

ISSN 2079-0333

**ВЕСТНИК
Камчатского
государственного
технического
университета**



**Научный
журнал**

Основан в 2002 г.

16+

**ВЫПУСК
39**

2017

Издательство



КамчатГТУ

Петропавловск-Камчатский

ISSN 2079-0333

**ВЕСТНИК
Камчатского
государственного
технического
университета**



**Научный
журнал**

Основан в 2002 г.

Bulletin of Kamchatka State Technical University

Журнал размещается
в Научной электронной библиотеке (договор № 22-02/2011 R от 01.02.2011),
в международной информационной системе по водным наукам и рыболовству ASFIS
(Aquatic Sciences and Fisheries Information System) (соглашение от 17.05.2011)

Journal is sited in Scientific electronic library (contract № 22-02/2011 R of 01.02.2011),
in Aquatic Sciences and Fisheries International Information System ASFIS
(agreement of 17.05.2011)

ВЫПУСК

39

2017

Петропавловск-Камчатский

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Ключкова Н.Г. (главный редактор)	доктор биологических наук, директор центра научного образования, научных и инновационных проектов Камчатского государственного технического университета
Токарева Г.А. (научный редактор)	доктор филологических наук, доцент, профессор кафедры истории и философии Камчатского государственного технического университета
Ольхина О.В. (ответственный секретарь)	заведующая издательством Камчатского государственного технического университета
Белавина О.А. (технический секретарь)	специалист по научно-технической информации отдела науки и инноваций Камчатского государственного технического университета
Адамов Н.А.	доктор экономических наук, профессор, генеральный директор ОАО «ИТКОР», член-корреспондент Международной академии менеджмента
Дьяков Ю.П.	доктор биологических наук, главный научный сотрудник отдела морских биологических ресурсов Камчатского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии
Кадникова И.А.	доктор технических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник лаборатории безопасности и качества морского растительного сырья Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра
Карпенко В.И.	доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры водных биоресурсов, рыболовства и аквакультуры Камчатского государственного технического университета
Короченцев В.И.	доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой приборостроения Дальневосточного федерального университета
Левков С.А.	доктор социологических наук, ректор Камчатского государственного технического университета
Лобков Е.Г.	доктор биологических наук, профессор кафедры водных биоресурсов, рыболовства и аквакультуры Камчатского государственного технического университета
Мандрикова О.В.	доктор технических наук, доцент, профессор кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета
Приходько Ю.В.	доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой продуктов питания из растительного сырья и технологии живых систем Дальневосточного федерального университета
Проценко И.Г.	доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информационных систем Камчатского государственного технического университета
Пюкке Г.А.	доктор технических наук, доцент, профессор кафедры систем управления Камчатского государственного технического университета
Растамханова Л.Н.	доктор экономических наук, доцент, генеральный директор ООО «Управляющая компания «Региональная академия системных технологий и амплификационного мышления»
Швецов В.А.	доктор химических наук, доцент, профессор кафедры электро-и радиооборудования судов Камчатского государственного технического университета
Шевцов Б.М.	доктор физико-математических наук, профессор, директор Института космофизических исследований и распространения радиоволн Дальневосточного отделения Российской академии наук

EDITORIAL BOARD

Klochkova N.G. (Editor-in-chief)	Doctor of Biological Sciences, Director of Centre for Scientific Education, Research and Innovation Projects of Kamchatka State Technical University
Tokareva G.A. (Scientific Editor)	Doctor of Philological Sciences, Associate Professor, Professor of History and Philosophy Chair of Kamchatka State Technical University
Olkhina O.V. (Executive Secretary)	Head of Publishing House of Kamchatka State Technical University
Belavina O.A. (Technical Secretary)	Specialist in Technical and Scientific Information of Science and Innovation Department
Adamov N.A.	Doctor of Economic Sciences, Professor, General Director of JSC «Scientific Research Institute of Economics and Organization of Maintenance Supply», member of CEO
Dyakov U. P.	Doctor of Biological Sciences, Senior Researcher of Marine Biological Resources Department of Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography
Kadnikova I.A.	Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Leading Researcher of Seaweed Raw Material Safety and Quality Laboratory of Pacific Scientific Research Fisheries Centre
Karpenko V.I.	Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of Water Bioresources, Fishery and Aquaculture Chair of Kamchatka State Technical University
Korochentzev V.I.	Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Head of Instrumentation Chair of Far Eastern Federal University
Levkov S.A.	Doctor of Sociological Sciences, Rector of Kamchatka State Technical University
Lobkov E.G.	Doctor of Biological Sciences, Professor of Water Bioresources, Fishery and Aquaculture Chair of Kamchatka State Technical University
Mandrikova O.V.	Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of Information and Telecommunication Systems and Technologies Chair of Belgorod State National Research University
Prihodko J.V.	Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Plant-Based Foodstuffs and Technology of Living Systems Chair of Far Eastern Federal University
Protsenko I.G.	Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Information Systems Chair of Kamchatka State Technical University
Pyukke G.A.	Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of Control Systems Chair of Kamchatka State Technical University
Rastamkhanova L.N.	Doctor of Economic Sciences, Associate Professor, General Director of LLC «Management company «Regional Academy of System Technologies and Amplification Thinking»
Shvetsov V.A.	Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor, Professor of Electrical and Radio Equipment of Ships Chair of Kamchatka State Technical University
Shevtsov B.M.	Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Director of Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences

Содержание

РАЗДЕЛ I. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Белов О.А., Швецов В.А., Ястребов Д.П., Белавина О.А., Шунькин Д.В. Внедрение усовершенствованного способа контроля систем протекторной защиты стальных корпусов судов камчатского флота	6
Пюкке Г.А. Тестирование параметров многокомпонентных электрических цепей на основе синтеза диагностируемой структуры	12
Шулюпин А.Н., Чермошенцева А.А. Некоторые особенности критического истечения пароводяной смеси	25
Шунькин Д.В., Швецов В.А., Белавина О.А., Пахомова В.В. Зависимость результатов пробирного анализа кварцевых золотосодержащих руд от содержания восстановителя в шихте	32
Пасько О.В., Тарасова Е.Ю. Проектирование ферментированного молочно-злакового продукта для организации питания студентов с использованием QFD-методологии	37

РАЗДЕЛ II. БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Городовская С.Б., Сушкевич А.С. Гаметогенез молоди кеты в периоды ранний морской и осенней миграции в Охотском море и некоторые гистоморфологические изменения в яичниках в 2014 году	46
Клочкова Т.А., Ким Р.В., Ким Г.Х. Развитие заднежаберного моллюска <i>Placida babai</i> (Gastropoda, Opisthobranchia) в искусственных условиях	55
Седова Н.А., Григорьев С.С. Определитель личинок креветок семейства Crangonidae (Decapoda, Caridea), проходящих неукороченное развитие в прикамчатских водах	65
Хусаинова О.В., Карпенко В.И. Морфологические особенности камчатских миног рода <i>Lethenteron</i> и их видовая идентификация	74

РАЗДЕЛ III. СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

Артёмова О.Н. Институциональное обеспечение развития предпринимательства в регионе	86
Погорелов А.Р., Лозовская С.А. Социально-экономические факторы и здоровье населения Камчатского края: медико-географические аспекты	97
Шушпанов С.А. Разграничение объектов бухгалтерского учета по статическим и динамическим характеристикам в процессе кругооборота капитала: системный подход	106
Правила направления, рецензирования и опубликования рукописей статей	116
Правила оформления рукописей статей	118
Авторский указатель статей, опубликованных в журнале «Вестник КамчатГТУ» в 2016 году (№ 35–38)	123

Contents

SECTION I. TECHNICAL SCIENCES

Belov O.A., Shvetsov V.A., Yastrebov D.P., Belavina O.A., Shunkin D.V. Introduction of advanced method for monitoring of protection systems of steel hull in Kamchatka kray	6
Pyukke G.A. Parameter testing of multicomponent electrical circuits on the basis of synthesis of diagnosed structure	12
Shulyupin A.N., Chermoshentseva A.A. Some aspects of critical expiration of steam-water mixture	25
Shunkin D.V., Shvetsov V.A., Belavina O.A., Pakhomova V.V. Dependence of assay results of quartz gold-bearing ores on reducer content in batch	32
Pasko O.V., Tarasova E.Y. Development of fermented milk-cereal products for feeding students using QFD-methodology	37

SECTION II. BIOLOGICAL SCIENCES

Gorodovskaya S.B., Sushkevich A.S. Gametogenesis of juvenile chum salmon during the periods of early sea and autumn migration in the sea of Okhotsk and some ovary histomorphologic changes in 2014	46
Klochko T.A., Kim R.W., Kim G.H. Development of mollusk <i>Placida babai</i> under laboratory-controlled conditions (Gastropoda, Opisthobranchia)	55
Sedova N.A., Grigoriev S.S. A key for identification of shrimp larvae from the family Crangonidae (Decapoda, Caridea) with unabridged development from near Kamchatka waters	65
Khusainova O.V., Karpenko V.I. Morphological features of the Kamchatka lampreys of the genus <i>Lethenteron</i> and their species identification	74

SECTION III. SOCIO-ECONOMIC AND PUBLIC SCIENCES

Artyomova O.N. Institutional support for business development in the region	86
Pogorelov A.R., Lozovskaya S.A. Socio-economic factors and population health in the Kamchatka region: medical-geographical aspects	97
Shushpanov S.A. Separation of accounting objects for static and dynamic characteristics in capital circulation: system approach	106
Regulations for manuscripts direction, reviewing and publication	116
Manuscripts guidelines	118
Author index of articles published in the journal «Bulletin of Kamchatka State Technical University» in 2016 (№ 35–38)	123

РАЗДЕЛ I. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 620.19:629.5.023

О.А. Белов, В.А. Швецов, Д.П. Ястребов, О.А. Белавина, Д.В. Шунькин**ВНЕДРЕНИЕ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО СПОСОБА КОНТРОЛЯ СИСТЕМ
ПРОТЕКТОРНОЙ ЗАЩИТЫ СТАЛЬНЫХ КОРПУСОВ СУДОВ
КАМЧАТСКОГО ФЛОТА**

Согласно ГОСТ 9.056-75 и РЗК-НК-2001 эффективность работы систем электрохимической защиты (ЭХЗ) от коррозии судов и кораблей обеспечивается качественной ее эксплуатацией. Эксплуатация складывается из работ по восстановлению элементов ЭХЗ в период докования судна (корабля) и обслуживания (осмотров, регулирования и контроля). Контроль сводится к измерению разности потенциалов между корпусом судна и электродом сравнения. Экипажи судов и кораблей камчатского флота эксплуатацией систем ЭХЗ не занимаются по объективным (отсутствие необходимых технических средств) и субъективным (отсутствие подготовки) причинам. При этом они считают, что эффективность ЭХЗ сохраняется в период между докованиями судов. Цель исследования – доказать судовладельцам и экипажам судов целесообразность внедрения усовершенствованного способа контроля стальных корпусов судов.

Ключевые слова: коррозия стальных корпусов кораблей и судов, системы электрохимической защиты от коррозии, протекторная защита, потенциал корпуса судна.

O.A. Belov, V.A. Shvetsov, D.P. Yastrebov, O.A. Belavina, D.V. Shunkin**INTRODUCTION OF ADVANCED METHOD FOR MONITORING OF PROTECTION
SYSTEMS OF STEEL HULL IN KAMCHATKA KRAY**

Under the State Standard 9.056-75 and the manual RZK NK-2001 the efficiency of electrochemical protection systems from corrosion of vessels is provided with its high-quality exploitation. It consists of rework of electrochemical protection system elements during docking and maintenance (scan, regulation and control). The quality procedure includes taking a measurement of potential difference between hull and reference electrode. Crews of Kamchatka fleet don't practice exploitation of electrochemical protection systems because of objective reasons (absence of required technology) and subjective ones (absence of training). At the same time they consider that the efficiency of electrochemical protection systems remains between dockings. The aim of the investigation consists of proving the expediency of the introduction of the advanced method for monitoring of protection system of steel hull for ship-owners and crew.

Key words: corrosion of steel hull, electrochemical protection system from corrosion, protection, potential of hull.

DOI: 10.17217/2079-0333-2017-39-6-11

Введение

Коррозия стальных корпусов кораблей и судов – одна из главных причин износа судов, снижения их прочности и безопасности [1, 2]. Предупреждение преждевременного износа корпуса судна (корабля) является повседневной задачей экипажа [3, 4].

Для защиты от коррозии стальных корпусов судов и кораблей чаще всего используют системы протекторной защиты, которые должны обеспечить необходимый ($-0,85$ В) защитный потенциал корпуса [5, 6]. Согласно НД [6, 7], при эксплуатации систем протекторной защиты необходимо периодически измерять потенциал корпуса судна с помощью переносного милливольтметра и переносного хлорсеребряного электрода сравнения (ХСЭ). Однако это требование экипажи судов камчатского флота не выполняют, объясняя свое бездействие отсутствием на судах ХСЭ и сложностью методики измерения потенциала корпуса [8]. В результате научных исследований [9–17], выполненных в КамчатГТУ, разработан усовершенствованный способ контроля потенциала кор-

пуса судна, позволяющий отказаться от соблюдения ряда жестких требований НД [6, 7] и использования ХСЭ. Сотрудниками КамчатГТУ также разработана методика подготовки операторов для измерения потенциала корпуса судна [15], прошедшая апробацию на судах камчатского флота. Однако судовладельцы не спешат защищать свои суда от коррозии, а экипажи судов по-прежнему считают контроль технического состояния систем протекторной защиты непосильной работой. Для решения этой проблемы необходимы новые исследования, способствующие внедрению научных достижений КамчатГТУ на судах и кораблях камчатского флота.

Цель и задачи исследования

Цель исследований – доказать возможность и необходимость внедрения усовершенствованного способа контроля технического состояния судов и кораблей камчатского флота. Для этого необходимо было определить вид технического состояния протекторных систем группы судов камчатского флота. Необходимо было также привлечь к научным исследованиям курсантов мореходного факультета с целью подготовки их к последующей эксплуатации систем ЭХЗ.

Эксперименты и их обсуждение

Для достижения поставленных целей были выполнены следующие эксперименты. На пяти судах №№ 1–5 и стальном понтоне контролировали техническое состояние систем протекторной защиты. Для этого курсанты мореходного факультета и студенты факультета заочного обучения измеряли потенциал корпусов судов в шести контрольных точках, согласно рекомендации [7]. Потенциал корпуса понтона измеряли в двух контрольных точках [7]. Потенциал корпуса измеряли с помощью мультиметра DT830B и переносного электрода сравнения, изготовленного курсантами мореходного факультета КамчатГТУ по способу [18]. В каждой контрольной точке согласно рекомендации [7] выполнили три измерения потенциала корпуса. Рассчитали среднее значение, дисперсию, стандартное отклонение, коэффициент вариации результатов измерений [19–22]. Схема расположения контрольных точек корпуса судна приведена на рис. 1, схема расположения контрольных точек корпуса понтона приведена на рис. 2. Результаты измерений и расчетов приведены в табл. 1.

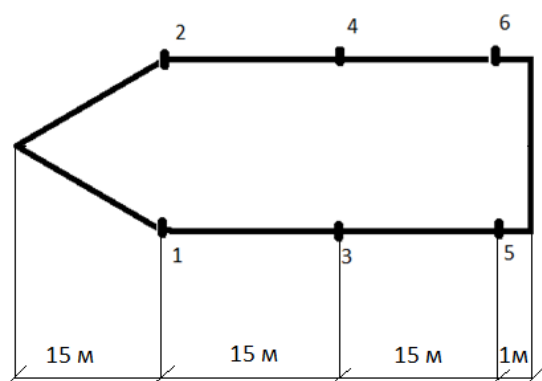


Рис. 1. Схема расположения контрольных точек корпуса судна

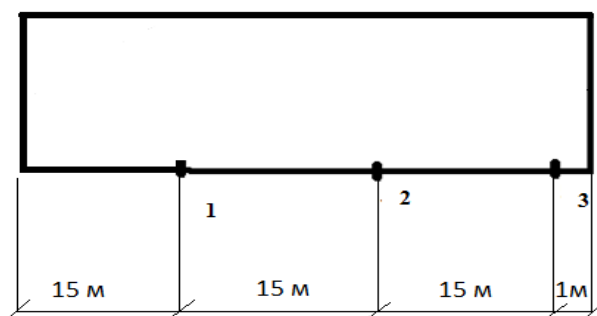


Рис. 2. Схема расположения контрольных точек корпуса понтона

Таблица 1

Результаты измерений потенциала стальных корпусов судов

№ контрольной точки	Дата измерения 14.05.2016 г.	Результаты измерения потенциала, U, В, корпуса судна №					
	№ измерения	№ судна					
		704	282	395	277	818	пonton
I	1	0,643	0,548	0,574	0,618	0,662	0,481
	2	0,644	0,547	0,576	0,619	0,662	0,483
	3	0,637	0,548	0,577	0,619	0,662	0,484
	Среднее значение, C_c , В	0,641*	0,548*	0,576*	0,619*	0,662*	0,483*
	Дисперсия, S^2	0,000015	0,0000005	0,000025	0,0000005	0	0,000025
	Стандартное отклонение, S	0,004	0,0007	0,0016	0,0007	0	0,0016
	Коэффициент вариации, V, %	0,6	0,1	0,3	0,1	0	0,3

Окончание табл. 1

№ контрольной точки	Дата измерения 14.05.2016 г.	Результаты измерения потенциала, U , В, корпуса судна №					
	№ измерения	№ судна					
		704	282	395	277	818	понтон
II	1	0,571	0,535	0,592	0,610	0,628	
	2	0,574	0,537	0,592	0,611	0,629	
	3	0,576	0,538	0,592	0,609	0,640	
	Среднее значение, C_c , В	0,574*	0,537*	0,592*	0,610*	0,632*	
	Дисперсия, S^2	0,0000006	0,000025	0	0,000001	0,000045	
	Стандартное отклонение, S	0,0025	0,0016	0	0,001	0,007	
	Коэффициент вариации, V , %	0,4	0,3	0	0,2	1,1	
III	1	0,607	0,529	0,574	0,591	0,754	0,410
	2	0,602	0,534	0,576	0,592	0,755	0,455
	3	0,604	0,538	0,579	0,593	0,755	0,459
	Среднее значение, C_c , В	0,604*	0,534*	0,576*	0,592*	0,755	0,441*
	Дисперсия, S^2	0,0000006	0,00002	0,0000006	0,000001	0,000045	0,0007
	Стандартное отклонение, S	0,0025	0,0045	0,0025	0,001	0,007	0,027
	Коэффициент вариации, V , %	0,4	0,8	0,4	0,2	0,1	6,2
IV	1	0,615	–	0,586	0,604	0,630	
	2	0,616	–	0,586	0,605	0,635	
	3	0,618	–	0,587	0,605	0,639	
	Среднее значение, C_c , В	0,616*	–	0,586*	0,605*	0,635*	
	Дисперсия, S^2	0,000025	–	0,0000005	0,0000005	0,00002	
	Стандартное отклонение, S	0,0016	–	0,0007	0,0007	0,0045	
	Коэффициент вариации, V , %	0,3	–	0,1	0,1	0,7	
V	1	0,860	0,591	0,626	0,618	0,619	
	2	0,858	0,572	0,627	0,619	0,627	
	3	0,856	0,584	0,627	0,620	0,631	
	Среднее значение, C_c , В	0,858	0,582*	0,627*	0,619*	0,626*	
	Дисперсия, S^2	0,000004	0,000093	0,0000005	0,000001	0,000038	
	Стандартное отклонение, S	0,002	0,0096	0,0007	0,001	0,006	
	Коэффициент вариации, V , %	0,2	1,7	0,1	0,2	1,0	
VI	1	0,584	0,558	0,590	0,624	0,674	
	2	0,586	0,560	0,591	0,624	0,675	
	3	0,589	0,562	0,589	0,625	0,675	
	Среднее значение, C_c , В	0,586*	0,560*	0,590*	0,624*	0,675*	
	Дисперсия, S^2	0,0000006	0,000004	0,000001	0,0000005	0,0000005	
	Стандартное отклонение, S	0,0025	0,002	0,001	0,0007	0,0007	
	Коэффициент вариации, V , %	0,4	0,4	0,2	0,1	0,1	

* – значение потенциала корпуса не соответствует требованиям НД [6, 7].

Из результатов исследований следует:

а) во многих контрольных точках на исследуемых судах техническое состояние систем проекторной защиты относится к виду «неработоспособное» [11, 23];

б) использование даже неопытных операторов для измерения потенциала корпуса судна позволяет получить достаточно точные результаты измерений ($V_{cp} = 0,5\%$). Для подтверждения полученных результатов исследований выполнили дополнительный эксперимент. При этом были сохранены: состав группы операторов, технические средства, используемые для измерений потенциала корпуса, условия выполнения измерений. Результаты повторных измерений и расчетов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты повторных измерений потенциала стальных корпусов судов

№ контрольной точки	Дата измерения 25.05.2016 г.	Результаты измерения потенциала, U , В, корпуса судна №					
	№ измерения	№ судна					
		704	282	395	277	818	понтон
I	1	0,525	0,511	0,520	0,667	0,641	0,447
	2	0,527	0,512	0,522	0,668	0,645	0,447
	3	0,528	0,512	0,520	0,668	0,648	0,447
	Среднее значение, C_c , В	0,527*	0,512*	0,521*	0,668*	0,645*	0,447*
	Дисперсия, S^2	0,000025	0,0000005	0,000001	0,0000005	0,000012	0
	Стандартное отклонение, S	0,0016	0,0007	0,0012	0,0007	0,0035	0
	Коэффициент вариации, V , %	0,3	0,1	0,2	0,1	0,6	0

Окончание табл. 2

№ контрольной точки	Дата измерения 25.05.2016 г. № измерения	Результаты измерения потенциала, U , В, корпуса судна №					
		№ судна					
		704	282	395	277	818	понтон
II	1	0,518	0,531	0,554	0,590	0,544	
	2	0,520	0,532	0,556	0,590	0,546	
	3	0,520	0,532	0,555	0,591	0,549	
	Среднее значение, C_{σ} , В	0,519*	0,532*	0,555*	0,590*	0,546*	
	Дисперсия, S^2	0,000001	0,0000005	0,000001	0,0000005	0,000006	
	Стандартное отклонение, S	0,0012	0,0007	0,001	0,0007	0,0025	
	Коэффициент вариации, V , %	0,2	0,1	0,2	0,1	0,5	
III	1	0,563	0,543	0,569	0,599	0,585	0,425
	2	0,562	0,543	0,569	0,599	0,600	0,425
	3	0,563	0,543	0,570	0,599	0,600	0,425
	Среднее значение, C_{σ} , В	0,563*	0,543*	0,569*	0,599*	0,595*	0,425*
	Дисперсия, S^2	0,0000005	0	0,0000005	0	0,000062	0
	Стандартное отклонение, S	0,0007	0	0,0007	0	0,008	0
	Коэффициент вариации, V , %	0,1	0	0,1	0	1,3	0
IV	1	0,540	0,541	0,546	0,591	0,642	
	2	0,539	0,541	0,548	0,596	0,642	
	3	0,539	0,541	0,549	0,596	0,642	
	Среднее значение, C_{σ} , В	0,539*	0,541*	0,548*	0,594*	0,642*	
	Дисперсия, S^2	0,0000005	0	0,0000025	0,0000085	0	
	Стандартное отклонение, S	0,0007	0	0,0016	0,0029	0	
	Коэффициент вариации, V , %	0,1	0	0,3	0,5	0	
V	1	0,591	0,572	0,548	0,626	0,658	
	2	0,592	0,572	0,550	0,626	0,658	
	3	0,592	0,572	0,551	0,626	0,658	
	Среднее значение, C_{σ} , В	0,592*	0,572*	0,550*	0,626*	0,658*	
	Дисперсия, S^2	0,0000005	0	0,0000025	0	0	
	Стандартное отклонение, S	0,0007	0	0,0016	0	0	
	Коэффициент вариации, V , %	0,1	0	0,3	0	0	
VI	1	0,586	0,570	0,560	0,619	0,666	
	2	0,586	0,571	0,565	0,619	0,666	
	3	0,586	0,571	0,561	0,619	0,666	
	Среднее значение, C_{σ} , В	0,586*	0,571*	0,562*	0,619*	0,666*	
	Дисперсия, S^2	0	0,0000005	0,000007	0	0	
	Стандартное отклонение, S	0	0,0007	0,0026	0	0	
	Коэффициент вариации, V , %	0	0,1	0,5	0	0	

* – значение потенциала корпуса не соответствует требованиям НД [6, 7].

Из полученных результатов следует, что квалификация операторов возрастает при увеличении количества выполненных им измерений потенциала корпуса судна ($V_{\text{ср}} = 0,2\%$).

Заключение

Результаты выполненных исследований позволяют сделать следующие выводы:

а) технические характеристики систем протекторной защиты исследуемых судов во многих контрольных точках не соответствуют требованиям НД [6, 7], то есть системы протекторной защиты находятся в неработоспособном состоянии;

б) подготовка операторов, выполняющих измерения потенциала корпуса судна, не вызывает затруднений.

Литература

1. *Марткович А.М.* Борьба с коррозией корпуса судна. – М.: Морской транспорт, 1955. – 170 с.
2. *Зобочев Ю.Е., Солинская Э.В.* Защита судов от коррозии и обрастания. – М.: Транспорт, 1984. – 174 с.
3. *Максимаджис А.И., Беленький Л.М., Бринер А.С.* Оценка технического состояния корпусов морских судов. – Л.: Судостроение, 1982. – 156 с.
4. *Коробцов И. М.* Техническое обслуживание и ремонт флота. – М.: Транспорт, 1975. – 195 с.
5. *Улиг Г.Т., Ревя Р.У.* Коррозия и борьба с ней. – Л.: Химия, 1989. – 454 с.
6. Руководство по защите корпусов надводных кораблей ВМФ от коррозии и обрастания. – М.: Военное изд-во, 2002. – 350 с.
7. ГОСТ 9.056-75. Стальные корпуса кораблей и судов. Общие требования к электрохимической защите при долговременном стояночном режиме [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200015017> (дата обращения: 20.07.2015 г.).
8. *Белов О.А., Дороганов А.Б.* Проблемы методологии контроля электрохимической защиты стальных корпусов кораблей и судов // Вестник КамчатГТУ. – Петропавловск-Камчатский, 2016. – Вып. 37. – С. 10–13.
9. Обоснование снятия ограничений на продолжительность измерений защитного потенциала стальных корпусов кораблей и судов / *П.А. Белозёров, В.А. Швецов, Д.В. Коростылёв, О.А. Белавина* // Вестник Астраханского гос. техн. ун-та. Серия Морская техника и технология. – 2015. – Вып. 2 (май) – С. 7–12.
10. Использование электроугольных изделий при измерении потенциала стальных корпусов кораблей и судов / *П.А. Белозёров, В.А. Швецов, В.А. Пахомов, О.А. Белавина* // Вестник Астраханского гос. техн. ун-та. Серия Морская техника и технология. – 2015. – Вып. 1 (февраль) – С. 27–31.
11. Совершенствование методики измерения защитного потенциала стальных корпусов кораблей и судов / *П.А. Белозёров, В.А. Швецов, А.А. Луценко, О.А. Белавина* // Вестник Астраханского гос. техн. ун-та. Серия Морская техника и технология. – 2014. – Вып. 4 (ноябрь) – С. 7–12.
12. Обоснование выбора переносного милливольтметра для измерения защитного потенциала стальных корпусов кораблей и судов / *П.А. Белозёров, В.А. Швецов, О.Е. Петренко, Д.В. Коростылев, О.А. Белавина, В.В. Кирносенко* // Вестник КамчатГТУ. – Петропавловск-Камчатский, 2016. – Вып. 36. – С. 12–18.
13. Обоснование выбора необходимого числа параллельных измерений защитного потенциала стальных корпусов кораблей и судов в контрольной точке / *В.А. Швецов, П.А. Белозёров, О.А. Белавина, Д.В. Шунькин, С.А. Малиновский* // Вестник КамчатГТУ. – Петропавловск-Камчатский, 2016. – Вып. 35. – С. 40–46.
14. Испытание устройства для проверки правильности показаний хлорсеребряных электродов сравнения / *В.А. Швецов, П.А. Белозёров, Н.В. Адельшина, В.А. Кирносенко, О.А. Белавина* // Вестник КамчатГТУ. – Петропавловск-Камчатский, 2015. – Вып. 31. – С. 47–55.
15. Влияние квалификации оператора на результаты измерения защитного потенциала стальных корпусов кораблей и судов / *В.А. Швецов, П.А. Белозёров, Н.В. Адельшина, О.А. Белавина, О.Е. Петренко, Д.В. Шунькин, В.В. Кирносенко* // Вестник КамчатГТУ. – Петропавловск-Камчатский, 2014. – Вып. 30. – С. 46–54.
16. Обоснование способа выбора контрольных точек для измерения защитного потенциала стальных корпусов кораблей и судов / *П.А. Белозёров, В.А. Швецов, О.А. Белавина, Д.В. Шунькин, Д.В. Коростылёв, В.А. Пахомов, С.А. Малиновский* // Вестник КамчатГТУ. – Петропавловск-Камчатский, 2014. – Вып. 28. – С. 6–11.
17. Обоснование необходимости подготовки операторов для измерения потенциала стальных корпусов судов и кораблей / *В.А. Швецов, О.А. Белов, П.А. Белозёров, О.А. Белавина, В.В. Кирносенко* // Вестник КамчатГТУ. – Петропавловск-Камчатский, 2016. – Вып. 37. – С. 19–24.
18. Способ контроля режима работы протекторной защиты стальных корпусов кораблей и судов: пат. RU № 2589246 / *В.А. Швецов, Н.В. Адельшина, П.А. Белозеров, Д.В. Коростылев, О.А. Белавина*. Оpubл. 10.07.2016, бюл. № 19.

19. Методики (методы) измерений: ГОСТ Р 8.563-2009. ГСИ [Электронный ресурс]. – URL: sniprov.net/c_4703_snip_58834.html (дата обращения: 08.09.2016).
20. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения: ГОСТ Р 8.736-2011. Издание официальное. – М.: Стандартинформ, 2013. – 24 с.
21. Смагунова А.Н., Шмелева Е.И., Швецов В.А. Алгоритмы оперативного и статического контроля качества работы аналитической лаборатории. – Новосибирск: Наука, 2008. – 60 с.
22. Смагунова А.Н., Карпукова О.М. Методы математической статистики в аналитической химии. – Ростов н/Д: Феникс, 2012. – 346 с.
23. Техническая диагностика. Термины и определения: ГОСТ 20911-89 [Электронный ресурс]. – URL: StandartGost.ru/g/GOST_20911-89 (дата обращения: 08.09.2016).

Информация об авторах **Information about the authors**

Белов Олег Александрович – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат технических наук; заведующий кафедрой электрооборудования и радиооборудования судов; boa-1@mail.ru

Belov Oleg Aleksandrovich – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Technical Sciences; Head of Electrical and Radio Equipment of Ships Chair; boa-1@mail.ru

Швецов Владимир Алексеевич – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; доктор химических наук, доцент, профессор кафедры электрооборудования и радиооборудования судов

Shvetsov Vladimir Alekseevich – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Chemical Sciences, Docent, Professor of Electrical and Radio Equipment of Ships Chair

Ястребов Дмитрий Павлович – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; курсант мореходного факультета

Yastrebov Dmitry Pavlovich – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Cadet of Maritime Faculty

Белавина Ольга Александровна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; специалист по научно-технической информации отдела науки и инноваций; oni@kamchatgtu.ru

Belavina Olga Aleksandrovna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Specialist in Technical and Scientific Information of Science and Innovation Department; oni@kamchatgtu.ru

Шуныкин Дмитрий Владимирович – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; аспирант

Shunkin Dmitry Vladimirovich – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Postgraduate

УДК 621.3.011

Г.А. Пюкке

ТЕСТИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ НА ОСНОВЕ СИНТЕЗА ДИАГНОСТИРУЕМОЙ СТРУКТУРЫ

Рассмотрена диагностическая модель, полученная на основе матричных преобразований уравнений электрических цепей для потенциалов. Предложен метод локализации дефектов в многокомпонентных резистивных электрических цепях на основе синтеза объекта диагностирования по эмпирическим данным, полученным при проведении диагностического эксперимента. Рассмотренная процедура легко формализуема при машинной обработке информации, что расширяет возможности разработчика при решении задач идентификации и диагностирования с последующим проектированием технических средств диагностирования с новыми возможностями, расширяющими круг инженерных задач по поддержанию работоспособного состояния технических систем и предотвращения аварийных ситуаций при эксплуатации.

Ключевые слова: матрица, диагностический признак, модель диагностирования, тест, потенциал, дефект, синтез, топология, структура, матрица потенциалов.

G.A. Pyukke

PARAMETER TESTING OF MULTICOMPONENT ELECTRICAL CIRCUITS ON THE BASIS OF SYNTHESIS OF DIAGNOSED STRUCTURE

The diagnostic model received on the basis of matrix transformations of the equations of electric circuits for potentials is considered. The method of localization of defects in multicomponent resistive electric circuits is offered on the basis of synthesis of the object for diagnosing according to the empirical data received during the diagnostic experiment. The considered procedure is easily formalized when machining the information. It expands opportunities of a developer while solving the problems of identification and diagnosing, with the subsequent designing technical means of diagnosing with new opportunities extending engineering challenges to maintain efficient condition of technical systems and emergency prevention when operating.

Key words: matrix, diagnostic attribute, model of diagnosing, test, potential, defect, synthesis, topology, structure, matrix of potentials

DOI: 10.17217/2079-0333-2017-39-12-24

Введение

Важной задачей, решаемой при диагностировании многокомпонентных разветвленных электрических цепей, является задача локализации области неработоспособных составляющих ее компонент с сохранением топологии объекта диагностирования при проведении диагностического эксперимента. Такой подход дает возможность обнаружить дрейф (изменения) номиналов составляющих элементов объекта исследования после длительной его эксплуатации, не нарушая его целостности.

Методика диагностирования базируется на представлении объекта диагностирования в виде пассивной резистивной линейной электрической цепи после проведения процедуры линеаризации, выполненной тем или иным общеизвестным методом. Такая операция необходима, чтобы при теоретических изысканиях использовать хорошо отработанный аппарат анализа линейных электрических цепей, когда выполняется закон Ома, принцип суперпозиции, а сама система описывается линейными дифференциальными или алгебраическими уравнениями с постоянными коэффициентами, имеющими решения в общем виде. Первоначально строится модель диагностирования, и на ее основе разрабатывается методика диагностирования.

В качестве основных диагностических признаков, используемых в диагностической модели, выбирается совокупность электрических потенциалов всех узлов электрической цепи относи-

тельно узла, принятого за опорный узел, которые фиксируются вольтметром с большим внутренним сопротивлением. Условие большого внутреннего сопротивления вольтметра продиктовано исключением вмешательства в топологию объекта диагностирования при проведении диагностического эксперимента.

В качестве диагностируемых параметров выбирается массив проводимостей двухполюсных элементов эквивалентной схемы замещения. Методика диагностирования базируется на основе синтеза топологии и параметров составляющих компонент на момент диагностирования. Синтезировать электрическую цепь на основе эмпирических данных, полученных при проведении диагностического эксперимента, можно при использовании системы узловых уравнений для потенциалов (*) [1]. Такими данными являются выбранные нами основные диагностические признаки, измеренные в постэксплуатационный произвольный момент времени:

$$\mathbf{A} \mathbf{Y} \mathbf{A}^t \mathbf{U}_0 = -\mathbf{A} (\mathbf{J} + \mathbf{Y} \mathbf{E}) = -\mathbf{A} \mathbf{J} - \mathbf{A} \mathbf{Y} \mathbf{E}, \quad (*)$$

где $\mathbf{A}$ – матрица соединений, отражающая структуру графа диагностируемой электрической цепи, $\mathbf{Y}$ – диагональная матрица диагностируемых параметров составляющих компонент диагностируемой электрической цепи, $\mathbf{U}_0$ – вектор основных диагностических признаков, $\mathbf{J}$ – вектор токов источников тока, $\mathbf{E}$ – вектор ЭДС источников напряжения, $\mathbf{A} \mathbf{Y} \mathbf{E}$ – произведение матриц, представляющее матрицу-столбец, элементы которой являются суммой токов эквивалентных источников тока, образованных за счет преобразования источников ЭДС в ветвях в источники тока, $\mathbf{A} \mathbf{Y} \mathbf{A}^t$ – произведение матриц, представляющее собой квадратную матрицу узловых проводимостей $\mathbf{Y}_{\text{узл}}$, $\mathbf{A} \mathbf{J}$ – произведение матриц, представляющее матрицу-столбец, состоящую из элементов, являющихся суммой токов источников тока ветвей, соединенных с данным узлом, номер которого определяет номер элемента [1].

Построение диагностической модели

Строится модель диагностирования, аналитически связывающая совокупность основных диагностических признаков – то есть электрических потенциалов всех узлов электрической цепи с множеством диагностируемых параметров, в качестве которых выбран массив проводимостей двухполюсных элементов эквивалентной схемы замещения. При этом диагностическая модель должна обеспечить однозначность такого соответствия при реализации метода диагностирования, построенного на ее основе.

Так как по условиям диагностического эксперимента источник тестового сигнала должен быть источником, близким к источнику тока, то в системе (*) слагаемое $\mathbf{A} \mathbf{Y} \mathbf{E}$ обращается в ноль, и система (*) примет вид:

$$\mathbf{A} \mathbf{Y} \mathbf{A}^t \mathbf{U}_0 = -\mathbf{A} \mathbf{J}. \quad (**)$$

Топологическая структура и параметры составляющих компонент в начальный момент эксплуатации считаются известными. После периода эксплуатации выполняется диагностирование и определяется топологическая структура и параметры составляющих компонент в произвольный текущий момент времени эксплуатации. Эти условия легко выполнимы, так как в большинстве случаев именно исходная топологическая структура схем известна при эксплуатации соответствующих устройств в радиоэлектронике, электроэнергетике и других отраслях. Рассматриваются такие виды дефектов, как «обрыв» и временной дрейф параметров, составляющих объект диагностирования компонент, вследствие необратимых физико-химических процессов старения. Такие виды дефектов, как «короткие замыкания» в структуре диагностируемой цепи, приводят к изменению размера матрицы узловых потенциалов и данным методом не описываются.

Согласно принятой методики, в системе (**) предлагается рассматривать в качестве неизвестных не коэффициенты матрицы-столбца $\mathbf{U}_0$, как это делается при анализе, а коэффициенты матрицы узловых проводимостей $\mathbf{Y}_{\text{узл}} = \mathbf{A} \mathbf{Y} \mathbf{A}^t$, что соответствует задаче синтеза топологии цепи по измеренным в ходе диагностического эксперимента диагностическим признакам $\mathbf{U}_0$ и $\mathbf{J}$. Но так как в текущий момент контроля топологическая структура и параметры составляющих компонент вследствие возможности возникновения дефектов могут отличаться от исходных (номинальных), то топология и параметры (номиналы) составляющих компонент на момент диагностирования считаются неизвестными и подлежат определению.

По условиям выполнения диагностического эксперимента коэффициенты матрицы узловых проводимостей Y_{uzl} ищутся не теоретически по матрицам A , Y и A^t , так как топологическая структура и параметры на момент исследования могут не соответствовать исходным, а экспериментально по измеренным диагностическим признакам U_0 и J .

Поиск коэффициентов матрицы узловых проводимостей необходим в силу тесной связи между коэффициентами матрицы Y_{uzl} и величинами определяемых параметров двухполусных компонент эквивалентной схемы замещения. Эта связь отражена в топологии матрицы Y_{uzl} . Поэтому задачу диагностирования можно считать практически решенной, если найдены коэффициенты матрицы узловых проводимостей Y_{uzl} .

Построение матрицы Y_{uzl} может быть выполнено на основе сформированной в ходе проведения диагностического эксперимента матрицы узловых сопротивлений Z , аналитически связанной с матрицей Y_{uzl} соотношением $Y_{uzl} = Z^{-1}$.

Запись матрицы Z можно выполнить, последовательно заполняя ее строки (или столбцы: все равно, так как для линейных цепей, обладающих свойством взаимности, матрицы будут симметричны относительно главной диагонали) значениями потенциалов каждого из узлов относительно опорного узла при различных позициях подключения источника тестового сигнала между опорным и остальными узлами схемы (рис. 1).

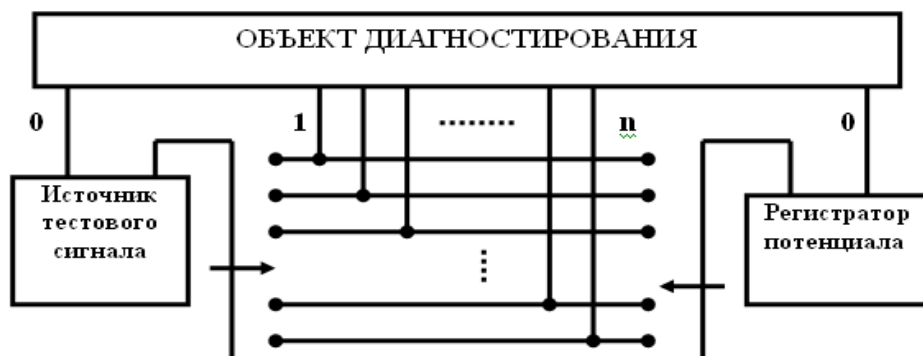


Рис. 1. Процедура тестирования многокомпонентной электрической цепи

Но чтобы формировать матрицу узловых сопротивлений значениями потенциалов, необходимо создать такие условия проведения диагностического эксперимента, при которых получается формальное (без учета размерности единиц измерения) чисто количественное равенство коэффициентов матрицы Z и матрицы узловых потенциалов U . Для реализации этого условия необходимо, чтобы в каждом акте тестирования величина входного тока оставалась постоянной и численно равной единице.

Аналитически это можно показать на основе соотношения (**) следующим преобразованием, учитывая, что поле матриц не коммутативно (кроме единичной матрицы 1) [2]:

$$A Y A^t U_0 = -A J \Rightarrow Y_{uzl} U = 1 \Rightarrow Y_{uzl} U U^{-1} = 1 U^{-1} \Rightarrow Y_{uzl} 1 = 1 U^{-1} \Rightarrow Z^{-1} = U^{-1} \Rightarrow Z = U.$$

Теоретически это означает, что источник тестового сигнала должен быть идеальным источником тока, имеющим бесконечно большое внутреннее сопротивление, а внешний ток такого источника будет постоянным и не зависящим от изменений внешней нагрузки, возникающих при коммутациях во время проведения диагностического эксперимента [3].

