Analysis of the ecological state of Aghstev using the entropy index. *Science bulletin*. 2016. №1(7). P. 191-195.
6. Simonyan A.G. Analysis of environmental status of the river Voghji with Armenian index of water quality. *Proceedings of YSU*. 2016. №2. P. 20-24.
7. Simonyan A.G., Simonyan G.S., Pirumyan G.P. Analysis of environmental status of the rivers Aghstev and Getik with Armenian index of water quality. *European Journal Of Natural History*. 2016. №4. P. 28-33.
8. Pirumyan G.P., Simonyan A.G. Analysis of the ecological state of the river Arpa. *Science bulletin* 2016. № 2(8). P. 44-49.
9. Pirumyan G.P., Simonyan A.G. The ecological state of the river Vоротan. *Science bulletin* 2016. № 3(9). P. 112-117.
10. Simonyan G.S. Assessment of hydrogeological systems in the light of information theory synergistic. *Environmental safety and Nature: Science, Innovation, upravlenie*. Mahachkala: ALEPH, 2013. P. 275-280.
11. Shannon C. Works on information theory and cybernetics. M.: IL, 1963. 830 p.
12. CCME Water Quality Index. Technical Report, Excerpt from Publication Ni 1299, SBN 1-896997-34-1, Winnipeg, 2001.
13. RD 52.24.643-2002. The leading document. Methodical instructions. A method of a complex assessment of degree of impurity of a surface water on hydrochemical indicators. St.-Pb.: Gidrometeoizdat, 2002. 55 p.
14. Temporary methodical instructions by a complex assessment of quality of surface and sea water on hydrochemical indicators, are enacted by the instruction Goskomgidromet №250-1163 on 09/22/86. М. 1986. 5 p.

© 2016, Пирумян Г.П., Симонян А.Г.

Анализ экологического состояния реки с помощью фоновых концентраций

© 2016, Pirumyan G.P., Simonyan A.G.

Analysis of the ecological state of the river basis on background concentrations

DOI: 10.17117/nv.2016.04.111

Поступила (Received): 26.10.2016

rk2.bmstu@mail.ru

## Цуканов О.Н. Зубчатые передачи на базе эвольвентно- конических колес

Tsukanov O.N.  
Gears on basis involute-conical wheels

Обобщены и систематизированы литературные сведения о характере контакта зубьев зубчатых передач, образуемых на базе эвольвентно-конических колес, о геометро-кинематических и нагрузочных возможностях зацеплений цилиндрических и коническо-цилиндрических передач, а также передач на параллельных осях с эвольвентно-коническими колесами внешнего зацепления. Предложено расширить спектр люфтовывбирающих зубчатых передач за счет использования в качестве исходного звена эвольвентно-конического колеса с внутренними зубьями. Отмечены недостатки метода синтеза зубчатых зацеплений на базе стандартного исходного производящего контура. Описан метод синтеза неэвольвентных зубчатых зацеплений в обобщающих параметрах без привязки к параметрам производящих контуров формообразующего инструмента на базе эвольвентного, в общем случае конического, исходного звена, расширяющий диапазон выбора их параметров и соответственно возможности улучшения качественных показателей. Установлена совокупность параметров, определяющих предельную область существования таких зацеплений. Определены граничные линии этой области, а внутри нее – локальных областей существования зацепления, соответствующих тому или иному комплексу геометро-кинематических показателей контакта зубьев. Представлены результаты экспериментальных исследований одного из вариантов передачи на параллельных осях, составленной из эвольвентно-конических колес внешнего зацепления

**Ключевые слова:** эвольвентно-коническое колесо, обобщающие параметры, область существования

Generalized and systematized literary information on nature of contact of teeth of gears formed on the basis involute-conical wheels, geometrical-kinematic and load possibility of cylindro-conical and conic-cylindrical gears, and of gears on parallel axes with involute-conical wheels of external gearing. It is proposed to expand the range of gears with selecting gap by using as basic link involute-conical gear with internal teeth. Disadvantages of the method of synthesis of gearings on basis of the standard basic forming contour are noted. The method of synthesis of non-involute gearings in generalizing parameters without reference to the parameters of producing contour of forming tool on basis of involute, in generally when conical, of basic link, expanding the range of choices of parameters and accordingly the possibility of improvement of quality indicators is described. The set of parameters that define limit area of existence of such gearings is established. The boundary lines of this area, and inside it – local areas existence of gearing, corresponding one or another complex of geometrical-kinematic factors of teeth contact are determined. The results of experimental studies of one of the transfer options on parallel axes, composed of involute bevel gears external engagement

**Key words:** involute-conical wheel, generalizing parameters, area existence



**Цуканов Олег Николаевич**

Доктор технических наук, профессор  
Московский государственный технический  
университет им. Н.Э. Баумана  
г. Москва, ул. 2-я Бауманская, 5/1

**Tsukanov Oleg Nikolaevich**

Doctor of Engineering Sciences, Professor  
Moscow state technical university named N.E.  
Bauman  
Moscow, 2-nd Baumanskaya st., 5/1

### **Введение (Introduction)**

Одной из актуальных задач машиностроения является задача создания высокоресурсных и высокоточных механизмов для различных, в том числе экстремальных, условий работы в широком диапазоне нагрузок и скоростей.

Большие возможности для решения этой задачи открывает использование зубчатых передач, образуемых на базе конических колес с эвольвентным профилем зубьев, формируемым инструментом реечного типа, так называемых, эвольвентно-конических колес [1–7]. Сравнительно простая и высокопроизводительная технология формообразования внешних зубьев червячной фрезой и червячным шлифовальным кругом, относящихся к инструментам реечного типа, обеспечивает высокую точность профиля.

В различных комбинациях эвольвентно-конических зубчатых колес с эвольвентными и неэвольвентными цилиндрическими и коническими зубчатыми колесами, можно реализовывать разнообразные схемы зубчатых механизмов, легко устраняя люфты выходных валов и компенсируя смещение пятна контакта зубьев при сборке и в процессе эксплуатации (по мере износа рабочих поверхностей зубьев) за счет соответствующего смещения конического колеса.

Эвольвентно-конические колеса использовались при разработке редукторов для высокоскоростных и высоконагруженных судовых приводов [8–10], безлюфтовых передач внешнего зацепления [11, 12] и планетарных цилиндрико-конических передач с приближенным зацеплением для высокоточных приводов следящих систем, например, для поворота антенн, сканирующих устройств, солнечных батарей и других объектов на Земле и в космосе [13–18].

Однако в научной литературе нет обобщения и систематизации сведений о характере контакта таких передач, о геометро-кинематических и нагрузочных возможностях зацеплений, не рассматриваются вопросы их синтеза в обобщающих параметрах, решение которых позволяет полностью раскрывать эти возможности и определять наиболее благоприятный комплекс качественных показателей для различных условий работы. Все это сдерживает их широкое применение.

В настоящей статье дан полный анализ состояния вопроса, представлены некоторые результаты теоретических исследований обобщенных (предельных) и локальных областей существования зацеплений передач, включающих одно или два эвольвентно-конических колеса, экспериментальных исследований.

### **Материалы и методы (Materials and Methods)**

В работах [2, 3, 7] методами математического моделирования зубчатых зацеплений установлено, что в зубчатых передачах на скрещивающихся осях с эвольвентно-коническими колесами контакт зубьев в общем случае точечный,

а для получения линейного контакта необходимо соблюдать определенное условие, связывающее угол зацепления с углами конусности колес и наклона зубьев. В эвольвентных передачах на пересекающихся осях возможен только точечный контакт зубьев [7]. В частном случае, когда одно из конических колес вырождается в цилиндрическое колесо, получаем эвольвентную цилиндро-коническую или коническо-цилиндрическую передачу.

Автором статьи методами математического моделирования установлено, что в неэвольвентных зубчатых передачах на скрещивающихся и на пересекающихся осях, образуемых на базе эвольвентно-конического исходного звена, можно получить любой характер контакта зубьев от линейного до ярко выраженного точечного за счет определенного выбора числа зубьев колес [19].

Одним из основных преимуществ цилиндро-конических и коническо-цилиндрических передач является возможность получения таких компоновочных схем механизмов, которые не могут быть осуществлены с помощью традиционных цилиндрических и конических передач. Например, передачу на скрещивающихся осях можно осуществить при сколь угодно малом межосевом расстоянии, что невозможно при использовании традиционной винтовой передачи, а передачу на пересекающихся осях – при малых межосевых углах [15], что невозможно при использовании традиционной конической передачи.

Планетарные цилиндро-конические передачи имеют малые габариты и массу, высокую многопарность зацеплений при малой разности чисел зубьев центральных колес и сателлитов, самоторможение выходного вала, широкий диапазон передаточных чисел (от нескольких единиц до нескольких тысяч). Такие передачи конкурентоспособны по массогабаритным и нагрузочным показателям с волновыми зубчатыми передачами, но значительно долговечнее их за счет отсутствия гибкого мелко модульного колеса и возможности получения высокой твердости зубьев [13–16, 18]. По сравнению с типовыми односателлитными цилиндрическими планетарными передачами они могут передавать крутящий момент в 2,5...3 раза больше при тех же габаритах, передаточном числе и нагруженности зубьев за счет наличия двух зон зацеплений [19].

Метод образования приближенного внутреннего зацепления цилиндро-конических передач и профилирования зубьев неэвольвентных конических колес инструментом реечного типа описан в работах [20–22].

Передачи, составленные из эвольвентных конических колес внешнего зацепления на параллельных осях, также могут быть успешно использованы в качестве люфтовыбирающих передач [23]. Для этого колеса нужно устанавливать конусами навстречу друг другу. Люфт в зацеплении будет устраняться автоматически под действием пружины. При определенном выборе углов наклона зубьев колес такая люфтовыбирающая передача легко может быть превращена в механизм свободного хода. Зубчатые передачи, образуемые из таких конических колес, направленных конусами навстречу друг другу, легко встраиваются в механизмы без изменения их конструкции. Применение для изготовления конических зубчатых колес того же оборудования, что и для изготовления эвольвентных цилиндрических зубчатых колес, позволяет достичь высокой точности передач и способствует их быстрому внедрению в производство.

Кроме того, автором статьи предлагается расширить спектр люфтовывбирающих зубчатых передач за счет использования в качестве исходного звена эвольвентно-конического колеса с внутренними зубьями [24]. Такие колеса могут изготавливаться на 3D-принтерах.

К сожалению, несмотря на бурное развитие технологий изготовления зубчатых колес, при проектировании зубчатых передач до сих пор превалирует традиционный метод синтеза зацеплений при заданных параметрах исходного производящего контура, т. е. по схеме: от технологии изготовления – к качественным показателям зацепления и геометрическим параметрам передачи. Этот метод не позволяет определить предельную область существования зацепления для заданной схемы передачи, а, следовательно, исследовать все его геометро-кинематические возможности. Часто удовлетворить заданные требования к передачам с использованием этого метода оказывается просто невозможным из-за ограничений по заострению и подрезанию зубьев неэвольвентных конических колес. Особенно остро эта проблема стоит при жестких требованиях к габаритным размерам механизма.