После экспериментального определения матрицы U можно записать матрицу узловых проводимостей

$$Y_{uzl} = U^{-1} = Z^{-1}.$$

Можно показать аналитически, что решение системы узловых уравнений определит коэффициенты матрицы узловых проводимостей, являющейся обратной матрицей узловых потенциалов. Действительно: в результате проведения диагностического эксперимента получим сис-

тему подсистем (***), каждая из подсистем будет неопределенна (неопределенность $\frac{0}{0}$ дает бесчисленное множество решений), так как количество уравнений n не дает единственного решения для n^2 неизвестных.

$$\begin{aligned}
 & \left(\begin{array}{cccc} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{n1} & y_{n2} & \dots & y_{nn} \end{array} \right) \cdot \left(\begin{array}{c} U(11) \\ U(12) \\ \dots \\ U(1N) \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} 1 \\ 0 \\ \dots \\ 0 \end{array} \right) \\
 & \left(\begin{array}{cccc} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{n1} & y_{n2} & \dots & y_{nn} \end{array} \right) \cdot \left(\begin{array}{c} U(21) \\ U(22) \\ \dots \\ U(2N) \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} 0 \\ 1 \\ \dots \\ 0 \end{array} \right) \\
 & \dots \\
 & \left(\begin{array}{cccc} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{n1} & y_{n2} & \dots & y_{nn} \end{array} \right) \cdot \left(\begin{array}{c} U(N1) \\ U(N2) \\ \dots \\ U(NN) \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} 0 \\ 0 \\ \dots \\ 1 \end{array} \right)
 \end{aligned}
 \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \dots \\ \end{array} \right\} (***)$$

Вся совокупность подсистем эквивалентна системе

$$\left(\begin{array}{cccc} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{n1} & y_{n2} & \dots & y_{nn} \end{array} \right) \cdot \left(\begin{array}{cccc} U(11) & U(21) & \dots & U(N1) \\ U(12) & U(22) & \dots & U(N2) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ U(1N) & U(2N) & \dots & U(NN) \end{array} \right) = \left(\begin{array}{cccc} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{array} \right).$$

После перемножения матриц и приравнивая соответствующих коэффициентов

$$\left(\begin{array}{cc} U(11)y_{11} + U(12)y_{12} + \dots + U(1N)y_{1n} & U(21)y_{11} + U(22)y_{12} + \dots + U(2N)y_{1n} \\ U(11)y_{21} + U(12)y_{22} + \dots + U(1N)y_{2n} & U(21)y_{21} + U(22)y_{22} + \dots + U(2N)y_{2n} \\ \dots & \dots \\ U(11)y_{n1} + U(12)y_{n2} + \dots + U(1N)y_{nn} & U(21)y_{n1} + U(22)y_{n2} + \dots + U(2N)y_{nn} \\ \dots & \dots \\ \dots & \dots \\ \dots & \dots \end{array} \right) = \left(\begin{array}{cccc} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{array} \right).$$

получим систему (****) n^2 уравнений с n^2 неизвестными, которая будет совместна и определена, если матрица U не вырожденная и количество неизвестных равно количеству уравнений в системе. Ее можно решить, вычислив для каждой подсистемы n неизвестных, которые будут коэффициентами матрицы U^{-1} обратной матрице U , но а матрица $U^{-1} = Y_{y31}$, ч. т. д.

$$\begin{array}{l}
 U(11)y_{11} + U(12)y_{12} + \dots + U(1N)y_{1n} = 1 \\
 U(21)y_{11} + U(22)y_{12} + \dots + U(2N)y_{1n} = 0 \\
 \\
 U(N1)y_{11} + U(N2)y_{12} + \dots + U(NN)y_{1n} = 0
 \end{array} \left\{ \text{1-я подсистема} \right.$$

(*****)

$$\begin{array}{l}
 U(11)y_{21} + U(12)y_{22} + \dots + U(1N)y_{2n} = 0 \\
 U(21)y_{21} + U(22)y_{22} + \dots + U(2N)y_{2n} = 1 \\
 \\
 U(N1)y_{21} + U(N2)y_{22} + \dots + U(NN)y_{2n} = 0
 \end{array} \left\{ \text{2-я подсистема} \right.$$

$\vdots$

$\vdots$

$$\begin{array}{l}
 U(11)y_{n1} + U(12)y_{n2} + \dots + U(1N)y_{nn} = 0 \\
 U(21)y_{n1} + U(22)y_{n2} + \dots + U(2N)y_{nn} = 0 \\
 \\
 U(N1)y_{n1} + U(N2)y_{n2} + \dots + U(NN)y_{nn} = 1
 \end{array} \left\{ n\text{-я подсистема} \right.$$

Для решения инженерных задач диагностирования достаточно на основе диагностического эксперимента сформировать матрицу $\mathbf{U}$ и выполнить ее обращение. Полученная матрица узловых проводимостей даст возможность вычислить проводимости двухполюсных компонент эквивалентной схемы замещения. Такое вычисление базируется на свойствах матрицы узловых проводимостей, а именно: проводимость, соединяющая узлы $\mathbf{i}$ и $\mathbf{j}$ ($\mathbf{i} \neq \mathbf{j}$), равна: $y_{ij} = |y_{ij}|$, если $\mathbf{i}, \mathbf{j} \neq 0$;

$$y_{ij} = \sum_{k=1}^n y_{ik}, \text{ если } i \neq j = 0.$$

После вычисления проводимостей всех двухполюсных компонент эквивалентной схемы замещения формируется двумерный массив вычисленных сопротивлений $\mathbf{R}$, построенный на основе топологического графа исследуемой цепи, имеющего размер $n \times n$, и содержащего C_{n+1}^2 значащих коэффициентов (здесь C_{n+1}^2 – число сочетаний из $n+1$ элементов по 2, n – порядок матрицы узловых проводимостей). Также формируется массив исходных сопротивлений $\mathbf{R}^*$, построенный на основе топологического графа исследуемой цепи в доэксплуатационный момент времени.

$$\mathbf{R} = \begin{pmatrix} r_{12} & r_{13} & \cdots & r_{1,n+1} \\ 0 & r_{23} & \cdots & r_{2,n+1} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & \cdots & r_{n,n+1} \end{pmatrix}; \quad \mathbf{R}^* = \begin{pmatrix} r_{12}^* & r_{13}^* & \cdots & r_{1,n+1}^* \\ 0 & r_{23}^* & \cdots & r_{2,n+1}^* \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & \cdots & r_{n,n+1}^* \end{pmatrix}.$$

Далее находится модуль разности массивов $|\mathbf{R} - \mathbf{R}^*|$. Если в результате вычитания получится массив, состоящий из нулей и элементов вида $|\infty - \infty|$, то можно констатировать, что за время эксплуатации в двухполюсных компонентах электрической цепи не произошло изменения диагностируемого параметра. Если в результате вычитания получится массив, имеющий коэффициенты, отличные от нуля, то количество и величина этих коэффициентов будут свидетельствовать о количестве дефектов и величине дрейфа диагностируемого параметра.

Рассмотрим пример. На рис. 2 изображена диагностируемая электрическая цепь. Требуется определить проводимости ветвей цепи на момент диагностирования после длительного периода эксплуатации. Для реализации метода положим, что в диагностических экспериментах тестовые

сигналы – задающие токи – были установлены равными 1 А. Номинальные значения сопротивлений ветвей цепи изначально (до периода эксплуатации) имеют следующие значения:

$R_{1-2} = 10 \text{ Ом}$; $R_{1-3} = 5 \text{ Ом}$; $R_{2-3} = 2 \text{ Ом}$; $R_{1-7} = 8 \text{ Ом}$; $R_{1-4} = 8 \text{ Ом}$; $R_{2-5} = 4 \text{ Ом}$; $R_{3-6} = 2 \text{ Ом}$; $R_{3-0} = 10 \text{ Ом}$; $R_{4-5} = 10 \text{ Ом}$; $R_{5-6} = 4 \text{ Ом}$; $R_{4-7} = 8 \text{ Ом}$; $R_{5-8} = 10 \text{ Ом}$; $R_{6-0} = 5 \text{ Ом}$; $R_{7-8} = 5 \text{ Ом}$; $R_{8-0} = 4 \text{ Ом}$; $R_{7-0} = 8 \text{ Ом}$.

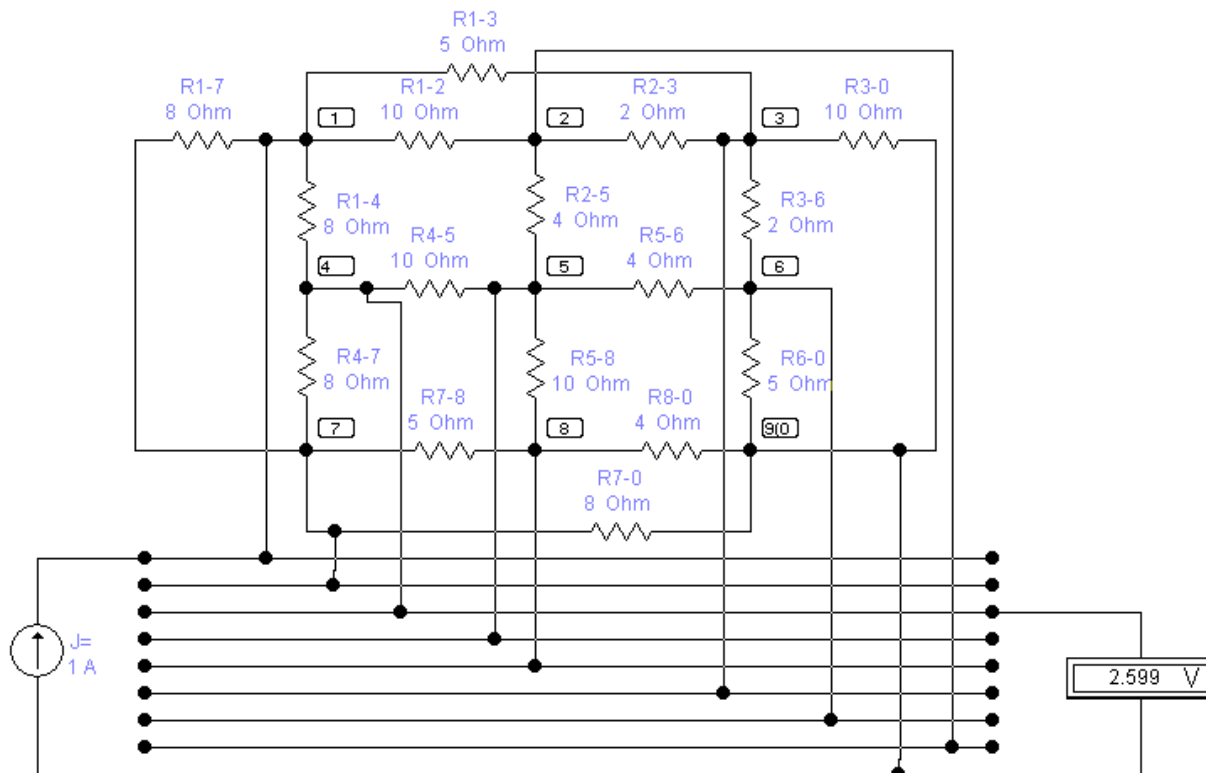


Рис 2. Диагностируемая электрическая цепь

Для реализации метода на основе синтеза параметров составляющих компонент сначала выполним подключение источника тока с током $J = 1 \text{ А}$ между узлами 0 и 1. Измеряя напряжения всех полюсов относительно нулевого полюса, запишем первый столбец (строку) матрицы узловых потенциалов U .

Далее, подключив источник тока с током $J = 1 \text{ А}$ между узлами 0 и 2, измерим напряжения всех полюсов относительно нулевого полюса и запишем второй столбец матрицы узловых напряжений и т. д. Продолжая по аналогии и выполнив все восемь экспериментов, сформируем матрицы узловых напряжений U :

$$U = \begin{pmatrix} 3,9870 & 2,2610 & 2,0990 & 2,5990 & 1,8930 & 1,6030 & 1,7760 & 0,9899 \\ 2,2610 & 3,5900 & 2,4680 & 1,9160 & 2,3660 & 1,9210 & 1,2110 & 0,8705 \\ 2,0990 & 2,4680 & 2,8050 & 1,6910 & 1,9390 & 1,9870 & 1,0840 & 0,7466 \\ 2,5990 & 1,9160 & 1,6910 & 5,1240 & 2,0930 & 1,4410 & 2,0730 & 1,1340 \\ 1,8930 & 2,3660 & 1,9390 & 2,0930 & 3,4110 & 1,9180 & 1,2390 & 1,0710 \\ 1,6030 & 1,9210 & 1,9870 & 1,4410 & 1,9180 & 2,6030 & 0,8963 & 0,6747 \\ 1,7760 & 1,2110 & 1,0840 & 2,0730 & 1,2390 & 0,8963 & 3,0390 & 1,3300 \\ 0,9899 & 0,8705 & 0,7466 & 1,1340 & 1,0710 & 0,6747 & 1,3300 & 2,4970 \end{pmatrix}.$$

Для нахождения матрицы узловых проводимостей $Y_{\text{уз}}$ достаточно выполнить обращение матрицы узловых напряжений U . Обращение матрицы можно произвести в режиме командной строки пакета МАТЛАБ, выполнив команду $\gg \text{inv}(U)$, где $U = [3,9870 \ 2,2610 \ 2,0990 \ 2,5990 \ 1,8930 \ 1,6030 \ 1,7760 \ 0,9899; 2,2610 \ 3,5900 \ 2,4680 \ 1,9160 \ 2,3660 \ 1,9210 \ 1,2110 \ 0,8705; 2,0990$

2,4680 2,8050 1,6910 1,9390 1,9870 1,0840 0,7466; 2,5990 1,9160 1,6910 5,1240 2,0930 1,4410 2,0730 1,1340; 1,8930 2,3660 1,9390 2,0930 3,4110 1,9180 1,2390 1,0710; 1,6030 1,9210 1,9870 1,4410 1,9180 2,6030 0,8963 0,6747; 1,7760 1,2110 1,0840 2,0730 1,2390 0,8963 3,0390 1,3300; 0,9899 0,8705 0,7466 1,1340 1,0710 0,6747 1,3300 2,4970].

В результате получим следующую матрицу узловых проводимостей $Y_{узл}$:

$$Y_{узл} = \begin{pmatrix} 0,5499 & -0,1001 & -0,1997 & -0,1250 & -0,0001 & -0,0000 & -0,1249 & -0,0000 \\ -0,1001 & 0,8503 & -0,5010 & 0,0000 & -0,2498 & 0,0006 & 0,0000 & 0,0000 \\ -0,1997 & -0,5010 & 1,3015 & -0,0000 & 0,0002 & -0,5009 & -0,0003 & 0,0001 \\ -0,1250 & 0,0000 & -0,0000 & 0,3499 & -0,0999 & -0,0001 & -0,1249 & 0,0001 \\ -0,0001 & -0,2498 & 0,0002 & -0,0999 & 0,6998 & -0,2501 & -0,0000 & -0,1001 \\ -0,0000 & 0,0006 & -0,5009 & -0,0001 & -0,2501 & 0,9503 & 0,0002 & -0,0000 \\ -0,1249 & 0,0000 & -0,0003 & -0,1249 & -0,0000 & 0,0002 & 0,5748 & -0,1999 \\ -0,0000 & 0,0000 & 0,0001 & 0,0001 & -0,1001 & -0,0000 & -0,1999 & 0,5498 \end{pmatrix}.$$

Анализ топологического графа (рис. 3) диагностируемой цепи и структуры матрицы узловых проводимостей показывает, что граф имеет неполную структуру, то есть ветви между узлами 1-5; 1-6; 1-8; 1-0; 2-4; 2-6; 2-7; 2-8; 2-0; 3-4; 3-5; 3-7; 3-8; 4-6; 4-8; 4-0; 5-7; 5-0; 6-7; 6-8 отсутствуют, а значит, их проводимости равны нулю. Этот факт отражен в топологии матрицы наличием нулевых компонент либо компонент, имеющих малое численное значение и появившееся в результате погрешностей, возникших при выполнении операции обращения матрицы U при округлении с заданной точностью.

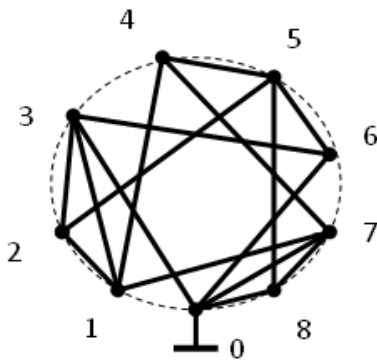


Рис. 3. Граф цепи

Таковыми компонентами матрицы являются компоненты с индексами 1-5; 1-6; 1-8; 2-4; 2-6; 2-7; 2-8; 3-4; 3-5; 3-7; 3-8; 4-6; 4-8; 5-7; 6-7; 6-8 и симметричные им 5-1; 6-1; 8-1; 4-2; 6-2; 7-2; 8-2; 4-3; 5-3; 7-3; 8-3; 6-4; 8-4; 7-5; 7-6; 8-6. Следовательно, эти компоненты матрицы можно обнулить. Как отмечалось выше, по матрице $Y_{узл}$ можно вычислить проводимости ветвей диагностируемой электрической цепи, если цепь удовлетворяет определенным ограничениям, таким как отсутствие в цепи параллельно соединенных ветвей и ветвей, замкнутых в петли.

В результате получим матрицу узловых проводимостей $Y_{узл}$, которая даст возможность на основе ее свойств, таких как сумма проводимостей по строке полной матрицы узловых проводимостей равна нулю, а также свойств диагональных элементов матрицы, определяемых как сумма проводимостей ветвей, сходящихся в n -м узле, получить численные значения проводимостей всех ветвей диагностируемой электрической цепи.

$$Y_{узл} = \begin{pmatrix} 0,5499 & -0,1001 & -0,1997 & -0,1250 & 0 & 0 & -0,1249 & 0 \\ -0,1001 & 0,8503 & -0,5010 & 0 & -0,2498 & 0 & 0 & 0 \\ -0,1997 & -0,5010 & 1,3015 & 0 & 0 & -0,5009 & 0 & 0 \\ -0,1250 & 0 & 0 & 0,3499 & -0,0999 & 0 & -0,1249 & 0 \\ 0 & -0,2498 & 0 & -0,0999 & 0,6998 & -0,2501 & 0 & -0,1001 \\ 0 & 0 & -0,5009 & 0 & -0,2501 & 0,9503 & 0 & 0 \\ -0,1249 & 0 & 0 & -0,1249 & 0 & 0 & 0,5748 & -0,1999 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -0,1001 & 0 & -0,1999 & 0,5498 \end{pmatrix}.$$

Искомые проводимости ветвей определяются на основе свойств матрицы узловых проводимостей. Для ветвей, инцидентных нулевому полюсу g_{ij} , проводимости определяются из соотношения

$$g_{ij} = \sum_{k=1}^n Y_{ik}, \text{ если } i \neq j = 0.$$

$$g_{30} = Y_{31} + Y_{32} + Y_{33} + Y_{34} + Y_{35} + Y_{36} + Y_{37} + Y_{38} = -0,1997 - 0,5010 + 1,3015 + 0 + 0 - 0,5009 + 0 + 0 = 0,0999 \text{ См; соответственно, сопротивление } r_{30} = 10 \text{ Ом},$$

$$g_{60} = Y_{61} + Y_{62} + Y_{63} + Y_{64} + Y_{65} + Y_{66} + Y_{67} + Y_{68} = 0 + 0 - 0,5009 + 0 - 0,2501 + 0,9503 + 0 + 0 = 0,1993 \text{ См; соответственно, сопротивление } r_{60} = 5 \text{ Ом},$$

$$g_{70} = Y_{71} + Y_{72} + Y_{73} + Y_{74} + Y_{75} + Y_{76} + Y_{77} + Y_{78} = -0,1249 + 0 + 0 - 0,1249 + 0 + 0 + 0,5748 - 0,1999 = 0,1251 \text{ См; соответственно, сопротивление } r_{70} = 8 \text{ Ом},$$

$$g_{80} = Y_{81} + Y_{82} + Y_{83} + Y_{84} + Y_{85} + Y_{86} + Y_{87} + Y_{88} = 0 + 0 + 0 + 0 - 0,1001 + 0 - 0,1999 + 0,5498 = 0,2498 \text{ См; соответственно, сопротивление } r_{80} = 4 \text{ Ом},$$

$$g_{10} = Y_{11} + Y_{12} + Y_{13} + Y_{14} + Y_{15} + Y_{16} + Y_{17} + Y_{18} = 0,5499 - 0,1001 - 0,1997 - 0,1250 + 0 + 0 - 0,1249 + 0 = 0,0002 \approx 0, \text{ соответственно, сопротивление } r_{10} = \infty,$$

$$g_{20} = Y_{21} + Y_{22} + Y_{23} + Y_{24} + Y_{25} + Y_{26} + Y_{27} + Y_{28} = -0,1001 + 0,8503 - 0,5010 + 0 - 0,2498 + 0 + 0 + 0 = -0,0006 \approx 0, \text{ соответственно, сопротивление } r_{20} = \infty,$$

$$g_{40} = Y_{41} + Y_{42} + Y_{43} + Y_{44} + Y_{45} + Y_{46} + Y_{47} + Y_{48} = -0,1250 + 0 + 0 + 0,3499 - 0,0999 + 0 - 0,1249 + 0 = 0,0001 \approx 0, \text{ соответственно, сопротивление } r_{40} = \infty,$$

$$g_{50} = Y_{51} + Y_{52} + Y_{53} + Y_{54} + Y_{55} + Y_{56} + Y_{57} + Y_{58} = 0 - 0,2498 + 0 - 0,0999 + 0,6998 - 0,2501 + 0 - 0,1001 = -0,0001 \approx 0, \text{ соответственно, сопротивление } r_{50} = \infty.$$

Для ветвей, не инцидентных нулевому полюсу, проводимости g_{ij} определяются из соотношения

$$g_{ij} = |Y_{ij}|, \text{ если } i, j \neq 0.$$

$$g_{12} = |Y_{12}| = 0,1001 \text{ См, соответственно, сопротивление } r_{12} = 10 \text{ Ом}.$$

$$g_{13} = |Y_{13}| = 0,1997 \text{ См, соответственно, сопротивление } r_{13} = 5 \text{ Ом}.$$

$$g_{14} = |Y_{14}| = 0,1250 \text{ См, соответственно, сопротивление } r_{14} = 8 \text{ Ом}.$$

$$g_{17} = |Y_{17}| = 0,1249 \text{ См, соответственно, сопротивление } r_{17} = 8 \text{ Ом}.$$

$$g_{23} = |Y_{23}| = 0,5010 \text{ См, соответственно, сопротивление } r_{23} = 2 \text{ Ом}.$$

$$g_{25} = |Y_{25}| = 0,2498 \text{ См, соответственно, сопротивление } r_{25} = 4 \text{ Ом}.$$

$$g_{36} = |Y_{36}| = 0,5009 \text{ См, соответственно, сопротивление } r_{36} = 2 \text{ Ом}.$$

$$g_{45} = |Y_{45}| = 0,0999 \text{ См, соответственно, сопротивление } r_{45} = 10 \text{ Ом}.$$

$$g_{47} = |Y_{47}| = 0,1249 \text{ См, соответственно, сопротивление } r_{47} = 8 \text{ Ом}.$$

$$g_{56} = |Y_{56}| = 0,2501 \text{ См, соответственно, сопротивление } r_{56} = 4 \text{ Ом}.$$

$$g_{58} = |Y_{58}| = 0,1001 \text{ См, соответственно, сопротивление } r_{58} = 10 \text{ Ом}.$$

$$g_{78} = |Y_{78}| = 0,1999 \text{ См, соответственно, сопротивление } r_{78} = 5 \text{ Ом}.$$

Массив исходных сопротивлений $\mathbf{R}^*$ и вычисленных сопротивлений $\mathbf{R}$:

$$\mathbf{R}^* = \begin{pmatrix} 10 & 5 & 8 & \infty & \infty & 8 & \infty & \infty \\ & 2 & \infty & 4 & \infty & \infty & \infty & \infty \\ & & \infty & \infty & 2 & \infty & \infty & 10 \\ & & & 10 & \infty & 8 & \infty & \infty \\ & & & & 4 & \infty & 10 & \infty \\ & & & & & \infty & \infty & 5 \\ & & & & & & 5 & 8 \\ & & & & & & & 4 \end{pmatrix}; \quad \mathbf{R} = \begin{pmatrix} 10 & 5 & 8 & \infty & \infty & 8 & \infty & \infty \\ & 2 & \infty & 4 & \infty & \infty & \infty & \infty \\ & & \infty & \infty & 2 & \infty & \infty & 10 \\ & & & 10 & \infty & 8 & \infty & \infty \\ & & & & 4 & \infty & 10 & \infty \\ & & & & & \infty & \infty & 5 \\ & & & & & & 5 & 8 \\ & & & & & & & 4 \end{pmatrix};$$

$$|\mathbf{R} - \mathbf{R}^*| = \begin{pmatrix} |0| & |0| & |0| & |\infty - \infty| & |\infty - \infty| & |0| & |\infty - \infty| & |\infty - \infty| \\ & |0| & |\infty - \infty| & |0| & |\infty - \infty| & |\infty - \infty| & |\infty - \infty| & |\infty - \infty| \\ & & |\infty - \infty| & |\infty - \infty| & |0| & |\infty - \infty| & |\infty - \infty| & |0| \\ & & & |0| & |\infty - \infty| & |0| & |\infty - \infty| & |\infty - \infty| \\ & & & & |0| & |\infty - \infty| & |0| & |\infty - \infty| \\ & & & & & |\infty - \infty| & |\infty - \infty| & |0| \\ & & & & & & |0| & |0| \\ & & & & & & & |0| \end{pmatrix}.$$

Анализ массива $|\mathbf{R} - \mathbf{R}^*|$ свидетельствует о том, что за время эксплуатации существенных дрейфов параметров составляющих компонент не произошло. Однако появление ложных значений проводимостей отсутствующих ветвей между узлами: 1–5; 1–6; 1–8; 1–0; 2–4; 2–6; 2–7; 2–8; 2–0; 3–4; 3–5; 3–7; 3–8; 4–6; 4–8; 4–0; 5–7; 5–0; 6–7; 6–8, иногда всего лишь на два-три порядка отличающихся от проводимостей ветвей существующих, свидетельствует о чувствительности метода к погрешностям измерений при проведении диагностических экспериментов.

Как показывает опыт, при достаточно малых значениях погрешностей измерений диагностику электрической цепи рассматриваемым методом можно выполнить достаточно точно. Но с ростом погрешности измерений погрешность решения задачи быстро возрастает. Поэтому при недостаточно высокой точности измерений необходимо априори знать топологию объекта диагностирования.

Анализ устойчивости решения и постановка корректности задачи диагностики

Решаемая задача разработки метода поиска дефектов в резистивных электрических цепях не выходит за рамки использования систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Однако следует отметить, что характерной особенностью СЛАУ является возможность наличия высокой чувствительности их решения к входным данным. Последнее означает, что даже небольшие изменения $\Delta \mathbf{b}$ вектора $\mathbf{b}$ в правой части системы $\mathbf{Ax} = \mathbf{b}$ или $\Delta \mathbf{A}$ матрицы $\mathbf{A}$ влекут за собой значительные изменения $\Delta \mathbf{x}$ решения $\mathbf{x}$ исходной системы, и полученный результат $\mathbf{x}^* = \mathbf{x} + \Delta \mathbf{x}$ может оказаться далеким от определяемого решения. Поэтому необходимо выполнить анализ решаемой задачи на устойчивость, и если исследуемая СЛАУ окажется плохо обусловленной, то необходимо использовать корректировку системы, применяя тот или иной метод регуляризации, позволяющий привести исходную СЛАУ к системе с менее чувствительной зависимостью решения от входных данных, приводящей к более устойчивому решению.

В приложении к решаемой задаче устойчивость системы тесно связана с понятием обусловленности матриц. Очевидно, что в практических задачах из-за погрешностей измерений коэффициенты матрицы $\mathbf{U}$ и свободного члена $\mathbf{1}$ неточны. В предлагаемом методе диагностирования выполняется операция обращения матрицы $\mathbf{U}$, $\mathbf{Y}_{\text{зл}} = \mathbf{U}^{-1}$. Необходимо учитывать, что обратная матрица $\mathbf{U}^{-1}$ будет устойчива к погрешностям исходных данных, если малым изменениям в элементах матрицы $\mathbf{U}$ будут соответствовать малые изменения в элементах матрицы $\mathbf{U}^{-1}$. Условие корректности поставленной задачи состоит в том, чтобы матрица $\mathbf{U}$ была далека от вырождения, то есть ее определитель не был слишком мал: так как при малом значении определителя коэффициенты обратной матрицы $\mathbf{U}^{-1}$ достаточно велики, и незначительные изменения в коэффициентах матрицы $\mathbf{U}$ приведут к значительным изменениям в решении системы. Матрица $\mathbf{U}$ будет плохо обусловлена, а матрица $\mathbf{Y}_{\text{зл}} = \mathbf{U}^{-1}$ неустойчива.

Оценки погрешности решения задачи диагностики в рассматриваемом методе тесно связаны со структурно-топологическими особенностями исследуемой электрической цепи, то есть погрешности оказываются большими для тех цепей, у которых искомые матрицы узловых проводимостей $\mathbf{Y}_{\text{зл}}$ хуже обусловлены. К таким цепям относятся цепи, содержащие подцепи, проводимости элементов которых существенно отличаются от значений проводимостей остальной части цепи. При этом обычно вводят допущения, заменяя реальные элементы цепи идеальными (например, идеальные источники тока и ЭДС). В результате анализу подлежат не сами цепи,

а идеализированные модели цепей. При подобного рода топологических вырождениях задача может терять однозначность и становится некорректной. Задача будет корректно поставленной, если решение ее существует, единственно и устойчиво. Применительно к резистивным цепям такими вырождениями являются цепи, содержащие подцепи только с идеальными источниками тока и ЭДС и неучтенными во внешней цепи их внутренними проводимостями и сопротивлениями, свойственными реальным источникам энергии, а также ветви с нулевыми проводимостями. Следует отметить, что теорема существования и единственности решения уравнений линейных резистивных электрических цепей ставит корректность задач расчета цепей этого класса в зависимость от наличия в них топологических вырождений. Согласно этой теореме считается, что решение уравнений цепи существует и является единственным, если такие топологические вырождения отсутствуют. Если же такие особые подцепи существуют, но для них выполняются законы Кирхгофа, то решение уравнений цепи существует, если же не выполняются – то не существует.

Методика получения оценок устойчивости решения СЛАУ и связанной с ней оценки погрешности решения хорошо разработана и общеизвестна. В приложении к рассматриваемому методу можно использовать интегральные оценки погрешности искомой матрицы узловых проводимостей на основе мультипликативных норм матрицы, так как искомыми в данной задаче являются ее коэффициенты [1].

Оценка устойчивости решения, то есть нахождения коэффициентов матрицы узловых проводимостей в данной задаче будет определяться следующими входными факторами: относительной погрешностью задания диагональной матрицы входных токов, относительной точностью задания коэффициентов и числу обусловленности матрицы узловых напряжений.

Если предположить, что узловые напряжения измеряются достаточно точно, а задающие токи J_j имеют погрешность $\Delta J_j = 1 - J_j$, где $j = 1, 2, \dots, n$, то измеренные напряжения удовлетворяют следующей системе:

$$\begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{n1} & y_{n2} & \dots & y_{nn} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} U(11) & U(21) & \dots & U(N1) \\ U(12) & U(22) & \dots & U(N2) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ U(1N) & U(2N) & \dots & U(NN) \end{pmatrix} = \\ = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} \Delta J_{11} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \Delta J_{22} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \Delta J_{nn} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} J_{11} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & J_{22} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & J_{nn} \end{pmatrix}.$$

Погрешность решения задачи диагностики, обусловленная ошибками задания токов, удовлетворяет системе:

$$\begin{pmatrix} y_{11}^* & y_{12}^* & \dots & y_{1n}^* \\ y_{21}^* & y_{22}^* & \dots & y_{2n}^* \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{n1}^* & y_{n2}^* & \dots & y_{nn}^* \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} U(11) & U(21) & \dots & U(N1) \\ U(12) & U(22) & \dots & U(N2) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ U(1N) & U(2N) & \dots & U(NN) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{pmatrix}, \\ \begin{pmatrix} y_{11}^* & y_{12}^* & \dots & y_{1n}^* \\ y_{21}^* & y_{22}^* & \dots & y_{2n}^* \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{n1}^* & y_{n2}^* & \dots & y_{nn}^* \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{n1} & y_{n2} & \dots & y_{nn} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \Delta y_{11} & \Delta y_{12} & \dots & \Delta y_{1n} \\ \Delta y_{21} & \Delta y_{22} & \dots & \Delta y_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \Delta y_{n1} & \Delta y_{n2} & \dots & \Delta y_{nn} \end{pmatrix}$$

Выполняя эквивалентные преобразования над полученными системами (для удобства записи используем символьную форму), получим:

$$\mathbf{Y}_{\text{узл}}^* \mathbf{U} = \mathbf{1} \Rightarrow \mathbf{Y}_{\text{узл}}^* = \mathbf{1} \mathbf{U}^{-1},$$

подставляя $\mathbf{Y}_{\text{узл}}^* = \mathbf{Y}_{\text{узл}} + \Delta \mathbf{Y}_{\text{узл}}$, получим $\Rightarrow \mathbf{Y}_{\text{узл}} + \Delta \mathbf{Y}_{\text{узл}} = \mathbf{U}^{-1}$,

подставляя в последнее соотношение $\mathbf{Y}_{\text{узл}} \mathbf{U} = \mathbf{1} - \Delta \mathbf{Y}_{\text{узл}} \Rightarrow \mathbf{Y}_{\text{узл}} = (\mathbf{1} - \Delta \mathbf{J}) \mathbf{U}^{-1}$, получим:

$$(\mathbf{1} - \Delta \mathbf{J}) \mathbf{U}^{-1} + \Delta \mathbf{Y}_{\text{узл}} = \mathbf{U}^{-1} \Rightarrow \Delta \mathbf{Y}_{\text{узл}} = \Delta \mathbf{J} \mathbf{U}^{-1} \Rightarrow \Delta \mathbf{J} = \Delta \mathbf{Y}_{\text{узл}} \mathbf{U}.$$

Полученное соотношение связывает диагональную матрицу погрешности задания токов $\Delta \mathbf{J}$ с погрешностью определения коэффициентов матрицы узловых проводимостей $\Delta \mathbf{Y}_{\text{узл}}$.

Для мультипликативных норм приведенных уравнений имеем (здесь $\mathbf{Y}_{\text{узл}}$ обозначаем $\mathbf{Y}$):

$$\|\mathbf{J}\| = \|\mathbf{Y} \mathbf{U}\| \leq \|\mathbf{Y}\| \|\mathbf{U}\|; \quad \|\Delta \mathbf{Y}\| = \|\Delta \mathbf{J} \mathbf{U}^{-1}\| \leq \|\Delta \mathbf{J}\| \|\mathbf{U}^{-1}\|.$$

Перемножая данные соотношения, получим:

$$\|\mathbf{J}\| \|\Delta \mathbf{Y}\| \leq \|\mathbf{Y}\| \|\mathbf{U}\| \|\Delta \mathbf{J}\| \|\mathbf{U}^{-1}\|,$$

и так как нормы уже коммутативны, получим:

$$\|\mathbf{J}\| \|\Delta \mathbf{Y}\| \leq \|\mathbf{Y}\| \|\mathbf{U}\| \|\mathbf{U}^{-1}\| \|\Delta \mathbf{J}\|,$$

где $\|\mathbf{Y}\| \|\mathbf{U}^{-1}\| = \alpha_u$ – число обусловленности матрицы $\mathbf{U}$.

Выделяя относительные величины, получим следующее соотношение:

$$\frac{\|\Delta \mathbf{Y}\|}{\|\mathbf{Y}\|} \leq \alpha_u \frac{\|\Delta \mathbf{J}\|}{\|\mathbf{J}\|},$$

то есть относительная погрешность определения коэффициентов матрицы узловых проводимостей пропорциональна относительной погрешности задания диагональной матрицы токов и числу обусловленности α_u .

Если теперь положить, что входные токи измеряются точно, а узловые напряжения определяются с погрешностью, то, выполняя аналогичные преобразования, приходим к выражению для оценки погрешности коэффициентов матрицы узловых проводимостей [1]:

$$\frac{\|\Delta \mathbf{Y}\|}{\|\mathbf{Y}\|} \leq \alpha_u \frac{\|\Delta \mathbf{U}\|}{\|\mathbf{U}\|},$$

то есть относительная погрешность определения коэффициентов матрицы узловых проводимостей пропорциональна величине, характеризующей относительную точность задания матрицы узловых напряжений $\mathbf{U}$ и числу обусловленности α_u . То есть погрешности оказываются большими для тех электрических цепей, у которых искомые матрицы узловых проводимостей хуже обусловлены, поскольку имеет место формальное численное равенство $\mathbf{U} = \mathbf{Z} = \mathbf{Y}^{-1}$.

Следует отметить, что полученные оценки справедливы при небольшой погрешности измерений, и для их использования необходима информация о погрешностях измерений токов и напряжений, определяемая классом точности измерительных приборов. Для полученных оценок могут быть использованы любые мультипликативные нормы матриц.

Выполним оценку относительной погрешности определения матрицы узловых проводимостей для приведенного выше примера. Предположим, что измерения узловых напряжений выполнялось с точностью до 10^{-2} В. Входные тестирующие токи устанавливались точно 1 А.

Тогда матрица $\mathbf{U}^*$ будет соответственно равна:

$$\mathbf{U}^* = \begin{pmatrix} 3,98 & 2,26 & 2,09 & 2,59 & 1,89 & 1,60 & 1,77 & 0,98 \\ 2,26 & 3,59 & 2,46 & 1,91 & 2,36 & 1,92 & 1,21 & 0,87 \\ 2,09 & 2,46 & 2,80 & 1,69 & 1,93 & 1,98 & 1,08 & 0,74 \\ 2,59 & 1,91 & 1,69 & 5,12 & 2,09 & 1,44 & 2,07 & 1,13 \\ 1,89 & 2,36 & 1,93 & 2,09 & 3,41 & 1,91 & 1,23 & 1,07 \\ 1,60 & 1,92 & 1,98 & 1,44 & 1,91 & 2,60 & 0,89 & 0,67 \\ 1,77 & 1,21 & 1,08 & 2,07 & 1,23 & 0,89 & 3,03 & 1,33 \\ 0,98 & 0,87 & 0,74 & 1,13 & 1,07 & 0,67 & 1,33 & 2,49 \end{pmatrix}.$$

Будем использовать наиболее употребляемую норму, вычисление которой проще:

$$\|A\|_1 = \max \sum_{i=1}^m |a_{ij}|$$

$$1 \leq j \leq m.$$

Запишем матрицу $\Delta \mathbf{U} = |\mathbf{U}^* - \mathbf{U}|$:

$$\Delta \mathbf{U} = \begin{pmatrix} 0,0070 & 0,0010 & 0,0090 & 0,0090 & 0,0030 & 0,0030 & 0,0060 & 0,0099 \\ 0,0010 & 0,0000 & 0,0080 & 0,0060 & 0,0060 & 0,0010 & 0,0010 & 0,0005 \\ 0,0090 & 0,0080 & 0,0050 & 0,0010 & 0,0090 & 0,0070 & 0,0040 & 0,0066 \\ 0,0090 & 0,0060 & 0,0010 & 0,0040 & 0,0030 & 0,0010 & 0,0030 & 0,0040 \\ 0,0030 & 0,0060 & 0,0090 & 0,0030 & 0,0010 & 0,0080 & 0,0090 & 0,0010 \\ 0,0030 & 0,0010 & 0,0070 & 0,0010 & 0,0080 & 0,0030 & 0,0063 & 0,0047 \\ 0,0060 & 0,0010 & 0,0040 & 0,0030 & 0,0090 & 0,0063 & 0,0090 & 0,0000 \\ 0,0099 & 0,0005 & 0,0066 & 0,0040 & 0,0010 & 0,0047 & 0,0000 & 0,0070 \end{pmatrix}.$$

Зададим норму для $\Delta \mathbf{U}$, получим $\|\Delta \mathbf{U}\|_1 = 0,049$.

Полагая $\|\mathbf{U}\|_1 \cong \|\mathbf{U}\|_1 = 2,59 + 1,91 + 1,69 + 5,12 + 2,09 + 1,44 + 2,07 + 1,13 = 18, 04$.

Для нахождения числа обусловленности находим норму обратной матрицы $\mathbf{U}^{*-1}$:

$$\mathbf{U}^{*-1} = \begin{pmatrix} 0,5492 & -0,1024 & -0,1915 & -0,1237 & 0 & 0 & -0,1256 & 0 \\ -0,1024 & 0,8456 & -0,4934 & 0 & -0,2471 & 0 & 0 & 0 \\ -0,1951 & -0,4934 & 1,2883 & 0 & 0 & -0,4944 & 0 & 0 \\ -0,1237 & 0 & 0 & 0,3499 & -0,1002 & 0 & -0,1260 & 0 \\ 0 & -0,2471 & 0 & -0,1002 & 0,6960 & -0,2464 & 0 & -0,1016 \\ 0 & 0 & -0,4944 & 0 & -0,2464 & 0,9462 & 0 & 0 \\ -0,1256 & 0 & 0 & -0,1260 & 0 & 0 & 0,5779 & -0,2029 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -0,1016 & 0 & -0,2029 & 0,5526 \end{pmatrix}.$$

$$\|\mathbf{U}^{*-1}\| = 0,1951 + 0,4934 + 1,2883 + 0,4944 = 2, 4712.$$

Число обусловленности $\alpha_u = \|\mathbf{U}\|_1 \|\mathbf{U}^{*-1}\| \approx 18, 04 \cdot 2, 4712 = 44, 58 \approx 44$ невелико.

Так как $U^{*-1} \approx U^{-1}$, то $\alpha_u \approx \alpha_U \approx 44$, и тогда:

$$\frac{\|\Delta Y\|_1}{\|Y + \Delta Y\|_1} \leq \alpha_u \frac{\|\Delta U\|_1}{\|U\|_1} \approx \alpha_U \frac{\|\Delta U\|_1}{\|U\|_1} = 44 \frac{0,049}{18,04} = 0,119$$

– интегральная оценка точности матрицы узловых проводимостей.

Из последнего соотношения следует:

$$\|\Delta Y\|_1 \leq 0,119 \cdot \|Y + \Delta Y\|_1 = 0,119 \cdot \|U^{*-1}\|_1 = 0,119 \cdot 2,4712 = 0,294$$

– верхняя граница погрешности определения матрицы узловых проводимостей.

То есть суммарная погрешность определения матрицы узловых проводимостей в любом столбце не превышает $\approx 0,29$.

Сравнивая предлагаемый метод с другими методами диагностирования, необходимо отметить его достоинство, которое состоит в том, что с его помощью локализуются отклонения параметров одновременно и сразу всех составляющих компонент объекта диагностирования. Хотя большинство общеизвестных методов выполняют поиск только одиночных дефектов и последовательно во времени, как, например, метод диагностирования, построенный на основе использования функциональной модели объекта диагностирования. В предлагаемом методе эти недостатки отсутствуют.

К недостаткам следует отнести требование высокой контролепригодности и наличие физического доступа к большому количеству полюсов измерения при проведении диагностического эксперимента, что не всегда выполнимо на реальном физическом объекте.

Следует отметить, что приведенная методика позволяет при соответствующем выборе типа тестового сигнала и условий проведения диагностического эксперимента расширить возможности рассматриваемого метода и выполнять тестирование электрических цепей, содержащих компоненты, обладающие реактивным сопротивлением, а также нелинейные компоненты, что расширяет класс диагностируемых объектов и возможности рассмотренного метода диагностирования.

Литература

1. Нейман Л.Р., Демирчан К.С. Теоретические основы электротехники. – Л.: Энергоиздат, 1981.
2. Курош А.Г. Курс высшей алгебры. – М.: Наука, 1965.
3. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. – М.: Высшая школа, 1984.

Информация об авторе Information about the author

Пюкке Георгий Александрович – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; доктор технических наук, доцент; профессор кафедры систем управления; georyukke@yandex.ru

Pyukke Georgiy Aleksandrovich – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Technical Sciences, Docent, Professor of Control Systems Chair; georyukke@yandex.ru

УДК 532.529

А.Н. Шулюпин, А.А. Чермошенцева

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ КРИТИЧЕСКОГО ИСТЕЧЕНИЯ ПАРОВОДЯНОЙ СМЕСИ

В отличие от однофазных сред истечение газожидкостной смеси характеризуется неодновременным проявлением признаков критического режима. Кроме того при высоких паросодержаниях отмечаются аномально высокие скорости, соответствующие измеряемому давлению в выходном сечении. Представлены экспериментальные данные, подтверждающие эти особенности, не вписывающиеся в существующие модели. Экспериментально установлена неоднородность распределения фаз в выходном сечении непосредственно перед наступлением критического режима, которая может привести к неоднородности распределения фаз, давления и поля скоростей в выходном сечении в критическом режиме. Принятие гипотезы о неоднородности потока может объяснить отмеченные особенности.

Ключевые слова: пароводяная смесь, истечение, критический режим, выходное сечение, давление, скорость, паросодержание.

A.N. Shulyupin, A.A. Chermoshentseva

SOME ASPECTS OF CRITICAL EXPIRATION OF STEAM-WATER MIXTURE

In contrast to single-phase medium the expiration of gas-liquid mixture demonstrates non-simultaneous indications of critical regime. Moreover at high steam quality the anomalously high speed, corresponding to the measured pressure in the output cross-section, are observed. Experimental data confirm these specifics falling beyond the existing models. The inhomogeneity of phase distribution in the output cross-section before the critical conditions is revealed by the experiment. It can lead to inhomogeneous distribution of phases, pressure and velocity fields in the output cross-section in the critical regime. The adoption of the hypothesis about the heterogeneity of flow can explain the observed specifics.

Key words: steam-water mixture, expiration, critical regime, output cross-section, pressure, velocity, steam quality.

DOI: 10.17217/2079-0333-2017-39-25-31

Введение

Причиной появления интереса к исследованию критических пароводяных течений явились проблемы ядерной энергетики. Актуальность исследований обосновывалась задачей прогноза развития аварийных ситуаций, сопровождающихся разгерметизацией сосудов, содержащих горячую воду под высоким давлением. Снятие давления вызывает кипение, и на выходе происходит критическое истечение пароводяной смеси. Соответственно, исследования проводились для условий истечения из коротких каналов при сопоставимых по объему концентрациях фаз. Другое направление исследований критических потоков связано с началом широкомасштабного освоения месторождений парогидротерм, пришедшегося на 60-е годы прошлого века. Добычные скважины выводят на поверхность пароводяную смесь с доминирующей по объему газовой фазой и с расходами, обеспечивающими возникновение критических потоков на выходе из скважин или устанавливаемого на устье оборудования.

Экспериментально были обнаружены особенности истечения пароводяной смеси, заключающиеся в неодновременности проявления признаков критического режима и аномально высокой скорости истечения при высоких паросодержаниях, до сих пор не нашедшие убедительного объяснения. Вместе с тем, без такого объяснения невозможно представить адекватную модель процесса. В настоящей работе приведены ранее не публиковавшиеся опытные данные, относящиеся к проявлению указанных особенностей, и обсуждаются пути разработки адекватной модели.

Неодновременность проявления признаков критического режима

Признаками критического режима истечения являются: независимость расхода от противодавления, превышение давления в выходном сечении над противодавлением, независимость давления истечения от противодавления. Известно, что в газожидкостных средах по мере снижения противодавления сначала проявляется первый из приведенных признаков, затем второй, затем третий [1], что можно характеризовать как первую, вторую и третью стадии критического режима истечения. В подтверждение этого в табл. 1 приведены данные по истечению пароводяной смеси, полученные на стенде «Камчатскэнерго» в ходе калибровки насадков, используемых для создания критических потоков на Мутновском месторождении парогидротерм (Камчатка). В данном случае использовался цилиндрический насадок с острой входной кромкой, имеющий внутренний диаметр 100,3 мм, длину 100 мм, установленный внутри трубы диаметром 311 мм. Для измерения давления истечения имелось отверстие, расположенное в 4 мм (по центру) от выходного сечения насадка, диаметром 4 мм. Допускаемая погрешность измерения расхода и энтальпии смеси составляет 3%, давлений 0,05 бар.