Теоретические основы проектирования традиционным методом эвольвентных цилиндрико-конических передач с сопряженным внешним зацеплением изложены в работе [15], а эвольвентных цилиндрико-конических передач с приближенным внутренним зацеплением – в работах [13–15].

В монографии [19] автора статьи изложена теория синтеза неэвольвентных зацеплений, в так называемых, обобщающих параметрах, позволяющая полностью раскрыть их геометро-кинематических возможности. По этому методу сначала определяется предельная по заострению и интерференции зубцов (зубьев без переходных кривых) неэвольвентного (огибающего) звена область существования зацепления в обобщающих координатах: текущий угол зацепления – текущий угол профиля зубцов эвольвентного (огибаемого) звена, которое является исходным звеном передачи. Затем внутри этой области находится локальная область существования зацепления, соответствующая наиболее благоприятному комплексу геометро-кинематических показателей контакта зубьев (коэффициента перекрытия, приведенного радиуса кривизны контактирующих поверхностей, формы, размеров и положения площадки контакта, скорости и коэффициентов скольжения) для заданных условий работы передачи.

Предложенный автором метод компьютерного управления комплексом качественных (геометро-кинематических и нагрузочных) показателей зацепления на стадии синтеза в обобщенной области существования заключается в целенаправленном изменении обобщающих координат крайних точек локальной области существования в зависимости от требований к передаче.

Параметры производящих контуров формообразующего инструмента определяются как функции параметров зацепления.

### ***Результаты (Results)***

В результате исследований зацеплений, образуемых на базе эвольвентно-конических колес, в обобщающих координатах автором статьи установлено следующее:

1) предельная область существования зацепления в системе обобщающих координат определяется совокупностью значений независимых параметров схемы передачи (межосевого угла, углов начальных конусов колес, радиуса начальной окружности и угла наклона зуба на начальной поверхности исходного звена), числом зубьев исходного звена и их относительной толщиной на окружности вершин;

2) предельная область существования зацепления ограничивается кривой возможной интерференции зубцов у основания и кривыми их заострения, которые являются геометрическим местом множества граничных точек локальных кривых заострения, соответствующих множеству возможных значений угла профиля на окружности вершин зубцов исходного звена;

3) локальная область существования зацепления ограничивается отрезком прямой, соответствующей прямолинейной форме образующей поверхности вершин зубцов исходного звена, отрезками прямых, соответствующих значениям углов зацепления в его крайних торцовых сечениях и кривой линией, соответствующей форме поверхности вершин зубцов огибающего звена.

Результаты экспериментальных исследований одного из вариантов передачи, составленной из эвольвентно-конических колес внешнего зацепления на параллельных осях, показали повышение плавности работы и снижение нагруженности зубьев на 10-15 % по сравнению с передачами, образованными из эвольвентных цилиндрических колес.

Исследованная передача была использована вместо цилиндрической передачи в последней ступени редуктора привода системы управления солнечными батареями на предприятии Российского ракетно-космического центра (г. Самара).

### ***Обсуждение и заключение (Discussion and Conclusion)***

1. Использование эвольвентно-конических зубчатых колес с внешними и внутренними зубьями позволяет создавать компактные зубчатые механизмы повышенной нагрузочной способности, долговечности и плавности работы с возможностью выбирать люфты в зацеплениях при сборке и в процессе эксплуатации.

2. Использование разработанного автором статьи метода синтеза неэвольвентных зубчатых зацеплений в обобщающих параметрах на базе эвольвентного (в общем случае конического) исходного звена расширяет диапазон выбора их параметров и соответственно возможности улучшения качественных показателей.

#### **Список используемых источников:**

1. Бостан И.А. *Прецессирующие передачи с многопарным зацеплением*. Кишинев: ШТИИИЦА, 1991. 352 с.
2. Безруков В.И. *Геометрия зубчатых передач, составленных из эвольвентно-конических колес*. Дис. ... канд. техн. наук. Челябинск, 1966. 205 с.
3. Безруков В.И. *Геометрический расчет гиперболоидной передачи с эвольвентно-конической шестерней // Совершенствование конструкций машин и методов обработки деталей*. Челябинск: ЧПИ, 1978. С. 3-9.



4. Безруков В.И. Влияние погрешностей межосевого расстояния на величину межосевого угла в гиперболюидной зубчатой передаче с эвольвентно-коническими колесами // *Совершенствование конструкций машин и методов обработки деталей*. Челябинск: ЧПИ, 1978. С. 10–14.
5. Безруков В.И. О положении пятна контакта в гиперболюидной зубчатой передаче с эвольвентно-коническими колесами // *Совершенствование конструкций машин и методов обработки деталей*. Челябинск: ЧПИ, 1982. С. 25–30.
6. Безруков В.И., Надеин В.С., Цуканов О.Н. Общий случай нарезания червячного колеса эвольвентной червячной фрезой // *Совершенствование конструкций машин и методов обработки деталей*. Челябинск: ЧПИ, 1975. С. 9–20.
7. Гавриленко В.А., Безруков В.И. Геометрический расчет зубчатых передач, составленных из эвольвентно-конических колес // *Вестник машиностроения*. 1976. № 9. С. 40–44.
8. Лопатин Б.А. Исследование противозадирной стойкости высокоскоростных гиперболюидных зубчатых передач судовых приводов. Дис. ... канд. техн. наук. Челябинск, 1981. 224 с.
9. Казарцев Д.Н. Повышение нагрузочной способности гиперболюидных зубчатых передач на основе оценки состояния смазочного слоя в контакте. Дис. ... канд. техн. наук. Челябинск, 1987. 209 с.
10. Цуканов О.Н., Безруков В.И., Карманов В.С. Нагружающее устройство для стендовых испытаний высокоскоростных и тяжело нагруженных редукторов // *Развитие конструкции и производства зубчатых передач*. Свердловск: УПИ, 1989. С. 45–46.
11. Безруков В.И., Лопатин Б.А., Казарцев Д.Н. Применение эвольвентно-конических колес в безлюфтовых передачах // *Совершенствование машиностроительных материалов, конструкций и методов обработки деталей*. Челябинск: ЧПИ, 1995. С. 40–44.
12. Лопатин Б.А., Безруков В.И., Казарцев Д.Н. Проектирование люфтовывбирающих передач из эвольвентно-конических колес // *САПР зубчатых передач и редукторов*. Ижевск, 1989. С. 100–102.
13. Зайнетдинов Р.И. Исследование и разработка эксцентриковой планетарной передачи с наклонными сателлитами. Дис. ... канд. техн. наук. Челябинск, 1985. 230 с.
14. Лопатин Д.Б. Повышение ресурса приводов следящих систем применением планетарных редукторов с наклонными сателлитами. Дис. ... канд. техн. наук. Челябинск, 1997. 166 с.
15. Лопатин Б.А. Разработка теоретических основ проектирования, изготовления и испытания цилиндрико-конических зубчатых передач с малыми межосевыми углами. Дис. ... докт. техн. наук. Челябинск, 1998. 366 с.
16. Лопатин Б.А., Денисов Д.Б. Конструкции лебедок для легкового автомобиля на базе планетарных зубчатых передач // *Совершенствование машиностроительных материалов, конструкций машин и методов обработки деталей*. Челябинск: ЮУрГУ, 1998. С. 117–124.
17. Лопатин Б.А., Цуканов О.Н., Плотникова С.В. Цилиндрико-конические зубчатые зацепления в приводах машин // *Вестник машиностроения*. 2003. № 8. С. 7–9.
18. Цуканов О.Н., Лопатин Д.Б., Полуэктов Е.А. Электромеханический привод для механизмов углового поворота объектов космической техники // *Вестник машиностроения*. 2009. № 2. С. 14–16.
19. Цуканов О.Н. Основы синтеза незвольвентных зубчатых зацеплений в обобщающих параметрах: монография. Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2011. 140 с.
20. Лопатин Б.А., Полуэктов Е.А., Хаустов С.А. Формирование внутреннего приближенного зацепления цилиндрико-конических передач // *Вестник ЮУрГУ*. 2011. № 11. С. 62–69.
21. Полуэктов Е.А., Лопатин С.Д. Модификация профилей зубьев в цилиндрико-конической передаче внутреннего зацепления // *Наука ЮУрГУ*. Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2011. С. 160–164.
22. Плотникова С.В., Полуэктов Е.А. Способ профилирования зубьев конической шестерни цилиндрико-конических передач внутреннего зацепления // *Наука ЮУрГУ*. Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2013. С. 329–332.
23. Лопатин Б.А. Перспективы применения в машиностроении зубчатых передач из эвольвентно-конических колес // *Актуальные вопросы в научной работе и образовательной деятельности*. Тамбов, 2014. Ч. 4. С. 108–109.
24. Цуканов О.Н., Лопатин Б.А., Бружас В.В. Планетарная зубчатая передача. Патент на полезную модель № 159017 РФ, F16H 1/36 2015118387/02; заявл. 15.05.2015; опубл. 20.01.2016. Бюл. № 2.

#### References:

1. Bostan I.A. *Precess gears with multi-pair gearing*. Chisinau: SHTIINTSA, 1991. 352 p.
2. Bezrukov V.I. *The geometry of gears, composed of involute-conical wheels*. Dis. ... cand. of techn. sciences. Chelyabinsk, 1966. 205 p.