Таблица 1

Параметры истечения при различном противодавлении

№ опыта	Расход, кг/с	Энтальпия торможения, кДж/кг	Давление, бар		
			перед насадком	истечения	за насадком
1	5,09	2062	3,95	1,53	1,13
2	5,11	2046	3,95	1,54	1,27
3	5,12	2044	3,95	1,56	1,32
4	5,09	2046	3,95	1,85	1,81
5	4,95	2033	4,32	2,91	2,87
6	4,98	2023	4,34	2,88	2,89
7	4,91	2028	4,98	3,95	3,97
8	4,91	2028	4,98	3,91	4,05
9	4,96	2014	4,54	3,31	3,30
10	4,98	2024	3,90	1,55	1,32
11	4,96	2036	3,90	1,51	1,13

Максимальное противодавление было в опыте № 8. Снижение противодавления по ходу уменьшения номеров, начиная с опыта № 6, характеризуется относительным постоянством расхода. С опыта № 5 наблюдается превышение давления истечения над противодавлением, и только к опыту № 2 давление истечения становится независимым от противодавления. Аналогичная, но менее детальная в связи с меньшим количеством опытов, картина наблюдается по ходу увеличения номеров от опыта № 8.

Первую стадию критичности, имея в виду относительное постоянство расхода, можно объяснить наличием в области выходного сечения значительных градиентов давления. Согласно экспериментальным данным [2], средний градиент на расстоянии одного диаметра от выходного сечения достигает 10 бар/м. В таком случае увеличение давления истечения на 0,1 бар будет характеризоваться перемещением эпюры давления вдоль трубы всего на 1 см, что на удалении от выходного сечения вызовет весьма малые изменения давления. Полная независимость расхода предполагает наличие поверхности, через которую не проникают возмущения от снижения давления вниз по потоку. Но эта поверхность должна была бы возникнуть в выходном сечении, что противоречит наличию последующих стадий. Однако, возвращаясь к представленному эксперименту, следует обратить внимание, что в опытах с 1 по 4 изменение противодавления на 0,68 бар и давления истечения на 0,32 бара не отразилось на давлении до насадка. Это, а также непонятный механизм существования второй и третьей стадий указывает на то, что применительно к критическому истечению пароводяной смеси простые объяснения не всегда оправданны.

Аномально высокая скорость истечения при высоких паросодержаниях

На аномально высокую скорость истечения влажного пара с высокой степенью сухости указывалось еще в [3]. В табл. 2 сведены данные по истечению пароводяной смеси с энтальпией торможения (заторможенного потока) более 2200 кДж/кг из цилиндрических насадков с острой входной

кромкой, полученные на стенде «Камчатскэнерго». Насадки имели калибр K (отношение длины к диаметру) 1, 3 и 5. Во всех случаях для измерения давления истечения имелось отверстие, расположенное в 4 мм (по центру) от выходного сечения насадка, диаметром 4 мм. Допускаемая погрешность измерения расхода и энтальпии смеси составляет 3%, давлений 0,05 бар.

Таблица 2

Параметры истечения из насадков

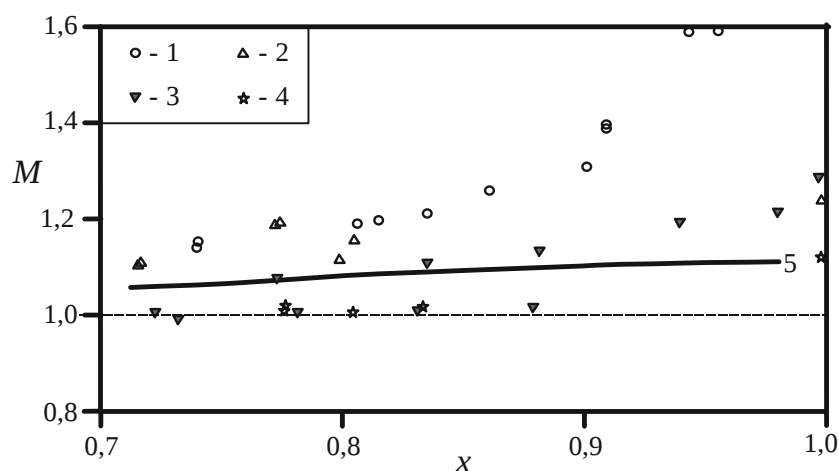
Калибр; Диаметр, (мм)	Расход, кг/с	Энтальпия торможения, кДж/кг	Давление истечения, бар	Паросодержание *	Скорость, м/с
5; 100	5,38	2844	2,38	0,999	515
	6,53	2327	2,58	0,774	449
	6,57	2333	2,58	0,776	453
	4,16	2430	1,74	0,833	446
	3,35	2349	1,36	0,805	437
3; 99,8	6,31	2202	2,11	0,716	487
	6,32	2207	2,11	0,717	488
	5,12	2866	2,04	0,999	568
	6,47	2342	2,18	0,771	521
	6,50	2361	2,20	0,778	524
	5,27	2405	1,89	0,806	507
	3,98	2358	1,42	0,796	497
1; 100,3	5,50	2813	1,66	0,943	692
	5,39	2844	1,64	0,956	696
	6,86	2271	2,25	0,740	509
	6,84	2275	2,23	0,741	513
	6,00	2559	2,07	0,861	561
	6,03	2661	2,09	0,901	584
	5,78	2691	1,93	0,909	609
	5,75	2690	1,91	0,909	611
	4,20	2393	1,44	0,806	516
	4,14	2413	1,42	0,815	521
	4,48	2450	1,52	0,825	536
3; 73,3	3,18	2221	2,27	0,732	434
	3,02	2332	2,25	0,781	444
	2,87	2438	2,27	0,831	444
	2,77	2551	2,25	0,879	458
	4,60	2844	3,58	0,982	549
	4,46	2888	3,36	0,997	574
	5,91	2261	3,95	0,723	474
	5,66	2373	3,95	0,773	485
	5,33	2509	3,89	0,835	500
	5,14	2619	3,83	0,881	517
	4,92	2750	3,74	0,939	539

* – массовое расходное паросодержание.

В табл. 2 также приведен расчет скорости смеси, выполненный для давления истечения при экспериментальных значениях расхода и энтальпии с предположением об отсутствии скольжения фаз и наличии термодинамического равновесия. На рисунке представлено обобщение данных табл. 2 в виде зависимости числа Маха (отношение рассчитанной по экспериментальным данным скорости истечения пара к скорости звука в сухом насыщенном паре) от массового расходного паросодержания в потоке. Кроме того, на рисунке представлены результаты, полученные при использовании эмпирической формулы Р. Джеймса [4] для расчета расходов в диапазоне энтальпии заторможенного потока от 2200 до 2800 кДж/кг при давлении истечения 2,5 бар.

$$j = 59000 \frac{p_c^{0,96}}{h_0^{1,102}}, \quad (1)$$

где j – плотность массового расхода смеси, кг/(с·м²), p_c – давление критического истечения, Па, h_0 – удельная энтальпия торможения (заторможенного потока смеси), Дж/кг.



Зависимость числа Маха (M) для паровой фазы при критическом истечении смеси от массового расходного паросодержания. 1, 2, 3, 4 – экспериментальные данные для насадков $K = 1$ и $d = 100,3$ мм; $K = 3$ и $d = 99,8$ мм; $K = 3$ и $d = 73,3$ мм; $K = 5$ и $d = 100$ мм, соответственно; 5 – расчет для длинной трубы по эмпирической формуле (1)

Формула (1) получена при истечении из длинных труб при использовании отбора давления истечения с диаметром отверстия 6,4 мм, расположенного на расстоянии 6,4 мм (по центру) вверх по потоку от выходного сечения. В диапазоне энтальпий заторможенного потока от 540 до 2800 кДж/кг и давлений критического истечения до 4,4 бар данная формула характеризуется погрешностью не более 3%. Как показали независимые исследования на стенде «Камчатск-энерго» [2], эта формула хорошо описывает истечение из длинных труб.

Представленные данные показывают, что при паросодержаниях более 0,7 скорость истечения пара как для насадков, так и для длинной трубы заметно превосходит скорость звука в паровой фазе. Заметим, что расчеты скорости истечения относятся к сечениям измеряемого давления (4 мм от выходного сечения в опытах на стенде «Камчатскэнерго», 6,4 мм в опытах, лежащих в основе получения формулы Р. Джеймса), а в выходном сечении скорости будут еще выше.

Вероятно, рассматриваемая особенность является проявлением более масштабной проблемы, связанной с разработкой адекватной модели критического истечения пароводяной смеси. При множестве моделей критических двухфазных течений [5] нет единых представлений о процессе. Например, имеются экспериментальные данные, указывающие на отсутствие скольжения фаз в критическом потоке [6, 7]. Но при этом гомогенная равновесная и гомогенная метастабильная модели имеют серьезные расхождения с экспериментальными данными [2]. Лучшего согласования по расходам можно добиться применением моделей со скольжением [8], но тогда возникает вопрос адекватности по скольжению. Использование квазигомогенной модели, предполагающей равенство скоростей, но отличие их производных [9], позволяет добиться близости расчетных и экспериментальных расходов в диапазоне паросодержания от 0,4 до 0,6, но, как и в случаях с любой равновесной моделью, проблема соответствия экспериментальным данным при высоких паросодержаниях остается.

Ранее высказывалось мнение, что рассматриваемую особенность можно объяснить отклонением состояния фаз от термодинамического равновесия [7], предполагающим, что истекающая среда фактически является смесью перегретых пара и воды (перегрев пара обуславливается теплообменом с каплями воды, удерживаемыми поверхностным натяжением от вскипания при движении вниз по потоку). Соответственно, реальный расход и скорость пара меньше определяемого для насыщенного состояния. Оценим данную гипотезу, принимая за характеристику экспериментальных данных формулу (1), давно и успешно применяемую в практике освоения месторождений парогидротерм [10, 11].

Определим массовое расходное паросодержание как

$$x = j_s / j, \quad (2)$$

где j_s – плотность массового расхода пара, кг/(с·м²).

Предполагая скорость истечения соответствующей гомогенной метастабильной модели как наиболее близкой по смыслу к рассматриваемому случаю и учитывая доминирование по объему газовой фазы, имеем

$$j_s = \rho_s v_* \sqrt{x}, \quad (3)$$

где ρ_s – плотность пара, кг/м³, v_* – скорость звука в паре, м/с.

Из формул (1)–(3) получаем

$$x = \left(\frac{\rho_s v_* h_0^{1,02}}{59000 p_c^{0,96}} \right)^2. \quad (4)$$

Для давления истечения 2 бара, энтальпии 2800 кДж/кг при скорости звука в перегретом паре 483 м/с расчет по формуле (4) дает 0,92. Скорость смеси по метастабильной модели для данного паросодержания составляет 463 м/с. За счет увеличения кинетической энергии энтальпия в выходном сечении будет 2693 кДж/кг. Для того чтобы смесь имела указанную энтальпию, перегрев пара и воды должен достигать 72°C. Аналогичные оценки в диапазоне энтальпий 1100–2300 кДж/кг, для которого имеется независимое подтверждение применимости формулы Джеймса [2], дают значения перегрева до 100°C и выше. В реальных условиях столь заметное отклонение от термодинамического равновесия не наблюдается, поэтому можно утверждать, что положение о перегреве фаз не способно решить поставленной задачи.

Возможность разработки адекватной модели

Прежде чем перейти к рассмотрению положений модели, способной объяснить отмеченные особенности, рассмотрим результаты наблюдений, выполненных в ходе испытания скважин Паужетского месторождения парогидротерм в 2013 г. Рассматриваемые наблюдения не являлись целью исследований и имеют лишь качественные характеристики. Пароводяная смесь с энтальпией около 800 кДж/кг истекала в атмосферу через патрубок, длиной 2,2 м и внутренним диаметром 153 мм, соединенный с задвижкой Ду 150 на боковом отводе скважинного оголовка. На расстоянии 5 мм от выходного сечения имелось отверстие для измерения давления истечения. Расход скважины снижался по мере поджатия задвижки.

Характерная для критического режима истечения «юбочка» наблюдалась при превышении давления на выходе над атмосферным. При этом истекающая струя имела мелкодисперсный состав, визуальнo трудно определить структуру потока. Трансформация структуры потока, определяемой визуальнo на выходе из патрубка, по мере снижения числа Маха, в данном случае определяемого как отношение текущего расхода к минимальному расходу с «юбочкой», представлена в табл. 3. Отношение расходов оценивалось по показаниям напорной трубки, установленной в патрубке на расстоянии 0,6 м от выходного сечения.

Таблица 3

Характеристика течения по мере снижения числа Маха

Число Маха (M)	Характеристика течения
0,9	Давление истечения равно атмосферному. На стенке трубы видна кольцевая пленка, имеющая небольшое утолщение внизу. В ядре потока, кроме мелкодисперсной воды, в нижней части имеются крупные капли. Критичность проявляется в цугах, продолжительностью до 1 с, с периодом до 10 с
0,8	Исчезают «критические» цуги и крупные капли. Поток имеет ярко выраженную дисперсно-кольцевую структуру
0,7	Вновь появляются крупные капли в ядре
0,6	Аналогична структуре при M , равном 0,7
0,4	Наблюдается увеличение концентрации крупных капель в нижней части ядра, и видны капли вблизи боковых стенок
0,3	Аналогична структуре при M , равном 0,4
0,2	Ярко выраженное кольцевое течение со значительным утолщением пленки книзу

Важно подчеркнуть: даже при больших числах Маха наблюдается неравномерность распределения фаз по сечению трубы. Следовательно, если рассматривать процесс развития критического режима истечения по мере снижения противодавления, непосредственно перед его началом будет иметь место неравномерность распределения фаз в сечении. Как отмечается в [12], наличие неравномерности потока может приводить к наличию сверхзвуковых скоростей истечения. На это указывают и данные, представленные в табл. 2. Для насадков с меньшей длиной, соответственно большей неравномерностью поля скоростей, распределения фаз и давлений в потоке вследствие влияния условий входа, скорости истечения выше.

Полагая, что точка измерения давления истечения находится под жидкой пленкой, можно предположить, что первая стадия критичности связана с достижением разрыва градиента давления в ядре потока, переносящем основное количество массы. Снижение противодавления приводит к проникновению возмущения вдоль стенки, пленка в результате действия локальной критичности разрушается. При этом на определенном этапе в «некритическом» пограничном слое в точке измерения давления начинает сказываться более высокое давление в ядре (вторая стадия). Гипотетически можно предположить, что унос жидкости из пленки способен повысить давление в ядре, то есть снижение давления вниз по потоку будет увеличивать давление в ядре. И, наконец, третья стадия критичности достигается при наличии разрыва градиента давления по всему выходному сечению. При этом поверхность уровня давления, измеряемого на стенке трубы, не является плоскостью и по площади превосходит выходное сечение.

Гипотеза о неоднородности давления в выходном сечении при критическом истечении пароводяной смеси способна стать основой для разработки модели, учитывающей рассмотренные особенности. В рамках такой модели можно отразить влияние геометрии канала перед выходным сечением на параметры истечения.

Проверку предложенной гипотезы несложно осуществить экспериментально. Для этого достаточно измерить распределение статического давления в выходном сечении и на некоторых расстояниях от него вверх и вниз по потоку. Разумеется, эксперименты лучше проводить с трубами большого диаметра. В качестве источника смеси, принимая во внимание необходимость привлечения большой мощности для создания стационарных потоков, целесообразно использовать геотермальные скважины. Например, скважины Мутновского месторождения на Камчатке позволяют создавать критические потоки в трубах диаметром до 0,3 м. Количество примесей в пароводяной смеси (1,5–4,0 г/кг) не способно существенно влиять на результаты эксперимента. Кстати, наличие скольжения можно проверить измерением динамического давления (динамическое давление существенно зависит от скорости воды, а скорость пара практически равна приведенной).

Выразив давление на основании формулы (3), можно оценить ожидаемое отличие давлений на стенке и в ядре потока. При давлении в ядре 2 бара и соответствующей скорости звука в насыщенном паре 441 м/с, для паросодержания 0,9 имеем 1,69 бар, для 0,7 – 1,56 бар, для 0,5 – 1,44 бар. То есть ожидаемое превышение давления в ядре потока является вполне ощутимой величиной.

Выводы

1. Критическое истечение пароводяной смеси имеет особенности, выраженные одновременно проявления признаков критического режима и аномально высокой скоростью истечения при высоких паросодержаниях, определяемой по измеряемому на стенке канала давлению истечения.

2. В настоящее время отсутствуют модели, позволяющие адекватно отражать указанные особенности.

3. Особенности критического истечения пароводяной смеси могут быть описаны на основе гипотезы о неоднородности поля скоростей, распределения фаз и давлений при формировании критического потока.

Литература

1. Фисенко В.В. Критические двухфазные потоки. – М.: Атомиздат, 1978. – 160 с.
2. Шулюпин А.Н. Экспериментальное исследование критического режима истечения пароводяной смеси // ПМТФ. – 2011. – Т. 52, № 6. – С. 122–128.

3. *Венедиктов В.Д.* Турбины и реактивные сопла на двухфазных потоках. – М.: Машиностроение, 1969. – 195 с.
4. *James R.* Steam-Water Critical Flow Through Pipes // *Proc. of the Inst. of Mech. Engineers*, 1962. – V. 176, № 26. – P. 741–748.
5. *D'Auria F., Vigni P.* Two-Phase Critical Flows Models. – OECD Nuclear Energy Agency, 1980. – 276 p.
6. Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент: справочник / под ред. В.А. Григорьева и В.М. Зорина. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 560 с.
7. *Шулюпин А.Н.* Вопросы гидравлики пароводяной смеси при освоении геотермальных месторождений. – Владивосток: Дальнаука, 2011. – 262 с.
8. *Sokolowski, T. Kozlowski.* Assessment of Two-Phase Flow Models Performance in RELAP5 and TRACE Against Mawriken Critical Flow Tests. – US Nuclear Regulatory Commission, 2012. – 77 p.
9. *Шулюпин А.Н.* Некоторые аспекты критичности пароводяного потока при освоении парогидротермальных месторождений // *Вулканология и сейсмология*. – 1996. – № 2. – С. 48–54.
10. *Wibowo A.T., Thasril M., Sirait P.* Production Test Analysis of XYZ-Well at Deing Geothermal Field Using Horizontal Discharge Lip Pressure Method with Russel James Equation and Hiriart Equation // *Proc. World Geothermal Congress 2015*. – Melbourne, Australia, 2015. – № 25005.
11. *Irsamukhti R., Putra A.P. Novianto.* Evaluation of James Lip Pressure Method for Low Flow Rate Geothermal Well: ML-5 Case Study // *Proc. World Geothermal Congress 2015*. – Melbourne, Australia, 2015. – № 25023.
12. *Дейч М.Е., Зарянкин А.Е.* Гидрогазодинамика. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 384 с.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-05-00398 а.

Информация об авторах Information about the authors

Шулюпин Александр Николаевич – Институт горного дела ДВО РАН; 680000, Россия, Хабаровск; доктор технических наук, доцент, заместитель директора по научной и инновационной работе; ans714@mail.ru

Shulyupin Aleksandr Nikolaevich – Mining Institute of Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences; 680000, Russia, Khabarovsk; Doctor of Technical Sciences, Docent, Deputy Director for Science and Innovations; ans714@mail.ru

Чермошенцева Алла Анатольевна – Камчатский государственный технический университет, 683003, Петропавловск-Камчатский; кандидат технических наук, доцент кафедры высшей математики; allachermoshentseva@mail.ru

Chermoshentseva Alla Anatolevna – Kamchatka State Technical University; 683003, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Higher Mathematics Chair; allachermoshentseva@mail.ru

УДК 553.411.08

Д.В. Шунькин, В.А. Швецов, О.А. Белавина, В.В. Пахомова**ЗАВИСИМОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОБИРНОГО АНАЛИЗА КВАРЦЕВЫХ
ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД ОТ СОДЕРЖАНИЯ ВОССТАНОВИТЕЛЯ В ШИХТЕ**

В статье приведены результаты пробирного анализа кварцевых золотосодержащих руд, полученные при использовании различных шихт: а) содержащей восстановитель, б) не содержащей восстановитель. Установлено, что использование шихты без восстановителя приводит к систематическому занижению результатов определения золота. Однако этот недостаток анализа можно устранить с помощью введения поправки в результаты анализа. Показано, что использование в пробирном анализе шихты, не содержащей восстановитель, позволяет повысить экспрессность анализа и снизить расходы на производство аналитических работ.

Ключевые слова: пробирный анализ, пробирная плавка, шихта, восстановитель, веркблей, точность результатов анализа.

D.V. Shunkin, V.A. Shvetsov, O.A. Belavina, V.V. Pakhomova**DEPENDENCE OF ASSAY RESULTS OF QUARTZ GOLD-BEARING ORES
ON REDUCER CONTENT IN BATCH**

The results of the assay analysis of quartz gold-bearing ores which have been received using various batches are given in the article: a) with a reducer, b) without a reducer. It is established that using batch without a reducer leads to a systematic understatement of gold assay results. However, this defect of the analysis can be eliminated by means of corrective action in analysis results. It is shown that using batch without a reducer in the assay analysis allows to raise the rapidity of the analysis and to cut expenses on assaying.

Key words: assay analysis, assay melting, batch, reducer, bullion, accuracy of analysis results.

DOI: 10.17217/2079-0333-2017-39-32-36

Разведка и разработка золоторудных месторождений – приоритетное направление развития экономики Камчатского края. Контроль качества золотосодержащих руд и продуктов их переработки осуществляется с помощью пробирного анализа [1]. В связи с этим совершенствование пробирного анализа является актуальной проблемой [1].

Снижение массы свинцового коллектора (веркблея), образующегося в процессе пробирной плавки, является одной из наиболее актуальных задач совершенствования пробирного анализа [1]. По мнению авторов работы [2], для полного извлечения золота и серебра в пробирном анализе масса веркблея для навески руды массой 50 г должна составлять 28–30 г (примерно 15% от массы шихты). Ф. Бимиш отмечает, что минимальный вес веркблея при коллектировании благородных металлов определяется их содержанием в образце руды [3]. При этом он считает, что веркблей массой в 10 г «в некоторых случаях не полностью коллектирует благородные металлы», то есть автор [3] не отрицает полностью возможность использования веркблея массой 10 г в пробирном анализе. Однако это предположение требует экспериментальной проверки. Необходимо оценить точность (прецизионность и правильность) результатов пробирного анализа, полученных при использовании в пробирном анализе веркблея массой примерно 10 г. Следует отметить, что такие веркблеи образуются в процессе пробирной плавки смеси материала аналитических навесок кварцевой золотосодержащей руды с шихтой, в состав которой не включен восстановитель. Тигельная плавка такого вида используется для определения восстановительной или окислительной способности руды [2].

Цель настоящей работы – оценка точности результатов пробирного анализа проб золотосодержащих кварцевых руд, полученных при использовании шихты, не содержащей восстановителя, а также обоснование возможности использования их в рутинном анализе.

Для достижения поставленной цели был выполнен следующий эксперимент. Анализировали пробирным методом партию проб кварцевой золотосодержащей руды, отобранных на одном из месторождений Камчатского края. Каждую пробу анализировали два раза, используя навеску массой 25 г [1]. При первом определении золота использовали шихту следующего состава: глет – 60 г, кальцинированная сода – 50 г, бура – 15 г, восстановитель (крахмал) – 2 г. При втором определении золота восстановитель в состав шихты не включали.

При подготовке проб к анализу использовали результаты исследований [4–10].

Пробирный анализ выполнили по методике [11]. Результаты эксперимента и расчетов приведены в табл. 1, 2 и на рисунке. Расчеты проводили в соответствии с рекомендациями [12].

Таблица 1

Результаты определения золота в пробах кварцевой золотосодержащей руды, полученные при использовании шихты, содержащей восстановитель, и шихты, не содержащей восстановитель

№ пробы	Интервал содержания Au, г/т	I определение Au		II определение Au		C _I – C _{II} , г/т	d _r , %	D _r , %
		Масса веркблея, г	Содержание Au, C _I , г/т	Масса веркблея, г	Содержание Au, C _{II} , г/т			
1	0,2–0,49	29,5	0,24	6,5	0,20	0,04	18,2	69,9
2		32,5	0,40	11,0	0,24	0,16	50,0	
3		30,5	0,36	9,0	0,20	0,16	57,1	
4		35,5	0,28	14,0	0,20	0,08	33,3	
Средние значения в диапазоне содержаний Au: 0,2–0,49		32,0	0,32	10,1	0,21	0,11	45,7	69,9
1	0,5–1,9	33,0	0,60	9,5	0,60	0	0	62,9
2		33,0	1,4	11,5	0,92	0,48	41,4	
3		34,0	1,20	10,5	1,00	0,20	18,2	
4		36,5	0,72	12,0	0,60	0,12	18,2	
5		35,0	1,40	12,5	1,04	0,36	29,5	
6		34,0	0,68	11,5	0,68	0	0	
7		33,5	1,00	12,5	1,00	0	0	
8		37,0	1,16	15,0	0,80	0,36	36,7	
9		30,0	0,68	11,0	0,48	0,20	34,5	
10		29,5	1,00	11,0	0,72	0,28	32,6	
11	0,5–1,9	34,5	1,60	14,0	1,60	0	0	62,9
12		33,5	0,60	9,0	0,40	0,20	40,0	
13		30,5	1,80	9,0	1,60	0,20	11,8	
14		29,5	1,08	8,5	0,92	0,16	16,0	
15		31,0	0,76	12,0	0,48	0,28	45,2	
16		34,0	0,92	11,5	0,60	0,32	42,1	
17		30,5	1,60	12,5	1,40	0,20	13,3	
18		31,0	0,68	13,5	0,52	0,16	26,7	
19		29,0	1,68	10,0	1,56	0,12	7,4	
20		31,0	0,72	9,5	0,60	0,12	18,2	
21	0,5–1,9	29,5	0,64	8,0	0,48	0,16	28,6	62,9
22		31,5	0,56	13,0	0,60	–0,04	6,9	
23		27,5	1,08	11,0	0,84	0,24	25,0	
24		34,0	0,68	12,5	0,60	0,08	12,5	
25		35,5	0,80	13,5	0,52	0,28	42,4	
26		35,5	0,80	12,5	0,52	0,28	42,4	
27		35,0	1,20	10,0	0,94	0,26	12,1	
28		39,5	0,52	16,5	0,40	0,12	28,1	
29		37,5	1,12	15,0	1,00	0,12	11,3	
30		32,0	1,00	10,0	1,00	0	0	
31	0,5–1,9	33,0	0,80	11,0	0,80	0	0	62,9
32		37,5	0,80	13,5	0,68	0,12	16,2	
33		34,5	1,88	11,0	1,56	0,32	18,6	
34		32,5	0,60	10,5	0,44	0,16	30,8	
35		36,5	1,20	10,0	1,00	0,20	18,2	

Окончание табл. 1

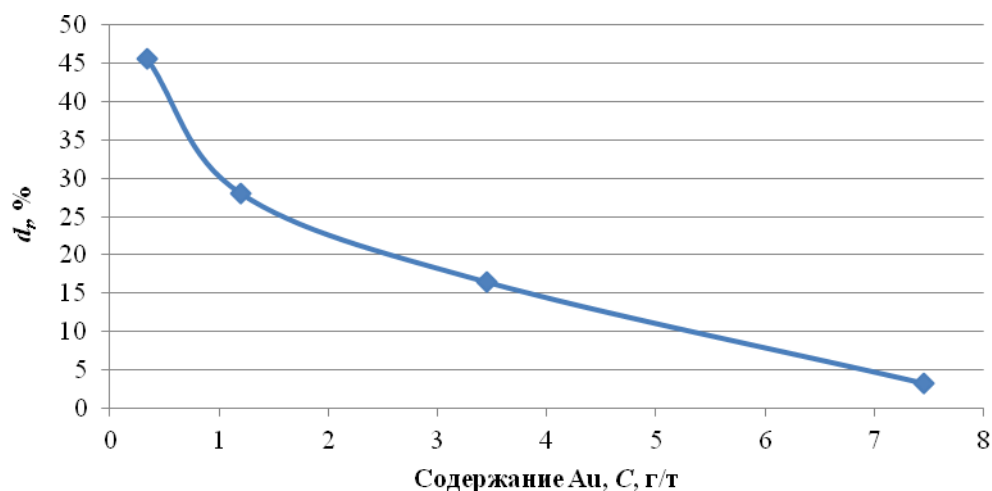
№ пробы	Интервал содержания Au, г/т	I определение Au		II определение Au		$C_I - C_{II}$, г/т	d_r , %	D_r , %
		Масса веркблея, г	Содержание Au, C_I , г/т	Масса веркблея, г	Содержание Au, C_{II} , г/т			
36		33,5	0,72	10,5	0,60	0,12	18,2	
37		32,5	0,80	11,5	0,68	0,12	16,2	
38		33,5	0,60	9,0	0,32	0,28	66,7*	
39		35,5	1,08	13,0	0,92	0,16	16,0	
40		34,0	1,64	11,5	1,60	0,04	2,5	
Средние значения в диапазоне содержаний Au: 0,5–1,9		33,6	1,09	11,3	0,82	0,27	28,1	62,9
1	2,0–4,9	34,0	2,24	11,5	1,60	0,64	33,3	41,9
2		34,0	4,52	11,5	4,6	–0,08	1,8	
3		33,0	2,04	10,0	1,68	0,36	19,4	
4		32,0	2,28	9,0	2,00	0,28	13,1	
5		34,0	4,28	13,0	4,00	0,28	6,8	
6		28,5	2,52	10,0	2,28	0,24	10,0	
7		36,5	2,20	13,0	2,00	0,20	9,5	
8		35,0	2,56	11,0	2,28	0,28	11,6	
9		32,5	3,60	9,0	2,40	1,20	40	
10		33,0	1,96	12,0	1,88	0,08	4,2	
11		35,5	2,20	15,0	2,00	0,20	9,5	
12		34,5	3,08	13,0	2,80	0,28	9,5	
13		33,0	2,00	10,5	1,40	0,60	35,3	
14		33,5	3,20	9,5	2,84	0,36	11,9	
Средние значения в диапазоне содержаний Au: 2,0–4,9		33,8	2,76	11,2	2,34	0,42	16,5	41,9
1	5,0–9,9	34,5	7,20	13,5	6,88	0,32	4,5	28
2		25,0	7,44	11,0	7,20	0,24	3,9	
3		28,0	7,28	10,0	7,20	0,08	1,1	
4		26,5	6,80	6,5	6,52	0,28	4,2	
Средние значения в диапазоне содержаний Au: 5,0–9,9		28,5	7,18	10,25	6,95	0,23	3,25	28

Примечание. $d_r = 2 \times |C_I - C_{II}| / (C_I + C_{II})$; $d_r^* > D_r$, где D_r – допустимое значение относительного расхождения результатов анализа определения золота.

Таблица 2

Результаты определения серебра в пробах кварцевой золотосодержащей руды, полученные при использовании шихты, содержащей восстановитель, и шихты, не содержащей восстановитель

№ пробы	I определение Ag		II определение Ag		$\Delta C = C_I - C_{II}$, г/т	d_r , %	D_r
	Масса веркблея, г	Содержание Ag, C_I , г/т	Масса веркблея, г	Содержание Ag, C_{II} , г/т			
1	34,5	15,56	14,0	18,36	–2,8	16,51	35,0
2	33,5	9,00	11,5	9,20	–0,20	2,20	41,9
3	30,5	22,00	14,0	26,04	–4,04	16,82	28,0
4	33,0	28,96	10,0	27,64	1,32	4,66	28,0
5	32,0	15,48	9,0	17,00	–1,52	9,36	35,0
6	34,0	21,44	13,0	24,16	–2,72	11,93	28,0
7	34,5	25,52	13,5	24,64	0,88	3,51	28,0
8	35,5	6,28	14,0	8,32	–2,04	27,95	41,9
Среднее значение	33,4	18,03	12,4	19,42	–1,39	11,62	35,0



Зависимость относительной систематической погрешности результатов определения золота от содержания золота в кварцевой руде при использовании шихты, не содержащей восстановитель

Из результатов эксперимента следует, что прецизионность результатов определения золота, полученных при использовании шихты, содержащей восстановитель, и шихты, не содержащей восстановитель, в большинстве случаев соответствует требованиям [12]. При этом результаты определения золота, полученные при использовании шихты, не содержащей восстановителя, содержат систематическую погрешность [12]. Однако в эти результаты анализа можно вводить соответствующую поправку, используя графическую зависимость, приведенную на рис. 1. В результаты определения серебра поправку вводить не нужно. Следует отметить, что при использовании веркблеев массой примерно 10 г экспрессность, операции купелирования свинцовых сплавов повышается в два раза, расход электроэнергии снижается в два раза. Кроме того снижаются в три раза расходы на приобретение капелей (одна капель стоит 28 руб.).

Результаты исследований позволяют сделать следующие выводы:

- а) в пробирном анализе кварцевых золотосодержащих руд можно использовать шихту, не содержащую восстановитель;
- б) использование шихты без восстановителя позволяет повысить экспрессность анализа и снизить расходы на его выполнение.

Литература

1. Швецов В.А. Химическое опробование золоторудных месторождений. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2008. – 220 с.
2. Пробоотбирание и анализ благородных металлов / Справочник под ред. И.Ф. Барышникова. – М.: Металлургия, 1978. – 432 с.
3. Бимшиш Ф. Аналитическая химия благородных металлов. Ч.1. – М.: Мир, 1969. – 296 с.
4. Совершенствование контроля степени тонкого измельчения лабораторных проб золотосодержащих руд первой группы / В.А. Швецов, В.В. Пахомова, О.А. Белавина, Н.В. Адельшина, Д.В. Шунькин // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2012. – Т. 78, № 3. – С. 22–24.
5. Исследование зависимости продолжительности операции сушки геологических проб кварцевых золотосодержащих руд от толщины слоя материала пробы / О.А. Белавина, В.А. Швецов, Н.В. Адельшина, В.В. Пахомова, В.А. Пахомов, Д.В. Шунькин // Вестник КамчатГТУ. – Петропавловск-Камчатский, 2016. – Вып. 35. – С. 6–10.
6. Разработка инновационной технологии подготовки проб золотосодержащего минерального сырья к анализу / О.А. Белавина, В.А. Швецов, Д.В. Шунькин, Н.В. Адельшина, П.А. Белозёров, В.А. Пахомов // Вестник КамчатГТУ. – Петропавловск-Камчатский, 2013. – Вып. 24. – С. 5–10.
7. Исследование процесса сушки лабораторных проб кварцевых золотосодержащих руд в микроволновой печи / О.А. Белавина, В.А. Швецов, Д.В. Шунькин, Н.В. Адельшина, П.А. Белозёров // Вестник КамчатГТУ. – Петропавловск-Камчатский, 2013. – Вып. 23. – С. 9–13.

8. Разработка новых методик контроля качества операции перемешивания тонкоизмельченных проб минерального сырья / *О.А. Белавина, В.А. Швецов, В.В. Пахомова, Д.В. Шунькин* // Вестник КамчатГТУ. – Петропавловск-Камчатский, 2011. – Вып. 18. – С. 19–23.

9. К вопросу о перемешивании лабораторных проб золотосодержащих руд первой группы способом перекачивания / *О.А. Белавина, В.А. Швецов, В.В. Пахомова, Д.В. Шунькин* // Вестник КамчатГТУ. – Петропавловск-Камчатский, 2011. – Вып. 17. – С. 16–21.

10. К вопросу контроля степени тонкого измельчения лабораторных проб золотосодержащих руд первой группы / *В.А. Швецов, О.А. Белавина, Н.В. Адельшина, Д.В. Шунькин, В.В. Пахомова* // Вестник КамчатГТУ. – Петропавловск-Камчатский, 2010. – Вып. 14. – С. 16–19.

11. *Пахомова В.В., Швецов В.А.* СТП 13-008-09 Стандарт предприятия. Определение золота и серебра в золотосеребряных рудах и продуктах их переработки пробирным методом. – Петропавловск-Камчатский: ОАО «Камчатгеология», 2010. – 17 с.

12. Управление качеством аналитических работ. Внутренний лабораторный контроль точности (правильности и прецизионности) результатов количественного химического анализа: ОСТ 41-08-214-04 Стандарт отрасли. – М., 2004. – 92 с.

Информация об авторах **Information about the authors**

Шунькин Дмитрий Владимирович – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; аспирант

Shunkin Dmitry Vladimirovich – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Postgraduate

Швецов Владимир Алексеевич – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; доктор химических наук, доцент, профессор кафедры электрооборудования и радиооборудования судов

Shvetsov Vladimir Alekseevich – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Chemical Sciences, Docent, Professor of Electrical and Radio Equipment of Ships Chair

Белавина Ольга Александровна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; специалист по научно-технической информации отдела науки и инноваций; oni@kamchatgtu.ru

Belavina Olga Aleksandrovna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Specialist in Technical and Scientific Information of Science and Innovation Department; oni@kamchatgtu.ru

Пахомова Вера Владимировна – ОАО «Камчатгеология»; 683016, Россия, Петропавловск-Камчатский; начальник центральной лаборатории

Pakhomova Vera Vladimirovna – JSC «Kamchatgeology»; 683016, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Head of Central Laboratory

УДК 637.04

О.В. Пасько, Е.Ю. Тарасова**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФЕРМЕНТИРОВАННОГО МОЛОЧНО-ЗЛАКОВОГО ПРОДУКТА
ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПИТАНИЯ СТУДЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
QFD-МЕТОДОЛОГИИ**

Предложена методика проектирования ферментированного молочно-злакового продукта для организации питания студентов с использованием QFD-методологии. Последовательно реализованы этапы QFD-методологии, проведены маркетинговые исследования, построен дом качества и сформулированы основные требования к разрабатываемому ферментированному молочно-злаковому продукту.

Ключевые слова: ферментированный молочно-злаковый продукт, QFD-методология, маркетинговые исследования, дом качества, организация питания студентов.

O.V. Pasko, E.Y. Tarasova**DEVELOPMENT OF FERMENTED MILK-CEREAL PRODUCTS FOR FEEDING
STUDENTS USING QFD-METHODOLOGY**

A method of developing fermented milk-cereal products for feeding students with the use of QFD methodology is offered. The steps of QFD-methodology are consistently implemented, market research is conducted, quality house is built and the main requirements for the developed fermented milk-cereal products are formulated.

Key words: fermented milk and cereal product, QFD-methodology, marketing research, quality house, feeding students.

DOI: 10.17217/2079-0333-2017-39-37-45

Введение

Современные условия жизни предъявляют повышенные требования к здоровью и интеллектуальным возможностям молодежи. В условиях научно-технической революции и преобразований в нашей стране социальная значимость человека определяется образованием, профессиональной квалификацией и состоянием здоровья. Неблагоприятная демографическая ситуация мероприятия по сохранению и укреплению здоровья, прежде всего молодежи, выдвигает фактор здоровья в разряд национальных приоритетов [1, 2].

В настоящее время учащаяся молодежь рассматривается как профессионально-производственная группа населения, объединенная специфическими особенностями труда и условий жизни [3], охватывающая людей от 18 до 28 лет и составляющая практически четверть населения России и 30% населения в мире [4, 5].

Проблема обеспечения оптимальным питанием учащейся молодежи стоит остро. Анализ рационов питания выявил практическое отсутствие в них продуктов с высоким содержанием сложных углеводов (овсяные и кукурузные хлопья, перловая и ячневая крупы, фасоль, горох, мед). При оценке качественного состава пищи студентов часто выявляется несбалансированность питания по ряду основных компонентов [6].

Учитывая вышеизложенное, мы определяем как актуальную проблему разработки специализированных молочно-злаковых продуктов для организации питания студентов. При этом нужно учитывать следующие принципы: создание высокоэффективных технологий производства, обеспечивающих гарантированное содержание вносимых полезных ингредиентов в каждой упаковке продукта, сохранение их уровня в течение всего срока годности продукта при одновременном высоком качестве потребительских свойств.

Методы исследований

Проектирование ферментированного молочно-злакового продукта проводили на основе QFD-методологии. Методика реализовывалась на этапе планирования продукции. Построение дома качества производилось в восемь этапов.

Первый этап – определение потребительских требований к новой продукции. Для этого проводился опрос потребителей.

Второй этап – ранжирование потребительских требований. Для ранжирования и установления коэффициентов весомости показателей потребительских требований проведено второе маркетинговое исследование. Для ранжирования каждому респонденту предъявлялся список потребительских требований и предлагалось оценить важность каждого из них по десятибалльной шкале. Результаты затем усреднялись. Коэффициенты весомости определены методом частичного парного сопоставления.

На *третьем этапе* составлялся список важнейших технических характеристик, которые лежат в основе рецептуры и технологии разрабатываемой продукции.

На *четвертом этапе* производилась оценка степени тесноты парных взаимосвязей между потребительскими требованиями и техническими характеристиками. Таблицы потребительских требований и инженерных характеристик расположили рядом. Пересечение продолжений строк и столбцов этих таблиц образовали матрицу связей между потребительскими требованиями и инженерными характеристиками, в клетках которой размещены символы степени тесноты связи, если такая связь имеет место. Если связь отсутствует, клетка матрицы на пересечении данного потребительского требования и какой-то инженерной характеристики осталась пустой.

Пятый этап посвящен анализу парных взаимосвязей между техническими характеристиками и определению направления изменения каждой характеристики для обеспечения требуемых значений потребительских требований. Для анализа взаимосвязей использовали таблицу, в клетках которой располагали символы тесноты или характера взаимосвязи между парами инженерных характеристик. При построении дома качества использовалась половина таблицы, играющая роль крыши.

На *шестом этапе* определялась абсолютная и относительная важность каждой из технических характеристик. Абсолютный вес каждой инженерной характеристики определялся как сумма скалярных произведений рейтинга каждого потребительского требования на вес его связи с данной инженерной характеристикой. Относительный вес (важность) каждой инженерной характеристики в процентах находили как отношение ее абсолютного веса к сумме всех абсолютных весов инженерных характеристик.

На *седьмом этапе* производился учет технических ограничений, трудоемкости достижения изменений количественно измеряемых показателей качества и возможности предприятия. Эта оценка выполнялась по пятибалльной шкале.

На *восьмом этапе* производилось сравнение степени реализации потребительских требований и уровней инженерных характеристик разрабатываемой продукции с ближайшими конкурентами А и Б. Сравнение с конкурентами (бенчмаркинг) производилось по экспертным оценкам.

Завершало построение дома качества определение требуемых значений каждой из инженерных характеристик в разрабатываемом продукте (целей), обеспечивающих его конкурентоспособность [7]. В дальнейшем, с учетом соотношения «цена – качество», можно определить экономическую эффективность от внедрения планируемого продукта [8].

Результаты и обсуждение

В условиях конкурентной борьбы на рынке молочных продуктов наиболее успешным будет производитель, максимально быстро разработавший и запустивший в массовое производство новый продукт, соответствующий потребительским предпочтениям.

Планирование – один из наиболее сложных и ответственных этапов производства новой продукции, задачей которого является преобразование требований потребителей к продукции в ее технические характеристики.

Для изучения пожеланий и требований потребителей с последующим их переводом на язык технических требований к продукции могут применяться научно обоснованные, проверенные практикой методы, например, QFD-методология (развертывание функции качества).

Этап определения требований потребителей заключается в проведении маркетингового исследования. В течение 2014 г. проведен опрос студентов омских вузов. По схеме случайного бесповторного отбора проведена 0,5%-ная выборка студентов, представляющая все множество потенциальных потребителей. Таким образом, выборка составила 500 человек. Сводные результаты анкетирования представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты анкетирования респондентов

Вопросы	Предлагаемые ответы	Процент от числа опрошенных
Как часто Вы употребляете молочные продукты?	реже 1 раза в месяц	7,0
	2-3 раза в месяц	10,4
	1 раз в неделю	16,0
	2-3 раза в неделю	32,0
	чаще 3 раз в неделю	34,6
Какие молочные продукты Вы предпочитаете (возможен выбор нескольких вариантов)?	молоко	64,6
	кисломолочные напитки	68,0
	йогурт	67,8
	сметана	46,2
	продукты из сыворотки	9,2
	творог	31,4
	сыр	70,0
Употребляете ли Вы молочные продукты с «живыми» микроорганизмами?	да	72,4
	нет	27,6
Предпочитаете ли Вы кисломолочные продукты	с наполнителем	74,4
	без наполнителя	25,6
Ваше отношение к обогащению кисломолочных продуктов злаковыми компонентами	положительное	79,4
	негативное	20,6
Чем определяется Ваш выбор при покупке кисломолочных продуктов (возможен выбор нескольких вариантов)?	натуральность	67,0
	жирность	45,0
	вкусовые добавки	38,8
	наличие биодобавок	26,8
	срок годности	47,8
	цена продукта	35,4
	известность производителя	26,2
	объем упаковки	17,6
	тип упаковки	11,8
	оформление упаковки	7,8
	затрудняюсь ответить	4,6

Результаты анкетирования свидетельствуют о том, что только 7,0% студентов употребляют молочные продукты реже одного раза в месяц, большинство опрошенных – чаще трех раз в неделю.

Студенты предпочитают из молочных продуктов сыр и кисломолочные напитки, 72,4% употребляют продукты, содержащие в своем составе пробиотики. Опрошенные положительно относятся к наличию в кисломолочных продуктах наполнителей, в том числе злаковых. При выборе кисломолочных продуктов самым важным критерием является его натуральность, то есть с точки зрения респондентов – отсутствие в продукте красителей, ароматизаторов, консервантов.