3. Bezrukov V.I. *Geometric calculation of hyperboloid gear on involute-conical gear. Improving machine designs and methods of processing details.* Chelyabinsk: CPI, 1978. P. 3–9.
4. Bezrukov V.I. *Effect of errors of distance between the centers on value of angle between axle of hyperboloid gearing with involute-conical wheels.* Chelyabinsk: CPI, 1978. P. 10–14.
5. Bezrukov V.I. *On the situation in the contact patch giperbolidnoy gearing with involute-conical wheels. Improving con constructions of machinery and parts processing methods.* Chelyabinsk: CPI, 1982. P. 25–30.
6. Bezrukov V.I., Nadein V.S., Tsukanov O.N. *The general case of cutting involute worm gear hob. Improving con constructions machines and processing methods detaley.* Chelyabinsk: CPI, 1975. P. 9–20.
7. Gavrilenko V.A., Bezrukov V.I. *The geometrical calculation of gear re-cottages, composed of involute-conical wheels.* Herald of engineering, 1976. № 9. P. 40–44.
8. Lopatin B.A. *Research with anti-resistance high-speed-governmental hyperboloid gears ship drives.* Dis. ... cand. of techn. sciences. Chelyabinsk, 1981. 224 p.
9. Kazartsev D.N. *Increased load capacity hyperboloid gears on the basis of assessment of the state of the lubricating layer in contact.* Dis. ... cand. of techn. sciences. Chelyabinsk, 1987. 209 p.
10. Tsukanov O.N., Bezrukov V.I. *Pockets VS Loading device for bench testing of high-speed and heavy-duty gearboxes. The development of the design and production of gears.* Sverdlovsk: UPI, 1989. P. 45–46.
11. Bezrukov V.I., Lopatin B.A., Kazartsev D.N. *Application of involute-conical wheels in a backlash-free gears. Improvement of engineering materials, structures and methods treatment of details.* Chelyabinsk: CPI, 1995. P. 40–44.
12. Lopatin B.A., Bezrukov V.I., Kazartsev D.N. *Design gaps choosing gears. CAD of gears and gearboxes.* Izhevsk, 1989. P. 100–102.
13. Zainetdinov R.I. *Research and development of the eccentric planetary gear with inclined satellites.* Dis. ... cand. of techn. sciences. Chelyabinsk, 1985. 230 p.
14. Lopatin B.A. *Rise of resurs of drive through the use of systems of planetary gearboxes with inclined satellites.* Dis. ... cand. of techn. sciences. Chelyabinsk, 1997. 166 p.
15. Lopatin B.A. *Development of theoretical bases of designing, manufacturing and testing of cylindro-conical gears with small angles between axes.* Dis. ... doct. of techn. ciences. Chelyabinsk, 1998. 366 p.
16. Lopatin B.A., Denisov D.B. *Construction of winches for a passenger car on the basis of the planetary gears. Improvement of engineering materials, structures and methods treatment of details.* Chelyabinsk: CPI, 1998. P. 117–124.
17. Lopatin B.A., Tsukanov O.N., Plotnikova S.V. *Cylindro-conical gearings in drives mashines.* Herald of engineering, 2003. № 8. P. 7–9.
18. Tsukanov O.N., Lopatin D.B., Polouektov E.A. *Electromechanical drive for the angular rotation of objects of space thechnic.* Herald of engineering, 2009. № 2. P. 14–16.
19. Tsukanov O.N. *Basics of synthesis non involute gearings in generalizing parameters: monograph.* Chelyabinsk: Publ. center SUSU, 2011. 140 p.
20. Lopatin B.A., Polouektov E.A., Khaustov S.A. *Formation of approximate internal gearing of cylindro-conical gears.* Herald of SUSU. 2011. № 11. P. 62–69.
21. Polouektov E.A., Lopatin S.D. *Modification of tooth profiles in cylindro-conical gear internal engagement.* Science SUSU. Chelyabinsk: Publ. center SUSU, 2011. P. 160–164.
22. Plotnikova S.V., Polouektov E.A. *The method of teeth profiling of cylindro-conical gears of internal engagement.* Science SUSU. Chelyabinsk: Publ. center SUSU, 2013. P. 329–332.
23. Lopatin B.A. *Prospects for use in mechanical gears of involute-bevel gears. Topical issues in scientific research and educational activities. Part 4.* Tambov, 2014. P. 108–109.
24. Tsukanov O.N., Lopatin B.A., Bružas V.V. *The planetary gear. A utility model patent № 159 017 RF, F16N 1/36 2015118387/02; appl. 05.15.2015; publ. 01.20.2016.* Bull. № 2.

DOI: 10.17117/nv.2016.04.118

Поступила (Received): 24.11.2016

ugatu\_stand@mail.ru

## Кузнецов В.В. Оксониевый ион в фуллеренах малого диаметра

### Kuznetsov V.V. Hydroxonium ion in fullerenes of small diameter

Влияние наноструктуры на инкапсулированную молекулу затрагивает особенности строения и конформационные свойства. В частности, меняются длины связей, а также валентные и торсионные углы, происходит электронный обмен между стенками нанообъекта и инкапсулированной молекулой, вследствие чего на последней возникает заметный электрический заряд. Помимо этого, кардинально меняется энергетика конформационных и инверсионных внутримолекулярных процессов. С другой стороны, структура оксониевого иона остается одним из интересных объектов исследования вследствие его важной роли в многочисленных кислотно-катализируемых процессах. В настоящей работе в рамках компьютерного моделирования с помощью гибридного DFT-метода PBE/3 $\zeta$  изучены структурные и конверсионные свойства оксониевого иона  $H_3O^+$ , инкапсулированного в фуллерены  $C_{20}$  и  $Si_{20}$ . Показано, что влияние силового поля наноструктуры заметно повышает потенциальный барьер пирамидальной инверсии гостевого иона. Это сопровождается увеличением длин связей O-H и заметным изменением электрического заряда системы. При этом в случае системы  $H_3O@Si_{20}$  происходит инверсия относительной стабильности пирамидальной формы и плоского переходного состояния

**Ключевые слова:** компьютерное моделирование, оксониевый ион, пирамидальная инверсия, фуллерен

**Кузнецов Валерий Владимирович**  
Доктор химических наук, профессор,  
старший научный сотрудник  
Уфимский государственный авиационный  
технический университет; Уфимский  
государственный нефтяной технический  
университет  
г. Уфа, ул. К. Маркса, 12

Nanosystem affects the structural and conformational properties of encapsulated molecule. In particular, significantly change bond lengths and angles together with torsion angles and a strong electron exchange between walls of nanoobject and guest molecule take place; as a result the last obtains a significant electric charge. Besides that the energy of conformational and inversion intramolecular processes also changes. On the other hand the structure of oxonium ion remains one of the interesting subject of investigation because of its important role in numerous processes of acid catalysis. The aim of the present work is the computer simulation of conformational and structural properties of hydroxonium ion  $H_3O^+$  in fullerenes  $C_{20}$  and  $Si_{20}$  using a hybrid DFT approximation PBE/3 $\zeta$ . It has been shown that the influence of the force field of fullerenes leads to the increase of the barrier of pyramidal inversion together with O-H bond length and changes the electric charge of the system. In case of  $H_3O@Si_{20}$  system the reversal in energy of pyramidal form and planar transitional state takes place in the process

**Key words:** computer simulation, hydroxonium ion, pyramidal inversion, fullerene

**Kuznetsov Valerij Vladimirovich**  
Doctor of Chemical Sciences, Professor,  
Senior Researcher  
Ufa state aviation technical university; Ufa state  
petroleum technological university  
Ufa, K. Marks st., 12

### Введение (Introduction)

Заметный интерес к физико-химическим процессам, происходящим с инкапсулированными соединениями внутри нанобъектов: фуллеренов и нанотрубок – обуславливает существенный рост экспериментальных и теоретических работ в этой области [1, 2]. К настоящему времени удалось доказать, что в полость фуллеренов C<sub>60</sub>, C<sub>66</sub>, C<sub>70</sub>, C<sub>78</sub>, C<sub>82</sub>, C<sub>92</sub> и C<sub>94</sub> можно успешно ввести один или несколько атомов скандия и отдельные лантаниды [2-4], атомарный азот [5], молекулы нитридов металлов [6], золото и таллий [7], литий [8], благородные газы [9], различные радионуклиды [10], водород [11], воду [12] и метан [13]. Инкапсулирование активно влияет на электронное состояние и реакционную способность нанобъектов. В частности, фуллерены, содержащие Li<sup>+</sup>, лантан либо Sc<sub>3</sub>N, обладают повышенной реакционной способностью в реакции Дильса-Альдера [6]. Присутствие внутри сферы фуллеренов одной или нескольких молекул воды определяет стереорезультат изомеризации хиральных фуллеренпирролидинов [14]. Фуллерены в свою очередь оказывают влияние на физико-химические характеристики инкапсулированных молекул. В частности, для этана в фуллерене C<sub>60</sub>, характерно заметное возрастание потенциального барьера вращения вокруг C-C связи [15]. У молекул циклических борных эфиров в фуллеренах формируются новые конформеры, не реализуемые для свободной молекулы [16].

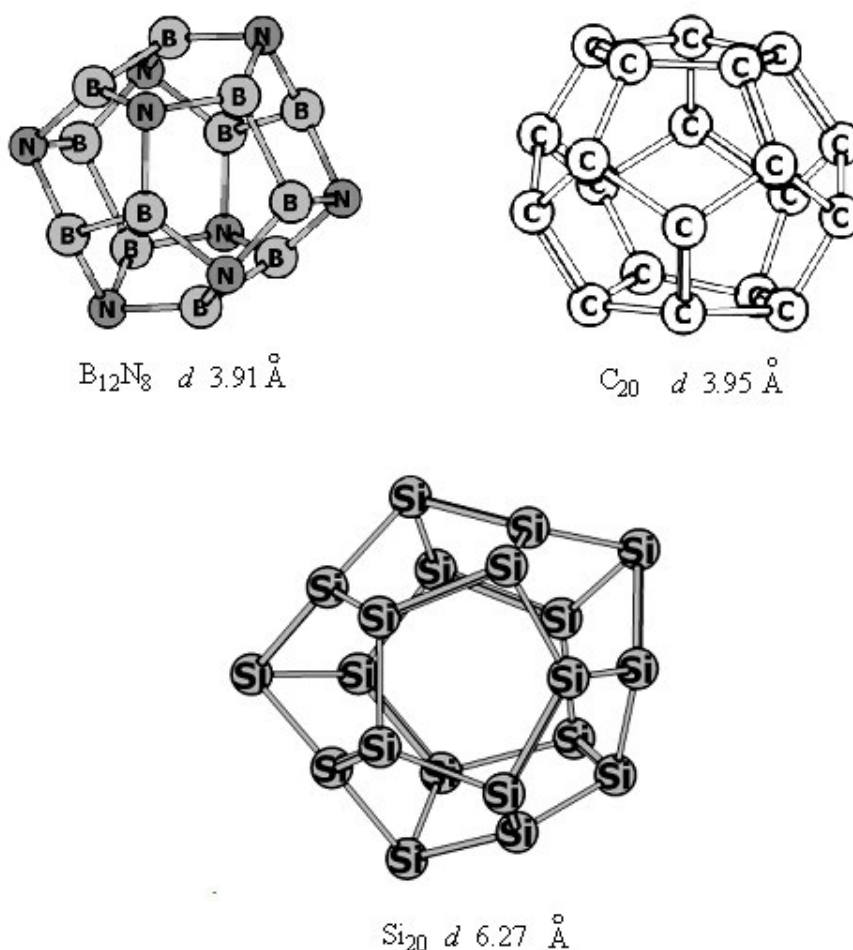


Рис. 1. Молекулы фуллеренов с оптимизированной геометрией

С другой стороны, известно, что интерес к простейшей форме протонированной молекулы воды – оксониевому иону (катиону Эйджина, Eigen-type) – обусловлен его важной ролью в многочисленных кислотно-катализируемых процессах, осуществляемых как *in vivo*, так и *in vitro* и в транспорте протона в различных средах [17, 18].

В этой связи целью настоящей работы является исследование структурных и конформационных особенностей оксониевого иона в фуллеренах малого диаметра: C<sub>20</sub>, B<sub>12</sub>N<sub>8</sub> и Si<sub>20</sub> с помощью гибридного DFT-метода PBE/3ζ (пакет ПРИРОДА [19]).

### Материалы и методы (Materials and Methods)

Необходимые для работы фуллерены были созданы в рамках пакета HyperChem [20] с предварительной оптимизацией геометрии и минимизацией энергии в рамках метода AM1, а затем – и PBE/3ζ (рис. 1).

Помимо этого в рамках приближений PBE/3ζ, и RI-MP2/λ2 (ПРИРОДА), а также HF/6-31G(d,p) и HF/6-311G++(g2d2p) (HyperChem) были проведены минимизация энергии и оптимизация геометрии, а также компьютерное моделирование пирамидальной инверсии свободного оксониевого иона (рис. 2).

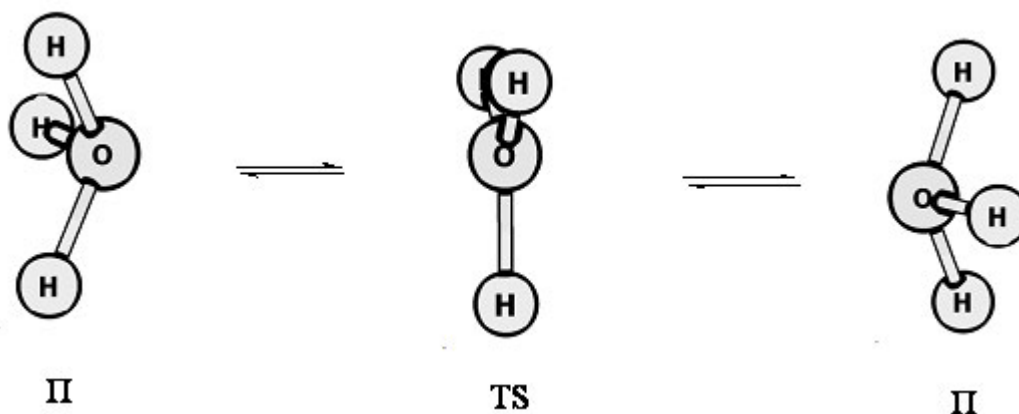


Рис. 2. Процесс пирамидальной инверсии свободного иона H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>

После этого исследуемый ион помещался во внутреннюю полость соответствующего фуллерена, и полученный кластер оптимизировался в рамках PBE/3ζ. Для расчета переходного состояния оптимизированная планарная форма H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> через буфер обмена средствами HyperChem помещалась в фуллерен, после чего в рамках метода PBE/3ζ осуществлялся расчет геометрии и энергии седловой точки. Принадлежность стационарных точек ППЭ к минимумам подтверждалась отсутствием мнимых частот (за исключением кластера H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>@Si<sub>20</sub>), а к переходным состояниям – наличием одной мнимой частоты в соответствующем гесссиане.

### Результаты (Results)

Моделирование конформационных превращений свободного оксониевого иона показало, что величина потенциального барьера пирамидальной инверсии (ΔH<sub>298</sub><sup>‡</sup>) составляет 0.9 ккал/моль (таблица); это хорошо согласуется с



данными RI-MP2/λ2 (0.7 ккал/моль) и HF/6-31G(d,p) (0.9 ккал/моль), однако разнится с результатом HF/6-311G++(g2d2p) (1.7 ккал/моль). В то же время значение длины O-H связи (0.990 Å), а также валентного угла HOH (111.4°) для основного состояния находятся в хорошем согласии с литературными данными [18].

В случае кластера  $H_3O^+@B_{12}N_8$  в ходе оптимизации геометрии происходит виртуальная реакция инкапсулированного иона с остовом фуллера (рис. 3).

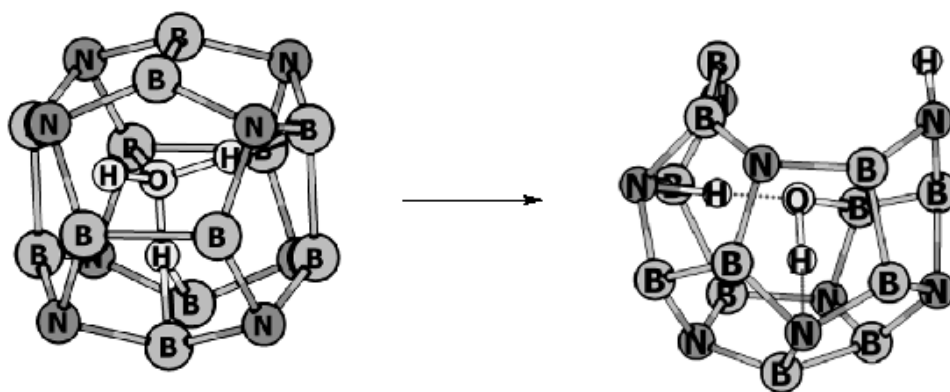


Рис. 3. Взаимодействие в системе  $H_3O^+@B_{12}N_8$

В результате последний частично разрушается, и образовавшийся аддукт не содержит структуру  $H_3O^+$  в качестве независимого фрагмента. Это делает невозможным дальнейшие структурные исследования оксониевого иона в данной системе.

Для системы  $H_3O^+@C_{20}$  в результате оптимизации пирамидальной формы наблюдается виртуальное взаимодействие атомов водорода оксониевого иона с углеродным остовом фуллера.

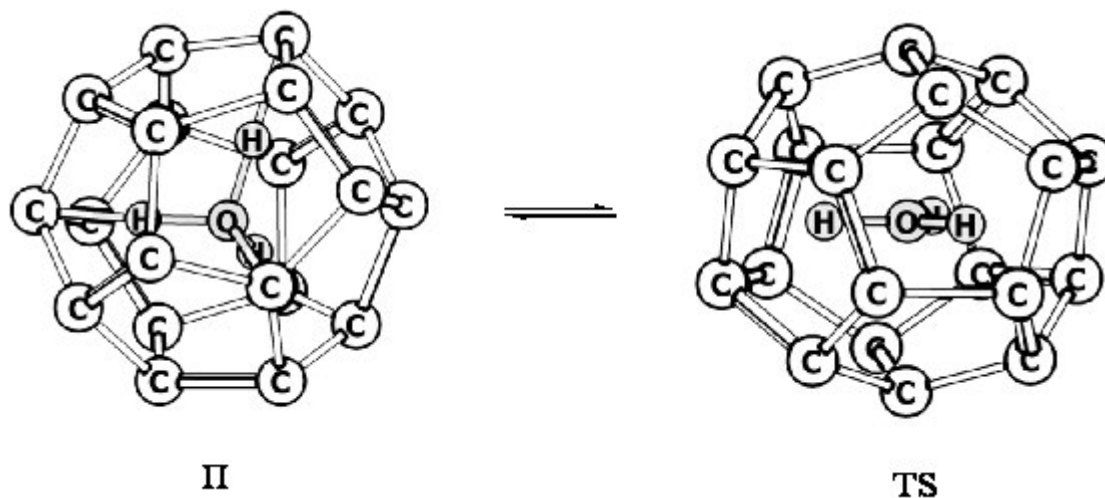


Рис. 4. Пирамидальная инверсия в системе  $H_3O^+@C_{20}$

Однако в переходном состоянии такое взаимодействие отсутствует (рис. 4). Обращает внимание изменение энергетических параметров пирамидальной инверсии молекулы  $H_3O^+$  в данном кластере по сравнению со свободной

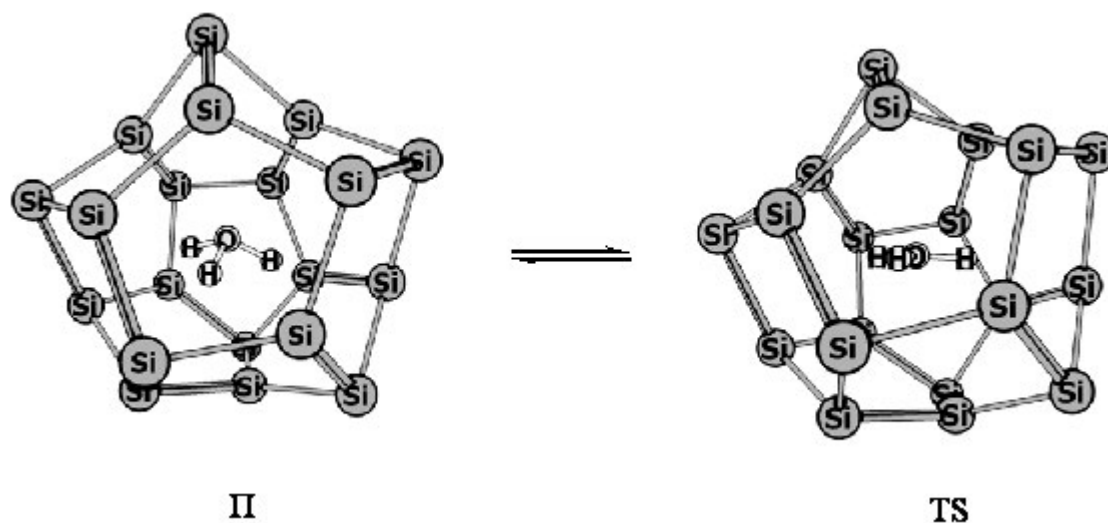


системой: энергетический барьер становится выше более, чем в шесть раз (таблица). Происходит также более чем шестикратное возрастание заряда на инкапсулированном ионе. Появление электрического заряда на нейтральной молекуле в полости нанобъектов характерно для всех ранее изученных кластеров [15, 16] и обусловлено передачей заряда со стенок наносистемы на гостевую молекулу. Однако, в данном случае это явление выражено особенно ярко. Наблюдаются также отрицательные значения порядка связи O-H ( $P_{H-O}$ ) по Малликену. Длина связи O-H в инкапсулированной структуре заметно возрастает (1.011 Å).

**Таблица 1. Энергетические и структурные параметры оксониевого иона по результатам расчета PBE/3ζ ( $\Delta E_0^\ddagger$ ,  $\Delta H_{298}^\ddagger$ ,  $\Delta G_{298}^\ddagger$  – в ккал/моль,  $\Delta S_{298}^\ddagger$  – в кал/моль · К)**

Форма	$\Delta E_0^\ddagger$	$\Delta H_{298}^\ddagger$	$\Delta G_{298}^\ddagger$	$\Delta S_{298}^\ddagger$	$P_{H-O}$	Заряд
$H_3O^+$						
П	0	0	0	0	0.77	1.0
TS	0.9	0.9	1.0	-0.2	0.76	1.0
$H_3O^+@C_{20}$						
П	0	0	0	0	-0.17	6.7196
TS	6.0	6.0	5.9	0.7	-0.17	6.3269
$H_3O^+@Si_{20}$						
П	0.7	0.2	1.5	-4.5	0.60-0.63	0.4084
TS	0	0	0	0	0.58-0.62	0.3848

Для системы  $H_3O^+@Si_{20}$  виртуальное взаимодействие гостевого иона с оболочкой фуллера отсутствует в силу существенно большего диаметра наноструктуры, обусловленного более значимой длиной связи Si-Si по сравнению со связью C-C (рис. 5). Однако в этом случае наблюдается инверсия относительной стабильности пирамидальной формы и переходного состояния (TS) (см. таблицу).