Ответы на открытый запрос: «Составьте, пожалуйста, список Ваших пожеланий к качеству кисломолочного продукта» – позволили установить перечень потребительских требований к планируемой продукции. Все требования, выраженные на «языке потребителя», были систематизированы и обработаны с помощью диаграммы сродства, применение которой позволило установить дублирование и взаимодополнение требований, а также выявить противоречивые требования.

Следующим этапом при развертывании функции качества является ранжирование потребительских требований. Для этого проведено второе маркетинговое исследование, к которому были привлечены 100 респондентов – студентов различных вузов Омска.

Опрашиваемым предложено оценить важность потребительских требований по десятибалльной шкале. Среднее значение оценки и рейтинг требований представлены в табл. 2.

Таблица 2

Рейтинг потребительских предпочтений

Потребительские предпочтения	Средняя оценка	Рейтинг
Вкус приятный	9,33	2
Вкус кисломолочный	6,25	14
Вкус сладкий	6,82	11
Вкус кисло-сладкий	6,07	15
Запах кисломолочный	5,75	17
Запах наполнителя	6,99	8
Отсутствие посторонних запахов	7,88	6
Запах слабый	4,21	20
Цвет молочно-белый	6,40	12
Цвет наполнителя	6,86	9
Консистенция густая	6,83	10
Консистенция жидкая	5,60	18
Наличие кусочков наполнителя	5,06	19
Консистенция однородная	7,12	7
Цена низкая	5,79	16
Цена приемлемая	8,51	3
Наличие консервантов, ароматизаторов, красителей	3,63	22
Натуральный	8,33	4
Срок годности более 72 часов	8,29	5
Срок годности 72 часа	3,41	23
Полезный для здоровья	9,59	1
Калорийность низкая	6,28	13
Калорийность высокая	4,14	21

Важнейшим свойством для потребителей является полезность продукта, которую определяют как содержание в нем полезных микроорганизмов, витаминов и минеральных веществ.

При оценивании свойств, являющихся взаимоисключающими, выяснено, какими требованиями потребителей можно пренебречь. Из списка требований исключены: высокая калорийность; срок годности 72 часа; цена низкая; консистенция жидкая; наличие ароматизаторов, консервантов, красителей.

Результаты анкетирования позволили сформировать окончательную номенклатуру потребительских требований к кисломолочным продуктам (табл. 3).

Таблица 3

Номенклатура потребительских требований

Показатель качества	Желаемая характеристика показателя качества
Вкус	Вкус продукта должен быть приятным, свойственным данному виду продукции, кисломолочным, в меру сладким
Запах	Запах продукта должен быть приятным, свойственным данному виду продукции и наполнителя, без посторонних запахов
Цвет	Цвет продукта должен быть свойственным наполнителю, однородным по всему объему
Консистенция	Консистенция продукта должна быть однородной по всему объему, характерной для данного вида продукта, в меру густой, без расслоения
Содержание наполнителя	Продукт должен содержать ощутимые включения наполнителя
Натуральность	Продукт не должен содержать в своем составе консервантов, искусственных ароматизаторов и красителей
Экономичность	Приемлемая цена продукта
Полезность	Содержание в продукте компонентов, полезных для здоровья: пробиотиков и пребиотиков
Калорийность	Низкая энергетическая ценность
Срок годности	Срок годности более 72 часов

Также в ходе второго анкетирования установлены коэффициенты весомости показателей потребительских предпочтений методом частичного попарного сопоставления.

В результате обработки анкет Б определены: среднее значение частоты преобладания i -го показателя качества (e_i), коэффициенты весомости i -го показателя качества (M_i) и важность показателя для потребителя (ВП) по пятибалльной шкале (табл. 4 и рис. 1).

Таблица 4

Коэффициенты весомости показателей качества кисломолочных продуктов

Сравниваемые показатели	e_i	M_i		ВП
		ед.	%	
Вкус	6,52	0,1449	14,49	5,0
Запах	4,54	0,1009	10,19	3,5
Цвет	3,09	0,0687	6,87	2,4
Консистенция	4,12	0,0916	9,16	3,2
Наполнитель	4,36	0,0969	9,69	3,3
Натуральность	6,04	0,1342	13,42	4,6
Цена	3,35	0,0744	7,44	2,6
Срок годности	3,65	0,0811	8,11	2,8
Полезность	6,23	0,1384	13,84	4,8
Калорийность	3,10	0,0689	6,89	2,4

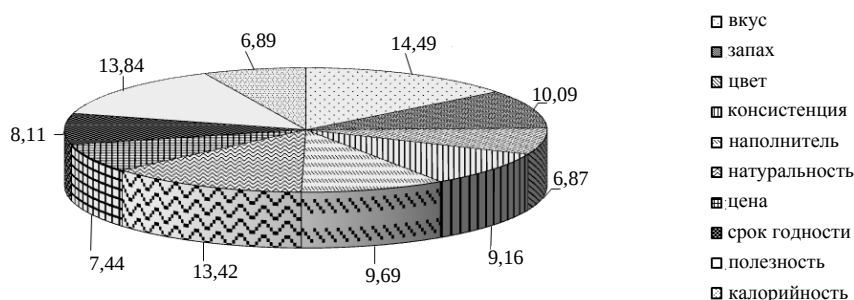


Рис. 1. Круговая диаграмма коэффициентов весомости показателей качества для кисломолочных продуктов

В результате сравнения коэффициентов весомости показателей установлено, что для респондентов наибольшее значение имеют вкус, полезность и натуральность продукта. Запах, содержание наполнителя и консистенция также входят в число характеристик, на которые покупатель обращает внимание. Цвет продукта и его калорийность вызвали наименьший интерес.

Показатели качества сгруппированы и представлены в виде дерева потребительских показателей качества (рис. 2).



Рис. 2. Дерево потребительских показателей качества кисломолочных продуктов

На третьем этапе в результате изучения нормативной и технической документации определены количественно измеряемые показатели, характеризующие качество продукта. Они представлены в виде столбцов на рис. 3.

Массовая доля жира	Массовая доля белка	Массовая доля углеводов	Массовая доля СОМО	Количество наполнителя	Количество консервантов	Количество ароматизаторов	Количество красителей	Количество глицина	Степень синерезиса	Титруемая кислотность	Вязкость	Количество полезных м/о	Срок годности	Стоимость	Энергетическая ценность
--------------------	---------------------	-------------------------	--------------------	------------------------	-------------------------	---------------------------	-----------------------	--------------------	--------------------	-----------------------	----------	-------------------------	---------------	-----------	-------------------------

Рис. 3. Количественно измеряемые показатели кисломолочного продукта

На четвертом этапе произведена оценка силы зависимостей потребительских требований и количественно измеряемых показателей. Источниками такой оценки являлись здравый смысл, теоретические представления, суждения экспертов, в качестве которых были привлечены технологи омских молочных предприятий, наблюдения, специальные исследования.

На следующем этапе построена корреляционная матрица, так называемая крыша дома. Связи количественно измеряемых показателей качества между собой обозначены символами, характеризующими степень зависимости (сильная; слабая) и характер связи (положительный – с ростом одного фактора второй также увеличивается; отрицательный – с ростом одного фактора второй уменьшается). Также определены направления изменения количественно измеряемых показателей качества для обеспечения необходимых значений потребительских требований. Значения каждого количественно измеряемого показателя качества могут увеличиваться (↑) или уменьшаться (↓).

На шестом этапе определялся абсолютный и относительный вес количественно измеряемых показателей качества с учетом рейтинга важности потребительских требований и силы зависимости между потребительскими требованиями и количественно измеряемыми показателями качества (табл. 5).

Таблица 5

Абсолютный и относительный вес технических характеристик

Показатели качества	Абсолютный вес показателя	Относительный вес показателя, %
Массовая доля жира	230,4	11,18
Массовая доля белка	227,7	11,05
Массовая доля углеводов	118,9	5,77
Массовая доля СОМО	156,6	7,60
Количество наполнителя	227,8	11,06
Количество консервантов	90,0	4,37
Количество ароматизаторов	141,3	6,86
Количество красителей	86,4	4,19
Количество глицина	71,2	3,46
Степень синерезиса	65,4	3,17
Титруемая кислотность	117,1	5,68
Вязкость	63,1	3,06
Количество полезных микроорганизмов	88,2	4,28
Срок годности	82,2	3,99
Стоимость	176,1	8,55
Энергетическая ценность	117,9	5,72

Было установлено, что наиболее важными для потребителя являются такие количественно измеряемые показатели качества, как «массовая доля жира», «массовая доля белка» и «количество наполнителя».

Далее была оценена трудоемкость достижения изменений количественно измеряемых показателей качества по пятибалльной шкале, баллы занесены в нижележащую строку таблицы дома качества (рис. 4).

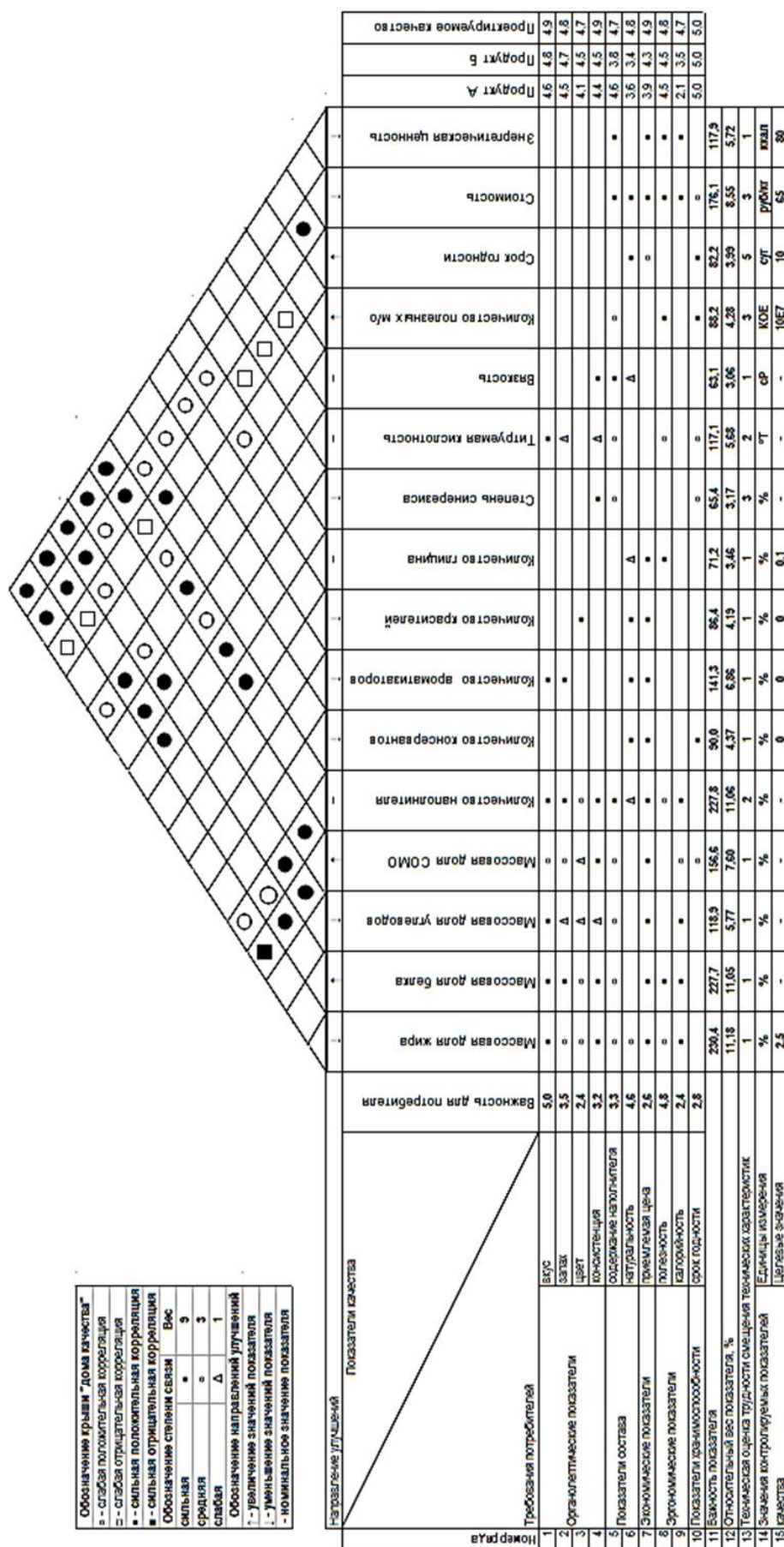


Рис. 4. Дом качества

Для оценки качества кисломолочных продуктов со злаковыми наполнителями и определения степени удовлетворенности потребителей качеством продукции проведен опрос фокус-группы, состоящей из 15 экспертов, в качестве которых выступили преподаватели кафедр.

Было проведено сравнение значений показателей планируемого образца и образцов-конкурентов региональных производителей по пятибалльной шкале: 1 балл – очень плохо, 2 – плохо, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

При обработке результатов считали, что компетентность экспертов одинакова, определена согласованность мнений экспертов (табл. 6).

Таблица 6

Обработка результатов экспертного опроса

Показатели качества	Продукт А			Продукт Б			Планируемый продукт		
	СКО	Коэффициент вариации	Согласованность мнений	СКО	Коэффициент вариации	Согласованность мнений	СКО	Коэффициент вариации	Согласованность мнений
Вкус	0,51	0,11	↑сред	0,41	0,09	выс	0,35	0,07	выс
Запах	0,52	0,12	↑сред	0,49	0,10	выс	0,41	0,09	выс
Цвет	0,64	0,15	↑сред	0,64	0,14	↑сред	0,49	0,10	выс
Консистенция	0,51	0,12	↑сред	0,52	0,11	↑сред	0,35	0,07	выс
Наполнитель	0,51	0,11	↑сред	0,56	0,15	↑сред	0,46	0,10	выс
Натуральность	0,51	0,14	↑сред	0,51	0,15	↑сред	0,41	0,09	выс
Цена	0,35	0,09	выс	0,62	0,14	↑сред	0,35	0,07	выс
Срок годности	0,00	0,00	выс	0,00	0,00	выс	0,00	0,00	выс
Полезность	0,52	0,11	↑сред	0,52	0,11	↑сред	0,41	0,09	выс
Калорийность	0,26	0,12	↑сред	0,52	0,15	↑сред	0,49	0,10	выс

Согласованность мнений экспертов при оценке показателей – высокая и выше средней. Это свидетельствует о статистической значимости полученных результатов оценки, отраженных в табл. 7. Величину доверительного интервала рассчитали, принимая доверительную вероятность равной 0,95.

Таблица 7

Значения показателей качества образцов конкурентов и планируемого продукта

Показатели потребительских предпочтений		Продукт А	Продукт Б	Планируемый продукт
Органолептические показатели	Вкус	4,60 ± 0,26	4,80 ± 0,21	4,87 ± 0,18
	Запах	4,47 ± 0,26	4,67 ± 0,25	4,80 ± 0,21
	Цвет	4,13 ± 0,32	4,47 ± 0,32	4,67 ± 0,25
	Консистенция	4,40 ± 0,26	4,53 ± 0,26	4,87 ± 0,18
Показатели состава	Наполнитель	4,60 ± 0,26	3,80 ± 0,28	4,73 ± 0,23
	Натуральность	3,60 ± 0,26	3,40 ± 0,26	4,80 ± 0,21
Экономические показатели	Цена	3,87 ± 0,18	4,33 ± 0,31	4,87 ± 0,18
Эргономические показатели	Полезность	4,53 ± 0,26	4,53 ± 0,26	4,80 ± 0,21
	Калорийность	2,07 ± 0,13	3,47 ± 0,26	4,67 ± 0,26
Показатели хранимоспособности	Срок годности	5,00 ± 0,00	5,00 ± 0,00	5,00 ± 0,00

На последнем этапе развертывания функции качества после изучения нормативных и законодательных документов установлены значения количественно измеряемых показателей качества для планируемого ферментированного продукта.

В результате выполнения процедур, предусмотренных QFD-методологией, построен дом качества, представленный на рис. 4.

Анализ разработанного дома качества, обзор научной и технической литературы, патентной информации позволили сформулировать требования к разрабатываемому ферментированному молочно-злаковому продукту [9, 10].

Заключение

Анализ полученных результатов исследований позволил сформулировать основные требования к разрабатываемому ферментированному молочно-злаковому продукту:

- высокие органолептические показатели;
- низкая энергетическая ценность (не более 100 ккал);
- массовая доля жира в продукте не более 2,5%;
- белковый состав ферментированного продукта (массовая доля белка не менее 2,8%, аминокислотный скор >100 %);
- пробиотическая активность, обусловленная клеточной концентрацией (не менее $1 \cdot 10^6$ КОЕ/см³) пробиотических культур микроорганизмов;
- витаминный состав: содержание витаминов группы В не менее 15% от среднесуточной физиологической потребности человека.

Таким образом, традиционный подход к разработке новых продуктов характеризуется длительностью, трудоемкостью, большим количеством экспериментальных исследований. Применяемая в исследованиях QFD-методология позволяет сосредоточиться на наиболее важных показателях планируемого продукта, требующих изменений с учетом запроса потребителей, и, тем самым, сократить процесс внедрения продукта в производство и выведения на рынок.

Литература

1. Давиденко Д.Н., Щедрин Ю.Н., Щеголев В.А. Здоровье и образ жизни студентов / под общ. ред. Д.Н. Давиденко. – СПб.: СПбГУИТМО, 2005. – 124 с.
2. Пасько О.В. Научное и экспериментальное обоснование технологии ферментированных молочносодержащих продуктов: дис. ... д-ра техн. наук / Кемеровский технолог. ин-т пищ. пром-сти. – Кемерово, 2011.
3. Проблемы питания современного студента / Э.М. Османов, Г.П. Ронжина, Е.А. Дорофеева, А.С. Пышкина // Вестник ТГУ. – 2010. – Вып. 2. – Т. 15. – С. 685–687.
4. Бакуменко О.Е., Доронин А.Ф. Современные подходы к организации оптимального питания учащейся молодежи // Пищ. пром-сть. – 2010. – № 7. – С. 36–38.
5. Пасько О.В., Гаврилова Н.Б. Разработка научно обоснованных технологий функциональных продуктов питания на основе молочного и растительного сырья // Фундаментальные исследования. – 2005. – № 1. – С. 55–56.
6. Тихомирова Н.А. Здоровое питание для учащихся // Молоч. пром-сть. – 2009. – № 9. – С. 78–80.
7. Системы, методы и инструменты менеджмента – 2-е изд. / М.М. Кане, Б.В. Иванов, В.Н. Корешков, А.Г. Схиртладзе. – СПб.: Питер, 2012. – 576 с.
8. Бессонова Л.П., Дунченко Н.И. Управление безопасностью в пищевой промышленности на основе системы прослеживаемости // Стандарты и качество. – 2010. – № 5. – С. 82–85.
9. Паста сливочно-растительная: пат. на изобретение № 2327359 / Сарычева Е.Н., Гаврилова Н.Б., Филалов Д.М., Пасько О.В.
10. Композиция для получения пастообразного творожного продукта: пат. на изобретение № 2353095 / Шадрин М.А., Гаврилова Н.Б., Пасько О.В.

Информация об авторах Information about the authors

Пасько Ольга Владимировна – Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева; 127550, Россия, Москва; доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Управление качеством и товароведение продукции»; pasko-olga@mail.ru

Pasko Olga Vladimirovna – Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (MTAA named after K.A. Timiryazev); 127550, Russia, Moscow; Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Quality Management and Production Merchandizing Chair; pasko-olga@mail.ru

Тарасова Елена Юрьевна – Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина; 644008, Омск; кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры товароведения, стандартизации и управления качеством

Tarasova Elena Yurevna – Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin; 644008, Omsk; Candidate of Technical Sciences, Docent, Associate Professor of Merchandizing, Standardization and Quality Management Chair

РАЗДЕЛ II. БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК [597.552.511:591.465.31](265.53) «2014»

С.Б. Городовская, А.С. Сушкевич

**ГАМЕТОГЕНЕЗ МОЛОДИ КЕТЫ В ПЕРИОДЫ РАННИЙ МОРСКОЙ
И ОСЕННЕЙ МИГРАЦИИ В ОХОТСКОМ МОРЕ И НЕКОТОРЫЕ
ГИСТОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ
В ЯИЧНИКАХ В 2014 ГОДУ**

На основании гистологического анализа яичников молоди кеты в ранний морской и осенний периоды жизни показан темп развития яичников в 2014 г.

Наличие ооцитов с начальной фазой вителлогенеза говорит об ускоренном темпе развития половых желез у молоди кеты в открытых водах Охотского моря. Впервые выявлены нарушения в воспроизводительной системе у самок молоди кеты: встречались ооциты с признаками amitotic деления, деформацией половых клеток и изменениями в желточных оболочках. Отклонения в развитии и функционировании яичников молоди служат критерием уровня антропогенного воздействия и постепенно приведут к сокращению плодовитости и, как следствие, к снижению эффективности нереста, уменьшению уровня естественного воспроизводства вида.

Ключевые слова: молодь кеты, ооциты, темп развития гонад, ранний морской и осенний периоды жизни, гистоморфологические изменения.

S.B. Gorodovskaya, A.S. Sushkevich

**GAMETOGENESIS OF JUVENILE CHUM SALMON DURING THE PERIODS
OF EARLY SEA AND AUTUMN MIGRATION IN THE SEA OF OKHOTSK
AND SOME OVARY HISTOMORPHOLOGIC CHANGES IN 2014**

Based on the histological analysis of ovaries of juvenile chum salmon during the early period of feeding at sea and the autumn period, the development rate of ovaries in 2014 is shown.

The presence of oocytes with the initial phase of vitellogenesis demonstrates accelerated development gonads of juvenile chum salmon in open waters of the Sea of Okhotsk. Anomalies in the female reproductive system of juvenile chum salmon are revealed for the first time: there are oocytes with holoschisis, gamete deformation and changes in the vitelline membrane. Ovary abnormality of juvenile chum salmon serves as a criterion of the level of anthropogenous impact and gradually will lead to reducing fertility and as a result decreasing spawning efficiency, reducing the level of natural reproduction of the species.

Key words: juvenile chum salmon, oocytes, ovary development rate, early period of feeding at sea and the autumn period, histomorphologic changes.

DOI: 10.17217/2079-0333-2017-39-46-54

В течение последнего десятилетия Камчатка находится в зоне интенсивной промышленной деятельности. Водоемы полуострова, а также прикамчатские морские воды подвержены значительному антропогенному влиянию. Кета является ценным видом среди тихоокеанских лососей, поэтому является предметом интенсивного промысла и искусственного разведения. Для оценки состояния популяции кеты большое значение имеет мониторинг воспроизводительной системы молоди в разные периоды жизни.

Цель работы – используя гистологические показатели, оценить состояние развивающихся яичников молоди кеты 2014 г. из Охотского моря. Важной задачей является нахождение, описание спектра и частоты гистоморфологических изменений в развитии и функционировании воспроизводительной системы.

Материал и методика

Материалы для работы собраны в ходе научно-исследовательских экспедиций на МРТК 316 и НИС «Профессор Кагановский» в 2014 г. Молодь кеты была поймана в камчатском прибрежье Охотского моря с 20 по 28 августа 2014 г. (рис. 1), а также с 4 по 31 октября в открытых водах Охотского моря (рис. 2). В работе использованы результаты гистологического анализа гонад молодки кеты, отловленной в данные периоды морских миграций. Общее количество молодки, взятой на гистологический анализ яичников, – 90 шт.

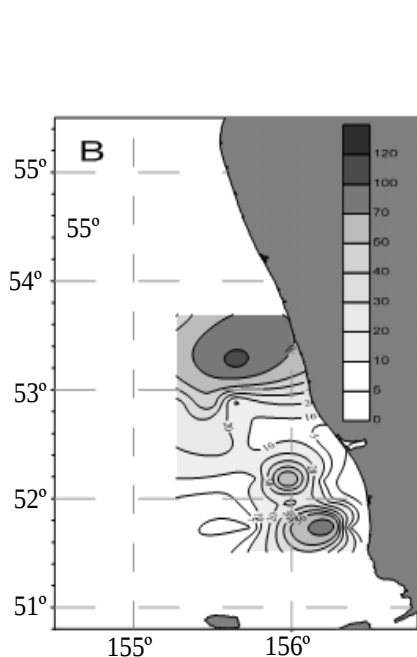


Рис. 1. Распределение молодки лососей (без видового деления) в прибрежных водах западной Камчатки 20–28 августа 2014 г., экз./траление

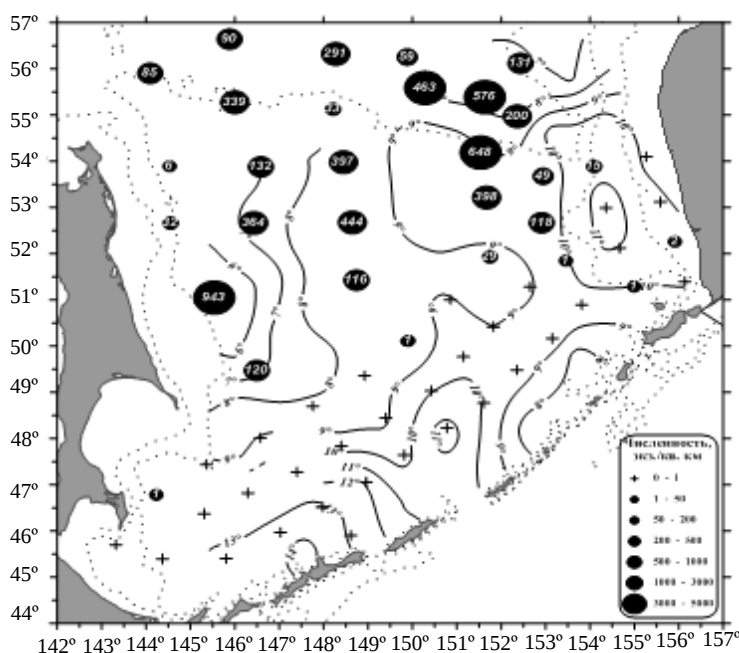


Рис. 2. Уловы молодки кеты при траловой съемке НИС «Профессор Кагановский» 4–31 октября 2014 г., экз./траление

Сбор и обработка проб проводились стандартными методами. Пробы гонад для гистологического анализа фиксировали в жидкости Буэна. Кусочки половых желез заливали в парафин с воском, далее подвергали проводке через спирты возрастающей концентрации. После абсолютного спирта яичники проводили через хлороформ и парафин-хлороформ. Срезы изготавливали толщиной 5–7 мкм и окрашивали железным гематоксилином по методике Гейденгайна [1].

При изучении гистологических препаратов самок молодки кеты под микроскопом Olympus просчитывали и измеряли ооциты разных ступеней развития. Проведено 1020 измерений диаметра ооцитов и их ядер на 300 препаратах. Препараты каждой стадии развития ооцитов оцифровывались и фотографировались.

Результаты и обсуждение

Гаметогенез молодки кеты в ранний морской период

Молодь кеты, выловленной в прибрежье Охотского моря в июле – августе 2014 г., имела среднюю длину и массу тела 14,2 см и 30,2 г. В яичниках молодки присутствовали ооциты 1-й и 2-й ступеней превителлогенеза (рис. 3). В гонадах также встречалось значительное количество ооцитов 3-й ступени (рис. 4). Средний диаметр ооцитов кеты 2-й ступени превителлогенеза в этот период равен $68,0 \pm 0,11$ мкм, 3-й ступени – $80,4 \pm 0,13$ мкм. Ооциты 3-й ступени встречались до 67% от всех просчитанных клеток.

По гистологическим показателям темп созревания яичников в этот период значительно не отличался от скорости развития гонад предыдущих лет исследования.

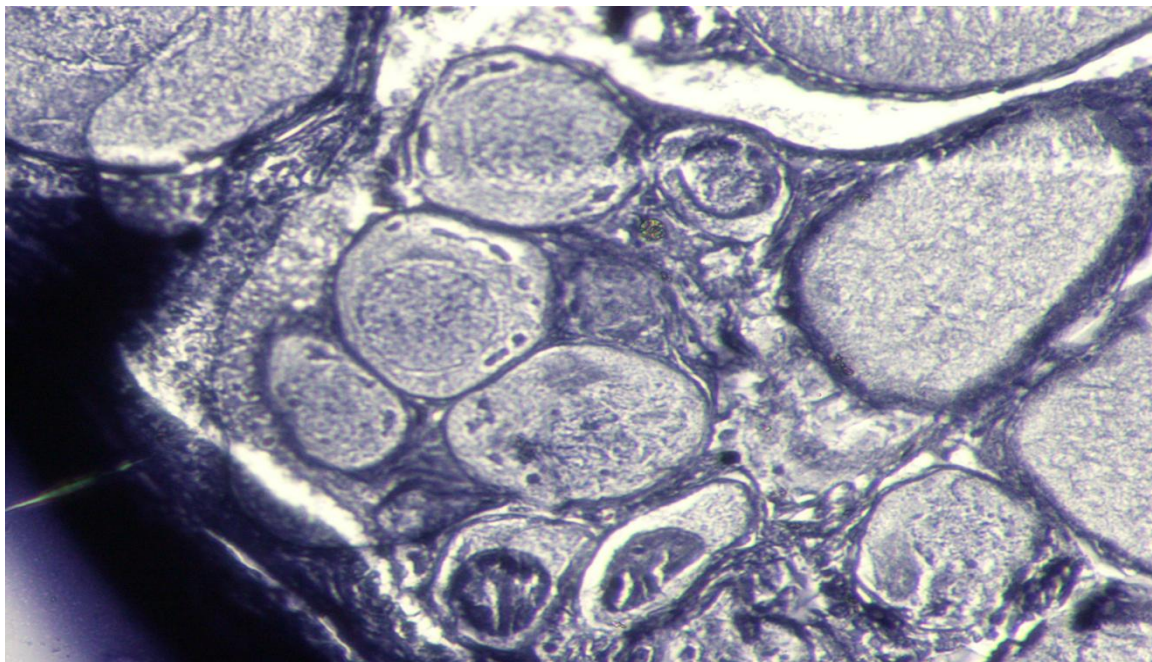


Рис. 3. Ооциты 2-й ступени превителлогенеза в яичниках молоди кеты в июле 2014 г. в Охотском море. Ув.: 20×20

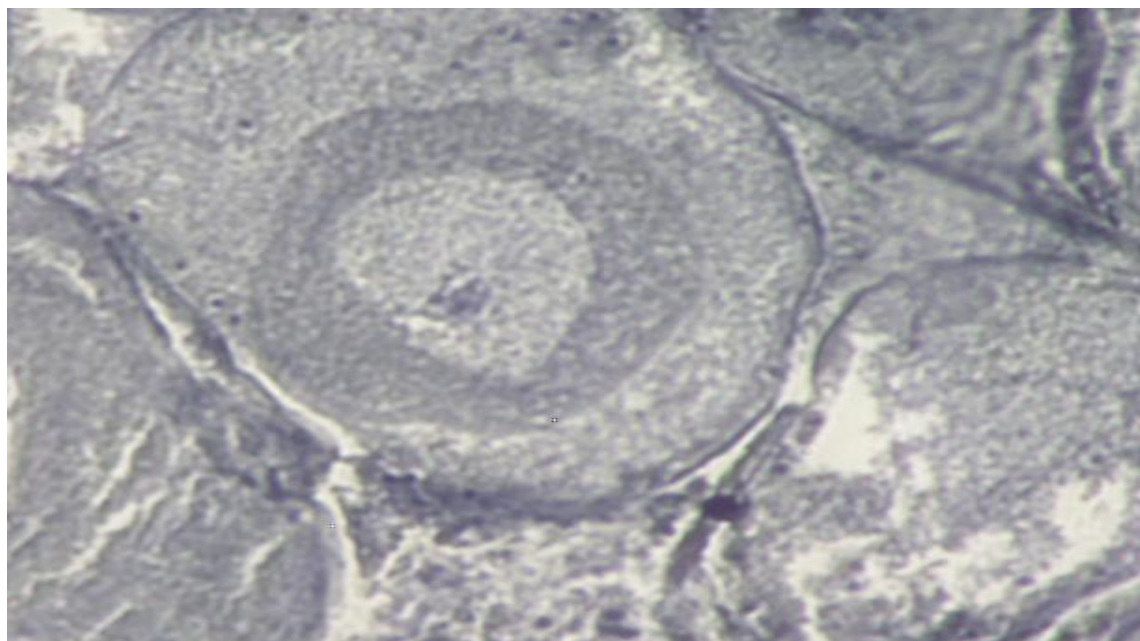


Рис. 4. Ооциты 3-й ступени превителлогенеза в яичниках молоди кеты в августе 2014 г. в Охотском море. Ув.: 20×40

Гаметогенез молоди кеты в период осенней миграции

В открытых водах Охотского моря в октябре 2014 г. средняя длина и масса тела проанализированной молоди самок кеты были 24,1 см и 154,6 г. Яичники кеты характеризовались ускоренным развитием, что подтверждается наличием ооцитов заканчивающихся 3-й и 4-й ступеней превителлогенеза, а также начальной фазой вителлогенеза. В ооцитах 3-й ступени периферическое кольцо темно окрашенной цитоплазмы представляет собой нитевидное образование вокруг большого ядра (рис. 5); клеток с таким развитием в некоторых яичниках насчитывалось до 65%. Во многих ооцитах в цитоплазме наблюдалось «желточное ядро» (овальное, светлое включение) признак 4-й ступени превителлогенеза (рис. 5). На гистологических препаратах ооциты на 4-й ступени превителлогенеза встречались до 32% от общего числа развивающихся половых клеток.



Рис. 5. Ооциты завершающей 3-й с признаками 4-й ступени превителлогенеза в яичниках молоди кеты в октябре 2014 г. в Охотском море. Ув.: 20×40

Средний диаметр ооцитов кеты 3-й ступени превителлогенеза в этот период равен $98,0 \pm 0,08$ мкм. У клеток с признаками 4-й ступени развития превителлогенеза средний диаметр $103,8 \pm 0,09$ мкм. Незначительное количество ооцитов (13% от общего числа просчитанных клеток) перешло в начальные фазы вителлогенеза. На этом этапе желточное ядро иногда сохранялось, а главное морфологическое изменение – накопления желтка и жировых вакуолей в ооцитах. Самые зрелые ооциты в яичниках кеты имели начальные фазы накопления жировых вакуолей, которые располагались по периферии ооцитов (рис. 6). Такое строение ооцитов у молоди кеты в открытых водах Охотского моря говорит об ускоренном темпе развития половых желез в 2014 г. [2].

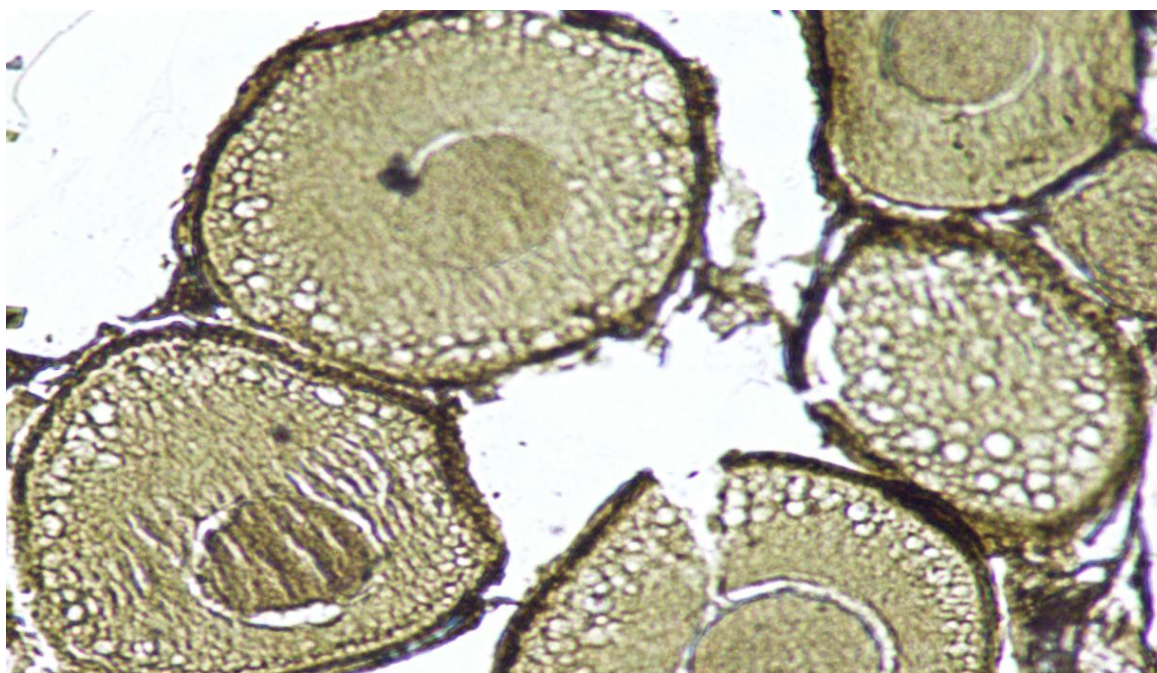


Рис. 6. Ооциты в начальной фазе вителлогенеза в яичниках молоди кеты в октябре 2014 г. в Охотском море. Ув.: 20×20

Гистоморфологические изменения ооцитов молоди кеты в 2014 г.

В результате гистологических исследований в некоторых яичниках кеты из уловов в ранний морской и осенний периоды 2014 г. в Охотском море впервые были обнаружены гистоморфологические изменения.

Патологические отклонения в развитии и функционировании репродуктивной системы рыб могут вызвать серьезные нарушения в естественном воспроизводстве и, соответственно, сокращение численности. В условиях интенсивной хозяйственной деятельности при ухудшении условий обитания для оценки состояния популяций рыб большое значение имел мониторинг развития и функционирования их половой системы. Многие авторы занимались изучением репродуктивной системы рыб, от состояния которой зависит сохранение и восстановление запасов популяций [3–6].

Исследуемые нами в 2014 г. отклонения в строении развивающихся яичников у морской молоди тихоокеанской кеты походили по описанию на гистоморфологические нарушения созревающих гонад осетровых. Поэтому мы приводим в работе данные по нарушениям в развивающихся гонадах осетров и также причины их возникновения.

Исследования проводились на территории России, как в Волго-Каспийском районе, так и в Сибири и на Дальнем Востоке. Ухудшение состояния запасов в частности осетровых, при котором лишь небольшое количество рыб способно достичь зрелого состояния и отнереститься, наблюдалось на рр. Волга, Урал, Енисей, Обь, Лена, Индигирка, Колыма. В результате гистологического анализа в их половых продуктах обнаружены нарушения в гамето- и гонадогенезе. В течение нескольких последних десятилетий численность осетровых рыб (сибирского осетра *Acipenser baerii* и сибирской стерляди *A. ruthenus marsiglii*), обитающих в водоемах Сибири и Дальнего Востока, значительно снизилась как за счет интенсивного промысла, так и за счет других антропогенных факторов [6–8]. Например, в условиях интенсивной хозяйственной деятельности в бассейне р. Амур, результатом которой является ухудшение условий обитания рыб. Для оценки обитания популяций калуги *H. dauricus* и амурского осетра *A. schrenckii* из рек бассейна р. Амур, как и других водоемов, большое значение имело систематическое изучение состояния их репродуктивной системы.

В результате гистологического анализа репродуктивной системы обнаружены гистоморфологические изменения в гонадах многих осетровых рыб. К ним относятся [6]:

- 1) изменения толщины яйцевых оболочек, выраженные в утолщении студенистой и желточной оболочек из-за их набухания;
- 2) фрагментация (разрушение) оболочек ооцитов;
- 3) увеличение высоты клеток фолликулярного эпителия;
- 4) расслоение желточной оболочки и отслоение от нее студенистой оболочки;
- 5) у некоторых ооцитов отмечено истончение и даже прерывистость оболочек;
- 6) неоднородность окраски желточной и студенистой оболочек;
- 7) отмечены ооциты неправильной формы (деформация), что обусловлено нарушением прочности оболочек;
- 8) обнаружены икринки с признаками amitotического деления;
- 9) в семенниках, в генеративной части находилась жировая ткань;
- 10) утолщение оболочек семенников и прорастание соединительной ткани вовнутрь семенника;
- 11) в местах перерождений значительное сокращение объема зрелой спермы.

Изучение репродуктивной системы осетровых рыб имело большое значение, так как от состояния половых желез зависит эффективность работ по сохранению и восстановлению запасов осетров. Причиной неблагоприятного состояния репродуктивной системы осетровых рыб рек Сибири и Дальнего Востока являлось превышение уровня по цинку, меди, марганцу, азоту аммонийному, общему железу, свинцу, азоту нитритному [5]. В период вскрытия русла Нижнего Амура среднее содержание фенолов находилось в пределах 4–7 ПДК с превышением для рыбохозяйственных водоемов. Отмечалось превышение ПДК по фосфатам, сульфатам и фенольным соединениям [6]. Многие реки, находящиеся в зоне интенсивной промышленной и хозяйственной деятельности, подвержены значительному загрязнению. Поэтому исследования процессов развития и функционирования воспроизводительной системы рыб с целью выяснения отклонений и нарушений являются актуальными при современном антропогенном воздействии на окружающую среду.

По данным Г.И. Рубан [9], появление ранее не отмеченных нарушений гаметогенеза и постепенное увеличение частоты их встречаемости у рыб рек Дальнего Востока обусловлено загрязнением этих водоемов в процессе интенсификации хозяйственной деятельности человека. Анализ влияния на организм рыб нефтепродуктов и тяжелых металлов свидетельствует об их многокомпонентном отравлении токсичными веществами – политоксикозе, следствием которого является изменение структуры соединительной ткани в организме рыб [10].

В ранний морской период в Охотском море у самок кеты впервые нами были встречены ооциты с признаками amitotического деления ядра (рис. 7).

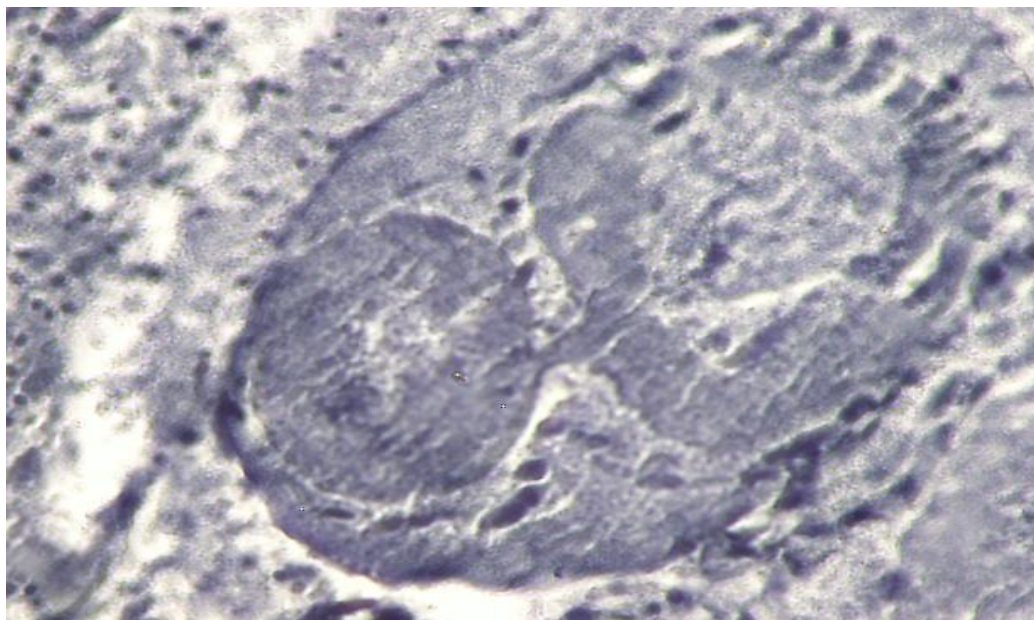
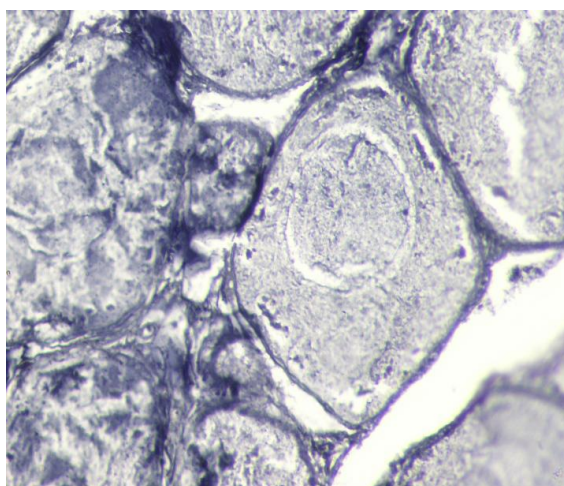


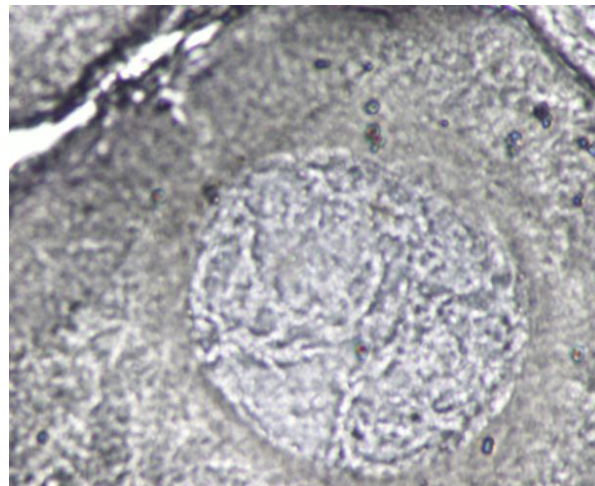
Рис. 7. Амитотически разделенное ядро превителлогенного ооцита молоди кеты в июле 2014 г. в прибрежье Охотского моря. Ув.: 20×40

Амитоз – прямое деление клеточного ядра, при котором ядро не изменяет своей структуры, но разделяется, образуя складки или перетяжки на ядре, а затем делится и сама клетка. Клетки делятся без предшествующего удвоения молекул ДНК, и дочерние клетки содержат разное ее количество. Большинство исследователей считают amitotическое деление ядер результатом нарушения развития половой клетки [11–13]. Амитоз является одной из первых форм проявления защитных реакций организма для сохранения вида путем увеличения количества половых клеток в ответ на ухудшение условий обитания.