**Рис. 5. Пирамидальная инверсия в системе  $H_3O^+@Si_{20}$**

При этом, однако, гессиан последнего содержит одну мнимую частоту. Величина порядка O-H связи уменьшается по сравнению с рассчитанной для свободного иона; заметно понижается и значение электрического заряда системы (табл.). Длина O-H связи инкапсулированного иона (1.039-1.055 Å) также заметно превышает установленную для свободной молекулы. Минимальное расстояние атомов водорода иона  $\text{H}_3\text{O}^+$  от остова фуллерена составляет 2.17 Å.

### **Обсуждение и заключение (Discussion and Conclusion)**

Приведенные данные являются еще одним примером заметного изменения свойств молекулы, помещенной в полость наноструктуры. Вероятная причина наблюдаемого явления связана с влиянием фуллерена на баланс стерических и квантовых факторов, определяющих структуру и величину барьера пирамидальной инверсии инкапсулированного иона. В частности, передача заряда на гостевую молекулу приводит к существенному перераспределению энергии ее молекулярных орбиталей и, как следствие, к изменению строения и интерконверсионного поведения. Ранее [21] было показано, что расчетное значение барьера пирамидальной инверсии триметиламина в фуллеренах возрастало в несколько раз по сравнению со свободной молекулой. Следует также отметить, что фуллерен  $\text{Si}_{20}$  отличается особым характером по сравнению с углеродным аналогом. Вследствие большего диаметра и иной природы атомов, слагающих остов, он оказывает противоположное влияние на структуру и энергетику конформационных превращений гостевой молекулы, в частности, этана, по сравнению с другими фуллеренами [22]. Этим, по всей видимости, и объясняются столь существенные различия в конверсионных свойствах оксониевого иона в исследованных наноструктурах.

Полученные результаты свидетельствуют о формировании в рамках рассмотренных моделей силовых полей внутри фуллеренов  $\text{C}_{20}$  и  $\text{Si}_{20}$ , которые активно воздействуют на инкапсулированный оксониевый ион и заметно меняют его структурные и энергетические свойства.

#### **Список используемых источников:**

1. Manzetti S. *Molecular and crystal assembly inside the carbon nanotube: encapsulation and manufacturing approaches* // *Adv. Manuf.* 2013. Vol. 1. N 3. P.198-210. DOI: 10.1007/s40436-013-0030-5
2. Popov A.A., Yang S., Dunsch L. *Endohedral fullerenes* // *Chem. Rev.* 2013. Vol. 113. N 8. P. 5989-6113. DOI: 10.1021/cr300297r
3. Alegret N., Abella L., Azmani K., Rodríguez-Forteza A., Poblet J.M. *Different factors govern chlorination and encapsulation in fullerenes: the case of C66* // *Inorg. Chem.* 2015. Vol. 54. N 15. P. 7562-7570. DOI: 10.1021/acs.inorgchem.5b01187
4. Miyazaki T., Okita S., Ohta T., Yagi H., Sumii R., Okimoto H., Ito Y., Shinohara H., Hino S. *Ultraviolet photoelectron spectra of Ce2@C80 and La2@C80* // *Chem. Phys.* 2015. Vol. 447. P. 71-75. DOI: 10.1016/j.chemphys.201412.004
5. Ahamed J.U., Miyanaga S., Kaneko T., Hatakeyama R. *Synthesis and properties of nitrogen atom encapsulated fullerene* // *Trans. Mat. Res. Soc. Japan.* 2009. Vol. 34. N 4. P. 773-776. DOI: 10.14723/tmrsj.34.773
6. Cerón M.R., Li F.-F., Echegoyen L.A. *Endohedral fullerenes: the importance of electronic, size and shape complementarity between the carbon cages and the corresponding encapsulated clusters* // *J. Phys. Org. Chem.* 2014. Vol. 27. P. 258-264. DOI: 10.1002/poc.3245
7. Umran N.M., Kumar R. *Effect of encapsulation (Au and Tl) molecule in fullerene (C60) on electronic and magnetic properties* // *Quantum Matter.* 2015. Vol. 4. N 4. P. 1-5. DOI: 10.1166/qm.2015.1223

8. Slanina Z., Uhlík F., Lee S.-L., Adamowicz L., Nagase S. Lix@C60: calculations of the encapsulation energetic and thermodynamics // *Int. J. Mol. Sci.* 2008. Vol. 9. N 9. P. 1841-1850. DOI: 10.3390/ijms9091841
9. Nikolaienko T.Yu., Klyachko E.S. Formation of dimmers of light noble atoms under encapsulation within fullerene's voids // *Nanoscale Res. Lett.* 2015. Vol. 10. P. 1-9. DOI: 10.1186/s11671-015-0871-x
10. Shultz M.D., Duchamp J.C., Wilson J.D., Shu C.Y., Ge J., Zhang J., Gibson H.W., Fillmore H.L., Hirsch J.I., Dorn H.C., Fatouros P.P. Encapsulation of a radiolabeled cluster inside a fullerene cage, (177)Lu(x)Lu(3-x)N@C(80): an interleukin-13-conjugated radiolabeled metallofullerene platform // *J. Am. Chem. Soc.* 2010. Vol. 132. N 14. P. 4980-4981. DOI: 10.1021/ja9093617
11. Zeinalinezhad A., Sahnoun R., Nambiar V.P., Aziz M. An MP2 investigation on the encapsulation of H2 and 2H2 inside C50 fullerene // *Chem. Phys. Lett.* 2014. V. 594. P. 58-63. DOI: 10.1016/j.cplett.2014.01.024
12. Lee S., Lee J.Y., Lee K.H. Analysis of nonclassical fullerene C24 regioisomers encapsulating H2O using hybrid density functional methods B3LYP and M06-2X // *Bull. Korean Chem. Soc.* 2014. Vol. 35. N 3. P. 899-904. DOI: 10.5012/bkcs.2014.35.3.899
13. Adisa O.O., Cox B.J., Hill J.M. Methane storage in spherical fullerenes // *J. Nanotech. Eng. Med.* 2012. Vol. 3. N 4. P. 041002-1 – 041002-4. DOI: 10.1115/1.4007521
14. Maroto E.E., Mateos J., Garsia-Borràs M., Osuna S., Phillipone S., Herranz M.A., Murata Y., Solà M., Martin N. Enantiospecific cis-trans isomerization of chiral fulleropyrrolidines: hydrogen-bonding assistance in the carbanion stabilization in H2O@C60 // *J. Am. Chem. Soc.* 2015. Vol. 137. N 3. P. 1190-1197. DOI: 10.1021/ja5108854
15. Кузнецов В.В. Теоретическая оценка конформационной предпочтительности молекулы этана в фуллерене C60 // *Журн. общ. химии.* 2013. Т. 83. Вып. 6. С. 1033-1034. DOI: 10.1134/S1070363213060273
16. Кузнецов В.В. Конформационное поведение молекулы 1,3,2-диоксаборинана, инкапсулированной в фуллеренах // *Журн. общ. химии.* 2015. Т. 85. Вып. 1. С. 154-155. DOI: 10.1134/S107036321501034X
17. Stoyanov E.S., Stoyanova I.V., Reed C.A. The structure of the hydrogen ion (H<sub>aq</sub><sup>+</sup>) in water // *J. Am. Chem. Soc.* 2010. Vol. 132. N 5. P. 1484-1485. DOI: 10.1021/ja9101826
18. Agmon N., Bakker H.J., Campen R.C., Henchman R.H., Pohl P., Roke S., Thämer M., Hassanali A. Protons and hydroxide ions in aqueous systems // *Chem. Rev.* 2016. Vol. 116. N 13. P. 7642-7672. DOI: 10.1021/acs.chemrev.5b00736
19. Лайков Д.Н., Устынюк Ю.А. Система квантово-химических программ «ПРИРОДА-04». Новые возможности исследования молекулярных систем с применением параллельных вычислений // *Изв. РАН.* 2005. N 3. С. 804-810. DOI: 10.1007/s11172-005-0329-x
20. HyperChem 8.0. URL: <http://www.hyper.com>
21. Кузнецова М.В., Кузнецов В.В. Теоретическая оценка барьера пирамидальной инверсии аммиака и триметиламина, инкапсулированных в фуллерены // *Журн. орг. химии.* 2013. Т. 49. Вып. 12. С. 1861-1862. DOI: 10.1134/S1070428013120257
22. Кузнецов В.В. Фуллерен Si20: влияние на конформационное поведение инкапсулированной молекулы этана // *Журн. общ. химии.* 2016. Т. 86. Вып. 6. С. 1052-1054. DOI: 10.1134/S1070363216060359

### References:

1. Manzetti S. Molecular and crystal assembly inside the carbon nanotube: encapsulation and manufacturing approaches. *Adv. Manuf.* 2013. Vol. 1. N 3. P.198-210. DOI: 10.1007/s40436-013-0030-5
2. Popov A.A., Yang S., Dunsch L. Endohedral fullerenes. *Chem. Rev.* 2013. Vol. 113. N 8. P. 5989-6113. DOI: 10.1021/cr300297r
3. Alegret N., Abella L., Azmani K., Rodríguez-Fortea A., Poblet J.M. Different factors govern chlorination and encapsulation in fullerenes: the case of C66. *Inorg. Chem.* 2015. Vol. 54. N 15. P. 7562-7570. DOI: 10.1021/acs.inorgchem.5b01187
4. Miyazaki T., Okita S., Ohta T., Yagi H., Sumii R., Okimoto H., Ito Y., Shinohara H., Hino S. Ultraviolet photoelectron spectra of Ce2@C80 and La2@C80. *Chem. Phys.* 2015. Vol. 447. P. 71-75. DOI: 10.1016/j.chemphys.201412.004
5. Ahamed J.U., Miyanaga S., Kaneko T., Hatakeyama R. Synthesis and properties of nitrogen atom encapsulated fullerene. *Trans. Mat. Res. Soc. Japan.* 2009. Vol. 34. N 4. P. 773-776. DOI: 10.14723/tmrsj.34.773
6. Cerón M.R., Li F.-F., Echegoyen L.A. Endohedral fullerenes: the importance of electronic, size and shape complementarity between the carbon cages and the corresponding encapsulated clusters. *J. Phys. Org. Chem.* 2014. Vol. 27. P. 258-264. DOI: 10.1002/poc.3245
7. Umran N.M., Kumar R. Effect of encapsulation (Au and Tl) molecule in fullerene (C60) on electronic and magnetic properties. *Quantum Matter.* 2015. Vol. 4. N 4. P. 1-5. DOI: 10.1166/qm.2015.1223

8. Slanina Z., Uhlík F., Lee S.-L., Adamowicz L., Nagase S. *Lix@C60: calculations of the encapsulation energetic and thermodynamics*. *Int. J. Mol. Sci.* 2008. Vol. 9. N 9. P. 1841-1850. DOI: 10.3390/ijms9091841
9. Nikolaienko T.Yu., Klyachko E.S. *Formation of dimmers of light noble atoms under encapsulation within fullerene's voids*. *Nanoscale Res. Lett.* 2015. Vol. 10. P. 1-9. DOI: 10.1186/s11671-015-0871-x
10. Shultz M.D., Duchamp J.C., Wilson J.D., Shu C.Y., Ge J., Zhang J., Gibson H.W., Fillmore H.L., Hirsch J.I., Dorn H.C., Fatouros P.P. *Encapsulation of a radiolabeled cluster inside a fullerene cage, (177)Lu(x)Lu(3-x)N@C(80): an interleukin-13-conjugated radiolabeled metallofullerene platform*. *J. Am. Chem. Soc.* 2010. Vol. 132. N 14. P. 4980-4981. DOI: 10.1021/ja9093617
11. Zeinalinezhad A., Sahnoun R., Nambiar V.P., Aziz M. *An MP2 investigation on the encapsulation of H2 and 2H2 inside C50 fullerene*. *Chem. Phys. Lett.* 2014. V. 594. P. 58-63. DOI: 10.1016/j.cplett.2014.01.024
12. Lee S., Lee J.Y., Lee K.H. *Analysis of nonclassical fullerene C24 regioisomers encapsulating H2O using hybrid density functional methods B3LYP and M06-2X*. *Bull. Korean Chem. Soc.* 2014. Vol. 35. N 3. P. 899-904. DOI: 10.5012/bkcs.2014.35.3.899
13. Adisa O.O., Cox B.J., Hill J.M. *Methane storage in spherical fullerenes*. *J. Nanotech. Eng. Med.* 2012. Vol. 3. N 4. P. 041002-1 – 041002-4. DOI: 10.1115/1.4007521
14. Maroto E.E., Mateos J., Garsia-Borràs M., Osuna S., Phillipone S., Herranz M.A., Murata Y., Solà M., Martin N. *Enantiospecific cis-trans isomerization of chiral fulleropyrrolidines: hydrogen-bonding assistance in the carbanion stabilization in H2O@C60*. *J. Am. Chem. Soc.* 2015. Vol. 137. N 3. P. 1190-1197. DOI: 10.1021/ja5108854
15. Kuznetsov V.V. *Theoretical evaluation of conformational preference of the ethane molecule in fullerene C60*. *Russ. J. Gen. Chem.* 2013. Vol. 83. N 6. P. 1163-1164. DOI: 10.1134/S1070363213060273
16. Kuznetsov V.V. *Conformational behaviour of 1,3,2-dioxaborinane molecule encapsulated in fullerenes*. *Russ. J. Gen. Chem.* 2015. Vol. 85. N 1. P. 198-199. DOI: 10.1134/S107036321501034X
17. Stoyanov E.S., Stoyanova I.V., Reed C.A. *The structure of the hydrogen ion (H<sub>aq</sub><sup>+</sup>) in water*. *J. Am. Chem. Soc.* 2010. Vol. 132. N 5. P. 1484-1485. DOI: 10.1021/ja9101826
18. Agmon N., Bakker H.J., Campen R.C., Henchman R.H., Pohl P., Roke S., Thämer M., Hassanali A. *Protons and hydroxide ions in aqueous systems*. *Chem. Rev.* 2016. Vol. 116. N 13. P. 7642-7672. DOI: 10.1021/acs.chemrev.5b00736
19. Laikov D.N., Ustynyuk Yu.A. *PRIRODA-04: a quantum-chemical program suite. New possibilities in the study of molecular systems with the application of parallel computing*. *Russ. Chem. Bull.* 2005. Vol. 54. N 3. P. 820-826. DOI: 10.1007/s11172-005-0329-x
20. HyperChem 8.0. URL: <http://www.hyper.com>
21. Kuznetsova M.V., Kuznetsov V.V. *Theoretical evaluation of the barrier of pyramidal inversion of ammonia and trimethylamine encapsulated in fullerenes*. *Russ. J. Org. Chem.* 2013. Vol. 49. N 12. P. 1845-1847. DOI: 10.1134/S1070428013120257
22. Kuznetsov V.V. *Fullerene Si20: influence on the conformational behaviour on encapsulated ethane molecule*. *Russ. J. Gen. Chem.* 2016. Vol. 86. N 6. P. 1444-1446. DOI: 10.1134/S1070363216060359

© 2016, Кузнецов В.В.

Оксониевый ион в фуллеренах малого диаметра

© 2016, Kuznetsov V.V.

Hydroxonium ion in fullerenes of small diameter



DOI: 10.17117/nv.2016.04.126

Поступила (Received): 19.12.2016

kanc@npi-tu.runnet.ru

## Хентов В.Я., Шачнева Е.Ю., Семчено В.В. Влияние физико-химических факторов на процессы сорбции катионов

### Khentov V.Ya., Shachneva E.Yu., Semchenko V.V. Influence of physical and chemical factors on processes of sorption of cations

С помощью метода корреляционного анализа рассмотрена связь сорбционных характеристик с температурой Дебая металлического элемента, который рассматривается в качестве важнейшего параметра твердого тела. Установлена связь обратной величины коэффициента распределения  $lgK_D$  от температуры Дебая металла. Показано, что химический состав корковых конкреционных конкреций также связан с температурой Дебая металла. Ионообменная емкость солей четырехвалентных металлов, характеризующихся слоистой структурой  $\alpha$ -типа, находится в тесной связи с температурой Дебая металла. Установлено, что параметра  $n$  в уравнении Грегора тесно связан с температурой Дебая металлического элемента. Отмечена связь природной эмиссии элементов с температурой Дебая. Показано, что параметр  $n$  коэффициента распределения, характеризующего сорбционное равновесие в системе «водный раствор  $H_2SO_4/NaOH-MeSO_4$ » определяется температурой Дебая металла ( $Me$ )

**Ключевые слова:** корреляция, корреляционный анализ, коэффициент корреляции, температура Дебая, сорбционный процесс

#### Хентов Виктор Яковлевич

Доктор химических наук, профессор  
Южно-Российский политехнический университет  
г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132

#### Шачнева Евгения Юрьевна

Кандидат химических наук, доцент  
Астраханский государственный университет  
г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1

Using correlation analysis method is considered the connection sorption characteristics with the Debye temperature of the metal element, which is regarded as the most important parameter of a solid body. The connection of the inverse of the coefficient of distribution  $lgK_D$  from the Debye temperature of the metal. It was shown that the chemical composition of the concretion of cortical nodules is also associated with the temperature of the metal Debye. The ion exchange capacity of the tetravalent metal salts, characterized by a layered structure of the  $\alpha$ -type is closely related to the temperature of the metal Debye. It is found that the parameter  $n$  in equation Gregor closely related to the Debye temperature of the metal element. There was a bond issue of natural elements with the Debye temperature. It is shown that the parameter  $n$  the distribution coefficient, which characterizes the sorption equilibrium in the system «aqueous  $H_2SO_4 / NaOH-MeSO_4$ » determined by the temperature of the metal Debye ( $Me$ )

**Key words:** correlation, correlation analysis, the correlation coefficient, Debye temperature, sorption process

#### Khentov Victor Yakovlevich

Doctor of Chemical Sciences, Professor  
South -Russian state polytechnical university  
Novocherkassk, Prosvescheniya st., 132

#### Shachneva Evgenia Yurevna

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor  
Astrakhan state university  
Astrakhan, Shaumyana sq., 1



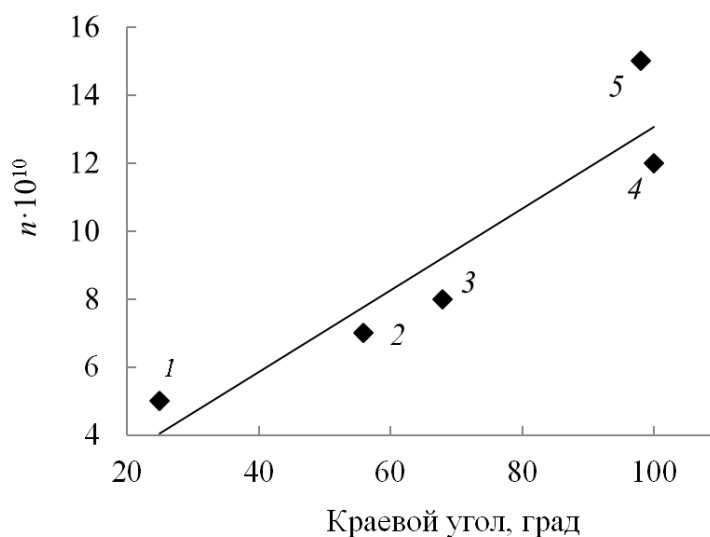
**Семченко Владимир Владимирович**  
Кандидат химических наук, доцент  
Южно-Российский политехнический университет  
г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132

**Семченко Владимир Владимирович**  
Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor  
South-Russian state polytechnical university  
Novocherkassk, Prosvescheniya st., 132

### **Введение (Introduction)**

Адсорбция катионов различными сорбентами представляет собой актуальную задачу в связи с проблемой очистки водных растворов и выделения, важных химически элементов. В качестве примера можно привести отсутствие технологии для извлечения лития из растворов. Тем более что имеются природные воды, содержащие значительные количества этого элемента [1]. Процессы сорбции ионов достаточно сложны [2]. Использование различных физико-химических методов позволяет модифицировать сорбционные процессы. В этой связи особый интерес приобретает связь физико-химических параметров катионов с процессом сорбции. В качестве такого параметра предложено использовать температуру Дебая металлического элемента, которая может рассматриваться в качестве важного структурного параметра, характеризующего твердое тело.

Не последнюю роль в процессах сорбции играет явление смачивания сорбента. На рис. 1 представлена зависимость количества клеток *M. pollinis Aaeti* в функции краевого угла смачивания материала сорбента [3, с. 83].



**Рис. 1. Зависимость количества клеток *M. pollinis Aaeti* от краевого угла смачивания: 1 – стекло, 2 – полиамид, 3 – полиметилметакрилат, 4 – бисфенилполикарбонат, 5 – полистирол; коэффициент корреляции 0,93**

### **Материалы и методы (Materials and Methods)**

Для получения связей с температурой Дебая использован корреляционный анализ, позволяющий обнаружить взаимосвязи случайных величин [4]. Для получения корреляционных зависимостей использованы пакеты программ Excel и Statistika. Математической мерой корреляции служит коэффициент корреляции. Для расчета коэффициента корреляции использована формула [4]:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}},$$

где  $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$  и  $\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$ .

При идеальной корреляции коэффициент корреляции стремится к единице. Для сильной связи коэффициент корреляции принимает значения  $R > 0,9$ . Удовлетворительной является корреляция при  $R \geq 0,7$ .