Амитоз в ооцитах молоди кеты встречался на стадии превителлогенеза. На рис. 8, а и 8, б представлены ооциты на ранних ступенях превителлогенеза с amitotически разделяющимся ядром.



а



б

Рис. 8. Превителлогенный ооцит с «амитозом» в ядре: а – ув.: 20×20; б – ув.: 20×40

В осенний период в вителлогенных ооцитах молоди кеты выявлены нарушения в морфологии желточных оболочек (рис. 9). У нескольких самок отмечено расслоение и фрагментация (разрушение) желточных оболочек ооцитов (6,1%). Также на гистологических препаратах найдено истончение и даже прерывистость оболочек (5,2%). Нарушение в строении оболочек является первым признаком дегенерации ооцитов [13, 14]. У лососевых рыб при развитии яичников происходит значительная атрезия половых клеток. По данным Грачёва [15], массовая резорбция ооцитов у кеты и нерки происходит на втором году жизни в море. У особей с гонадами на превителлогенных ступенях и в начальных фазах вителлогенеза в нормально развивающихся половых клетках на первом году морской жизни количество ооцитов долгое время остается стабильным.

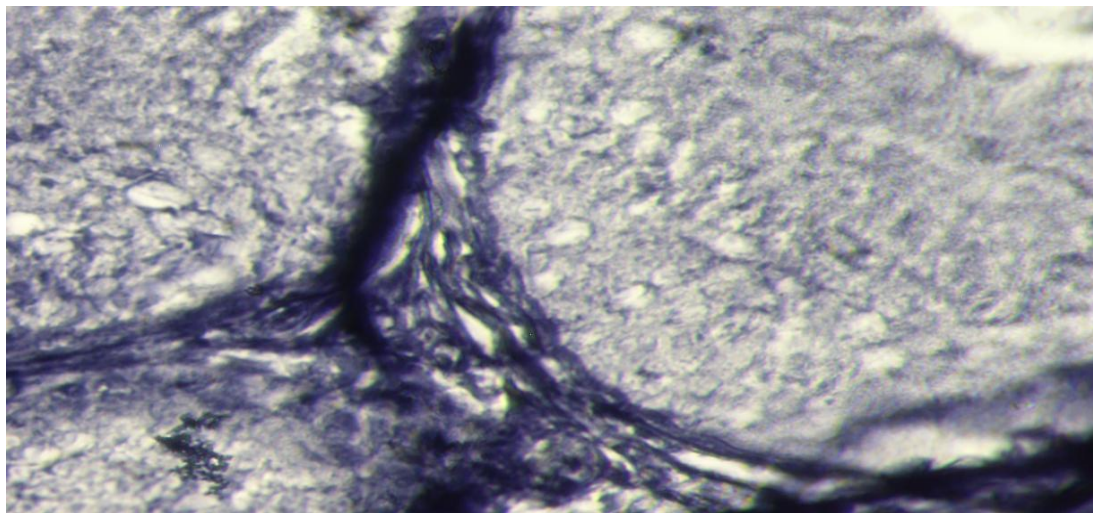


Рис. 9. Расслоение желточной оболочки ооцита начальной фазы вителлогенеза в яичниках молоди кеты в октябре 2014 г. в Охотском море. Ув.: 20×40

У нескольких особей молоди кеты на препаратах яичников отмечена деформация ооцитов (2,8% от всех просмотренных клеток), это ооциты неправильной конфигурации (рис. 10). Такие же гистоморфологические отклонения обнаруживала Н.Н. Шевелева [16] у осетровых р. Амур. Изменение формы ооцитов обусловлено нарушением тургора в оболочках и уменьшением их прочности [6].

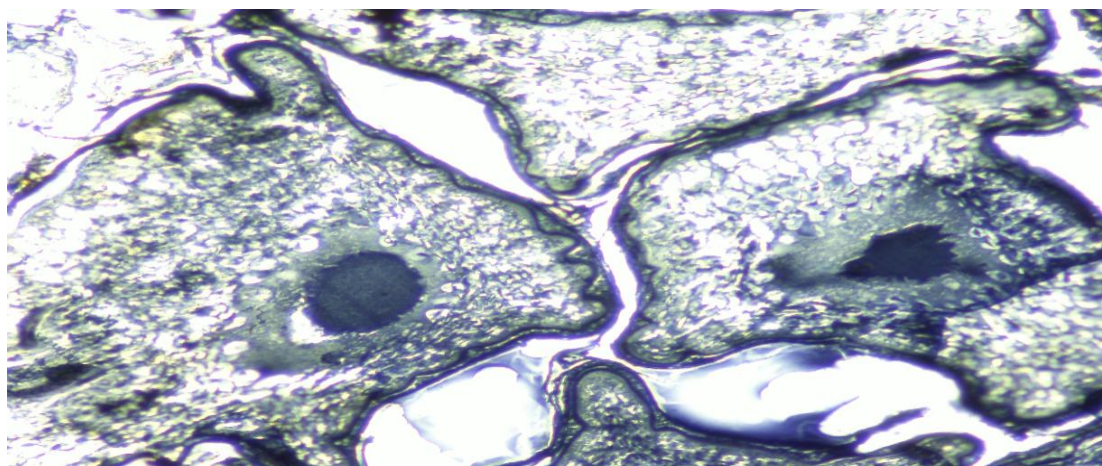


Рис. 10. Деформация вителлогенных ооцитов у молоди кеты в октябре 2014 г. в Охотском море. Ув.: 20×40

Отклонения в развитии и функционировании репродуктивной системы рыб, по мнению Г.И. Рубан [9], могут служить надежным критерием уровня антропогенного воздействия и вследствие этого падения естественного воспроизводства. Нарушение гонадогенеза снижает

индивидуальную и абсолютную плодовитость самок рыб. Количество молоди кеты с отклонениями в развитии яичников равно 8% от всех исследованных нами особей. Встреченные гистоморфологические изменения в ооцитах молоди требуют более внимательного отношения к данной проблеме и дальнейшего изучения. Аномалии половых клеток могут быть связаны с антропогенным воздействием на окружающую среду, в частности с разного рода загрязнениями.

Заключение

В ранний морской период (август 2014 г.) в яичниках кеты присутствовали ооциты 2-й и 3-й ступеней превителлогенеза. Ооциты 3-й ступени составляли до 67% от всех просчитанных клеток. Средний диаметр ооцитов 3-й ступени равен $80,4 \pm 0,13$ мкм.

В открытых водах Охотского моря в октябре яичники кеты характеризовались наличием ооцитов заканчивающейся 3-й ступени превителлогенеза (65%), а также встречались половые клетки на последней – 4-й ступени превителлогенеза (средний диаметр $103,8 \pm 0,09$ мкм до 32%). Некоторое количество ооцитов перешло в начальные фазы вителлогенеза (13%). Такое строение ооцитов у молоди кеты в первый год нагула в Охотском море 2014 г. характеризуется ускоренным темпом развития яичников.

Впервые выявлены различного рода нарушения в воспроизводительной системе у самок молоди кеты (8% от всех исследованных особей). У самок с гонадами стадии превителлогенеза наблюдались ооциты с признаками amitotического деления, а вителлогенные половые клетки – с деформацией ооцитов и большим количеством изменений в желточных оболочках.

Незначительны патологические отклонения в гонадогенезе рыб не будут препятствовать участию в нересте, но постепенно приведут к существенному сокращению плодовитости и, как следствие, снижению эффективности нереста, численности зрелых производителей и уменьшению уровня естественного воспроизводства данного вида.

Литература

1. Волкова О.В., Елецкий Ю.К. Основы гистологии с гистологической техникой. – М.: Медицина. 1982. – 304 с.
2. Городовская С.Б., Сушкевич А.С. Темп оогенеза молоди тихоокеанских лососей в Охотском море осенью в 2011–2013 гг. // Сб. науч. трудов. – Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2015. – Вып. 36. – С. 33–48.
3. Акимов Н.В., Рубан Г.И., Михалев Ю.В. Анализ репродуктивной системы сибирского осетра центральной Сибири // Экосистемы Севера: структура, адаптации, устойчивость: материалы общероссийского совещания (26–28 октября 1993 г., Петрозаводск). – М.: Изд-во МГУ, 1995. – С. 93–98.
4. Иванов С.А., Кошелев В.Н., Галаган В.А. Подращивание молоди амурского осетра на Анюйском лососевом рыбноводном заводе // Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития: материалы докл. III междунар. науч.-практ. конф. – Астрахань, 2004. – С. 121–122.
5. Хованский И.Е., Антипова О.Н. Искусственное воспроизводство в Хабаровском крае и Еврейской автономной области: история, современное состояние и перспективы развития // Современное состояние биоресурсов: материалы науч. конф., посвящ. 70-летию С.М. Коновалова. – Владивосток: ТИНРО-Центр, 2008. – С. 811–817.
6. Гистологические нарушения репродуктивной системы амурских осетровых / Б.В. Кошелев, Т.В. Евтешина, Ж.С. Литовченко, А.В. Хлопова // Амурский зоологический журнал, 2009. – Вып. I (3). – С. 258–264.
7. Егоров А.Г. Перспективы воспроизводства осетровых рыб в водоемах восточной Сибири и Дальнего Востока // Исследования рыб Восточной Сибири. – Иркутск, 1988. – С. 7–18.
8. Кирилов Ф.Н. Рыбы Якутии. – М.: Наука, 1972. – 360 с.
9. Рубан Г.И., Акимов Н.В. Состояние репродуктивной системы и причины снижения численности сибирского осетра *Acipenser baeri* реки Оби // Вопр. ихтиол. – 2001. – Т. 41. – Вып. 2. – С. 278–282.
10. Кондратьева Л.М., Чухлебowa В.Л., Рапопорт В.Л. Экологические аспекты изменения органолептических показателей ихтиофауны р. Амур в зимний период // Чтения памяти В.Я. Леванидова. – Владивосток: Дальнаука, 2003. – Вып. 2. – С. 311–318.

11. *Фалеева Т.И.* Сравнительный и экспериментальный анализ нарушений оогенеза у рыб: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Л.: ЛГУ, 1979. – 26 с.
12. *Акимов Н.В.* Гаметогенез и половая цикличность сибирского осетра в естественных и экспериментальных условиях // Особенности репродуктивных циклов у рыб в водоемах разных широт. – М.: Наука, 1985. – С. 111–122.
13. *Романов А.А., Шевелева Н.Н., Алтуфьев Ю.В.* Нарушение гонадо- и гаметогенеза осетровых Каспийского моря // Физиолого-биохимический статус Волго-каспийских осетровых в норме и при расслоении мышечной ткани (кумулятивный политоксикоз). – Рыбинск: Институт биологии внутр. вод АН СССР, 1990. – С. 92–100.
14. *Фалеева Т.И.* Анализ атрезии ооцитов у рыб в связи с адаптивным значением этого явления // Вопр. ихтиол. – 1965. – Т. 5. – Вып. 3. – С. 455–470.
15. *Грачев Л.Е.* Изменение количества ооцитов в морской период жизни у некоторых представителей тихоокеанских лососей рода *Oncorhynchus* в процессе формирования их плодовитости: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 1971. – 25 с.
16. *Шавелёва Н.Н.* О нарушении гаметогенеза каспийских осетровых в современных условиях // Экологические и морфофункциональные основы адаптации гидробионтов: тез. докл. симп., посвящ. 90-летию со дня рождения проф. Н.Л. Гербильского (1900–1990). – Л.: ЛГУ, 1990. – С. 107–108.

Информация об авторах
Information about the authors

Городовская Софья Борисовна – Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО); 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат биологических наук, старший научный сотрудник; Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; gorodovskaya.s.b@kamniro.ru

Gorodovskaya Sofya Borisovna – Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO), 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher; Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; gorodovskaya.s.b@kamniro.ru

Сушкевич Анастасия Сергеевна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; младший научный сотрудник

Sushkevich Anastasiya Sergeevna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Junior Researcher

УДК 594.35:591.5

Т.А. Ключкова, Р.В. Ким, Г.Х. Ким

**РАЗВИТИЕ ЗАДНЕЖАБЕРНОГО МОЛЛЮСКА *PLACIDA BABAI*
(GASTROPODA, OPISTHOBRANCHIA) В ИСКУССТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

На основе изучения материалов, собранных у побережья Кореи, дается первое подробное описание стадий жизненного цикла заднежаберного моллюска *Placida babai* (Gastropoda, Opisthobranchia). Взрослые особи этого вида моллюсков являются синхронными гермафродитами и становятся половозрелыми, когда размер их тела достигает 10 мм и более в длину. В лабораторных условиях один моллюск в течение жизни откладывает яйца 7–10 раз, по 1–2 кладки за один раз. Планктотрофные велигеры вылупились через 8–14 дней после откладки яиц при температуре 20°C. Для велигеров экспериментальным путем был подобран фитопланктонный корм, *Isochrysis galbana* и *Tetraselmis suecica*. Донные личинки, которые живут на растениях макроводоросли *Bryopsis plumosa* и питаются его протоплазмой, развиваются в крошечных слизней (2–3 мм длины) за 1 неделю.

Ключевые слова: биология развития, донная личинка, жизненный цикл, молекулярная идентификация, планктотрофный велигер, *Placida babai*.

T.A. Klochkova, R.W. Kim, G.H. Kim

**DEVELOPMENT OF MOLLUSK *PLACIDA BABAI* UNDER LABORATORY-CONTROLLED
CONDITIONS (GASTROPODA, OPISTHOBRANCHIA)**

This paper presents the first detailed description of the life cycle of mollusk *Placida babai* (Gastropoda, Opisthobranchia) collected from the coast of Korea. Adult mollusks are synchronous hermaphrodites; individuals become sexually mature when their body size reaches ≥ 10 mm in length. In laboratory conditions, one adult mollusk can lay eggs 7–10 times, laying 1 or 2 egg ribbons each time. Thereafter, planktotrophic veligers hatched within 8–14 days at temperature 20°C. Feeding experiments showed that veligers feed on the microalgae *Isochrysis galbana* and *Tetraselmis suecica*. Bottom larvae that live and feed on the macroalgae *Bryopsis plumosa* develop into juvenile slugs (2–3 mm long) within 1 week.

Key words: biology of development, bottom larva, life cycle, molecular identification, planktotrophic veliger, *Placida babai*.

DOI: 10.17217/2079-0333-2017-39-55-64

Введение

В современном мире возрастает антропогенная деградация прибрежных экосистем за счет загрязнения среды, промыслового пресса, разрушения местообитаний, интродукции видов-вселенцев, что приводит к уменьшению морского биоразнообразия [1–2]. Из-за стремительного сокращения видового разнообразия морских водорослей-макрофитов вместе с определенными видами водорослей исчезают и питающиеся ими мелкие животные, в частности виды заднежаберных моллюсков.

Некоторые виды заднежаберных моллюсков, включая представителей родов *Elysia* Trinchese и *Placida* Risso, имеют потенциально промысловое значение в силу уникальности своего биохимического состава и могут являться источниками получения веществ, необходимых для создания лекарств и нутрицевтиков нового поколения. Особый интерес к их изучению обусловлен тем, что в тканях отдельных их представителей, употребляющих в пищу зеленые ценоцитные водоросли *Bryopsis* Lamouroux (Chlorophyta), было обнаружено вещество, получившее название кахалалид F (kahalalide F), при этом моллюск получает его из водорослевой пищи из *Bryopsis* spp. Содержание этого вещества в тканях моллюска составляет 0,4–1% от массы его тела, в то время как у *Bryopsis* его не более 0,0005%, то есть в 800–2000 раз меньше. Кахалалид F представляет собой лизосомный яд, обладающий избирательностью *in vitro* в отношении гормоннезависимых опухолей простаты, опухолевых клеток молочной железы *pcu+* и нейробластом [3–5],

и его также предлагают использовать для лечения лейшманиоза [6]. Для массового производства этого высокоэффективного препарата необходимо постоянное культивирование заднежаберных моллюсков и их пищи, водорослей *Bryopsis* spp., в промышленных масштабах, однако в настоящее время эта задача остается пока нерешенной.

Кроме того, изучение особенностей питания некоторых морских сакоглоссов ценоцитными зелеными водорослями привело к очень необычным цитологическим открытиям. Оказалось, что протоплазма, поступающая в пищеварительный тракт моллюсков, путем фагоцитоза проникает в клетки животных и утилизируется далеко не сразу, и что водорослевые хлоропласты, находясь внутри животных клеток, в течение длительного времени – недель или даже месяцев – остаются жизнеспособными и функционирующими [7–11]. Для проведения тестов и получения достоверных данных по этому уникальному вопросу также требуется большое количество особей на разных стадиях развития, включая ранние стадии развития личинок.

Сведения о развитии заднежаберных моллюсков в искусственных условиях приводятся в немногих публикациях, в основном посвященных развитию в лаборатории так называемых фотосинтезирующих моллюсков из рода *Elysia* [12–20]. Анализ этих работ показывает, что никому из указанных выше авторов не удалось непрерывное культивирование особей от яйца до яйца, хотя, несомненно, они проследили определенные стадии развития личинок. Стоит отметить, что в указанных выше статьях микрофотографии личинок на разных стадиях развития не даны, и в большинстве случаев не описаны условия культивирования моллюсков, такие как температура, интенсивность освещения, фотопериод, pH и соленость морской среды/воды, использованной для культивирования, хотя эта информация необходима для воспроизведения полученных ими результатов другими исследователями. Что касается представителей рода *Placida*, данные по их развитию в лабораторных условиях или отсутствуют, или стадии жизненного цикла показаны неполно [14, 21–22]. Все вышесказанное определяет необходимость разработки биотехники культивирования сакоглоссов и объясняет постоянный интерес к изучению их жизненных циклов. В настоящей статье на основе изучения материалов, собранных у побережья Кореи, дается первое подробное описание стадий жизненного цикла заднежаберного моллюска *Placida babai* Marcus (Gastropoda, Opisthobranchia) и его развития в лабораторных и природных условиях.

Материалы и методы

Особи *P. babai* собирали в природе (о. Вандо, Корея) в разные месяцы 2009–2010 и 2016 гг. Собранных животных выращивали в инкубационных шкафах в чашках Петри размером 9×5 см, наполненных морской средой IMR medium [23]. В термостате поддерживали следующие постоянные условия: температура – 20°C , долгота дня – 12 ч свет : 12 ч темнота, освещенность – $15 \mu\text{моль фотон} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$. Для регулярного кормления взрослых особей использовали зеленые макроводоросли *Bryopsis plumosa* (Hudson) Agardh, культивируемые в лабораторных условиях [8]. Информация по макроводорослям, использованным в экспериментах по кормлению велигеров в лаборатории, и лабораторные условия для их культивирования приводятся в таблице. В качестве среды для культивирования водорослей также использовали морскую среду IMR medium. Во время проведения экспериментов по кормлению велигеров суспензию клеток каждого вида макроводорослей вносили в чашку Петри, в которой содержались велигеры, и наблюдали за поглощением ими водорослевых клеток в течение двух дней. Для этого проводился подсчет поглощенных клеток макроводорослей в желудках велигеров. В ходе экспериментов по лабораторному культивированию *P. babai* было использовано более 100 особей. Всех взрослых особей, кладки их яиц и велигеров содержали в инкубационных шкафах, где поддерживали следующие постоянные условия: температура – 20°C , долгота дня – 12 ч свет : 12 ч темнота, освещенность – $15 \mu\text{моль фотон} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$.

Выделение ДНК проводили согласно протоколу фирмы-производителя набора реактивов G-spinTM Total DNA Extraction Mini Kit (Intron Biotech, Seoul, Korea). Для проведения полимеразной цепной реакции (ПЦР) использовали праймеры, приведенные в нашей статье [9]. Были заданы следующие параметры программы: первичная денатурация при 95°C в течение 4 мин → 35 циклов амплификации (денатурация при 94°C в течение 30 с, отжиг праймера при 55°C в течение 30 с и элонгация при 72°C в течение 1 мин (для генов 16S рРНК и *cox1*) или 1,5 мин (для гена 28S рРНК)) → достройка цепей при 72°C в течение 10 мин. Секвенирование осуществляли в коммерческой компании Cosmogenetech (г. Тэджон, Республика Корея). Гистон H3 был амплифицирован не с помощью ПЦР-анализа, а его сиквенс был вычленен из нашей транскриптомной базы дан-

ных *P. babai* [24]. Полученные нами новые нуклеотидные последовательности и сиквенсы из NCBI (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>) автоматически выравнивали в программе Geneious (ver. 7.1.8, Biomatters, Auckland), используя алгоритм MUSCLE Alignment, после чего автоматическое выравнивание проверяли вручную. Молекулярно-филогенетическое древо выстраивали методом байесовского вывода (MrBayes 3.2.2; [25]) с использованием следующих параметров: модель замещения GTR, 3,000,000 поколений, количество генераций (burn-in) – 300,000 поколений. Анализ максимального правдоподобия (Maximum likelihood) проводили в программе RAxML 7.2.8 [26] с использованием модели замещения GTR+gamma. Статистический бутстрэп (bootstrap support values, %) вычисляли на основании 500 повторов. Новые сиквенсы были зарегистрированы в базе данных NCBI с присвоением следующих порядковых номеров: KY050762 (16S рРНК), KY050761 (28S рРНК), KY050760 (cox1) и KY050759 (гистон H3). Отметим, что эти сиквенсы были зарегистрированы нами в генбанке NCBI под именем «*Placida dendritica*», а не «*Placida babai*», поскольку система обработки данных генбанка не распознает последнее имя и осуществляет его автоматическую замену на «*Placida dendritica*».

Финансирование исследований осуществлялось из грантов «Golden Seed Project, Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA), Ministry of Oceans and Fisheries (MOF), Rural Development Administration (RDA) and Korea Forest Service (KFS)» и «Development of selection techniques of suitable industrial variety in Korean coast, funded by the Ministry of Oceans and Fisheries, Korea, to GHK».

Результаты

Молекулярная идентификация

Для идентификации изученных образцов плациды, собранных у Корейского полуострова, мы получили и изучили сиквенсы генов 16S и 28S рРНК, cox1 и гистон H3. Рис. 1 демонстрирует молекулярно-филогенетическое древо образцов плациды по гену cox1 как наиболее точно отражающее картину их молекулярной систематики. Корейская плацида попадает на нем в группу, образуемую образцами *P. babai* с российского Дальнего Востока, Японии и Китая. Их сходство по гену cox1 составляет 98,3–99% (рис. 1). Сходство азиатско-тихоокеанских образцов *P. babai* с образцами *P. dendritica* из Европы, США и Канады составляет всего 88,9–90,9% (рис. 1).

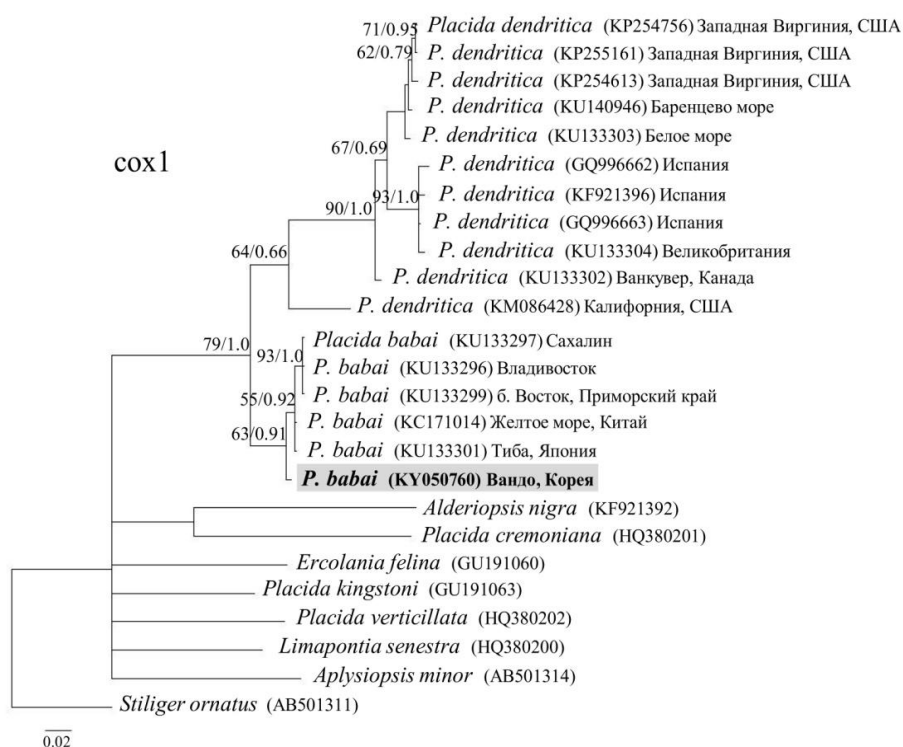


Рис. 1. Молекулярная идентификация изученных образцов *P. babai* по гену cox1. Значения напротив ветвей древа – статистический бутстрэп/апостериорная вероятность сходства. Исследованный нами образец обозначен заливкой строки

Fig. 1. Bayesian inference of phylogenies of *Placida* species based on cox1 sequences (outgroup – *Stiliger ornatus*). Labels on branches are posterior probabilities and consensus support values. Our new sequence is highlighted

Морфология взрослых особей

Тело половозрелых особей *Placida babai* умеренно широкое, вытянутое, спина покрыта веретеновидными папиллами разной длины. На голове располагается пара длинных, свернутых в трубку ринофоров. Длина особей из летней популяции до 1–1,5 см, особи из зимней популяции значительно крупнее, могут достигать до 2–3 см в длину. Маленькие особи (<1 см длины) камуфлируются на растениях *Bryopsis* настолько успешно, что часто практически незаметны в его густой зелени, но большие моллюски хорошо видны и невооруженным взглядом. В зависимости от степени поврежденности хлоропластов *Bryopsis* внутри тела плациды разные особи из одной популяции имеют более или менее насыщенную коричневатую-зеленую окраску. У откормленных особей ринофоры и папиллы коричневатые-зеленые. У голодных особей они серо-желтого цвета, поскольку хлорофилл в разрушенных хлоропластах обесцвечивается. Плацида переносит голодание крайне плохо. Уже на 2–3 день она начинает терять зеленую окраску, а на 10–14 день около 80% особей, содержащихся в лабораторных культурах, обычно умирают. Наиболее крупные из них, 2–3 см в длину, способны жить без пищи не более 21 дня.

Размножение

Взрослые особи *P. babai* являются синхронными гермафродитами, и каждое половозрелое животное производит как сперматозоиды, так и яйцеклетки. Особи становятся половозрелыми, когда размер их тела достигает 10 мм и более в длину, что возможно только при их ежедневном обильном кормлении бриопсисом (*Bryopsis*). Откладку яиц в лабораторных условиях регистрировали практически у всех собранных животных вне зависимости от температуры их содержания (4–25°C), при этом оптимальной температурой для содержания животных было 20°C. В лабораторных условиях один моллюск в течение жизни может откладывать яйца 7–10 раз. За один раз моллюск откладывает 1–2 кладки. Они напоминают длинный грязно-белый чулок, 800–1000 мкм ширины и 1,5–2 см длины, заполненный плотной слизью и сотнями погруженных в нее мелких яиц.

Микроводоросли, использованные для кормления планктотрофных велигеров *Placida babai* и оптимальные условия их культивирования (температура – °C; освещенность – $\mu\text{моль фотон} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$; долгота дня – соотношение дня и ночи)

Вид	Условия культивирования			Места сбора маточных растений
	Температура	Освещение	Долгота дня, ч	
<i>Rhodorus marinus</i> Geitler	20	30	12 : 12	Из коллекции института рыбного хозяйства (Корея)
<i>Porphyridium purpureum</i> (Bory) Drew et Ross	20	30	12 : 12	Из коллекции института рыбного хозяйства (Корея)
Планктонная пинатная диатомовая водоросль	20	30	12 : 12	о. Вандо, Корея
<i>Chlamydomonas</i> sp.	15	15	16 : 8	р-н Дэчон, западное побережье, Корея
<i>Isochrysis galbana</i> Parke	20	30	12 : 12	Из коллекции института рыбного хозяйства (Корея)
<i>Tetraselmis suecica</i> (Kylin) Butcher	20	30	12 : 12	Из коллекции института рыбного хозяйства (Корея)
<i>Rhodomonas salina</i> (Wislouch) Hill et Wetherbee	20	30	12 : 12	Из коллекции института рыбного хозяйства (Корея)

После откладки яиц в последний, 7–10-й раз, практически все животные через 2–3 дня погибают. Плацида откладывает уже оплодотворенные яйца и чаще всего размещает кладки на кустах *Bryopsis*, беспорядочно опутывая их со всех сторон. Отделить их от субстрата неповрежденными практически невозможно, поскольку они спутаны и переплетены с веточками растений. Если же моллюск откладывает яйца на гладкую поверхность, например, на дно или стенки чашки Петри, то чаще всего его кладки имеют вид шнуров, свернутых в 2–4 витка спирали. Иногда моллюски откладывают свернутую в спираль кладку прямо на поверхность воды, плавая в чашке Петри. Яйца *P. babai* достигают 150 мкм длины и 109 мкм ширины (в самой широкой, центральной части) (рис. 2, а). Эмбрионы имеют коричневую пигментацию (рис. 2, а).

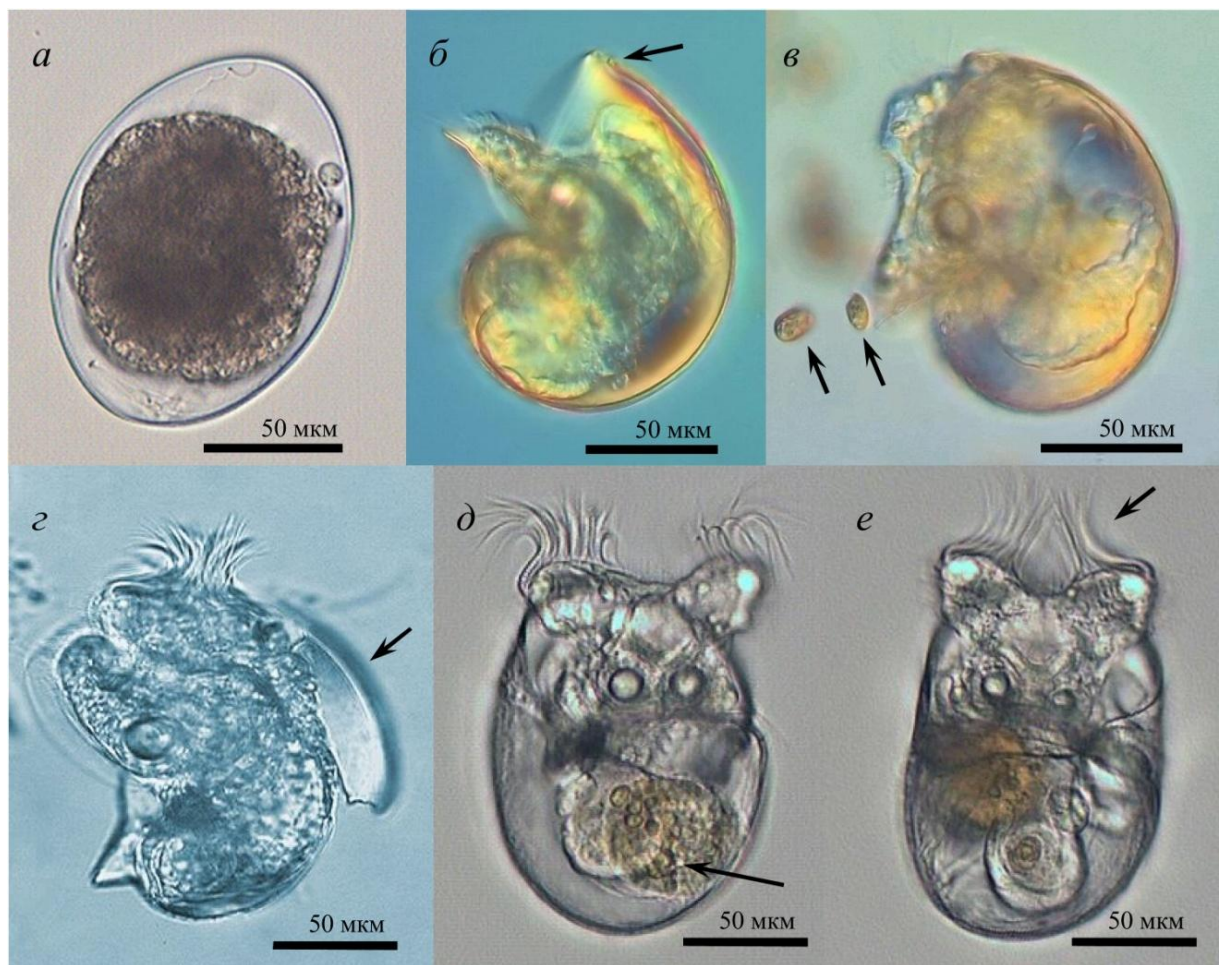


Рис. 2. Морфология яиц и велигеров *Placida babai*: а – яйцо; б – планктотрофный велигер, несущий на себе раковину (показано стрелкой); в – в присутствии «несъедобного» фитопланктона (клетки показаны стрелками) велигер не проявляет активности; г – велигер в момент сбрасывания раковины (показано стрелкой); д, е – в присутствии «съедобного» фитопланктона велигеры постоянно движутся в водной толще из-за движения специальных ресничек, расположенных на вельуме (показано стрелкой на рис. е). Сокращаясь, реснички загоняют в желудок велигеров клетки зеленых микроводорослей *Isochrysis galbana* и *Tetraselmis suecica*, являющихся их пищей (показано стрелкой на рис. д)

Fig. 2. Morphology of eggs and veligers of *Placida babai*: а – individual egg; б – planktotrophic veliger carrying a shell (arrow); в – in the presence of «inedible» phytoplankton (arrows) veligers display no activity; г – veliger discarding its shell (arrow); д, е – in the presence of «edible» phytoplankton veligers are constantly moving in the water column due to the movement of cilia (shown with arrow in Fig. e). While contracting, cilia bring cells of the food microalgae *Isochrysis galbana* and *Tetraselmis suecica* into the stomach of veligers (shown with an arrow in Fig. д)

У *P. babai* удалось весьма детально проследить развитие личинок. Ее жизненный цикл представлен нами на рис. 3. В лабораторных условиях мы смогли культивировать стадии 1–4 и 6–7. Планктотрофные велигеры (150 мкм длины и 100–107 мкм ширины) вылупились через 8–14 дней после откладки яиц при температуре 20°C (рис. 2, б, в). Мы смогли культивировать их в течение 25 дней, за этот период их внешний облик сильно не изменился, за исключением того, что они сбросили с себя остатки раковины через 5–7 дней после вылупления (рис. 1, г). В момент ее сбрасывания наблюдалась очень высокая смертность личинок из-за заражения бактериями и простейшими.

Для велигеров из всех представленных в таблице видов микроводорослей экспериментальным путем был подобран корм, *Isochrysis galbana* Parke и *Tetraselmis suecica* (Kylin) Butcher. Однако после 25 дней развития они перестали есть микроводоросли (рис. 2, д, е). Попытки пересадить их на другой корм, состоящий из различных микро- или макроводорослей, для прохождения дальнейших стадий развития оказались неудачными. Поэтому в приведенном нами цикле развития морфологический облик личинок и их корм на стадии 5 остается неизвестным (рис. 3).

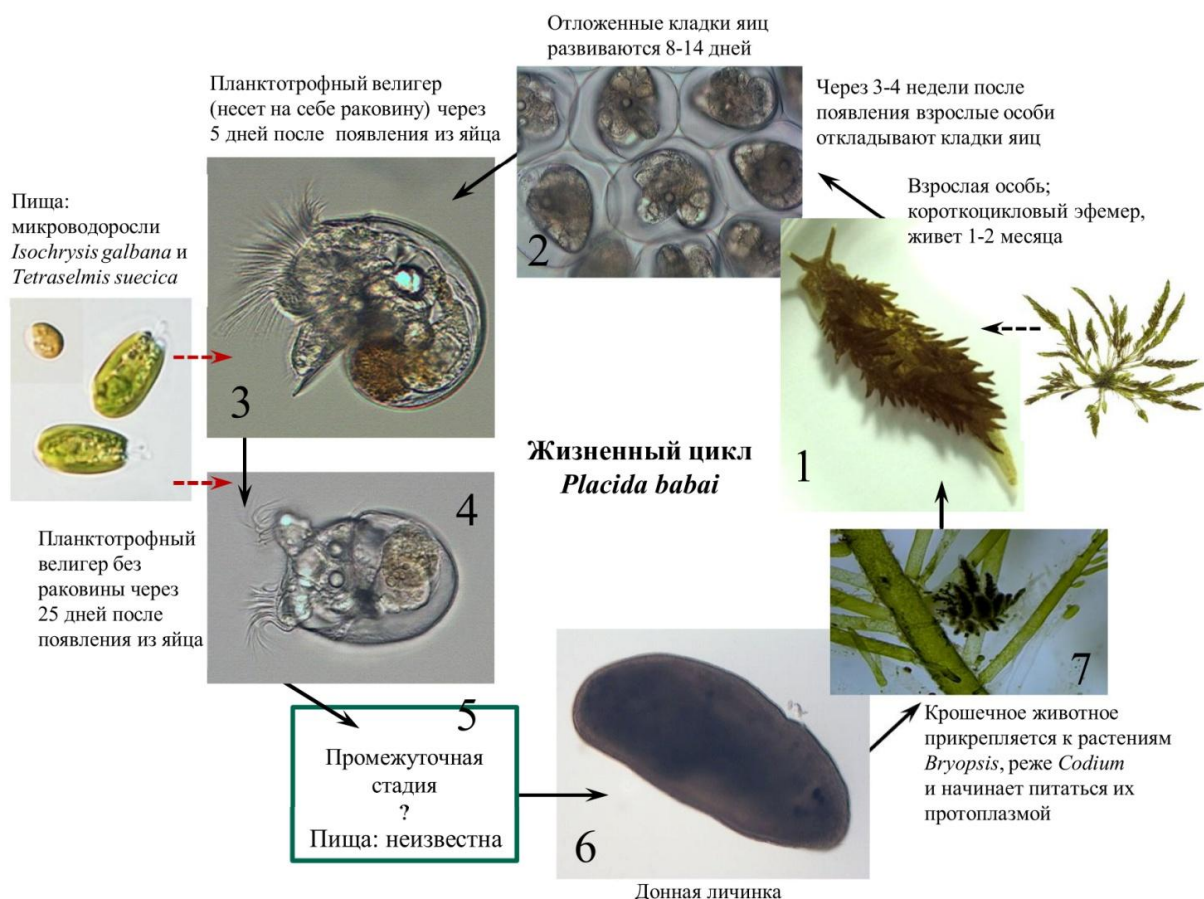


Рис. 3. Стадии жизненного цикла *Placida babai*. Стадии 1–4 и 6–7 наблюдались в лабораторных условиях. Промежуточная стадия 5 остается в нашей диаграмме под вопросом

Fig. 3. Life cycle stages of *Placida babai*. Stages 1–4 and 6–7 were observed in the laboratory. The intermediate stage 5 remains in question in our diagram

Стадия 6 (донная личинка) была обнаружена нами в ходе культивирования *Bryopsis plumosa*, собранного в месте массового обитания *P. babai*, поскольку эти личинки в большом количестве начинают прикрепляться к водорослям. На этой стадии развития личинки еще не видны невооруженным глазом, они около 700 мкм длины, имеют коричневый цвет, у них отчетливо видны глаза, но еще нет папилл и ринофоров. В настоящее время нам неизвестны период времени, занимающий переход личинок со стадии 4 до стадии 6, и пища, которую они потребляют. Обнаруженные нами личинки (стадия 6) развиваются в крошечных слизнях 2–3 мм длины (стадия 7) за 1 неделю. В это время они уже живут на *B. plumosa*, то есть уже перешли с планктонного корма на макроводоросли. Питаясь протоплазмой *B. plumosa*, личинка накапливает протоплазму этой водоросли, в результате чего становится зеленой.

Полевые наблюдения за сменой генераций показали, что *P. babai* – короткоцикловый эфемер, живущий в природе 1–2 месяца. Максимальный пик ее численности приходится на период с июля по октябрь, а в зимние и весенние месяцы ее количество уменьшается. При этом плацида не является сезонным видом, и найти ее можно в течение всего года, поскольку ее популяции представлены перекрывающимися во времени генерациями.

Обсуждение

Род *Placida* Trinchese характеризуется широким распространением и встречается в холодно-умеренных, теплоумеренных и субтропических водах Мирового океана. В морях России традиционно указывали вид *P. dendritica* для Белого, Баренцева и Японского морей [27]. В работе С. Трубридж и соавторов [28] кратко изложена таксономическая проблема в отношении этого вида, поскольку ранее высказывалось мнение, что образцы *P. dendritica* из Европы и Японии могут

принадлежать к разным видам [29]. Молекулярно-филогенетический анализ тихоокеанских и атлантических образцов по генам *cox1* и 16pРНК подтвердил это предположение [30]. Оказалось, что дальневосточные образцы с о. Сахалин, бух. Восток (Приморский край), Японии и Китая, традиционно определяемые как *P. dendritica*, имеют значительные генетические отличия от образцов из атлантических популяций этого вида из Америки и Европы, поэтому тихоокеанские образцы следует относить к восстановленному виду *Placida babai* [30]. Изученные нами образцы имеют сходство с группой тихоокеанских образцов *P. babai*. Отметим, что в своих ранних работах мы использовали видовое название *P. dendritica* для этих образцов из Кореи и зарегистрировали их в генбанке NCBI под этим именем [8, 24].

В водах северной Атлантики и Америки *P. dendritica* обычно находили на ценоцитных зеленых водорослях *Codium fragile* (Suringar) Hariot [31], *Codium setchellii* Gardner и *Bryopsis corticulans* Setchell [14, 32–33], а в Японии *P. babai* находили на растениях *Codium* Stackhouse, *Bryopsis*, *Derbesia* Solier и *Pedobesia* MacRaidl et Womersley [28]. В ходе наших ранних исследований мы нашли более 500 особей плациды на растениях *Bryopsis plumosa* и только 10 на *C. fragile* и *Codium tomentosum* Stackhouse, хотя два последних вида зеленых водорослей в массовом количестве произрастали рядом с растениями *Bryopsis*, на которых жила *P. babai* [8]. По данным А.В. Мартынова и Т.А. Коршуновой [27], вид *P. dendritica* связан с представителями родов *Ulva* Linnaeus и *Codium*, однако мы полагаем, что это утверждение не совсем верное. Выполненные нами эксперименты по кормлению плациды [8] показали, что она никогда не ест ульву. Наиболее высокая пищевая привязанность у нее к корму из *Bryopsis*, и только 10% особей способны поменять его на *Codium minus* (Schmidt) Silva или нитчатые спорофиты *Derbesia tenuissima* (Moris et De Notaris) P. Crouan et H. Crouan, и то только после недельного голодания. Остальные 90% экспериментальных животных погибали от голода, но никогда не меняли корм. Когда в чашки Петри с выжившими моллюсками добавляли *Bryopsis*, они моментально начинали поедать его вместо *C. minus* и *D. tenuissima* [8]. Таким образом, взрослые особи плациды демонстрируют очень высокую пищевую привязанность к определенным видам ценоцитных зеленых водорослей.

Сведения о развитии заднежаберных моллюсков в искусственных условиях приводятся в немногих публикациях [12–22], при этом стоит отметить, что условия их культивирования описаны недостаточно полно для воспроизведения полученных другими авторами результатов. Описания онтогенеза у представителей рода *Elysia* различны в работах разных авторов, а в ряде статей по-разному описан онтогенез одного и того же вида, *E. chlorotica*. В ранних работах по *E. chlorotica* сообщалось, что у двух разных популяций этого вида наблюдали или прямое развитие, когда взрослые особи выползали из кладок, то есть стадия планктотрофных велигеров вообще отсутствовала, или появление из кладок планктотрофных велигеров, развивающихся затем в слизней [12–13]. При этом особям из популяции, появившейся в ходе прямого развития из яиц, для прохождения всех стадий метаморфоза водорослевый субстрат не требовался, а планктотрофным велигерам из второй популяции требовался контакт с водорослями *Vaucheria* sp. для прохождения метаморфоза. Для видов *Elysia timida* и *Elysia clarki* было указано лецитотрофное развитие личинок и метаморфоз при полном отсутствии микро- и макроводорослей [16].