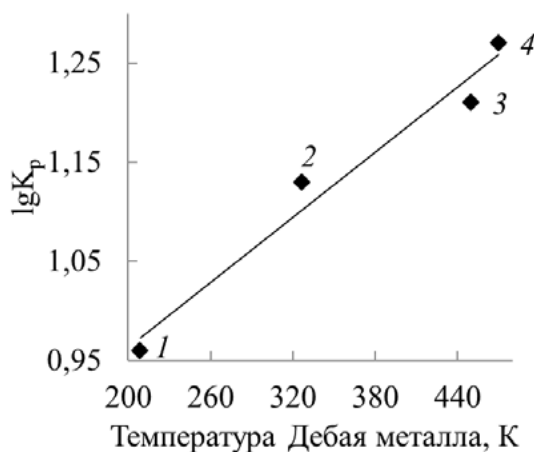
В качестве подложек, на которых происходила сорбция катионов, использовали полимерные материалы на основе целлюлозы, железомарганцевые конкреции, фосфаты  $Me(НРО_4) \cdot 2H_2O$ , снеговой покров и почвы.

### Результаты (Results)

Среди полимерных материалов, используемых в качестве сорбентов для извлечения из водных растворов катионов металлов, особое внимание уделяется производным целлюлозы. Изучена зависимость коэффициента распределения  $lgK_D$  от концентрации ионов  $Na^+$  ( $lgC_{Na^+}$ ) полисахаридным сорбентом [5, с. 22] Установлено, что прочность связи катионов с центрами сорбции целлюлозы изменяется в соответствии с уравнением [5, с. 22]:

$$lgK_D = lgK_p - nlgC_{Na^+}$$

Зависимость параметра  $lgK_p$  от температуры Дебая металла [6, с. 229] носит линейный характер (рис. 2).



**Рис. 2. Зависимость параметра  $lgK_p$  от температуры Дебая металла: 1 –  $Cd^{2+}$ , 2 –  $Zn^{2+}$ , 3 –  $Ni^{2+}$ , 4 –  $Fe^{2+}$ ; коэффициент корреляции 0,983**

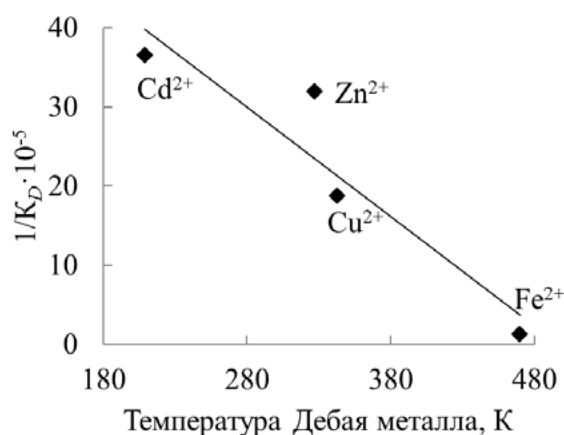
Для тех же металлов угол наклона  $n$  изменяется в соответствии с уравнением:

$$n = 2,2209 - 0,0008\theta \text{ (коэффициент корреляции } 0,929).$$

Изучено влияние величины модуля раствор/сорбент ( $V/m$ ) на степень извлечения ионов тяжелых металлов [5, с. 21]:

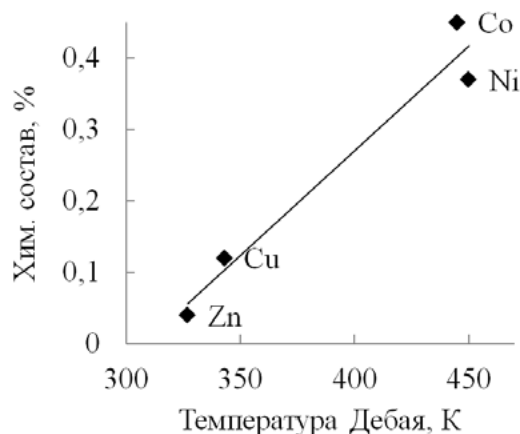
$$1/\alpha - 1 = 1/K_D \cdot V/m.$$

На рис 3 приведена зависимость обратной величины коэффициента распределения  $1/K_D$  от температуры Дебая металла.



**Рис. 3. Зависимость обратной величины коэффициента распределения  $K_D$  от температуры Дебая металла; коэффициент корреляции 0,935**

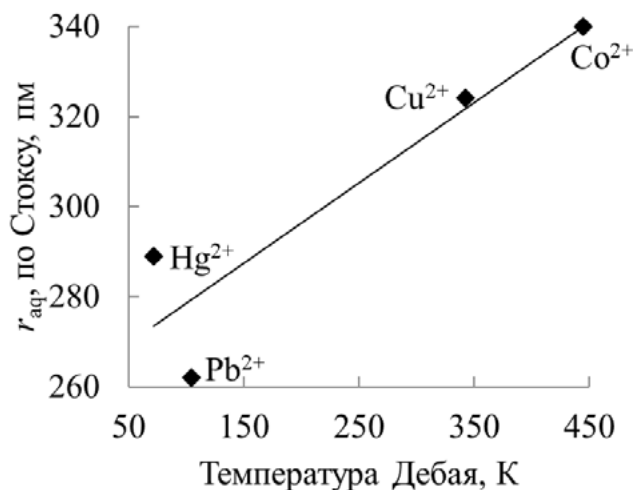
Особый интерес вызывают процессы формирования состава океанических железомарганцевых конкреций [7]. В этом случае также прослеживается связь химического состава с температурой Дебая металла (рис. 4).



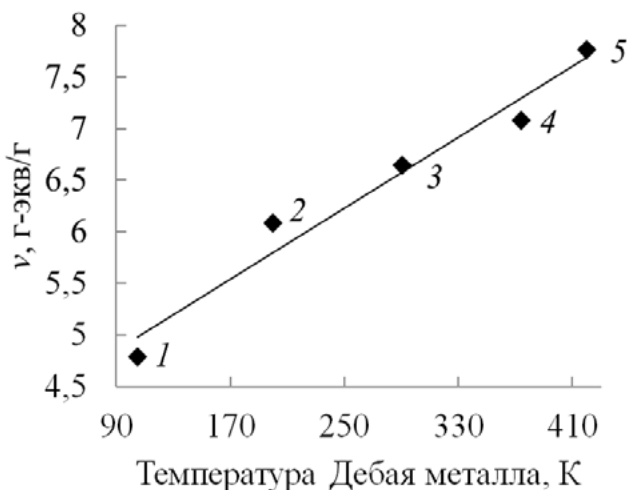
**Рис. 4. Химический состав (%) корковых конкреционных отложений в функции температуры Дебая металла; коэффициент корреляции 0,978**

Из оценки «посадочной площадки» катионов были вычислены радиус сорбированных катионов на железомарганцевых конкрециях [8]. Интересно, что Стоксовские радиусы сорбированных катионов ( $r_{aq}$ ) надежно связаны с температурой Дебая металла (рис. 5).

Сорбционные методы очистки на основе фосфатов элементов IV группы нашли широкое использование. Для фосфатов  $Me(HPO_4) \cdot 2H_2O$  характерно проявление ионообменных свойств, когда протоны кислых фосфатных групп замещаются на катионы сорбируемых элементов [9, с. 12]. При этом ионообменная емкость солей четырехвалентных металлов, характеризующихся слоевой структурой  $\alpha$ -типа находится в тесной связи с температурой Дебая металла (рис. 6).



**Рис. 5. Зависимость сорбированных радиусов катионов по Стоксу от температуры Дебая металла; коэффициент корреляции 0,923**



**Рис. 6. Зависимость ионообменной емкости v от температуры Дебая металла: 1 – Pb(HPO<sub>4</sub>)·2H<sub>2</sub>O, 2 – Sn(HPO<sub>4</sub>)·2H<sub>2</sub>O, 3 – Zr(HPO<sub>4</sub>)·2H<sub>2</sub>O, 4 – Ge(HPO<sub>4</sub>)·2H<sub>2</sub>O, 5 – Ti(HPO<sub>4</sub>)·2H<sub>2</sub>O; коэффициент корреляции 0,983**

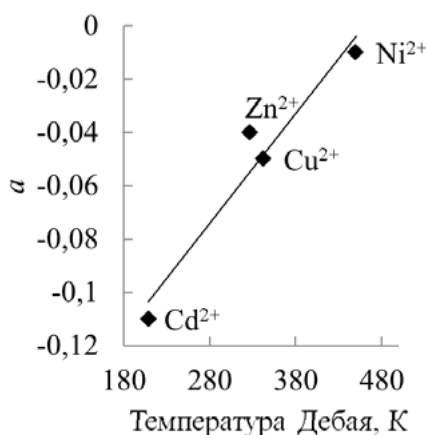
Коэффициент распределения  $K_D$ , представляющий собой отношение общей концентрации вещества в фазе сорбента  $[M^{n+}]_0$  к его общей концентрации в растворе  $[M^{n+}]_p$  характеризует сорбционные равновесия [10, с. 26]:

$$K_D = [M^{n+}]_{0c} / [M^{n+}]_p$$

В системе «водный раствор сульфата металла – целлюлозосодержащий сорбент» исследовано влияние pH среды на процесс распределения катионов  $Cd^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ . Для системы «водный раствор  $H_2SO_4$  – NaOH –  $MeSO_4$ », где Me –  $Cu^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$  может быть записано уравнение [9, с. 28]:

$$\lg K_D = a + n \cdot pH$$

На рис. 7 представлена зависимость параметра a [10, с. 26] от температуры Дебая металла. Коэффициент корреляции 0,915.



**Рис. 7. Зависимость параметра  $\alpha$  от температуры Дебая металла**

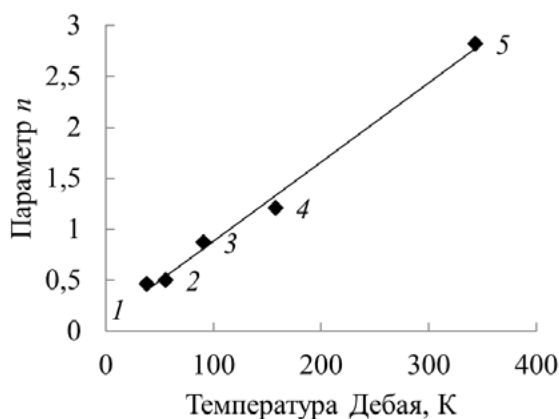
Параметр  $n$  уравнения также зависит от температуры Дебая металла ( $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ) [10, с. 26], коэффициент корреляции 0,884:

$$n = 0,347 + 0,0003\Theta.$$

Протолитические свойств полиэлектролита могут быть описаны с помощью уравнения Грегора [11]:

$$pH = pK' + n \lg(\alpha/1-\alpha),$$

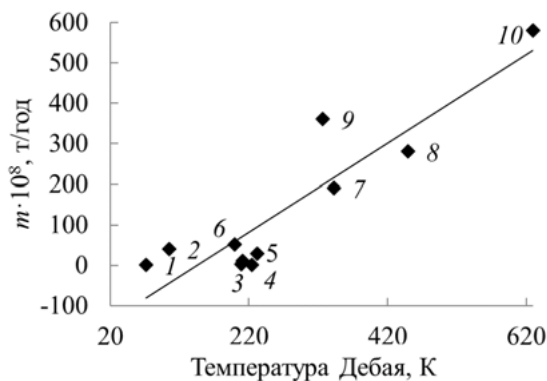
где  $\alpha$  – степень ионизации полиэлектролита,  $pK'$  – кажущаяся константа ионизации. На рис. 8 представлена зависимость параметра  $n$  [11] уравнения Грегора от температуры Дебая металла (интервал pH 2-4).