Наиболее полное описание условий культивирования сакоглоссов приведено в работе С. Трубридж [15], поскольку она смогла культивировать планктотрофных велигеров *Elysia viridis* Montagu в течение 30 дней, используя в качестве корма макроводоросль *Rhodomonas baltica* Karsten. Дальнейший метаморфоз личинок в юных слизней происходил только в присутствии ценоцитной зеленой водоросли *C. fragile*, а первые хлоропласты ассимилировались в теле слизней на 2–3 день после их прикрепления к талломам макроводорослей [15].

Что касается представителей рода *Placida*, полный цикл их развития от яйца до половозрелой особи остается до конца не изученным. Достоверно известно, что у *P. dendritica* личинки планктотрофные, а взрослые особи донные, при этом неизвестно, за какой период времени происходит развитие взрослых моллюсков из кладок яиц, сказано лишь, что это занимает «длительное время» [14, 21, 32–33]. Также стоит отметить отсутствие микрофотографий личинок на разных стадиях развития. В статье Fan et al. [22] утверждается, что авторы проследили основные стадии жизненного цикла вида *Placida* sp., собранной на побережье Китая, однако в их работе отсутствует описание и пояснения трех стадий, показанных на нашей диаграмме (стадии 4–6), а также описание фитопланктонного корма, которым кормили велигеров на стадии 3.

Наши исследования вида *P. babai* показывают, что особи размножались не по достижении определенного возраста, а по достижении определенных размеров тела, позволяющих им фор-

мировать и откладывать жизнеспособные яйца. Это было возможно только тогда, когда они обильно питались макроводорослевым кормом определенного состава. Планктотрофные велигеры вылуплялись через 8–14 дней после каждой откладки яиц при температуре 20°C. Мы смогли культивировать личинки плациды в течение 25 дней, причем за это время их внешний облик и размеры сильно не изменились. Все это время личинки продолжали жить, питаясь фитопланктоном. Примечательно, что велигеры ели только корм определенного состава, фитопланктон *Isochrysis galbana* и *Tetraselmis suecica*, при этом они никогда не ели *Rhodomonas salina* (Wislouch) Hill et Wetherbee и другие микроводоросли. Как указывалось выше, планктотрофные велигеры *E. viridis* питались микроводорослями *R. baltica* [15].

Затем велигеры *P. babai* становились менее активными, поскольку у них понижалась активность движения ресничек на велуме, из-за чего они не могли поддерживать себя в водной толще и опускались на дно чашки Петри. Личинки более не могли питаться живущими в водной толще микроводорослями, однако они не могли также перейти на корм из макроводорослей, скорее всего по причине слабо развитой радулы, не способной прогрызать их плотные клеточные стенки. В результате этого в лабораторных условиях личинки погибали от голода. В связи с этим мы предполагаем, что в развитии личинок имеется еще одна неизвестная промежуточная стадия, во время прохождения которой они имеют особый, пока не известный корм. Успешное решение этого вопроса позволит разработать биотехнику лабораторного содержания заднежаберных моллюсков. Пока отметим, что полученные нами для *P. babai* сведения по жизненному циклу являются наиболее полными и точными и приближают к решению задачи массового культивирования этого потенциально ценного для медицинского использования вида сакоглоссов.

Литература

1. Ключкова Н.Г., Березовская В.А. Макрофитобентос Авачинской губы и его антропогенная деструкция. – Владивосток: Дальнаука, 2001. – 205 с.
2. Очеретяна С.О., Ключкова Н.Г., Ключкова Т.А. Сезонный состав «зеленых приливов» в Авачинской губе и влияние антропогенного загрязнения на физиологию и рост некоторых зеленых водорослей // Вестник КамчатГТУ. – 2015. – № 33. – С. 30–36.
3. Faircloth G.T., Smith B., Grant W. Selective antitumor activity of Kahalalide F, a marine-derived cyclic depsipeptide // Proceedings of American Association of Cancer Research. – 2001. – Vol. 42. – P. 140.
4. Marine natural products: A lead for anti-cancer / Hussain S.Md., Fareed S., Ansari S., Khan M.S. // Indian Journal of Geo-Marine Sciences. – 2012. – Vol. 41. – P. 27–39.
5. Патентный поиск, 2012–2016 ©FindPatent.ru [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.findpatent.ru/patent/229/2292216.html> (дата обращения: 20.02.2017).
6. Kahalalide F, an antitumor depsipeptide in clinical trials, and its analogues as effective antileishmanial agents / Cruz L.J., Luque-Ortega J.R., Rivas L., Albericio F. // Molecular Pharmaceutics. – 2009. – Vol. 6. – P. 813–824.
7. Chloroplast genes are expressed during intracellular symbiotic association of *Vaucheria litorea* plastids with the sea slug *Elysia chlorotica* / Mújer C.V., Andrews D.L., Manhart J.R., Pierce S.K., Rumpho M.E. // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. – 1996. – Vol. 93. – P. 12333–12338.
8. Feeding specificity and photosynthetic activity of Korean sacoglossan mollusks / Klochkova T.A., Han J.W., Kim J.H., Kim K.Y., Kim G.H. // Algae. – 2010. – Vol. 25. – P. 217–227.
9. Morphology, molecular phylogeny and photosynthetic activity of the sacoglossan mollusk, *Elysia nigrocapitata*, from Korea / Klochkova T.A., Han J.W., Chah K.-H., Kim J.-H., Kim K.Y., Kim G.H. // Marine Biology. – 2013. – Vol. 160. – P. 155–168.
10. Transcriptomic evidence that longevity of acquired plastids in the photosynthetic slugs *Elysia timida* and *Plakobranhus ocellatus* does not entail lateral transfer of algal nuclear genes / Wägele H., Deusch O., Händeler K., Martin R., Schmitt V., Christa G., Pinzger B., Gould S.B., Dagan T., Klussmann-Kolb A., Martin W. // Molecular Biology and Evolution. – 2011. – Vol. 28. – P. 699–706.
11. Ключкова Т.А. Обзор явления клеткопластии у морских заднежаберных моллюсков // Вестник КамчатГТУ. – 2016. – № 37. – С. 57–69.
12. West H.H. Chloroplast symbiosis and development of the ascoglossan opisthobranch *Elysia chlorotica* // Ph.D. dissertation. – Boston (MA): Northeastern University, 1979. – 176 p.

13. Hybridization of two populations of a marine opisthobranch with different development patterns / West H.H., Harrigan J., Pierce S.K. // *Veliger*. – 1984. – Vol. 26. – P. 199–206.
14. Trowbridge C.D. Marine herbivore-plant interactions: the feeding ecology of the sea slug *Placida dendritica* // Ph.D. thesis, Oregon State University, Corvallis. – 1989. – 221 p.
15. Trowbridge C.D. The missing links: larval and post-larval development of the ascoglossan opisthobranch *Elysia viridis* // *Journal of the Marine Biological Association UK*. – 2000. – Vol. 80. – P. 1087–1094.
16. Newly metamorphosed *Elysia clarki* juveniles feed on and sequester chloroplasts from algal species different from those utilized by adult slugs / Curtis N.E., Pierce S.K., Massey S.E., Schwartz J.A., Mangel T.K. // *Marine Biology*. – 2007. – Vol. 150. – P. 797–806.
17. Sea slug kleptoplasty and plastid maintenance in a metazoan / Pelletreau K.N., Bhattacharya D., Price D.C., Worful J.M., Moustafa A., Rumpho M.E. // *Plant Physiology*. – 2011. – Vol. 155. – P. 1561–1565.
18. Laboratory culturing of *Elysia chlorotica* reveals a shift from transient to permanent kleptoplasty / Pelletreau K.N., Worful J.M., Sarver K.E., Rumpho M.E. // *Symbiosis*. – 2012. – Vol. 58. – P. 221–232.
19. The making of a photosynthetic animal / Rumpho M.E., Pelletreau K.N., Moustafa A., Bhattacharya D. // *The Journal of Experimental Biology*. – 2011. – Vol. 214. – P. 303–311.
20. Beauties and beasts: A portrait of sea slugs aquaculture / Dionísio G., Rosa R., Leal M.C., Cruz S., Brandão C., Calado G., Serôdio J., Calado R. // *Aquaculture*. – 2013. – Vol. 408–409. – P. 1–14.
21. Clark K.B. Nudibranch life cycles in the Northwest Atlantic and their relationship to the ecology of fouling communities // *Helgoländer wissenschaftliche Meeresuntersuchungen*. – 1975. – Vol. 27. – P. 28–69.
22. Short-term retention of kleptoplasty from a green alga (*Bryopsis*) in the sea slug *Placida* sp. YS001/ Fan X., Qiao H., Xu D., Cao S., Zhang X., Mou S., Wang Y., Ye N. // *Biologia*. – 2014. – Vol. 69. – P. 635–643.
23. Biology of a terrestrial green alga *Chlorococcum* sp. (Chlorococcales, Chlorophyta) collected from the Miruksazi stupa in Korea / Klockova T.A., Kang S.-H., Cho G.Y., Poeschel C.M., West J.A., Kim G.H. // *Phycologia*. – 2006. – Vol. 45. – P. 349–358.
24. Transcriptome analysis of the short-term photosynthetic sea slug *Placida dendritica* / Han J.H., Klockova T.A., Han J.W., Shim J., Kim G.H. // *Algae*. – 2015. – Vol. 30. – P. 303–312.
25. Ronquist F., Huelsenbeck J.P. MRBAYES: Bayesian inference of phylogenetic trees // *Bioinformatics*. – 2001. – Vol. 17. – P. 754–755.
26. Stamatakis A. RAxML version 8: a tool for phylogenetic analysis and post-analysis of large phylogenies // *Bioinformatics*. – 2014. – Vol. 30. – P. 1312–1313.
27. Мартынов А.В., Коришнова Т.А. Заднежаберные моллюски морей России. Атлас-определитель с обзором биологии. – М.: ЗАО «Фитон+», 2011. – 232 с.
28. Sacoglossan Opisthobranchs associated with the green macroalgae *Codium* spp. on Pacific rocky shores of Japan / Trowbridge C.D., Hirano Y.J., Hirano Y.M. // *Venus*. – 2008. – Vol. 66. – P. 175–190.
29. Marcus E. du B.R. Systematics of the genera of the order Ascoglossa (Gastropoda) // *Journal of Molluscan Studies, Supplement*. – 1982. – Vol. 10. – P. 1–31.
30. *Placida babai* (Mollusca: Gastropoda: Sacoglossa) from Russian waters of the Sea of Japan / Chichvarkhin A.Yu., Ekimova I.A., Chalenko K.P., Schepetov D., Chichvarkhina O.V., Valdés Á.A. // *The Bulletin of the Russian Far East Malacological Society*. – 2016. – Vol. 20. – № 1. – P. 44–56.
31. Evertsen J., Johnsen G. *In vivo* and *in vitro* differences in chloroplast functionality in the two north Atlantic sacoglossans (Gastropoda, Opisthobranchia) *Placida dendritica* and *Elysia viridis* // *Marine Biology*. – 2009. – Vol. 156. – P. 847–859.
32. Trowbridge C.D. Diet specialization limits herbivorous sea slug's capacity to switch among food species // *Ecology*. – 1991. – Vol. 72. – P. 1880–1888.
33. Trowbridge C.D. Phenology and demography of a marine specialist herbivore: *Placida dendritica* (Gastropoda: Opisthobranchia) on the central coast of Oregon // *Marine Biology*. – 1992. – Vol. 114. – P. 443–452.

Информация об авторах
Information about the authors

Клочкова Татьяна Андреевна – Камчатский государственный технический университет, 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат биологических наук, доктор философии биологии (Ph.D.); доцент кафедры экологии и природопользования; tatyana_algae@mail.ru

Klochkova Tatyana Andreevna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Biological Sciences, Doctor of Philosophy in Biology (Ph.D.), Associate Professor of Ecology and Nature Management Chair; tatyana_algae@mail.ru

Ким Ро Вон – Национальный университет Конджу, факультет биологических наук; 32588, Республика Корея, Конджу; доктор философии биологии (Ph.D.)

Kim Ro Won – Kongju National University, Department of Biology; 32588, Korea, Kongju; Doctor of Philosophy in Biology (Ph.D.)

Ким Гван Хун – Национальный университет Конджу, факультет биологических наук, 32588, Республика Корея, Конджу; доктор философии биологии (Ph.D.), профессор, декан колледжа естественных наук; ghkim@kongju.ac.kr

Kim Gwang Hoon – Kongju National University, Department of Biology; 32588, Korea, Kongju; Doctor of Philosophy in Biology (Ph.D.), Professor, Dean of College of Natural Sciences; ghkim@kongju.ac.kr

УДК 596.384.12(265.52)

Н.А. Седова, С.С. Григорьев

**ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ ЛИЧИНОК КРЕВЕТОК СЕМЕЙСТВА CRANGONIDAE
(DECAPODA, CARIDEA), ПРОХОДЯЩИХ НЕУКОРОЧЕННОЕ РАЗВИТИЕ
В ПРИКАМЧАТСКИХ ВОДАХ**

Приведен ключ для идентификации рода и вида личинок креветок семейства Crangonidae из прикамчатских морских вод. Описана морфология личинок данного семейства. Приводятся оригинальная схема общего строения, а также рисунки общего вида отдельных видов и стадий развития личинок. Определитель рассчитан на гидробиологов, работающих с морским планктоном.

Ключевые слова: личинки, стадия, зоза, декаподит, род, вид, абдомен, тельсон, рострум, экзоподит.

N.A. Sedova, S.S. Grigoriev

**A KEY FOR IDENTIFICATION OF SHRIMP LARVAE FROM THE FAMILY
CRANGONIDAE (DECAPODA, CARIDEA) WITH UNABRIDGED DEVELOPMENT FROM
NEAR KAMCHATKA WATERS**

An identification key for the genus and the species of shrimp larvae of the family Crangonidae from Kamchatka marine waters is presented. The morphology of larvae of the family is described. The original scheme of general structure of larvae, as well as drawings of the general form of individual species and larval stages of development are given. The key is intended for hydrobiologists working with marine plankton.

Key words: larvae, stage, Zoea, decapodid, genus, species, abdomen, telson, rostrum, exopodite.

DOI: 10.17217/2079-0333-2017-39-65-73

В прикамчатских водах обитают около 20 видов из 8 родов креветок семейства Crangonidae [1, 2]. Только для 14 видов из этого списка описаны личиночные стадии. Связано это, в первую очередь, с тем, что большая часть видов из данного семейства имеет прямое либо сильно укороченное развитие.

Личинок *Crangon dalli* Rathbun, 1902, *C. septemspinosa* Say, 1818, *Mesocrangon intermedia* (Stimpson, 1860), *Neocrangon communis* Rathbun, 1899 и *Paracrangon echinata* Dana, 1852 можно обнаружить во многих планктонных пробах, собранных в прикамчатских водах с апреля по октябрь. Над шельфом западной Камчатки их плотность на одной станции нередко достигает 400–500 экз./м² [3]. В Авачинском заливе и Беринговом море они встречаются регулярно, но в меньшем количестве [4, 5]. Трудностей с идентификацией данных видов нет, так как их стадии развития подробно описаны [6–16].

Мы даем ключ для определения личинок крангонид только с полным развитием в планктоне. Составление определителя для личинок с укороченным развитием в настоящее время невозможно, так как остаются совершенно неописанными личинки из родов *Metacrangon* Zarenkov 1965 и *Rhynocrangon* Zarenkov 1965. Ключ для определения семейства личинок и стадий развития мы даем в своей предыдущей работе [17].

Наиболее надежными и удобными признаками для видовой идентификации крангонид, на наш взгляд, следует считать строение карапакса, абдомена, наличие и отсутствие зубчиков на карапаксе и абдомене, количество щетинок на экзоподитах максиллипод, третьей пары переподов и максиллы, у I–II стадии – количество щетинок на скафоцерите. Для разделения в пробах личинок *M. intermedia* и *N. communis* необходимо определить стадию развития данной личинки.

Целью данной работы является составление относительно простого ключа для определения личинок семейства Crangonidae, проходящих развитие через 6–7 стадий в планктоне прикамчатских вод.

Материал и методика

Материалом для данной работы послужили сборы планктона, выполненные по научной программе КамчатНИРО в восточной части Охотского моря в апреле – августе 2001, 2013–2015 гг., а также в тихоокеанских водах у юго-восточного побережья Камчатки весной 2009 г. и по научной программе Чукотского отделения ТИНРО-центра в Олюторско-Наваринском и Анадырском районах летом 2010 г. Над глубинами 9–500 м использовали ихтиопланктонную коническую сеть с диаметром входного отверстия 80 см и шагом ячеи 0,56 мм. Выполняли вертикальный тотальный лов в слое 500–0 м и от дна до поверхности при меньших глубинах. Минимальная глубина лова – 9 м. Личинок, фиксированных в 4%-ном формалине, изучали под микроскопом при увеличении 32×, 56×, 120×. В каждой пробе определяли таксономический состав личинок и стадии их развития, а также число личинок. Длину личинки измеряли от конца роострума до заднего края тельсона при помощи окуляр-микрометра с точностью до 0,1 мм. Подробно изучали строение карапакса, абдомена, тельсона и отдельных конечностей.

Краткая морфология личинок

Длина личинок креветок из семейства Crangonidae, обитающих в северо-западной части Тихого океана, составляет 2,6–9,0 мм. Личинки проходят через 5–6 стадий зоза и 1 декаподитную стадию. Схема строения личинки показана на рис. 1.

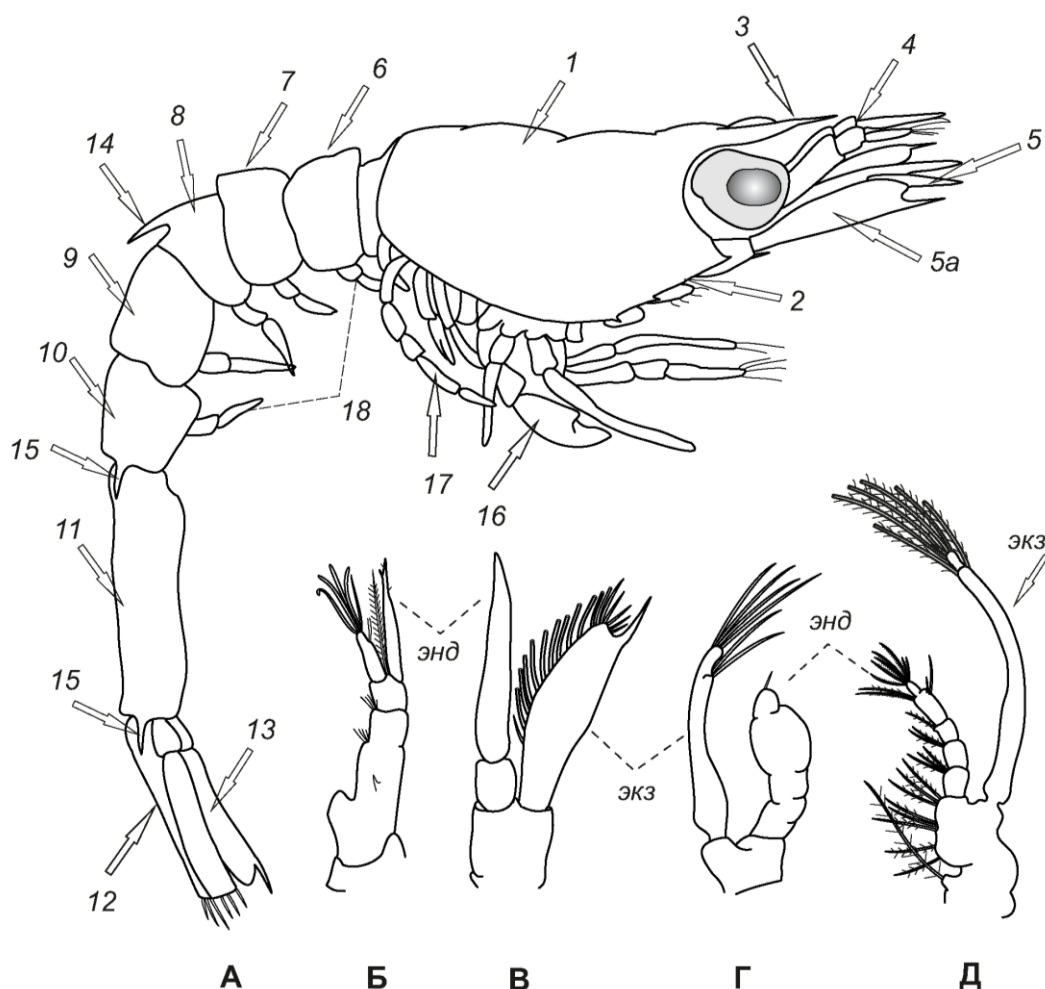


Рис. 1. Строение личинки креветки *Crangon septemspinosa* V зоза:

А – общий вид сбоку; Б – антеннула; В – антенна; Г – первый переопод; Д – максиллипод. Обозначения: экз – экзоподит; энд – эндоподит; 1 – карапакс; 2 – антеровентральный край карапакса; 3 – роострум; 4 – антеннулы; 5 – жгутик антенны; 5а – скафоцерит; 6–11 – первый – шестой сегменты абдомена, соответственно; 12 – тельсон; 13 – уроподы; 14 – дорзальный шип; 15 – супралатеральный шип; 16 – первая пара переоподов; 17 – четвертая пара переоподов; 18 – плеоподы

Грудные сегменты прикрыты карапаксом. Супраорбитальные шипы отсутствуют. Практически у всех видов хотя бы на I–IV стадиях антеровентральный край карапакса зубчатый (рис. 2, А, Б). На медианной линии карапакса у декаподитной стадии имеются 1–2 шипа, как у взрослых особей (рис. 2, В, Г). Рострум, как правило, длинный, хорошо заметный, без шипов даже у старших личинок.

Антенны у личинок крангонид, проходящих неукороченное развитие, формируются медленно. Жгутик антенны даже у старших личинок не намного длиннее, чем скафоцерит (рис. 2, Д, Е). Лишь на декаподитной стадии жгутик становится длинным (рис. 5, Е, И). Конец скафоцерита нерасчлененный даже у самых младших личинок (рис. 3, Л).

Абдомен состоит из шести сегментов. Третий сегмент у некоторых видов вооружен хорошо заметным дорзальным шипом (рис. 2, К). Лишь у одного представителя данного семейства – *P. echinata* – на всех сегментах абдомена имеется множество длинных шипов. На пятом сегменте абдомена у всех зоа имеется пара супралатеральных шипов. У некоторых видов они есть также и на шестом сегменте. Задний край тергитов 2–5-го сегментов абдомена может быть гладким или зубчатым (рис. 2 И, К).

Тельсон на всех стадиях зоа расширяется к концу (рис. 3, А – Д). Только на стадии декаподита тельсон имеет почти параллельные боковые края (рис. 2, М – П). На тельсоне не более двух пар латеральных шипов.

Переоподы развиваются постепенно. На I стадии зоа у некоторых видов переоподы отсутствуют. Начиная с III стадии, на первой паре появляется экзоподит. Подклешня на первой паре формируется на IV–V стадиях (рис. 2, Л – Н). Вторая – пятая пары переоподов одноветвистые (рис. 2, 3).

Плеоподы крангонид несколько отличаются от плеоподов личинок из других семейств. Плеоподы одноветвистые на I–IV стадиях зоа, щетинки на них короткие. На последней стадии зоа появляется экзоподит в виде бугорка (рис. 3, Е – 3). Только на стадии декаподита имеется небольшой экзоподит со щетинкой на конце (рис. 3, И, К).

Ключ для определения личинок креветок сем. Crangonidae, обитающих в прикамчатских водах и проходящих нормальное развитие в планктоне

1. На медианной линии карапакса имеется 1–2 шипа (рис. 2, В, Г) *декаподит*.....13
– Дорзальные шипы на медианной линии карапакса отсутствуют (рис. 2, А, Б).....*зоа*.....2
2. Дорзальные шипы на абдомене отсутствуют (рис. 2, И).....5
– Дорзальные шипы на абдомене имеются3
3. Длинными дорзальными шипами вооружены 1–5-й сегменты абдомена. Рострум длинный (рис. 4, А, Б).....*Paracrangon echinata*
– Дорзальный шип имеется только на 3-м сегменте абдомена (рис. 2, К).....4
4. Рострум короткий. Мелкие личинки (длина не более 3 мм)*Crangon alaskensis*
– Рострум длинный. Длина 2,6–5 мм (рис. 1; рис. 4, В, Ж)..... *Crangon septemspinosus*
5. Супралатеральные шипы на 5-м сегменте абдомена короткие. Задние края тергитов абдомена гладкие, без килей и зубчиков. Скафоцерит широкий (рис. 2, Д). Длина 2,7–7,0 мм (рис. 4, Г, Е, 3)..... *Crangon dalli*
– Супралатеральные шипы на 5-м сегменте абдомена длинные. Задние края тергитов абдомена зубчатые, приподняты в виде килей (рис. 2, И). На тельсоне часто заметны 3 округлых пятна. Длина не менее 3,5 мм.....6
6. На терминальном крае тельсона 7 пар щетинок...(рис. 3, А).....*стадия*.....7
– На терминальном крае тельсона 8 пар щетинок (рис. 3, Б – Д).....8
7. Рострум очень длинный (заходит за дистальный край основания антеннул). На месте переоподов небольшой бугорок. Длина 3,2–4,2 мм (рис. 5, А).....*Neocrangon communis*
– Рострум более короткий. Переоподы в виде 4 пар хорошо заметных зачатков. Длина 4,5–5,5 мм (рис. 5, Б).....*Mesocrangon intermedia*

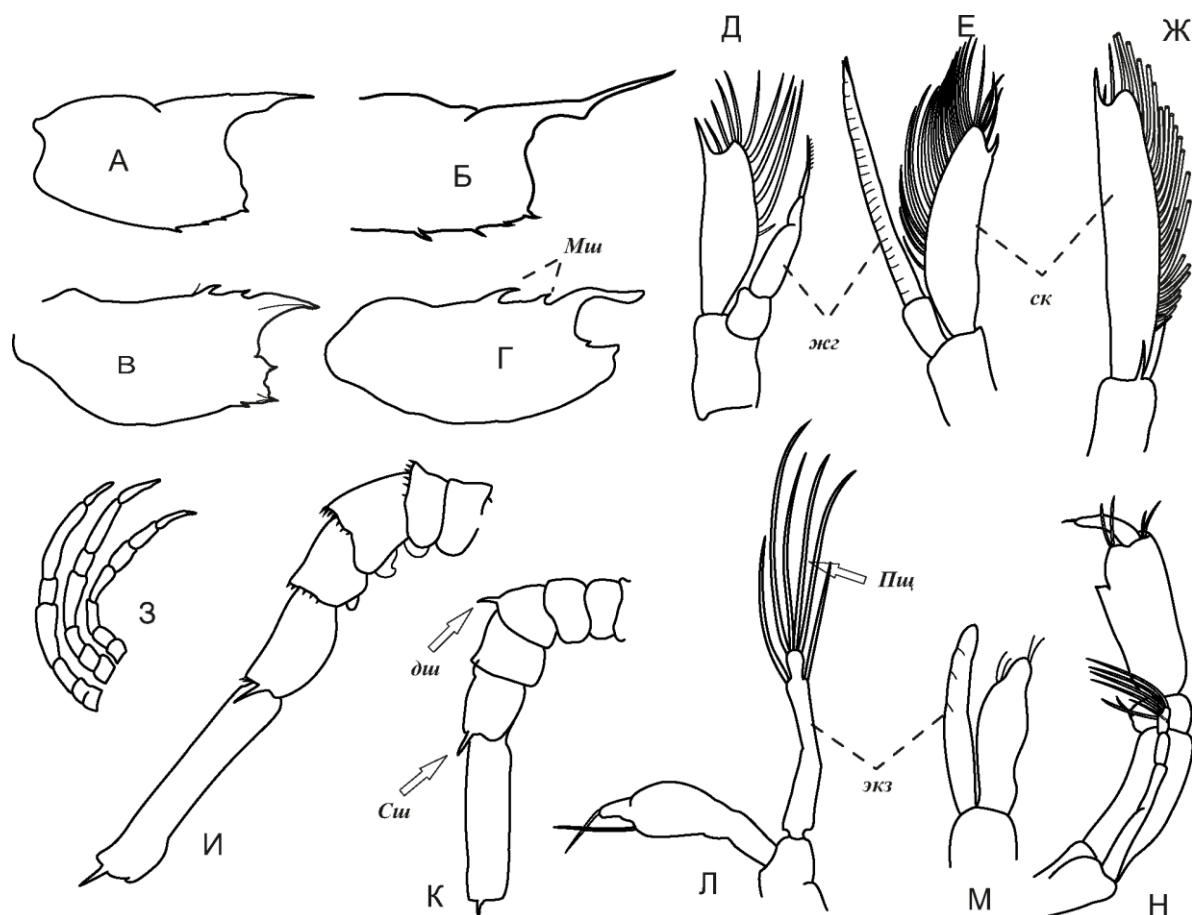


Рис. 2. Морфология личинок крагонид: А, Б – карапакс *Crangon septemspinosus* и *Neocrangon communis* IV стадии, соответственно; В, Г – карапакс декаподита *Neocrangon communis* и *Mesocrangon intermedia*, соответственно; Д, Е – антенна зона *Crangon dalli* III стадии и *Neocrangon communis* V зона, соответственно [12]; Ж – скафоцерит *Mesocrangon intermedia* V зона [8]; З – второй – четвертый переоподы *Neocrangon communis* V зона [8]; И, К – abdomen *Neocrangon communis* и *Crangon septemspinosus*, соответственно; Л, М – первая пара переоподов личинок 3 стадии *Neocrangon communis* и *Mesocrangon intermedia*, соответственно [8]; Н – первая пара переоподов старших личинок *Neocrangon communis*. Обозначения: ск – скафоцерит; экз – экзоподит; Миш – медианный шип; Сш – супралатеральный шип; жг – жгуттик; Пш – плавательные щетины

8. Уроподы и шип на скафоцерите отсутствуют (рис. 3, Б, Л).....II стадия.....9
 — Уроподы и шип на скафоцерите имеются (рис. 2, Ж; 3 В–Д)10
9. Рострум очень длинный (доходит до конца основания антеннул). Длина 3,5–5,3 мм.....***Neocrangon communis***
 — Рострум короче основания антеннул. Длина 5,5–6,5 мм (рис. 5, Д).....***Mesocrangon intermedia***
10. Эндоподит уроподов намного короче экзоподита (рис. 3, В). Плеоподы в виде маленьких бугорков (рис. 2, Н)III стадия..... 11
 — Эндоподит уроподов по длине незначительно отличается от экзоподита (рис. 3, Г, Д).
старшие зона.....12
11. Экзоподит первой пары переоподов несет 6 плавательных щетинок (рис. 2, Л). Длина 4,5–6 мм (рис. 5, В).....***Neocrangon communis***
 — Экзоподит первой пары переоподов без плавательных щетинок (рис. 2, М). Длина 6,5–7,5 мм (рис. 5, Г).....***Mesocrangon intermedia***
12. Шип на скафоцерите и экзоподите уроподов не заходит за край пластины. Длина 5–7,5 мм (рис. 2, Е; 3, Д; 5, Ж).....***Neocrangon communis***
 — Шип скафоцерита и экзоподита уропода доходит до края пластины (IV стадия) или заходит за ее край (V стадия). Длина 7–9 мм (рис. 2, Ж; 3, Г; 5, З).....***Mesocrangon intermedia***

13. На медианной линии карапакса 1 дорзальный шип.....род *Crangon*.....14
 — На медианной линии карапакса 2 шипа.....15
14. Длина около 4 мм. Конец тельсона заострен (рис. 3, *П*; 4, *Д*)..... *Crangon septemspinosa*
 — Длина около 7 мм. Тельсон почти прямоугольный (рис. 3, *О*)..... *Crangon dalli*
15. Задний дорзальный медианный шип расположен вблизи середины карапакса (рис. 2, *Г*). Средние терминальные шипы на тельсоне намного длиннее остальных (рис. 3, *М*; 5, *Е*)..... *Mesocrangon intermedia*
 — Оба шипа на карапаксе сдвинуты к роструму (рис. 2, *В*). Средние шипы на тельсоне короче угловых (рис. 3, *Н*; 5, *И*)..... *Neocrangon communis*

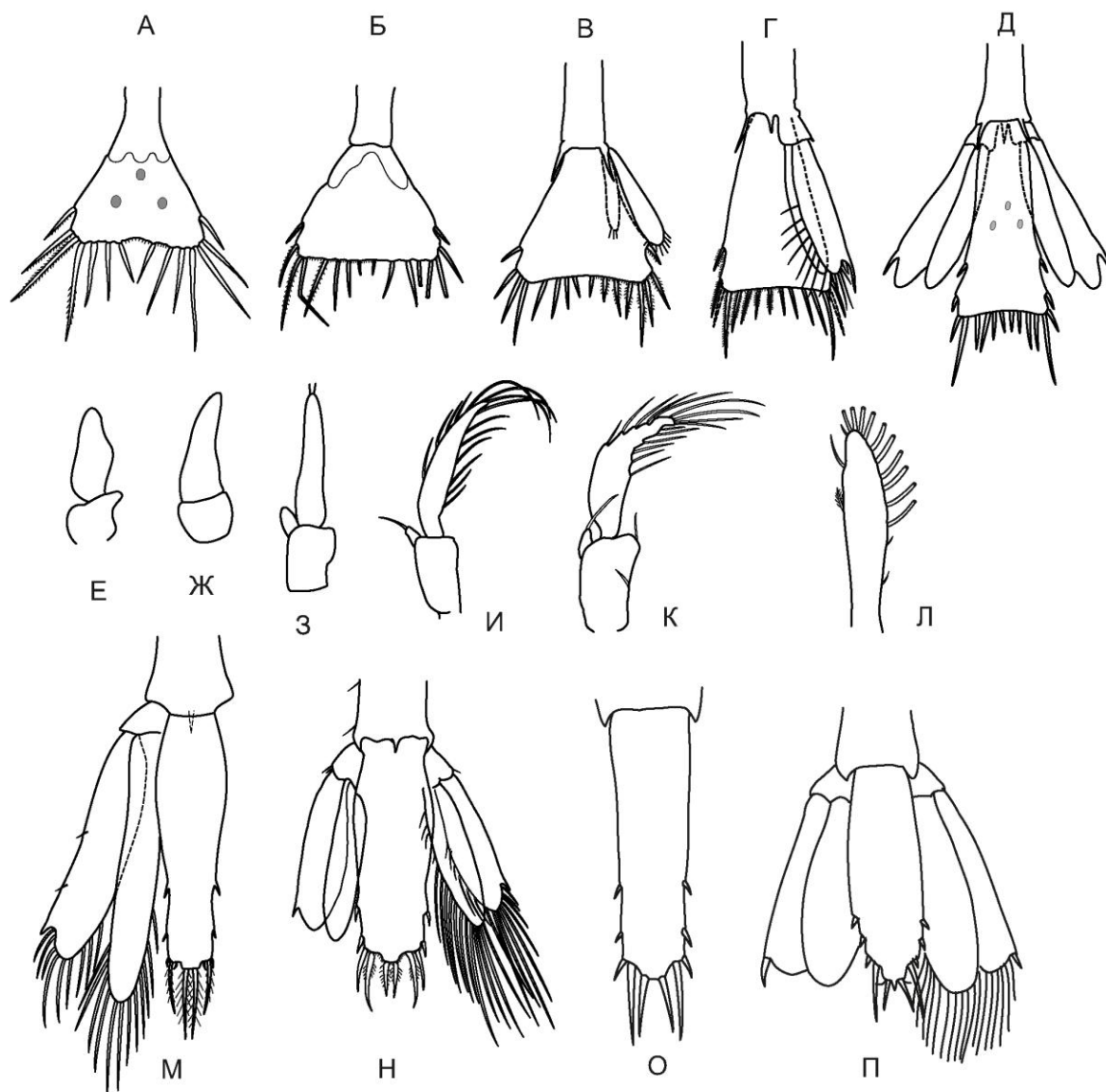


Рис. 3. Морфология тельсона и плеоподов личинок крагонид: А–Г – тельсон *Mesocrangon intermedia* I–III и V стадии, соответственно [8]; Д – тельсон *Neocrangon communis* V стадии [12]; Е, Ж – плеоподы личинок IV стадии *Crangon dalli* и *Mesocrangon intermedia*, соответственно [12]; З – плеоподы *Crangon dalli* V стадии [12]; И, К – плеоподы декаподита *Neocrangon communis* и *Mesocrangon intermedia*, соответственно; Л – скафоцерит *Neocrangon communis* I стадии; М – тельсон декаподита *Mesocrangon intermedia* [13]; Н – тельсон декаподита *Neocrangon communis* [14]; О – тельсон декаподита *Crangon dalli* [7]; П – тельсон декаподита *Crangon septemspinosa* [15]

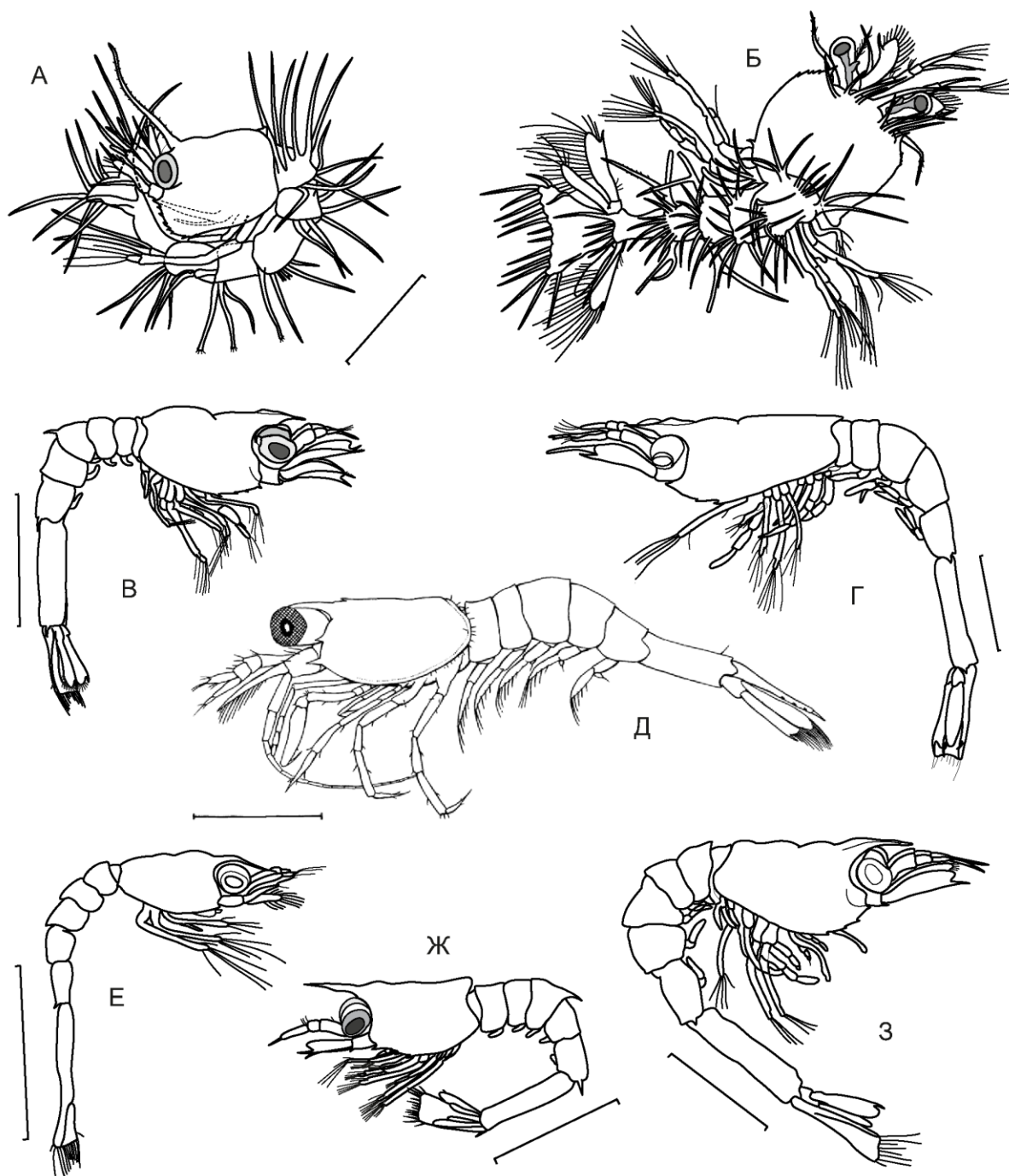


Рис. 4. Общий вид личинок: А, Б – I, IV стадии зоеа *Paracrangon echinata*, соответственно; Г – V стадия зоеа *Crangon dalli*; Б, Ж – IV и III стадии зоеа *Crangon septemspinosa*, соответственно [12]; Д – декаподит *Crangon septemspinosa* [15]; Е, З – I и V стадии *Crangon dalli* [12]. Масштаб 1 мм

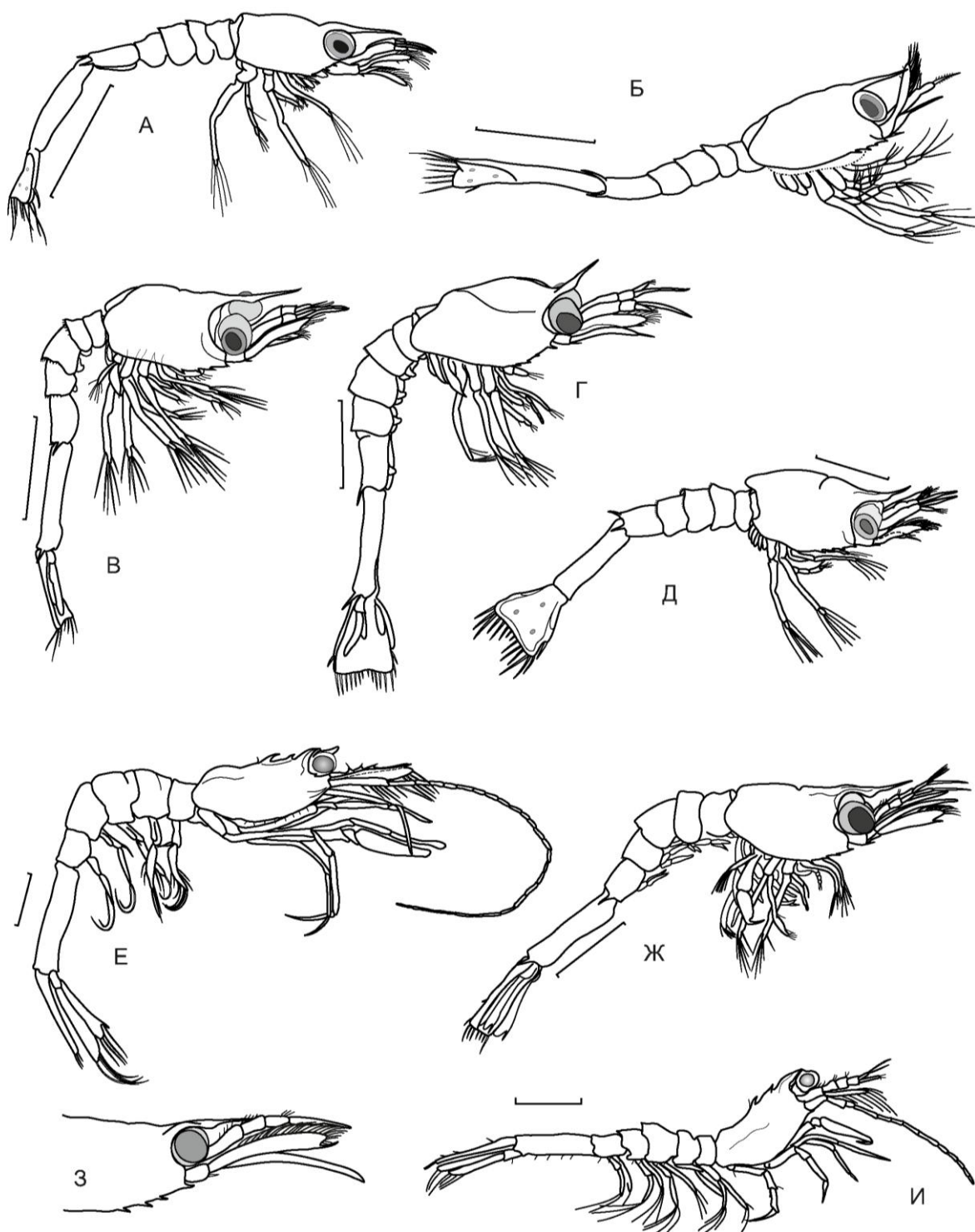


Рис. 5. Общий вид личинок *Neocrangon communis* и *Mesocrangon intermedia*:
 А, Б – I стадия *Neocrangon communis* и *Mesocrangon intermedia*, соответственно [8];
 В, Г – III стадия *Neocrangon communis* и *Mesocrangon intermedia*, соответственно [8];
 Д – II стадия *Mesocrangon intermedia* [8]; Е – декаподит *Mesocrangon intermedia* [13];
 Ж, З – V стадия *Neocrangon communis* и *Mesocrangon intermedia*, соответственно [8];
 И – декаподит *Neocrangon communis* [14]. Масштаб 1 мм

Заключение

Определитель рассчитан на гидробиологов, работающих с морским планктоном, не являющихся специалистами по ракообразным. Предлагаемый ключ для определения личинок креветок сем. Crangonidae, обитающих в прикамчатских водах и проходящих нормальное развитие в планктоне, представляет ранние стадии креветок морских вод вблизи Камчатки только для одного семейства. Тем не менее это первый определитель исследуемой группы для региона Камчатки и сопредельных вод. Нет сомнений, что с развитием планктонных, фаунистических и систематических исследований список видов с известными ранними стадиями и количество известных ранних стадий развития существенно увеличится. Авторы надеются, что с появлением этого определителя количество исследований, связанных с этой группой в регионе, будет возрастать.