**Рис. 8. Зависимость параметра  $n$  от температуры Дебая металла: 1 – Cs<sup>+</sup>, 2 – Rb<sup>+</sup>, 3 – K<sup>+</sup>, 4 – Na<sup>+</sup>, 5 – Li<sup>+</sup>; коэффициент корреляции 0,997**

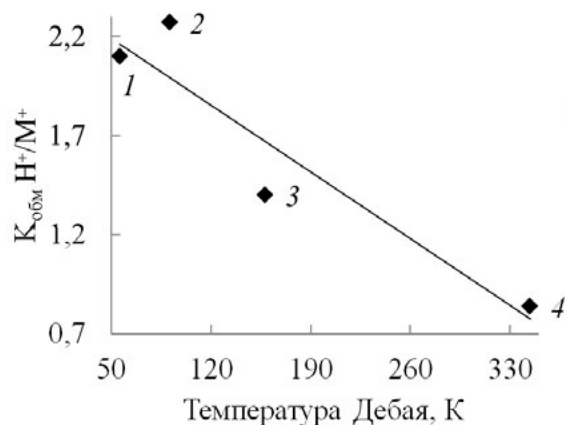
Повышенный интерес для экологов вызывает поступление химических элементов в окружающую среду. Одним из важнейших источников химических элементов, попадающих в окружающую среду, являются выбросы промышленных предприятий [12, с. 41]. Этим определяется содержание элементов в снеговом покрове и почвах. Интересно, что природная эмиссия  $m$  элементов тесно связана с температурой Дебая металлических элементов (рис. 9).





**Рис. 9. Зависимость эмиссии металлов  $m$  от температуры Дебая: 1 – Hg, 2 – Pb, 3 – Cd, 4 – Ag, 5 – As, 6 – Sn, 7 – Cu, 8 – Ni, 9 – Zn, 10 – Cr; коэффициент корреляции 0,906**

Повышенный интерес вызывает перенос катионов щелочных металлов через мембрану МК-40, изготовленную на основе сульфированного полистирола и полиэтилена [13]. На рис. 10 представлена зависимость значений коэффициентов диффузии катионов через мембрану, эффективных и реальных констант обмена катионов в мембране МК-40  $K_{обм} H^+/M^+$  в функции температуры Дебая щелочных металлов.

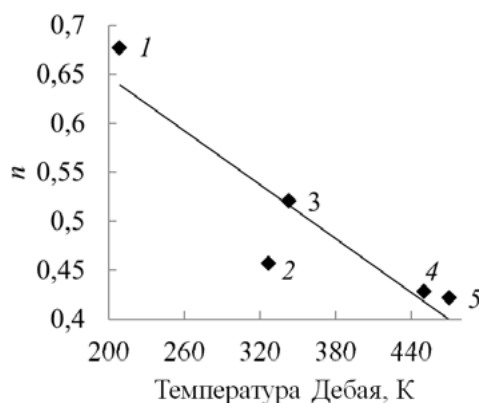


**Рис. 10. Зависимость значений констант обмена катионов  $K_{обм} H^+/M^+$  от температуры Дебая металла: 1 – Rb<sup>+</sup>, 2 – K<sup>+</sup>, 3 – Na<sup>+</sup>, 4 – Li<sup>+</sup>; коэффициент корреляции 0,938**

Для сорбционных равновесий характерен коэффициент распределения  $K_D$ , определяемый отношением общей концентрации вещества в фазе сорбента  $[M^{n+}]_c$  к его общей концентрации в растворе  $[M^{n+}]_p$  [14, с. 28]:

$$K_D = [M^{n+}]_c / [M^{n+}]_p.$$

На рис. 11 приведена зависимость параметра  $n$  [14, с. 28] от температуры Дебая металла (система «водный раствор H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/NaOH–MeSO<sub>4</sub>»).



**Рис. 11. Зависимость параметра  $n$  от температуры Дебая металла: 1 –  $\text{Cd}^{2+}$ , 2 –  $\text{Zn}^{2+}$ , 3 –  $\text{Cu}^{2+}$ , 4 –  $\text{Ni}^{2+}$ , 5 –  $\text{Fe}^{2+}$ ; коэффициент корреляции 0,913**

### Обсуждение и заключение (Discussion and Conclusion)

Ряд приведенных корреляционных зависимостей позволяет сделать вывод о значении температуры Дебая металла как важнейшего физико-химического фактора, оказывающего влияние на процессы сорбции катионов.

#### Список используемых источников:

1. Атаев Д.Р. Адсорбция ионов лития свежесажженным гидроксидом алюминия из геотермальных минерализованных вод хлоридного типа. Автореферат канд. дисс. Махачкала, 2012.
2. Шарапова А.В. Обезвреживание сточных вод от тяжелых металлов под действием ультразвука и утилизация противообледенительных жидкостей с применением природных сорбентов. Автореферат канд. дисс. Нижний Новгород, 2015.
3. Синицын А.П., Райнина Е.И., Лозинский В.И., Спасов С.Д. Имобилизованные клетки микроорганизмов. М.: Изд-во МГУ, 1994. 288 с.
4. Хентов В.Я. Корреляционный анализ в неорганической химии. Задания для работы с персональным компьютером. Новочеркасск: Юж.-Рос. гос. техн. ун-т (НПИ), 2007. 187 с.
5. Никифорова Т.Е. Физико-химические основы хемосорбции ионов d-металлов модифицированными целлюлозосодержащими материалами. Автореферат докт. дисс. Иваново, 2014.
6. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 1978. 792 с.
7. Новиков Г.В., Сироткина И.В. Сорбционный механизм формирования химического состава океанских железомарганцевых рудных отложений // Вестник Отделения наук о Земле РАН. 2004. №1(22). С. 1-3.
8. Жадовский И.Т. Исследование термодинамических и кинетических характеристик ионообменной сорбции катионов  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ , а также катионов  $\text{Na}^{+}$  на железомарганцевых конкрециях. Автореферат канд. дисс. Санкт-Петербург, 2012.
9. Димова Л.М., Смирнов Г.И. Фосфаты металлов – ионообменники при глубокой очистке солей. Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2009. 96 с.
10. Никифорова Т. Е. Физико-химические основы хемосорбции ионов d- металлов модифицированными целлюлозосодержащими материалами. Автореферат докт. дисс. Иваново. 2014.
11. Мечковский С.А., Радкевич Т.И. Сорбция алкилрезорциновым пенопластом катионов щелочных и щелочно-земельных металлов. Белорусский государственный университет, химический факультет, кафедра аналитической химии.
12. Королёв А.Н., Панин М.С. Формы соединений марганца в темно-каштановой почве при моно- и полиэлементном загрязнении тяжелыми металлами. Омск: Изд-во АНО ВПО ОмЭИ, 2010. 192 с.
13. Караванова Ю.А. Перенос протонов и катионов щелочных металлов ( $\text{Li}$ ,  $\text{Na}$ ,  $\text{K}$ ,  $\text{Rb}$ ,  $\text{Cs}$ ) в поверхностно-модифицированных катионообменных мембранах мк-40. Автореферат канд. дисс. Москва. 2010.
14. Никифорова Т.Е., Козлов В.А., Модина Е.А. Сольватационно-координационный механизм сорбции ионов тяжелых металлов целлюлозосодержащим сорбентом из водных сред // Химия растительного сырья. 2010. №4. С. 23–30.

**References:**

1. Atayev D.R. Adsorption of ions of lithium svezheosazhdenny hydroxide of aluminum from the geothermal mineralized waters of chloride type. Abstract edging. yew. Makhachkala, 2012.
2. Sharapova A.V. Neutralization of sewage from heavy metals under the influence of ultrasound and utilization of anti-icing liquids using natural sorbents. Abstract edging. yew. Nizhny Novgorod, 2015.
3. Sinitsyn A.P., Raynina E.I., Lozinsky V.I., Spasov S.D. The immobilized cages of microorganisms. M.: MSU publishing house, 1994. 288 p.
4. Hentov V.Ya. The correlation analysis in inorganic chemistry. Tasks for work with the personal computer. Novocherkassk: NPI, 2007. 187 p.
5. Nikiforova T.E. Physical and chemical bases of a hemosorbition of ions of d-metals the modified tsellyulozosoderzhashchy materials. Abstract dokm. yew. Ivanovo, 2014.
6. Single-breasted coat Ch. Introduction in physics of a solid body. Introduction in physics of a solid body. M.: Science, 1978.
7. Novikov G.V., Sirotkina I.V. Sorption mechanism of forming of the chemical composition of ocean ferromanganese ore deposits. Vestnik Otdeleniya Nauk O RAN Zemle, 2004. No. 1(22). P. 1-3.
8. Zhadovsky I.T. A research of thermodynamic and kinetic characteristics of ion-exchange sorption of cations  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ , and also Na cations + on ferromanganese concretions. Abstract edging. yew. St. Petersburg, 2012.
9. Dimova L.M., Smirnov G.I. Phosphates of metals – ion exchangers in case of deep purification of salts. Irkutsk: Irkut publishing house. state. un-that, 2009. 96 p.
10. Nikiforova T.E. Fiziko-chemical bases of a hemosorbition of ions of d-of metals the modified tsellyulozosoderzhashchy materials. Abstract yew. Ivanovo. 2014.
11. Mechkovsky S.A., Radkevich T.I. Sorption by alkilrezortsinovy polyfoam of cations of alkaline and alkaline and land metals. Belarusian state university, chemical faculty, department of analytical chemistry.
12. Queens A.N., Panin M.S. Forms of compounds of manganese in the dark-chestnut soil at mono – and polyelement pollution by heavy metals. Omsk: ANO VPO OMEI publishing house, 2010. 192 p.
13. Karavanova Yu.A. Transfer of protons and cations of alkaline metals (Li, Na, K, Rb, Cs) in the superficial membranes modified the kationoobmennykh mk-40. Abstract edging. yew. Moscow. 2010.
14. Nikiforova T.E., Kozlov V.A., Modena E.A. Solvatatsionno-koordinatsionny the mechanism of sorption of ions of heavy metals a tsellyulozosoderzhashchy sorbent from water environments. Chemistry of vegetable raw materials. 2010. No. 4. P. 23-30.

© 2016, Хентов В.Я., Шачнева Е.Ю., Семчено В.В.  
Влияние физико-химических факторов на процессы сорбции катионов

© 2016, Khentov V.Ya., Shachneva E.Yu., Semchenko V.V.  
Influence of physical and chemical factors on processes of sorption of cations