Литература

1. Марин И.Н. Малый атлас десятиногих ракообразных России. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2013. – 145 с.
2. Слизкин А.Г. Атлас-определитель крабов и креветок дальневосточных морей России. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2006. – 216 с.
3. Седова Н.А. Распределение личинок креветок в районе западнокамчатского шельфа в 1999 и 2001 гг. // Вопросы рыболовства. – 2004. – Т. 5, № 2(18). – С. 193–205.
4. Седова Н. А., Андронов П. Ю. Качественный состав и горизонтальное распределение личинок креветок в северо-западной части Берингова моря летом 2010 г. // Вестник СВНЦ ДВО РАН. – 2013. – № 1. – С. 30–38.
5. Седова Н.А., Григорьев С.С. Распределение личинок креветок в районе юго-восточного побережья Камчатки весной 2009 года // Вестник СВНЦ ДВО РАН. – 2013. – № 3. – С. 77–86.
6. Иванов Б.Г. Личинки некоторых дальневосточных креветок семейства Crangonidae (Crustacea, Decapoda) // Зоологический журнал. – 1968. – Т. 47, № 4. – С. 534–540.
7. Макаров Р.Р. Личинки креветок, раков-отшельников и крабов западнокамчатского шельфа и их распределение. – М.: Наука, 1966. – 164 с.
8. Седова Н.А., Григорьев С.С. Особенности морфологии личинок *Mesocrangon intermedia* и *Neocrangon communis* (Decapoda: Crangonidae) из северо-западной части Тихого океана // Зоологический журнал. – 2015. – Т. 94, № 4. – С. 414–428.
9. Kurata H. Larvae of decapod crustacea of Hokkaido. 4. Crangonidae and Glyphocrangonidae. Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab., 28. – 1964. – P. 35–50 (in Japanese).
10. Haynes E.B. Morphological development, identification, and biology of larvae of Pandalidae, Hippolytidae, and Crangonidae (Crustacea, Decapoda) of the northern North Pacific Ocean // Fish. Bull., U.S. – 1985. – V. 83. – P. 501–521.
11. Needier A.B. Larval stages of *Crago septemspinosa* Say // Trans. Roy. Canadian Inst., 23. – 1941. – P. 193–199.
12. Sedova N.A., Grigoriev S.S. Systematic Position of *Neocrangon communis* (Decapoda, Crangonidae) Based on the Features of Larval Morphology // Zootaxa 3827 (4). – 2014. – P. 559–575.
13. Sedova N.A., Grigoriev S.S. Megalopa of *Mesocrangon intermedia* (Decapoda, Crangonidae) from the eastern part of the sea of Okhotsk // Zoosystematica Rossica. – 2014. – 23 (2). – P. 189–197.
14. Sedova N.A., Grigoriev S.S. Decapodid stage of *Neocrangon communis* (Decapoda, Crangonidae) from the eastern part of the Sea of Okhotsk // Zoosystematica Rossica. – 2016. – 25 (1): P. 13–22.
15. Tesmer C.A., Broad A.C. The larval development of *Crangon septemspinosa* (Say) (Crustacea: Decapoda) // The Ohio Journal of Scienc. – 1964. – V. 64 (4), July. – P. 239–250.
16. Williamson, D.I. Crustacea Decapoda: larvae. VII. Caridea. Family Crangonidae. Stenopodidea // Fich. Ident. Zooplanc., 90. – 1960. – P. 1–5.
17. Седова Н.А., Григорьев С.С. Ключ для идентификации семейств и стадий развития личинок креветок (Decapoda, Caridea) из прикамчатских и сопредельных вод // Вестник КамчатГТУ. – 2016. – № 37. – С. 77–84.

Информация об авторах
Information about the authors

Седова Нина Анатольевна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат биологических наук; доцент; доцент кафедры водных биоресурсов, рыболовства и аквакультуры; sedova67@bk.ru

Sedova Nina Anatolevna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Biological Sciences, Docent, Associate Professor of Water Bioresources, Fishery and Aquaculture Chair; sedova67@bk.ru

Григорьев Сергей Сергеевич – Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН; 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории гидробиологии; sgri@inbox.ru

Grigoriev Sergey Sergeevich – Kamchatka Branch of Pacific Institute of Geography of Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences; 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Biological Sciences, Docent, Senior Researcher of Hydrobiology Laboratory; sgri@inbox.ru

УДК 597.211(591.4)

О.В. Хусаинова, В.И. Карпенко

**МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КАМЧАТСКИХ МИНОГ
РОДА *LETHENTERON* И ИХ ВИДОВАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ**

На основе собственных материалов и опубликованных данных по миногам Дальнего Востока анализируются основные черты биологии, размерные и некоторые морфологические показатели миног рода *Lethenteron* с целью установления популяционных и видовых различий этих животных. Показано, что как среди миног Камчатки, так и других дальневосточных регионов имеется значительное разнообразие, которое не всегда позволяет отнести этих рыбообразных к конкретному виду; тем более что некоторыми исследователями отмечен их совместный нерест. Решение вопроса о видовой или популяционной их принадлежности требует всестороннего использования всех систематических признаков этих животных, включая более глубокие исследования их биологии и экологии.

Ключевые слова: миноги, биология, размер, морфология, вид.

O.V. Khusainova, V.I. Karpenko

**MORPHOLOGICAL FEATURES OF THE KAMCHATKA LAMPREYS OF THE GENUS
LETHENTERON AND THEIR SPECIES IDENTIFICATION**

On the basis of own materials and published data on the Far East lampreys of the genus *Lethenteron* the main lines of biology, dimensional and some morphological indicators to establish the population and specific distinctions of these animals are analyzed. It is shown that as among lampreys of Kamchatka, and other Far East regions there is a considerable variety which not always allows referring these lampreys to a concrete species; especially as some researchers have noted their joint reproduction. Further more in-depth studies are necessary for the solution of a question of specific or their population accessory.

Key words: lampreys, biology, size, morphology, species.

DOI: 10.17217/2079-0333-2017-39-74-85

Введение

Миноги – это древнейшие и примитивные позвоночные животные, которые относятся к классу круглоротых или рыбообразных, отряду Petromyzontiformes. Предки миног известны еще из нижнего палеозоя [1]. Распространены миноги повсеместно в умеренных широтах северного и южного полушарий [2].

В водоемах п-ова Камчатка, в силу своей труднодоступности, миноги изучены слабо, об их распространении имеются лишь фрагментарные сведения. Ранее считалось, что род *Lethenteron* в реках Камчатки представлен двумя видами: тихоокеанской миногой (*Lethenteron camtschaticum*) и дальневосточной ручьевой миногой (*L. reissneri*), а также, по некоторым сведениям, сибирской миногой (*L. kessleri*) [3]. Тщательное изучение миног рода *Lethenteron* произвел А.В. Кучерявый [4] на р. Утхолок (западная Камчатка) и выяснил, что между проходной паразитической и жилой непаразитической миногами отсутствует репродуктивная изоляция. По его мнению, следовательно, отсутствуют различия по признаку, используемому в диагностике, и они являются единым видом, который по приоритету относится к *L. camtschaticum* [4, 5]. Аналогичные результаты были получены Д.Ю. Назаровым с соавторами [6] при изучении миног р. Коль (западная Камчатка).

Известно, что семейство миноговых Petromyzontidae включает 8 родов и 34 вида, среди которых род *Lethenteron* содержит 6 видов, в том числе 3–4 вида из них обитают на западном тихоокеанском побережье [7]. В настоящее время в дальневосточном регионе идет процесс сокращения числа видов за счет объединения выделенных ранее [4], тогда как на североамериканском континенте, наоборот, наблюдается увеличение их числа. Однако на последнем симпозиуме по

этим рыбообразным животным так и не были обсуждены вопросы о видовой структуре миног на Дальнем Востоке и в других районах их ареала; причиной этого явились большие трудности в получении материалов по ним [8].

Ранее нами были исследованы миноги оз. Азабачье (восточная Камчатка), но окончательно их видовой статус был не определен [9, 10]. В настоящей работе продолжено сравнение морфологических и биологических признаков миног рода *Lethenteron* Камчатки для установления популяционных и видовых их различий и определения видов этих животных.

Материал и методика

В работе использованы следующие обозначения морфологических (пластических) признаков для сравнения рыбообразных из некоторых водоемов Камчатки (рис. 1) [11]:

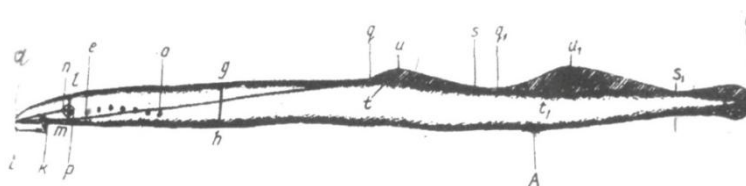


Рис. 1. Измерение миноговых (*Petromyzontidae*) [11]:

ab – вся длина; gh – наибольшая высота тела; lm – высота головы; ae – расстояние от конца рыла до первого жаберного отверстия; ap – длина рыла; pr – диаметр глаза (горизонтальный); re – промежуток между глазом и жаберным аппаратом; ik – диаметр ротового диска; ao – длина головы с жаберным аппаратом; aq – антедорсальное расстояние; aA – расстояние от конца рыла до ануса; sq₁ – промежуток между ID и IID; qs – длина основания I D; tu – наибольшая высота ID; q₁s₁ – длина основания IID; t₁u₁ – наибольшая высота IID; s₁b – длина спинной части C; Ab – расстояние от ануса до конца C

С этой целью исследованы миноги, выловленные в Дьяконовском ручье (бассейн озера Азабачье) сачком во время их нереста в 2012 и 2014 гг. и в нижнем течении р. Коль в районе биостанции при помощи живорыбной ловушки типа «Вентерь» в 2013 г. Всего было выловлено в 2012 г. – 37 экз., в 2013 г. – 19 экз., в 2014 г. – 145 миног.

В основу определения видовой и популяционной структуры миног были положены классические морфологические признаки, принятые ранее: строение ротового аппарата и число миомеров [2], а также некоторые биологические характеристики этих животных в разных регионах ареала. При анализе, кроме морфометрических измерений, определяли длину и массу тела миног, подсчитывали число боковых губных зубов, зубов на нижнечелюстной пластинке, а также, если имелась возможность, подсчитывали нижнегубные зубы и число туловищных миомеров.

Дополнительно в работе использованы наши материалы, собранные в 2012 и 2014 гг. и опубликованные ранее [9, 10], а также материалы из других дальневосточных регионов.

Авторы выражают благодарность А.А. Бонку за предоставленные материалы 2013 г.

Общая характеристика, распространение

Миноги рода *Lethenteron* имеют червеобразное, голое тело, круглый рот в виде присоски. Парные плавники отсутствуют, имеются два спинных плавника и хвостовой. Впереди глаз расположено одно непарное носовое отверстие, а по бокам тела, за головой, имеются по семь жаберных отверстий. Мышцы туловища и хвоста состоят из изогнутых сегментов – миомеров, разделенных миосептами. У взрослых особей рот представлен присасывательной воронкой, по стенкам которой расположены роговые зубы, они имеются также на языке. У пескороек ротовое отверстие сверху закрыто хорошо развитой верхней губой. На нижней поверхности губы и вокруг ротового отверстия размещается множество разветвленных ворсинок.

L. camtschaticum – голарктический вид из бассейнов Ледовитого и северной части Тихого океана, на севере до 70 с. ш. имеет разорванный ареал: в Европе (от р. Пасвик до р. Печора) и в Северной Америке (от п-ова Кенай на юге до р. Маккензи на севере). В России европейская часть ареала простирается от рек Пасвик и Тулома до р. Печора и Новой Земли, а азиатская часть включает р. Анадырь, п-ов Камчатка, реки побережья Охотского моря, р. Амур (от лимана до Хабаровска), Сахалина, Приморья, Корейского полуострова и Японии [5, 12–14].

L. reissneri обитает в бассейнах Северного Ледовитого океана от рек, впадающих в Баренцево море до Чукотки. В бассейне Тихого океана населяет реки п-ова Камчатка, впадающие в Охотское и Японское моря, есть на о. Сахалин, о. Хоккайдо и в северной части о. Хонсю, обитает в реках Северной Кореи. На Курильских островах обнаружен на оз. Итуруп (реки Тихая, Китовая, Порожистая и Славная, озера Сопочное и Малое) и о. Кунашир (оз. Серебряное и Песчаное, реках Андреевка и Северянка, руч. Банный, р. Серноводка, руч. Рикорда) [5, 12–14].

На п-ове Камчатка представители рода *Lethenteron* обитают в бассейнах рек Пенжина, Таловка, Рекинники, Палана, Тигиль, Хайрюзова, Сопочная, Ича, Большая, Пахача, Анапка, Тымлат, Камчатка, Жупанова, Авача, Паратунка [15], в р. Утхолок [4], р. Коль [6]. По опросам местных рыбаков, миног можно встретить также в р. Вилуча, реках Мильковка и Кирганик (бассейн р. Камчатка), где они попадаются обычно небольших размеров, прикрепленные своим ротовым аппаратом к лососевым. Рыбаки также отмечают необычное поведение лососей, которые выпрыгивают и бьются о воду, как бы стараясь сбить с себя паразита. По их мнению, вероятной причиной такого поведения являются прикрепленные миноги.

Нами эти рыбообразные встречены в Дьяконовском ручье (пескоройки и половозрелые миноги), протоке Азабачьей (бассейн р. Камчатка) (пескоройки и половозрелые миноги), в р. Амшарик и р. Кохидка (пескоройки).

Размеры тела миног

На величину изменчивости признаков внутри вида значительное влияние оказывают размеры особей, поскольку числовые значения индексов могут быть различными [16].

Тихоокеанская минога отличается крупными размерами тела и имеет длину до 625 мм, дальневосточная ручьевая минога имеет длину 120–180 мм [2]. В.Ф. Бугаев [17] отмечал, что в р. Камчатка встречалась тихоокеанская минога длиной 310–320 мм и массой 42–47 г; а дальневосточная минога, выловленная в протоке Азабачьей, имела длину 165–195 мм и массу тела 7,9–10,4 г. В бассейне р. Амур длина личинок дальневосточной миноги (пескороек) 80–160 мм. Длина тела взрослых миног в верховьях р. Амур обычно составляет 137–182 мм, в р. Налео – 130–205 мм, в р. Анадырь – 145–150 мм [18]. Длина японской миноги из оз. Сопочное (о. Итуруп, Южные Курильские острова) от 151 до 201 мм [19].

В реках Коль и Утхолок, где отмечены пять группировок тихоокеанской миноги, их размеры различны. По данным А.В. Кучерявого с соавторами [20], длина тела типично анадромной формы у самцов варьируется от 260 мм до 350 мм, у самок – от 174 мм до 330 мм; а масса тела самцов – от 31,4 до 87,7 г, самок – от 30,3 до 77,5 г. Анадромная форма имеет длину 145–220 мм, массу 3,2–15,0 г. Резидентная форма имеет следующие показатели: длина тела самцов 100–160 мм, самок 100–165 мм; масса тела самцов 2,1–6,0 г, самок 1,8–6,5 г. Длина тела смолтов 131–168 мм, масса тела 2,9–5,0 г. Длина тела пескороек 6,8–177 мм, масса тела 0,1–6,9 г.

Наши миноги из р. Коль имели длину 312–351 мм, среднюю – 334 мм, массу тела 49,25–79,89 г, среднюю – 66,2 г. Миноги из бассейна оз. Азабачье имели длину 132–190 мм, среднюю – 156 мм, массу тела 3,2–12,5 г, среднюю – 6,8 г (табл. 1, рис. 2, рис. 3). Таким образом, нами встречены самые крупные миноги в р. Коль.

Таблица 1

Длина и масса тела миног в разных районах

Вид миноги, место сбора	Длина, мм	Масса тела, г
<i>L. camtschaticum</i> , р. Камчатка [18]	310–320	42–47
<i>L. reissneri</i> , протока Азабачья [18]	165–195	7,9–10,4
<i>L. reissneri</i> , верховья р. Амур [18]	137–182	–
<i>L. reissneri</i> , р. Налео [18]	130–205	–
<i>L. reissneri</i> , р. Анадырь [18]	145–150	–
<i>L. camtschaticum</i> , оз. Сопочное (о. Итуруп, Южные Курильские острова) [19]	151–201	–
Миноги р. Коль, наши данные	312–351	49,25–79,89
Миноги бас. оз. Азабачье, наши данные	132–190	3,2–12,5

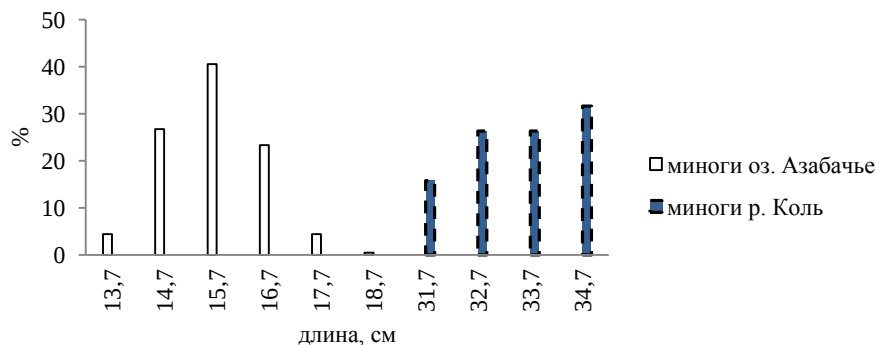


Рис. 2. Размерный состав миног

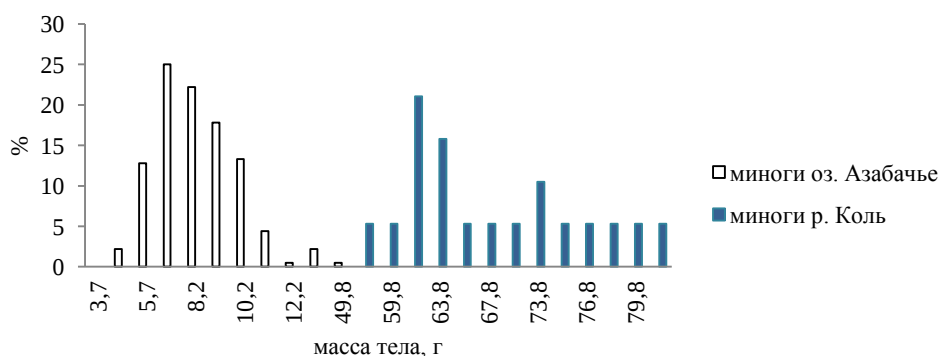


Рис. 3. Массовый состав миног

Некоторые исследователи ранее предлагали использовать размеры миног в качестве видового признака этих рыбообразных [16, 21, 22, 23]. Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что в оз. Азабачье встречается *L. reissneri*, а в р. Коль – *L. camtschaticum*.

Биология, нерест

Тихоокеанская минога нерестится в июне-июле, иногда в начале августа. В реках личинки до метаморфоза проводят 4-5 лет. После этого в мае-июне скатываются в море при длине 130–180 мм. В море тихоокеанская минога проводит около двух лет, паразитируя на гольцах, наваге, сельди, корюшке и других рыбах. Дальневосточная ручьевая минога нерестится в мелких реках в июне-июле [5]. В реках Коль и Утхолок минога нерестится с начала мая до начала июня [24].

У миног рода *Lethenteron* ярко выражен половой диморфизм. Он проявляется, прежде всего, в удлинении урогенитальной папиллы у самцов и формировании кия за анальным отверстием, подобного анальному плавнику рыб, у самок [25]. Помимо этого, у самцов задний конец хвостового отдела загибается вниз, а у самок – вверх [21, 25]. Меняется относительная длина туловищного и хвостового отделов: первый у самок удлиняется, а у самцов становится короче [25].

По наблюдениям А.В. Кучерявого с соавторами [25], на р. Утхолок отмечены две формы нерестового поведения миног: групповое – при скорости течения 0,5–0,9 м/с и парное – в прибрежной зоне, где скорость течения слабее (менее 0,5 м/с). При групповом поведении миноги образуют группы извивающихся особей, которые присасываются к камням и время от времени отрываются от них. Миноги присасываются друг к другу, образуется как бы сплошной клубок, который сплывает вниз по течению, а затем миноги уже разрозненно вновь возвращаются к месту нереста. Сама нерестовая группа формируется непосредственно перед нерестом, когда самка при помощи ротовой воронки присасывается к камню размером 5–10 см. К голове крупной самки могут прикрепляться крупные или мелкие самцы, а остальные производители присасываются к близлежащим камням. Самка миноги откладывает икру в гнездо несколькими небольшими порциями. В нерестовой группе икру одной самки могут оплодотворять разные самцы. При парном нересте поведение сходно, но самцы отгоняют других самцов. При постройке гнезда миноги углубляют ямку, приса-

сываясь к камням, перемещают их от центра к краю и очищают дно от ила. После нереста производители взмучивают песок и икру на дне ямки и закладывают ее мелкой галькой [25].

Миноги нерестуют лишь раз в жизни и после нереста самцы и самки погибают [1].

Известно, что абсолютная плодовитость тихоокеанской миноги колеблется в пределах 80–107 тыс. икринок [2]. Икра темно-голубого цвета, клейкая, диаметр зрелых икринок 0,45–0,58 мм (в среднем 0,48 мм). У дальневосточной ручьевой миноги абсолютная плодовитость составляет 1 720–3 360 икринок (средняя 2 780). Икра светло-желтого цвета, диаметр зрелой икринки 0,68–0,84 мм [18]. Обнаружение икры у миног, даже остаточной, – крайне редкое явление.

По нашим наблюдениям, нерест миног в бассейне оз. Азабачье происходил в июле. При отборе проб попадались самки с невыметанной икрой. Икра имела светло-желтый цвет, что может свидетельствовать о принадлежности их к дальневосточной ручьевой миноге (рис. 4). У одной миноги

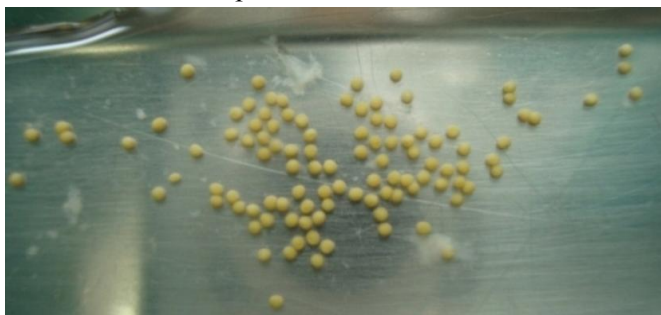


Рис. 4. Икра миноги

длиной 155 мм было обнаружено 16 икринок (остатки невыметанной икры), средним размером 0,884–0,992 мм; у особи длиной 163 мм – 99 икринок, средним размером 0,902–1,008 мм.

Миноги из р. Коль были выловлены 07, 09 и 10 августа, и в них была обнаружена недозрелая икра. Ее цвет был более светлый, чем у миног из оз. Азабачье, что затрудняет видовое определение.

Морфология, зубная формула

Основными диагностическими признаками, по которым различают миног, являются степень выраженности вооруженности зубов и количество миомеров, что однако в последнее время считается недостаточным.

Зубная формула *L. camtschaticum* представлена нижнегубными зубами в виде узкой полоски из одного ряда зубов, протягивающейся посередине нижней губы между правым и левым внутренними губными зубами. Зубы на ротовой воронке вне времени икрометания острые, а ко времени икрометания становятся тупыми. На верхнечелюстной пластинке два зуба, на нижнечелюстной чаще шесть, но бывает и семь (как исключение девять, р. Камчатка). Боковые губные двураздельны. Верхнегубные соединены своими основаниями («мостовидны») [2].

У *L. reissneri* нижнегубных зубов обычно нет; если бывают, то слабо развитые, иногда видны лишь в лупу. Редко на месте нижнегубных зубов бывают лишь ямочки. Зубов на нижнечелюстной пластинке обычно шесть, реже семь. Зубы вне времени икрометания острые. Верхнегубные обычно такого же типа, как у тихоокеанской миноги. Средние боковые губные зубы двураздельны [2]. В.Ф. Бугаев [17] отмечал, что у дальневосточной ручьевой миноги средние и нижние боковые губные зубы двураздельны. Изредка на верхнечелюстной пластинке бывает маленький срединный зуб (р. Седанка) [2].

У миног бассейна оз. Азабачье и р. Коль внутренние боковые губные зубы были представлены по три двураздельных зуба с каждой стороны, у одной особи р. Коль имелся трехраздельный зуб. Верхнечелюстная пластинка обычно имела по краям по одному зубу. Но встречались и исключения. Так, у миноги бассейна оз. Азабачье в 2012 г. и у миноги р. Коль имелся между зубами третий зуб, а еще у одной особи из р. Коль имелось два маленьких зуба между зубами, как и у миноги бассейна оз. Азабачье 2014 г. Кроме того, встречена особь, у которой первый зуб был двураздельным (из бассейна оз. Азабачье, 2012 г.).

При сравнении количества зубов на нижнечелюстной пластинке из бассейна оз. Азабачье, р. Коль и миног Южных Курил, Сахалина и Амура, оно оказалось аналогичным (табл. 1) и колеблется в пределах 6–10, с модальным значением 6–7. Но у миног из бассейна оз. Азабачье и р. Коль встречаются особи с 9 и даже 10 зубами на нижнечелюстной пластинке, а в р. Тымь и с 11 зубами (табл. 2).

Таблица 2

Число особей с разным количеством зубов на нижнечелюстной пластинке
(без учета разделенности вершин крайних нижнечелюстных зубов)

Вид миноги, место сбора	Количество зубов, шт.						Число исследованных особей
	6	7	8	9	10	11	
Миноги бас. оз. Азабачье, 2012 г.	17	16	3	1	–	–	37
Миноги бас. оз. Азабачье, 2014 г.	39	54	20	4	2	–	119
Миноги р. Коль, 2013 г.	7	10	1	1	–	–	19
<i>L. reissneri</i> оз. Сопочное*	18	1	3	–	–	–	22
<i>L. reissneri</i> о. Итуруп*	38	12	–	–	–	–	50
<i>L. kessleri</i> р. Тымь*	19	47	17	4	–	1	88
<i>L. kessleri</i> р. Очепуха*	11	3	1	–	–	–	15
<i>L. camtschaticum</i> оз. Сопочное*	1	8	–	–	–	–	9
<i>L. japonicum</i> р. Даги*	10	1	2	–	–	–	13
<i>L. japonicum</i> р. Тымь*	11	1	1	–	1	–	14
<i>L. japonicum</i> р. Амур**	595	53	–	–	–	–	648

* – данные О.Ф. Гриценко [5, 26]; ** – Т.А. Морозова [21];

L. camtschaticum и *L. japonicum* – синонимы латинского названия тихоокеанской миноги [15].

Нижнегубные зубы были представлены в виде узкой полоски из одного ряда мелких зубов. Не у всех миног из оз. Азабачье удалось их просчитать из-за малых размеров. У миног из р. Коль нижнегубные зубы были более выраженными.

По данным Д.Ю. Назарова с соавторами [6], у миног р. Коль количество нижнегубных зубов варьирует от 13 до 22, в зависимости от жизненной формы миноги. У миног р. Коль, исследованных нами, было 17–24 нижнегубных зуба, а у миног оз. Азабачье 2014 г. – 17–27. Верхние губные зубы имели радиальное расположение и уменьшались от центра к периферии (рис. 5 и 6).

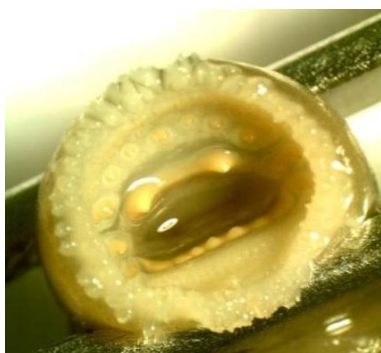


Рис. 5. Ротовая воронка миноги из бассейна оз. Азабачье



Рис. 6. Ротовая воронка миноги из р. Коль

Как уже отмечено выше, у *L. camtschaticum* и *L. reissneri* зубы на ротовой воронке вне времени икрометания острые, а ко времени икрометания становятся тупыми [2]. У миног из бассейна оз. Азабачье в 2012 г. все зубы были тупые; у миног в 2014 г., по меньшей мере, у 16 особей, зубы были острыми, хотя миноги были выловлены во время нереста. У всех миног из р. Коль зубы были острые.

Сравнив количество зубов и их строение у исследованных нами миног из двух районов, мы пришли к заключению, что в оз. Азабачье, возможно, встречаются оба вида – *L. camtschaticum* и *L. reissneri*, а в р. Коль – *L. camtschaticum*.

Миомеры

При диагностике миног принято просчитывать количество миомеров, расположенных между последним жаберным отверстием и анусом.

По данным С.В. Шедько [27], число туловищных миомеров у *L. reissneri* из бассейна оз. Ханка и рек, впадающих в залив Петра Великого, варьирует в пределах 67–71 шт. Сходные пределы изменчивости этого признака отмечает А.Н. Полторыхина [16] для дальневосточной

ручьевой миноги из бассейна р. Амур – 66–72 шт. О.Ф. Гриценко [26] для водоемов Сахалина выделяет у *L. reissneri* 56–67 туловищных миомеров, а у *L. camtschaticum* – 68–77; у миног *L. japonicum* о. Хоккайдо – от 68 до 77 шт. [28]. По И.А. Черешневу с соавторами [3], в реках Анадырского бассейна число туловищных миомеров у взрослой тихоокеанской миноги составляет 65–80, а у ее личинок 66–74.

По нашим данным, у миног из бассейна оз. Азабачье в 2012 г. число туловищных миомеров колебалось в пределах 66–74, а у особей в 2014 г. – в пределах 58–75, тогда как у миног р. Коль – в пределах 61–72 (табл. 3). Таким образом, наибольшим разнообразием количества туловищных миомеров обладают миноги в оз. Азабачье, р. Тымь и на о. Хоккайдо. Последнее также может свидетельствовать, что в оз. Азабачье встречаются оба вида камчатских миног: *L. camtschaticum* и *L. reissneri*.

Количество туловищных миомеров, как и другие морфологические признаки, в частности число зубов на нижнечелюстной пластине, ранее вызвали сомнение по поводу их использования для идентификации видов *L. japonicum* и *L. kessleri* у О.Ф. Гриценко [26] некоторых рек о. Сахалин и о. Итуруп. В том числе возникал вопрос о реальности существования последнего – *L. kessleri*.

Таблица 3

Число особей с разным количеством миомеров в разных водоемах

Вид миноги, место сбора	Количество миомеров, шт.																				Число исследован- ных особей
	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	
Миноги оз. Азабачье, 2014 г.	1	2	1	1	5	13	8	10	13	7	15	8	3	5	–	–	1	1	–	–	94
Миноги р. Коль, 2013 г.	–	–	–	1	–	–	–	2	1	1	1	–	–	–	1	–	–	–	–	–	7
<i>L. reissneri</i> оз. Сопочное*	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	4	2	7	5	2	1	–	–	–	–	22
<i>L. reissneri</i> о. Итуруп*	–	–	–	–	–	–	–	–	2	2	4	2	3	3	1	–	–	–	–	–	17
<i>L. camtschaticum</i> * оз. Сопочное	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–	1	2	5	–	–	–	9
<i>L. japonicum</i> р. Даги*	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	1	5	2	3	1	–	1	–	–	14
<i>L. japonicum</i> р. Тымь*	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–	1	2	4	3	2	1	–	–	14
<i>L. japonicum</i> о. Хоккайдо**	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2	6	11	16	13	13	9	5	4	2	81
<i>L. kessleri</i> р. Тымь*	–	–	–	–	–	–	2	5	12	25	38	34	16	3	2	2	1	–	–	–	140
<i>L. kessleri</i> р. Очепуха*	–	–	–	–	–	–	–	–	2	2	4	2	3	3	1	–	–	–	–	–	17
<i>L. kessleri</i> о. Итуруп*	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2	2	3	3	5	1	1	2	1	–	20
<i>L. kessleri</i> о. Хоккайдо**	–	–	–	–	–	–	–	3	10	10	25	27	20	17	6	5	–	–	–	–	123

* – данные О.Ф. Гриценко [26, 5]; ** – Iwata et al. (1985);

L. camtschaticum и *L. japonicum* – синонимы латинского названия тихоокеанской миноги [15].

Морфометрическая характеристика

В связи с представленным выше значительным разнообразием основных морфологических признаков, используемых обычно при идентификации видов миног: формулы зубов, количества миомеров, а также различиях размерного состава, – нами были произведены принятые для этих животных измерения пластических признаков.

При проведении морфометрических измерений у миног оз. Азабачье и р. Коль выявлены значительные различия. Так, максимальные значения расстояния от конца рыла до ануса и длина рыла у миног р. Коль значительно превосходили таковые у миног бассейна оз. Азабачье. А наибольшая высота тела у миног оз. Азабачье, пойманных в 2014 г., превосходит таковую у миног, пойманных в 2012 г. и миног р. Коль. Минимальное значение длины основания первого плавни-

ка, а также высота головы у миног оз. Азабачье 2014 г., превосходят таковые значения миног 2012 г. и миног р. Коль. Наибольшая высота плавников и диаметр ротового диска у миног бассейна оз. Азабачье значительно больше, чем у миног р. Коль (табл. 4). Имелись различия и в иных пластических признаках, хотя и менее существенные.

Таблица 4

Характеристика пластических признаков миног озера Азабачье и реки Коль

Признак	Миноги оз. Азабачье, 2012 г. (n = 37)		Миноги оз. Азабачье, 2014 г. (n = 145)		Миноги р. Коль, 2013 г. (n = 19)	
	lim/M±m*	σ*	lim/M±m*	σ*	lim/M±m*	σ*
ab, см	$\frac{14,71-17,2}{15,6 \pm 0,16}$	0,98	$\frac{13,2-19}{15,7 \pm 0,08}$	0,94	$\frac{31,2-35,1}{33,37 \pm 0,26}$	1,12
ae, см	$\frac{1,50-2,10}{1,84 \pm 0,01}$	0,15	$\frac{1,50-2,70}{1,9 \pm 0,02}$	0,18	$\frac{3,4-4,1}{3,74 \pm 0,04}$	0,18
В % длины тела (ab)						
gh	$\frac{4,73-6,75}{5,76 \pm 0,08}$	0,47	$\frac{5,03-12,42}{6 \pm 0,08}$	1,02	$\frac{5,7-6,82}{6,24 \pm 0,07}$	0,31
aq	$\frac{46,43-53,55}{50,5 \pm 0,12}$	1,64	$\frac{45,76-54,27}{50,5 \pm 0,27}$	1,42	$\frac{46,79-52,25}{49,75 \pm 0,3}$	1,31
aA	$\frac{69,46-76,60}{72,9 \pm 0,14}$	1,40	$\frac{67,80-77,93}{72,8 \pm 0,23}$	1,65	$\frac{66,67-86,21}{72,65 \pm 0,9}$	3,80
qs	$\frac{10,76-14,37}{12,5 \pm 0,08}$	0,90	$\frac{9,93-15,92}{12,8 \pm 0,15}$	1,00	$\frac{11,86-14,50}{13,34 \pm 0,2}$	0,87
tu	$\frac{1,50-2,70}{2,17 \pm 0,04}$	0,33	$\frac{1,32-3,77}{2,3 \pm 0,05}$	0,50	$\frac{1,19-1,83}{1,55 \pm 0,04}$	0,18
q ₁ s ₁	$\frac{18,75-23,35}{21,1 \pm 0,09}$	1,11	$\frac{20,0-26,25}{23,7 \pm 0,18}$	1,13	$\frac{19,54-24,33}{22,28 \pm 0,3}$	1,32
t ₁ u ₁	$\frac{4,09-5,65}{4,72 \pm 0,05}$	0,36	$\frac{3,23-6,54}{4,8 \pm 0,06}$	0,56	$\frac{3,16-4,13}{3,61 \pm 0,07}$	0,31
s ₁ b	$\frac{4,78-12,42}{10,7 \pm 0,08}$	1,25	$\frac{9,15-15,06}{11,4 \pm 0,2}$	1,01	$\frac{8,55-10,25}{9,57 \pm 0,13}$	0,56
Ab	$\frac{24,84-31,03}{27,6 \pm 0,03}$	1,28	$\frac{25,52-31,37}{28,0 \pm 0,01}$	1,21	$\frac{24,02-28,84}{26,84 \pm 0,07}$	1,24
ao	$\frac{20,00-23,53}{21,6 \pm 0,07}$	0,75	$\frac{19,28-24,36}{22 \pm 0,12}$	0,89	$\frac{19,88-22,61}{21,29 \pm 0,18}$	0,76
В % длины головы (ae)						
lm	$\frac{38,10-52,94}{45,8 \pm 0,44}$	3,09	$\frac{33,33-95,24}{47,1 \pm 0,51}$	5,29	$\frac{45-52,94}{48,56 \pm 0,5}$	2,04
an	$\frac{52,38-65,79}{60,5 \pm 0,31}$	3,12	$\frac{37,04-69,05}{62,0 \pm 0,51}$	3,76	$\frac{63,16-97,14}{69,12 \pm 1,65}$	7,19
np	$\frac{10,00-17,65}{13,6 \pm 0,13}$	2,19	$\frac{7,41-16,67}{11,2 \pm 0,36}$	1,56	$\frac{5-10,52}{7,52 \pm 0,41}$	1,80
pe	$\frac{19,44-26,32}{22,5 \pm 0,15}$	1,81	$\frac{14,81-26,32}{20,8 \pm 0,3}$	1,86	$\frac{21,62-25,71}{23,41 \pm 0,33}$	1,42
ik	$\frac{38,10-52,63}{46,2 \pm 0,33}$	3,17	$\frac{29,63-56,25}{46,1 \pm 0,52}$	3,92	$\frac{30,55-51,35}{41,85 \pm 1,02}$	4,47

* – lim/M±m – пределы варьирования признака/средняя арифметическая и ее ошибка; σ – среднее квадратическое отклонение.

Для оценки значимости пластических признаков и достоверности различий было проведено их сравнение по критерию Стьюдента (табл. 5). Установлено, что, если различия миног, выловленных из одного водоема (оз. Азабачье) в разные годы, имеют достоверность только по отдельным признакам, то по большинству признаков миноги из разных водоемов (оз. Азабачье и р. Коль) различаются достоверно. Так, если в оз. Азабачье из 17 сравниваемых признаков

миног, исследованных в 2012 и 2014 гг., девять имели различия, причем четыре с высокой степенью достоверности, то при их же сравнении с миногами из р. Коль рыбообразные различались практически по всем признакам (за исключением одного – длины головы с жаберным аппаратом). По нашему мнению, такое высокое и достоверное различие по пластическим признакам миног из этих водоемов обусловлено тем, что эти рыбообразные имели различия по общей их длине (ab), что уже отмечалось выше, и расстоянию от конца рыла до первого жаберного отверстия (ae). Несомненно, в первую очередь, это может свидетельствовать о принадлежности миног к разным популяциям. Однако все рассмотренные меристические и пластические признаки в целом позволяют судить о принадлежности миног из двух водоемов – оз. Азабачье и р. Коль, к разным видам. Причем в первом из них – оз. Азабачье – могут встречаться оба вида.

Таблица 5

t-критерий Стьюдента для миног озера Азабачье и реки Коль

Признак	t-критерий Стьюдента для миног оз. Азабачье в 2012 и 2014 гг.	t-критерий Стьюдента для миног оз. Азабачье в 2012 г. и р. Коль 2013 г.	t-критерий Стьюдента для миног оз. Азабачье в 2014 гг. и р. Коль 2013 г.
ab, см	0,56	58,21	64,96
ae, см	<u>2,68</u>	45,11	40,25
В % длины тела (ab)			
gh	2,12	4,52	2,26
aq	0,00	2,32	1,86
aA	0,37	0,27	0,16
qs	1,76	3,90	2,16
tu	2,03	10,96	11,71
q1s1	12,92	3,77	4,06
t1u1	1,02	12,90	12,91
s1b	<u>3,25</u>	7,40	7,67
Ab	11,70	10,37	16,40
ao	<u>2,88</u>	1,61	<u>3,28</u>
В % длины головы (ae)			
lm	1,93	4,14	2,04
an	2,51	5,13	4,12
np	6,27	14,14	6,74
pe	5,07	2,51	5,85
ik	0,16	4,06	3,71
число степеней свободы k	180	54	162

Примечание. Уровень значимости, %: 5 – 2,12, 1 – 2,68, 0,1 – **12,92**.

Сравнение некоторых пластических признаков миног из озер Сопочное и Песчаное с миногами из оз. Азабачье и р. Коль показывает, что у миног из р. Коль вся длина, расстояние между первым и последним жаберным отверстием, расстояние от ануса до хвостового плавника больше, чем у остальных миног (табл. 6). А как отмечалось выше, эти миноги были отнесены к разным видам, для которых различие пластических признаков, наряду с меристическими, является показателем видовой принадлежности.

Таблица 6

Характеристика некоторых пластических признаков миног из озера Азабачье, реки Коль, озера Сопочное и озера Песчаное

Признак	Количество	<i>L. camtschaticum</i> из оз. Сопочное (о. Итуруп) и оз. Песчаное (о. Кунашир)*	<i>L. reissneri</i> из оз. Сопочное (о. Итуруп) и оз. Песчаное (о. Кунашир)*	Миноги оз. Азабачье 2012 г.	Миноги оз. Азабачье 2014 г.	Миноги р. Коль 2013 г.
ab, см	$M \pm m$	$16,68 \pm 4,8$	$12,34 \pm 3,3$	$15,64 \pm 0,08$	$15,66 \pm 0,16$	$33,37 \pm 0,26$
	Lim	15,1–20,1	9,2–16,7	14,1–17,2	13,2–19	31,2–35,1
	σ	14,3	14,9	0,98	0,94	1,12
eo, см	$M \pm m$	$1,65 \pm 0,8$	$1,23 \pm 0,3$	$1,54 \pm 0,02$	$1,54 \pm 0,01$	$3,36 \pm 0,05$
	Lim	1,41–2,2	1,03–1,6	1,2–1,8	0,6–2	3,1–3,75
	σ	2,5	1,5	0,13	0,17	0,21

Окончание табл. 6

Признак	Количество	<i>L. camtschaticum</i> из оз. Сопочное (о. Итуруп) и оз. Песчаное (о. Кунашир)*	<i>L. reissneri</i> из оз. Сопочное (о. Итуруп) и оз. Песчаное (о. Кунашир)*	Миноги оз. Азабачье 2012 г.	Миноги оз. Азабачье 2014 г.	Миноги р. Коль 2013 г.
Ab, см	$M \pm m$	$4,34 \pm 1,3$	$3,14 \pm 1,0$	$4,31 \pm 0,06$	$4,39 \pm 0,03$	$8,95 \pm 0,1$
	Lim	3,8–5,1	2,1–3,9	3,7–5,1	3,6–5,5	8–9,8
	σ	3,9	4,5	0,35	0,33	0,47
np, см	$M \pm m$	$0,43 \pm 0,1$	$0,31 \pm 0,1$	$0,25 \pm 0,007$	$0,21 \pm 0,002$	$0,28 \pm 0,01$
	Lim	0,38–0,5	0,25–0,4	0,2–0,3	0,2–0,3	0,2–0,4
	σ	0,4	0,4	0,04	0,03	0,47

Примечание. eo – расстояние между первым и последним жаберным отверстием.

* – данные О.Ф. Гриценко [5].

Таким образом, все приведенные выше данные о значительной изменчивости различных меристических и пластических признаков, размеров и других биологических показателей миног в разных водоемах Камчатки и Дальнего Востока в целом позволяют считать видовое отнесение тех или иных представителей рыбообразных весьма трудной задачей, решение которой требует более тщательного и разностороннего исследования этих древних представителей животного мира.

Заключение

Приведенные выше результаты позволяют утверждать, что миноги п-ова Камчатка по-прежнему изучены достаточно слабо. Отсутствует точная информация о распространении на территории полуострова этих рыбообразных, об особенностях их образа жизни и численности в бассейнах даже наиболее крупных камчатских рек. Все это связано с тем, что районы обитания миног находятся в труднодоступных местах. Кроме того, для их вылова необходимы специфические орудия лова, которые могли бы обеспечить достаточные уловы и соответствующие биологические данные. Видовая принадлежность этих рыбообразных также предполагает использование целого комплекса не только морфологических признаков, но и стандартных биологических параметров, характеризующих отдельные виды.

Проведенный нами сравнительный анализ миног Дальнего Востока с более детальным изучением миног бассейнов р. Коль и оз. Азабачье подтвердил трудность их идентификации. Так, при визуальном рассмотрении рыбообразных можно, казалось бы, сразу сделать вывод о принадлежности миног к разным видам: крупные, имеющие сероватую окраску тела с синим оттенком миноги р. Коль внешне отличаются от мелких, имеющих болотный цвет миног оз. Азабачье. При проведении сравнительного анализа основных диагностических признаков миног, а именно: строения ротовой воронки и количества туловищных миомеров, достоверных статистически различий не выявлено из-за высокой их трансгрессии. Встречены единичные особи, имеющие иную модификацию в строении ротовой воронки, чем принятая для конкретного вида. Наблюдается высокая вариативность в размерах особей из разных регионов. Так, среди рассмотренных миног Дальнего Востока, миноги р. Коль обладают наиболее крупными размерами: длиной и массой тела. Морфометрическая характеристика также показала, что имеются существенные различия между миногами разных регионов.

Несмотря на трудности сбора материалов по миногам, только дальнейшее, более тщательное изучение миног Камчатки и других дальневосточных регионов позволит ликвидировать пробелы в установлении их видовой принадлежности, образа жизни и оценки роли в экосистемах пресных и морских водоемов.

Литература

1. Берг Л.С. Экологические параллели между миногами и лососевыми // Очерки по общим вопросам ихтиологии. – М.-Л.: Изд. АН СССР, 1953. – С. 118–121.
2. Берг Л.С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. – М.-Л.: АН СССР. – 1948. – Т. 1. – 468 с.
3. Пресноводные рыбы Анадырского бассейна / И.А. Черешнев, Л.В. Шестаков, М.Б. Скопец, Ю.А. Коротаев, А.Н. Макоедов. – Владивосток: Дальнаука, 2001. – 336 с.

4. Кучерявый А.В. Внутривидовая структура тихоокеанской миноги *Lethenteron camtschaticum* и ее формирование в реках Западной Камчатки: на примере р. Утхолок: дис. ... канд. биол. наук. – М., 2008. – 191 с.
5. Гриценко О.Ф. Рыбы Курильских островов. – М.: ВНИРО, 2012. – 384 с.
6. Популяционная структура тихоокеанской миноги *Lethenteron camtschaticum* из реки Коль (Западная Камчатка) / Д.Ю. Назаров, А.В. Кучерявый, К.А. Савваитова и др. // Вопр. ихтиологии. – 2011. – Т. 51, № 3. – С. 312–325.
7. Нельсон Дж.С. Рыбы мировой фауны. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 880 с.
8. Jawless Fishes of the World / Ed. Alexei Orlov and Richard Beamish. – 2016. – Vol. 1. – 436 p. Vol. 2. – 374 p.
9. Карпенко В.И., Хусаинова О.В., Косицина А.И. О видовом составе миног в озере Азабачье (Камчатка) // Вестник КамчатГТУ. – 2013. – Вып. 25. – С. 41–50.
10. Хусаинова О.В., Карпенко В.И. Морфологическая характеристика миног озера Азабачье (Камчатка) // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: материалы VI Всерос. науч.-практ. конф. (24–26 марта 2015 г.). Ч. I. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2015. – С. 150–154.
11. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. – М.: Пищ. пром-сть, 1966. – 376 с.
12. Решетников Ю.С. Атлас пресноводных рыб России: в 2 т. Т. 1. – М.: Наука, 2002. – 379 с.
13. Freshwater Fishes of Japan. – Tokyo: Tokai Univ. press, 1987. – 187 p.
14. Coloured illustrations of the freshwater fishes of Korea / Choi K.C., Jeon S.R., Kim I.S., Son Y.M. – Seoul: Hyang-Moon Sa, 1990. – 277 p.
15. Шейко Б.А., Федоров В.В. Класс Cephalaspidomorphi – Миноги. Класс Chondrichthyes – Хрящевые рыбы. Класс Holocerphali – Цельноголовые. Класс Osteichthyes – Костные рыбы // Каталог позвоночных животных Камчатки и сопредельных морских акваторий. – Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор, 2000. – С. 7–69.
16. Полторыхина А.Н. Морфологические особенности и изменчивость сибирской миноги *Lampetra japonica kessleri* (Anikin) водоемов Верхнего Иртыша // Вопр. ихтиологии. – Т. 14, № 2 (85). – 1974. – С. 218–230.
17. Бугаев В.Ф. Рыбы бассейна реки Камчатки (численность, промысел, проблемы). – Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2007. – 192 с.
18. Рыбы реки Камчатка / В.Ф. Бугаев, Б.Б. Вронский, Л.О. Заварина, Ж.Х. Зорбиди, А.Г. Остроумов, И.В. Тиллер. – Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2007. – 459 с.
19. Сидоров Л.К., Пичугин М.Ю. Миноги рода *Lethenteron* озера Сопочное (о. Итуруп, Южные Курильские острова) // Вопр. ихтиологии. – Т. 45, № 3. – 2005. – С. 423–426.
20. Фенетическое разнообразие миног в некоторых реках западной Камчатки / А.В. Кучерявый, К.А. Савваитова, Д.С. Павлов, М.А. Груздева, К.В. Кузицин, Дж.А. Стэнфорд // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: материалы VII междунар. науч. конф. – Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2006. – С. 82–85.
21. Морозова Т.А. Материалы по биологии и систематике тихоокеанской миноги // Вопр. ихтиологии. – 1956. – Вып. 7. – С. 149–157.
22. Полторыхина А.Н. О размножении сибирской речной миноги в бассейне Верхнего Иртыша // Проблемы экологии. – 1973. – Т. 3. – С. 167–173.
23. Савваитова К.А., Максимов В.А. О нересте тихоокеанских миног рода *Lampetra* в связи с проблемой таксономического статуса мелких форм // Вопр. ихтиологии. – Т. 18, вып. 4. – 1978. – С. 423–426.
24. Кучерявый А.В. и др. Фенетическое разнообразие миног в некоторых реках Западной Камчатки // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей. – Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2006. – С. 82–86.
25. Половой диморфизм и некоторые особенности нерестового поведения тихоокеанской миноги *Lethenteron camtschaticum* / А.В. Кучерявый, К.А. Савваитова, М.А. Груздева, Д.С. Павлов // Вопр. ихтиологии. – Т. 47, № 4. – 2007. – С. 462–466.
26. Гриценко О.Ф. Проходные рыбы острова Сахалин. Таксономия, экология, промысел. – М.: ВНИРО, 2002. – 247 с.

27. *Шедько С.В.* Список круглоротых и рыб пресных вод побережья Приморья // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. – Владивосток, 2001. – Вып. 1. – С. 229–230.

28. *Iwata A., Goto A., Hamada K.* A review of the Siberian lamprey, *Lethenteron kessleri* in Hokkaido // Jap. Bul. Faculty Fish. Univ. – Vol. 36, № 4. – 1985. – P. 182–190.

Информация об авторах
Information about the authors

Хусаинова Ольга Викторовна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; аспирант; khusainovaolya@mail.ru

Khusainova Olga Viktorovna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Postgraduate; khusainovaolya@mail.ru

Карпенко Владимир Илларионович – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры водных биоресурсов и аквакультуры; karpenko_vi@kamchatgtu.ru

Karpenko Vladimir Illarionovich – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of Water Bioresources, Fishery and Aquaculture Chair; karpenko_vi@kamchatgtu.ru

РАЗДЕЛ III. СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

УДК 334.021:338.242

О.Н. Артёмова**ИНСТИТУЦИОНАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА
В РЕГИОНЕ**

Показано значение институционального обеспечения для эффективного развития предпринимательства в регионе. Рассмотрено современное состояние сложившейся системы поддержки предпринимательства на региональном уровне. Выделены основные институциональные деформации системы поддержки предпринимательства в регионе. Предложены направления по устранению данных деформаций. Обоснована необходимость изменения парадигмы государственной политики поддержки предпринимательства.

Ключевые слова: предпринимательство, государственное управление, институты, институциональное обеспечение, институциональные деформации.

O.N. Artyomova**INSTITUTIONAL SUPPORT FOR BUSINESS DEVELOPMENT IN THE REGION**

The importance of institutional support for the effective business development in the region is shown. The current state of the existing system of business support at the regional level is considered. The main institutional deformations in the system of entrepreneurship support in the region are allocated. The directions to eliminate these deformations are proposed. The necessity of changing the state policy to support entrepreneurship paradigm is proved.

Key words: entrepreneurship, governance, institutions, institutional support, institutional deformation.

DOI: 10.17217/2079-0333-2017-39-86-96

Предпринимательство в современных условиях является важнейшим фактором, стимулирующим социально-экономическое развитие регионов Российской Федерации. В полной мере задействовать данный фактор позволит формирование системы институционального обеспечения – благоприятной институциональной среды, включающей соответствующие институты и механизм их функционирования.

Многие исследователи рассматривают институты в качестве главного ресурса развития и указывают на необходимость учитывать институциональный фактор при формировании эффективной экономической политики [1, 2]. Институты представляют собой «правила игры» в обществе, главная роль которых заключается в уменьшении неопределенности путем упорядочивания взаимодействия между людьми [1]. Именно поэтому институты привлекают внимание ученых при поиске стабильных источников экономического развития.

Общественные институты как неотъемлемый элемент системы регионального управления в силу относительного постоянства упорядочивают взаимоотношения между элементами данной системы, оформляя социокультурный контекст таких взаимоотношений. В результате происходит снижение порога неопределенности в социально-экономических взаимоотношениях между субъектами системы. Как следствие при наличии институтов, соответствующих поставленным целям и задачам управления, и целевом их использовании стабилизируется деятельность рассматриваемой системы и, что является важным фактором повышения эффективности системы, происходит оптимизация процесса использования ресурсов.

Элементы региональной институциональной среды взаимно дополняют друг друга: качество функционирования одного института напрямую зависит от состояния других институтов, а порой от самого факта их наличия [3]. Для развития предпринимательства в регионе необходим целый спектр финансово-экономических и социальных инструментов. В связи с вышеизложенным необходимо комплексное исследование проблематики становления системы институционального обеспечения процесса развития предпринимательства. Исследование отдельных аспектов данного процесса в отрыве от общего контекста функционирования системы управления социально-экономическим развитием региона не даст полной картины происходящего и, соответственно, не позволит объективно оценить эффективность поддержки, оказанной предпринимателям.

Характеристики сложившейся системы поддержки предпринимательства

В течение нескольких десятилетий в российских регионах формируется институциональная среда развития предпринимательства. В настоящее время она представлена целым спектром институтов как государственных, так и негосударственных; экономического и внеэкономического порядка (политико-правовых, социальных и др.), в той или иной мере влияющих на возникновение новых и деятельность существующих субъектов предпринимательства. В рамках целенаправленной государственной политики поддержки предпринимательства сформирована и продолжает совершенствоваться нормативная правовая база процесса развития предпринимательства в регионах. Сформирован институт Уполномоченных по правам предпринимателей при высших должностных лицах регионов, на всех уровнях управления функционируют профильные органы исполнительной власти, нацеленные на развитие предпринимательства. Подведомственные данным органам власти организации составляют инфраструктуру развития предпринимательства в регионе и реализуют масштабные государственные программы, включающие подпрограммы развития предпринимательства. На местном уровне поддержка предпринимателей осуществляется также в рамках реализации программных мероприятий.

В связи с необходимостью оценки результатов деятельности органов власти по развитию предпринимательства сформирована система оценки. Так, в состав показателей оценки эффективности деятельности органов местного самоуправления включены число субъектов малого и среднего предпринимательства в расчете на 10 тыс. человек населения и доля среднесписочной численности работников малых и средних предприятий в среднесписочной численности работников всех предприятий и организаций [4]. Эффективность исполнительной власти регионов оценивается, в том числе, по следующим показателям:

- прирост оборота продукции и услуг, производимых малыми предприятиями, в том числе микропредприятиями и индивидуальными предпринимателями, в субъекте РФ;
- оценка предпринимательским сообществом эффективности реализации программы поддержки малого и среднего предпринимательства в субъекте РФ;
- прирост количества субъектов малого и среднего предпринимательства, осуществляющих деятельность на территории субъекта РФ;
- доля среднесписочной численности работников малых предприятий в среднесписочной численности работников всех предприятий и организаций;
- доля продукции, произведенной малыми предприятиями, в общем объеме валового регионального продукта [5, 6].

Кроме того, Указом Президента РФ «Об основных направлениях совершенствования системы государственного управления» также установлен показатель, касающийся сферы поддержки предпринимательства: снижение среднего числа обращений представителей бизнес-сообщества в орган государственной власти РФ (орган местного самоуправления) для получения одной государственной (муниципальной) услуги, связанной со сферой предпринимательской деятельности. Необходимо отметить, что какая-либо динамика в отношении данного показателя не предусматривается: на период 2011–2018 гг. установлен целевой индикатор – два обращения в год [7].

В региональных программах поддержки предпринимательства также предусматриваются целевые индикаторы и показатели. В частности, согласно паспорту государственной программы Камчатского края «Развитие экономики и внешнеэкономической деятельности Камчатского края на 2014–2020 годы» результаты реализации подпрограммы «Развитие субъектов малого и среднего предпринимательства» должны оцениваться по следующим показателям:

- доля среднесписочной численности работников, занятых на микро-, малых и средних предприятиях и у индивидуальных предпринимателей, в общей численности занятого населения;
- количество субъектов малого и среднего предпринимательства в расчете на 1 тыс. человек населения Камчатского края;
- количество субъектов малого и среднего предпринимательства, получивших государственную поддержку;
- количество вновь созданных рабочих мест в секторе малого и среднего предпринимательства при реализации подпрограммы [8].

С 2005 г. Министерство экономического развития Российской Федерации реализует специальную программу по предоставлению субсидий из федерального бюджета бюджетам субъектов РФ в целях оказания государственной поддержки субъектам малого и среднего предпринимательства на региональном уровне. Согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 30.12.2014 № 1605 по всем мероприятиям установлен индивидуальный показатель результативности использования федеральной субсидии: «количество субъектов малого и среднего предпринимательства, получивших государственную поддержку» [9].

В целях объективного отражения информации о действующих на региональном уровне системах поддержки предпринимательства необходимо отметить, что вышеперечисленными элементами они не ограничиваются. Все отраслевые министерства также разрабатывают и реализуют собственные меры поддержки субъектов малого и среднего предпринимательства в конкретной отрасли экономики региона. Кроме того, в каждом регионе функционирует целый ряд организаций, неподведомственных органам власти, в частности – некоммерческие организации, предоставляющие субъектам малого и среднего бизнеса меры финансовой поддержки, консалтинговые услуги и т. д. Кредитные организации различного уровня реализуют в регионах в рамках своей основной деятельности различные программы, нацеленные на субъекты малого и среднего предпринимательства. Так, в первом полугодии 2016 г. рынок кредитования субъектов малого и среднего бизнеса в России стабилизировался. Это произошло, в частности, во многом благодаря восстановлению активности крупных банков, которые на фоне адаптации предпринимателей к новым экономическим условиям и роста спроса со стороны субъектов малого и среднего бизнеса на заемные ресурсы выдали на 24% больше кредитов, чем годом ранее. Во втором квартале 2016 г. объем выданных кредитов малому и среднему бизнесу показал рост и составил 1,31 трлн рублей. При этом основной объем выдаваемых кредитов по-прежнему приходится на торговые предприятия (в течение 2012–2016 гг. – около 50% от общего объема) [10].

Важное место среди действующих инструментов, способствующих развитию предпринимательства в регионах, занимают институты развития – система организаций, целевым назначением которой является становление инновационной экономики в стране (институты федерального уровня, такие как Российский банк развития, федеральные институты на региональном уровне (региональные фонды) и собственно региональные институты – фонды поддержки малого и среднего бизнеса, региональные корпорации развития и агентства по привлечению инвестиций, свободные и специальные экономические зоны). Поддержка предпринимателей является одним из важнейших направлений деятельности институтов развития.

Необходимо отметить весомый вклад в формирование благоприятной предпринимательской среды, который вносят общественные объединения предпринимателей, прочно занявшие свою нишу в институциональной среде развития предпринимательства в регионе. Общественные объединения предпринимателей в настоящее время все активнее заявляют о себе, в том числе в связи с востребованностью со стороны органов власти и при их поддержке. При большинстве органов исполнительной власти регионов созданы общественные советы, советы по предпринимательству, различные комиссии, штабы, проектные офисы и т. п., в которые входят главным образом представители общественных объединений предпринимателей. Это и крупные объединения федерального уровня, имеющие региональные отделения в субъектах Российской Федерации, и организации, объединяющие предпринимателей конкретной территории.

Несмотря на проводимую масштабную работу и наличие определенных достижений, проблематика формирования благоприятной для развития предпринимательства институциональной среды по-прежнему остается актуальной. Сформированная многоуровневая система поддержки не является в полной мере эффективной. Основным аргументом в пользу данного утверждения является превалирование «режима ручного управления» [11, 12] в данной сфере. Система не работает автономно в формате текущей деятельности. Постоянно вскрываются новые проблемы,

которые решаются в режиме чрезвычайной ситуации при личном участии чиновников различного уровня. Об этом свидетельствуют постоянные обращения предпринимателей по поводу решения вопросов различного уровня и масштаба, а также постоянные нововведения, изменения в данной системе как реакция на данные обращения. Количество площадок, дающих предпринимателям возможность озвучить свои проблемы, растет, а вместе с ними – объемы деятельности органов власти, курирующих данную сферу. В целях иллюстрации современного состояния системы поддержки предпринимательства на региональном уровне ниже приведена информация об основных субъектах данной системы в Камчатском крае (табл. 1) по состоянию на 31.12.2016.

Масштаб рассмотренной системы не позволяет в полной мере согласовать и упорядочить деятельность всех составляющих системы, исключить полностью дублирование полномочий. Подробное рассмотрение данных фактов находится за рамками исследования. Для иллюстрации приведем отдельные примеры. Так, для формирования благоприятного инвестиционного климата в 2013 г. за счет средств регионального бюджета учреждена Корпорация развития Камчатского края. Одна из целей, обозначенных в Уставе, – создание условий для развития малого и среднего предпринимательства [13]. При этом по состоянию на 31.12.2016 информация о Корпорации развития Камчатского края на странице «Малый и средний бизнес Камчатского края» официального сайта Правительства Камчатского края, на Инвестиционном портале Камчатского края (предусмотрена вкладка «Институты развития») отсутствует.

Таблица 1

Основные составляющие системы поддержки развития предпринимательства в Камчатском крае

Уровень	Субъекты системы поддержки	Примечание
Местный	Органы местного самоуправления муниципальных образований в Камчатском крае, реализующие в том числе муниципальные программы поддержки развития малого и среднего предпринимательства	Источники финансирования деятельности – местный бюджет. Программные мероприятия частично финансируются из бюджета Камчатского края
Региональный	Уполномоченный при Губернаторе Камчатского края по защите прав предпринимателей	Источник финансирования деятельности – бюджет Камчатского края
	Общественный Представитель АНО «Агентство стратегических инициатив по продвижению новых проектов» (далее – Агентство стратегических инициатив) в Камчатском крае, Инвестиционный Уполномоченный в Дальневосточном федеральном округе по Камчатскому краю	
	Правительство Камчатского края – Агентство инвестиций и предпринимательства Камчатского края (самостоятельный исполнительный орган государственной власти сформирован в 2015 г.), Министерство экономического развития и торговли Камчатского края, Министерство рыбного хозяйства Камчатского края, Министерство сельского хозяйства, пищевой и перерабатывающей промышленности Камчатского края, Министерство спорта и молодежной политики Камчатского края, Министерство строительства Камчатского края, Министерство образования и науки Камчатского края, Министерство жилищно-коммунального хозяйства и энергетики Камчатского края, Министерство здравоохранения Камчатского края	Источник финансирования деятельности – бюджет Камчатского края. Программные мероприятия поддержки предпринимательства частично дополнительно финансируются из федерального бюджета
	Краевые государственные автономные учреждения (КГАУ) «Камчатский центр поддержки предпринимательства», КГАУ «Камчатский выставочно-инвестиционный центр», Микрофинансовая организация «Камчатский государственный фонд поддержки предпринимательства», Гарантский фонд развития предпринимательства Камчатского края	Организации региональной инфраструктуры развития предпринимательства, подведомственные Агентству инвестиций и предпринимательства Камчатского края. Источник финансирования деятельности КГАУ – бюджет Камчатского края
	Постоянно действующие коллегиальные органы, сформированные Правительством Камчатского края с привлечением представителей бизнес-сообщества и органов власти различного уровня:	
	Совет в сфере развития малого и среднего предпринимательства при Правительстве Камчатского края, Инвестиционный совет в Камчатском крае	В Инвестиционном совете созданы также рабочие и отраслевые группы

Окончание табл. 1

Уровень	Субъекты системы поддержки	Примечание
	Совет при Губернаторе Камчатского края по развитию конкуренции в Камчатском крае	В рамках внедрения Агентством стратегических инициатив Стандарта развития конкуренции в субъектах РФ
	Организационный штаб и рабочие группы, Проектный офис по улучшению инвестиционного климата в Камчатском крае	В рамках формирования Агентством стратегических инициатив совместно с деловыми объединениями Национального рейтинга состояния инвестиционного климата в субъектах РФ
Региональный	Экспертная группа по мониторингу внедрения Стандарта деятельности органов исполнительной власти субъекта Российской Федерации по обеспечению благоприятного инвестиционного климата в Камчатском крае	В рамках внедрения <u>Агентством стратегических инициатив</u> данного Стандарта
	ОАО «Корпорация развития Камчатского края» (далее – Корпорация развития Камчатского края)	Уставный фонд сформирован в 2013 г. за счет средств бюджета Камчатского края (75 млн рублей [13])
	Управляющая компания Территории опережающего развития «Камчатка» (создана в 2015 г.)	Создана в целях формирования благоприятной среды для работы резидентов
	Общественные объединения предпринимателей Камчатского края, в которые входят субъекты предпринимательства из различных сфер деятельности (дошкольное образование, строительная отрасль, рыбохозяйственная отрасль, агропромышленный комплекс и др.), Союз индивидуальных предпринимателей Камчатки и т. п., региональные отделения общероссийских общественных организаций («ОПОРА России», «Деловая Россия», Торгово-промышленная палата и др.).	Более 20 организаций
	Фонд поддержки малого и среднего бизнеса «Содружество» (часть Проекта Программы Организации Объединенных Наций и Глобально-экологического Фонда)	Некоммерческая организация
Федеральный	Министерство экономического развития РФ	Взаимодействует с Правительством Камчатского края по вопросам развития предпринимательства в регионе, в частности в рамках субсидирования региональных расходов
	Министерство РФ по развитию Дальнего Востока, Фонд развития Дальнего Востока и Байкальского региона, АО «Корпорация развития Дальнего Востока»	Федеральные структуры, целевое назначение которых – развитие Дальнего Востока
	Агентство стратегических инициатив, Федеральная корпорация по развитию малого и среднего предпринимательства, Фонд развития промышленности, Российский фонд прямых инвестиций, Российский экспортный центр	
	Государственная корпорация «Банк развития и внешнеэкономической деятельности (Внешэкономбанк)»	Предоставляет кредиты, гарантии и поручительства по проектам

Источники: [14, 15].

В 2011 г. учреждено Агентство стратегических инициатив, осуществляющее крупномасштабную деятельность и на федеральном, и на региональном уровнях. Организация реализует проекты, сравнимые по масштабам с проектами федеральных министерств (разработка и реализация дорожных карт в рамках национальной предпринимательской инициативы, разработка и внедрение Стандарта развития конкуренции в субъектах РФ и др.) [16]. Таким образом, процесс функционирования региональной системы поддержки предпринимательства курируют и федеральные органы власти, и Агентство стратегических инициатив.

В данной системе все более активную роль играют общественные объединения предпринимателей, которые не просто формулируют животрепещущие проблемы (расходы предпринимателей Камчатского края на обеспечение северных льгот работникам, неравноправие предприни-

мателей края в сравнении с участниками из других регионов в процедуре государственных закупок из-за завышенных расходов на заработную плату по этой же причине и т. д.), предлагают пути их решения, но и постоянно контролируют и активизируют работу в данном направлении. При этом представители предпринимательского сообщества частично выполняют функции исполнительных органов государственной власти по выработке и реализации региональной политики, нормативному правовому регулированию, контролю в сфере инвестиционной деятельности, предпринимательства, создания территорий опережающего развития, государственно-частного партнерства. Следует отметить, что результаты деятельности и общественных объединений предпринимателей и, например, Фонда поддержки малого и среднего бизнеса «Содружество» (субъект предпринимательства) не учитываются при подведении итогов деятельности на региональном уровне в сфере оказания поддержки предпринимателям.

Необходимо отметить, что анализ экономических показателей развития малого и среднего предпринимательства и эффективности применения мер по его развитию входит в полномочия Агентства инвестиций и предпринимательства Камчатского края [14]. Приведенные ниже данные (табл. 2) размещены на официальном сайте Правительства Камчатского края на странице Агентства инвестиций и предпринимательства Камчатского края на вкладке «Анализ состояния малого и среднего предпринимательства». Какая-либо иная аналитическая информация по данной тематике на сайте по состоянию на 31.12.2016 не размещалась.

При всей масштабности системы поддержки, функционирующей в регионе, данные, характеризующие состояние сектора предпринимательства в Камчатском крае (табл. 2), не позволяют оценить влияние на полученные результаты конкретного субъекта данной системы поддержки и общественную эффективность оказанной поддержки. Возможно констатировать лишь тот факт, что показатели, по которым в настоящее время оценивается состояние сферы предпринимательства в регионе на официальном сайте Правительства Камчатского края, кардинальных изменений не претерпели.

Таблица 2

**Основные показатели деятельности субъектов малого и среднего предпринимательства
Камчатского края (2012–2015 годы)**

№ п/п	Показатели	Единица измерения	2012	2013	2014	2015
1	Общее количество субъектов малого и среднего предпринимательства – всего:	единиц	18414	17293	17413	17389
	в том числе:					
	малые предприятия (включая микропредприятия) и средние предприятия, из них:	единиц	5165	5173	5198	5185
	малые предприятия	единиц	645	648	649	639
	микропредприятия	единиц	4473	4487	4513	4513
	средние предприятия	единиц	47	38	36	33
	индивидуальные предприниматели без образования юридического лица	человек	13249	12120	12215	12204
2	Численность занятых на малых предприятиях (включая микропредприятия) и средних предприятиях, в том числе:	человек	31264	31327	30954	30591
	малые предприятия (без внешних совместителей)	человек	16746	16709	16345	16247
	микропредприятия (без внешних совместителей)	человек	10303	11116	11084	11084
	средние предприятия (без внешних совместителей)	человек	4215	3502	3525	3260
3	Оборот организаций по малым предприятиям (включая микропредприятия) и средних предприятий	млн. руб.	79567,9	84117,3	86972,5	91899,9
	в том числе (без внешних совместителей):					
	малые предприятия	млн руб.	41584,5	47227,9	48237,4	53823,3
	микропредприятия	млн руб.	20110,1	21080,5	22220,3	22220,3
	средние предприятия	млн руб.	17873,3	15808,9	16514,8	15856,3
4	Количество организаций, получивших	единиц	1057	2262	3129	3652
	прибыль	единиц	838	2150	2432	2937
	убыток	единиц	219	512	697	715

Источник: [14].

Информация, приведенная в табл. 2, позволяет проанализировать отдельные изменения, причины которых различны и не всегда напрямую соотносятся с качеством мер поддержки. При этом аналитические материалы, позволяющие оценить эффективность государственной поддержки развития предпринимательства в Камчатском крае с позиции вклада предпринимателей, получивших данную поддержку, в социально-экономическое развитие региона, на сайте Правительства Камчатского края, впрочем, как и в каких-либо иных источниках общедоступной информации, отсутствуют. Это не позволяет определить, насколько цели предпринимателей – получателей поддержки – соотносятся с целями развития региона. При рассмотрении итогов деятельности исполнительных органов государственной власти региона цель сопоставления объемов расходов бюджетов различного уровня в полном объеме и полученного общественного эффекта не ставится. Также в открытом доступе невозможно получить информацию о том, как изменилась деятельность получателей поддержки, продолжительное ли время они функционировали или прекратили деятельность через какое-то время после получения поддержки. Подобные статистические данные отсутствуют.

На основании вышеизложенного необходимо констатировать, что результаты деятельности официально созданной системы поддержки предпринимательства, которые по формальным показателям оцениваются на различных уровнях власти, включают результаты более масштабной деятельности, направляемой различными субъектами экономики также на поддержку предпринимательства. При этом, соответственно, происходит значительное занижение объемов ресурсов, затрачиваемых на достижение полученных результатов.

Без четкого контроля использования общественных ресурсов, сопоставления затрат и конкретных полученных при этом результатов, говорить об эффективной работе созданной системы поддержки не представляется возможным. Вместе с тем исследователи, рассматривая современное состояние подсистемы предпринимательства в системе региональной экономики, констатируют «отсутствие заметной позитивной динамики в развитии данной подсистемы, что свидетельствует о наличии сложных проблем» [17, 18]. По-прежнему, в качестве ключевой задачи управления развитием регионального предпринимательства в современных условиях выдвигается проектирование и конструирование соответствующей институциональной среды [19].

По мнению А.Е. Шаститко, в управленческой практике подготовки и принятия основополагающих решений не всегда наблюдается понимание роли институтов [20]. Вероятно, и в сегменте становления институционального обеспечения развития предпринимательства в регионах основные причины неэффективности кроются именно в этом. Факт влияния институтов на важнейшие аспекты социально-экономического развития региона не вызывает сомнения у экономистов. Вместе с тем в практике государственного управления понимание важности институционального фактора развития только формируется.

В сформированной системе поддержки предпринимательства присутствует целый ряд институциональных деформаций отдельных параметров. Во-первых, наибольшее влияние на дестабилизацию работы системы оказывает деформация такого параметра системы, как масштаб. Приходится констатировать наличие многочисленных институтов, организаций, дублирующих отдельные аспекты деятельности друг друга – от направлений до конкретных мероприятий. При значительной формализации различных аспектов деятельности, направленной на поддержку предпринимательства, разрабатываются и внедряются многочисленные программы, стандарты, правовые акты, регламентирующие процесс их реализации. Система продолжает расширяться. Парадигма развития ее не нацелена на оптимизацию масштаба. При одновременном расширении спектра негосударственных элементов в целом система продолжает наращивать параметры (количество субъектов управления и проводимых ими мероприятий, разрабатываемых документов, объемы финансирования и т. д.).

Во-вторых, деформирована система оценки результатов деятельности системы. При наличии затрат общественных ресурсов на функционирование системы должны быть сформированы критерии оценки действий субъектов именно данной системы. Вместе с тем действующая система оценки нацелена на показатели сферы предпринимательства, которые изменяются под воздействием не только государственных программ. Оцениваемые показатели обобщенно характеризуют результаты деятельности, по масштабам значительно превосходящей оцениваемую систему. Кроме того применяемые показатели оценки не позволяют адекватно сопоставить результаты проделанной работы с затраченными на данные цели общественными ресурсами. Действующая

система дезавуирует обоснованность и эффективность оказываемой поддержки с точки зрения общественных интересов и социально-экономического развития региона.

В-третьих, деформирует систему поддержки предпринимательства чрезмерная визуализация действий органов управления в средствах массовой информации в контексте приоритета «формы над содержанием» в отрыве от реальных результатов, от суммарного объема затраченных ресурсов и вне контекста ранее проводимой и планируемой в дальнейшем деятельности.

Во-четвертых, деформация системы связана с характером использования институтов (чрезмерная формализация, нецелевое использование). Нецелевое использование существующих институтов происходит, в том числе, из-за наличия пробелов в институциональной среде («неполный институциональный режим» [3]) развития предпринимательства. Например, институт оценки предпринимателями решений, принимаемых в системе регионального управления, в связи с незрелостью социальных институтов на современном этапе развития зачастую используется в целях максимизации частного выигрыша отдельных представителей бизнес-сообщества. Данные предприниматели уже практически на регулярной основе участвуют в работе различных структур, созданных при органах регионального управления. Риск оппортунистического поведения представителей как исполнительных органов власти, так и бизнеса присутствует и зачастую приводит к формальному характеру реализуемых мероприятий.

Исследователи обращают внимание на важность феномена «предпринимательской солидарности» и предпринимательской активности в качестве важнейшего его проявления, который, по сути, выступает критерием оценки предпринимательским сообществом качества регионального управления и является результатом согласования интересов взаимодействующих сторон, механизмом запуска процессов самоорганизации, что наиболее характерно для предпринимательской среды [18].

По мере становления и повышения качества самого института предпринимательства рассмотренные выше деформации системы институционального обеспечения отнюдь не способствуют повышению уровня доверия экономических агентов к проводимой политике. Вместе с тем доверие является важной составляющей для эффективной работы данной системы [21].

Предложения по устранению институциональных деформаций системы поддержки предпринимательства

Институциональные деформации системы развития предпринимательства оказывают искажающее влияние на сам институт предпринимательства. По сути, патерналистская политика государства в отношении субъектов экономики, которые по определению должны действовать «на свой страх и риск», не соответствует сущности такого феномена, как «предпринимательство». Происходит подмена компонентов мотивационной сферы деловой активности субъектов предпринимательства. Анализ моделей предпринимательского поведения не входит в задачи данного исследования, но следует обратить внимание на способность предпринимателя использовать нестабильные ситуации, выгодные комбинации и условия, уже имеющиеся в рыночной среде, как сущностную характеристику данного института. Многие исследователи (Ф. Хайек, Й. Шумпетер, Ф. Найт, Л. Мизес) указывают на уникальное качество предпринимателя, являющееся фактором достижения успеха, которое практически не поддается рациональной реконструкции, – предчувствие предпринимателя [22]. Предприниматель всегда рискует, действуя в условиях неопределенности. Поэтому сомнительна целесообразность выбора в качестве основных показателей качества системы поддержки субъектов малого и среднего предпринимательства количества вновь созданных субъектов предпринимательства и объема оказанной финансовой поддержки.

Для адекватной оценки эффективности системы поддержки предпринимательства необходимы показатели, которые позволят оценить результаты деятельности получателей поддержки в сравнении с затратами общественных ресурсов и показателями социально-экономического развития региона. Показательны будут и результаты сопоставления эффективности поддержки в рамках государственной системы с эффективностью аналогичных мер за рамками данной системы. Важным критерием эффективности оказанной поддержки является реальный вклад в развитие региона конкретного получателя государственной поддержки, причем в контексте как количественных и качественных параметров, так и времени функционирования субъекта предпринимательства. Отдача должна быть максимальной и долговременной. Вместе с тем нет

однозначного ответа на вопрос о том, что лучше для региона – новый местный субъект предпринимательства или инвестор из другого региона, который оценил качество инвестиционного климата территории.

Оптимизация системы институционального обеспечения возможна на основе качественной обратной связи. По мере становления и развития института предпринимательства как такового, формирования человеческого и социального капитала, гражданского общества, качество обратной связи в данной сфере будет повышаться. Административными мерами решить данную проблему не представляется возможным. В частности, данное положение касается и становления отношений внутри предпринимательского сообщества, на основе которых возможна консолидация данного сообщества для выработки корректного мнения большинства по вопросам государственной политики поддержки субъектов малого и среднего предпринимательства в регионе. Необходимо отдать должное проведению многочисленных мониторингов, опросов в данной сфере. Вместе с тем такая социальная группа, как предприниматели, трудно доступна для обследования в связи со спецификой деятельности (в частности, до настоящего времени остается актуальной проблематика «незаконного предпринимательства»), незрелостью с точки зрения потенциала общественной активности и профессионализма в смысле экспертной оценки. Проблема качества института предпринимательства, который сам является важным фактором формирования институциональной среды для дальнейшего развития, требует пристального внимания.

Оказание поддержки предпринимателям и оценка эффективности системы данной поддержки должны коррелировать с качеством предпринимательской деятельности в регионе, с условиями ведения хозяйственной деятельности.

Перед государством на повестке дня по-прежнему стоит задача обеспечить рамочные условия, при которых предприниматели смогут эффективно функционировать, причем именно с позиции оценки их реального вклада в социально-экономическое развитие региона. Общественные ресурсы прежде всего должны обеспечивать создание общественных благ, а не появление успешных бизнес-проектов как таковых. Нецелесообразно смещение акцента государственной политики по развитию регионов на поддержку предпринимательства как такового. При определении направлений формирования качественной системы институционального обеспечения развития предпринимательства в регионе необходимо оценивать качество общественных институтов, оказывающих как прямое, так и опосредованное влияние на данный процесс, обеспечивать комплексное рассмотрение системы, включающей все субъекты, воздействующие на развитие предпринимательства, оценивать результаты и целесообразность дальнейшего их функционирования. Недопустимо сужать спектр рассматриваемых вопросов, оставляя за рамками те или иные субъекты экономики, оказывающие воздействие на развитие предпринимательства в регионе, сбрасывая со счетов активную роль, которую играют в данных процессах некоммерческие организации и коммерческие структуры, способные в формате аутсорсинга выполнять значительный спектр задач, которые сегодня полностью возложены на многочисленные государственные структуры и их подведомственные организации. При расширении спектра субъектов в системе поддержки необходимо пересматривать параметры деятельности органов власти в данной сфере.

Формирование качественной системы институционального обеспечения развития предпринимательства возможно исключительно на основе глубокого системного анализа проделанной работы («история имеет значение» [1]). Именно в контексте ретроспективы развития следует оценивать ресурсы и потенциал развития предпринимательства в регионах. Современная государственная политика, нацеленная на развитие предпринимательства, должна формироваться с учетом целесообразности соотношения частной инициативы и государственного регулирования в целях максимальной реализации потенциала самого института предпринимательства. Формирование соответствующей благоприятной институциональной среды должно происходить на основе четкой концепции, основанной на понимании актуальности минимизации государственного влияния на процесс предпринимательской деятельности как таковой. В рамках данной деятельности необходимо учитывать роль каждого института в существующей системе поддержки и оценивать целесообразность его дальнейшего функционирования в прежнем формате.

Одним из главных приоритетов в деятельности органов государственной власти должно быть развитие государственных институтов в целом. Повышение качества государственного управления более позитивно воздействует на экономику в отличие от селективных мер поддержки и, несомненно, более существенно воздействует на формирование институциональной среды для предпринимательства.

Институциональные изменения в сфере поддержки предпринимательства необходимо планировать с учетом выгод, издержек и рисков в контексте социально-экономического развития региона в целом. Целевые установки данных изменений должны располагаться выше сегмента развития предпринимательства как такового.

Литература

1. *Норт Д.* Институты, институциональные изменения и функционирование экономики. – М.: Фонд экономической книги «Начала», 1997. – 178 с.
2. *Чепель С.* Как повысить эффективность экономической политики: эмпирический анализ роли государственных институтов // Вопросы экономики. – 2009. – № 7. – С. 62–74.
3. *Полищук Л.* Нецелевое использование институтов: причины и следствия // Вопросы экономики. – 2008. – № 8. – С. 28–44.
4. Об оценке эффективности деятельности органов местного самоуправления городских округов и муниципальных районов (с изменениями и дополнениями): указ Президента РФ от 28.04.2008 № 607 [Электронный ресурс]. – URL: <http://base.garant.ru/193208/#ixzz4X2nNTMwA>
5. О Перечнях показателей оценки эффективности деятельности высших должностных лиц (руководителей высших исполнительных органов государственной власти) субъектов Российской Федерации по созданию благоприятных условий ведения предпринимательской деятельности (до 2018 года) и методиках определения целевых значений показателей оценки эффективности их деятельности: распоряжение Правительства Российской Федерации от 10.04.2014 № 570-р [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70534064/>
6. Об оценке эффективности деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации: указ Президента РФ от 28.06.2007 № 825 [Электронный ресурс]. – URL: <http://ppt.ru/newstext.phtml?id=20641>
7. Об основных направлениях совершенствования системы государственного управления: указ Президента РФ от 07.05.2012 № 601 [Электронный ресурс]. – URL: <http://base.garant.ru/70170942/>
8. О государственной программе Камчатского края «Развитие экономики и внешнеэкономической деятельности Камчатского края на 2014–2020 годы»: постановление Правительства Камчатского края от 29.11.2013 № 521-П [Электронный ресурс]. – URL: http://www.kamgov.ru/aginvest/malyj-i-srednij-biznes-kamcatki/realizaciya_podprogrammy
9. О предоставлении и распределении субсидий из федерального бюджета бюджетам субъектов Российской Федерации на государственную поддержку малого и среднего предпринимательства, включая крестьянские (фермерские) хозяйства: постановление Правительства Российской Федерации от 30.12.2014 № 1605 [Электронный ресурс]. – URL: <http://economy.gov.ru/minec/activity/sections/smallBusiness/>
10. Кредитование малого и среднего бизнеса в России: вышли в ноль [Электронный ресурс] / *А. Ионова, А. Сараев, Р. Кориунов, С. Волков* // Эксперт РА Рейтинговое агентство. – URL: <http://raexpert.ru/docbank/e2d/50f/c3a/54d94e1505aa90fbf298fff.pdf> (дата обращения: 29.11.2016).
11. WedGround Проект мониторинга Рунета: Владимир Путин разрешил правительству включить режим ручного управления экономикой [Электронный ресурс]. – URL: <http://webground.su/topic/2014/12/25/t291/>
12. *Мартынов А.В.* Российское государство в режиме «ручного управления» [Электронный ресурс]. – URL: <http://nebug-jurclubadmin.ru/content/rossiiskoe-gosudarstvo-v-rezhime-%C2%ABruchnogo-upravleniya%C2%BB.html> (дата обращения: 25.11.2016).
13. Устав Акционерного общества «Корпорация развития Камчатского края» [Электронный ресурс] // Инвестиционный портал Камчатского края. – URL: http://invest.kamchatka.gov.ru/oao_korporaciya_razvitiya_kamchatskogo_kraya/ (дата обращения: 29.09.2016).
14. Малый и средний бизнес Камчатского края // Официальный сайт Правительства Камчатского края. – URL: <http://www.kamgov.ru/aginvest/smb> (дата обращения: 20.06.2016).
15. Инвестиционный портал Камчатского края (актуальная редакция) [Электронный ресурс] – URL: <http://investkamchatka.ru/> (дата обращения: 03.10.2016).
16. Агентство стратегических инициатив по продвижению новых проектов [Электронный ресурс] // Официальный сайт Агентства стратегических инициатив по продвижению новых проектов. – URL: <http://asi.ru/> (дата обращения: 05.09.2016).

17. *Артемова О.Н.* Институциональные аспекты развития энергетического предпринимательства в регионе // Российское предпринимательство. – 2012. – № 11 (209). – С. 99–103.
18. *Исаев С.Ю., Сазонов Д.В.* Методологические подходы к формированию подсистем предпринимательства в регионах России // Российское предпринимательство. – 2011. – № 7-1 (187). – С. 102–107. – URL: <http://bgscience.ru/lib/6924/> (дата обращения: 27.04.2015).
19. *Маликов Р.И., Гришин К.Е., Мухаметова Д.Д.* Институциональная конфигурация региональной деловой среды как фактор развития предпринимательства [Электронный ресурс] // Российское предпринимательство. – 2016. – Т. 17, № 16. – С. 1849–1866. – URL: <https://bgscience.ru/lib/36489/> (дата обращения: 27.07.2016).
20. *Шаститко А.Е.* Институциональная среда предпринимательской деятельности // Общественные науки и современность. – 2008. – № 2. – С. 24–35.
21. *Гнилитская Е.В.* Институционально-психологические основания успешного развития предпринимательства // Российское предпринимательство. – 2006. – № 5 (77). – С. 14–20.
22. *Попова Л.А.* Эволюция теорий о предпринимательском поведении и предпринимательских функциях // Вестник КамчатГТУ. – 2009. – № 10. – С. 96–106.

Информация об авторе
Information about the author

Артёмова Ольга Николаевна – Петропавловск-Камчатский филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ; кандидат экономических наук, доцент кафедры экономических и социально-гуманитарных наук; artona@mail.ru

Artyomova Olga Nikolaevna – Petropavlovsk-Kamchatsky Branch of Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration; Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of Economic, Social and Human Sciences Chair; artona@mail.ru

УДК 911:61(571.66)

А.Р. Погорелов, С.А. Лозовская**СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ И ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ
КАМЧАТСКОГО КРАЯ: МЕДИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ**

Здоровье населения во многом зависит от факторов окружающей среды. В связи с этим проводятся медико-географические исследования с целью идентификации воздействий негативных и позитивных внешних факторов на здоровье человека. Впервые для территории Камчатского края осуществлена попытка комплексной оценки современного влияния социально-экономических условий на общественное здоровье. В статье представлен обзор общей медико-демографической ситуации в Камчатском крае. Проведен анализ влияния отдельных социально-экономических факторов на здоровье населения региона. Проанализированы корреляционные связи между социально-экономическими показателями и заболеваемостью населения. В результате с помощью кластерного анализа построена типология территорий Камчатского края по социально-экономическим предпосылкам здоровья населения.

Ключевые слова: социально-экономические факторы, медико-географические аспекты, здоровье населения, заболеваемость, типология, Камчатский край.

A.R. Pogorelov, S.A. Lozovskaya**SOCIO-ECONOMIC FACTORS AND POPULATION HEALTH
IN THE KAMCHATKA REGION: MEDICAL-GEOGRAPHICAL ASPECTS**

Population health depends on environmental factors. Therefore, medical-geographic researches are being conducted to identify positive and negative factors on health. For the first time there was an attempt to make a comprehensive assessment of the impact of modern social-economic conditions on public health in the Kamchatka region. The article provides an overview of the medical-demographic situation in the Kamchatka region. Also the article reveals the influence of certain social-economic factors on the health of region population. We analyzed the correlation between socio-economic indicators and morbidity. As a result using a cluster analysis we created a territorial typology for the Kamchatka region based on social-economic preconditions of the population health.

Key words: socio-economic factors, medical-geographical aspects, health, morbidity, typology, Kamchatka.

*DOI: 10.17217/2079-0333-2017-39-97-105***Введение**

Важнейшей задачей на пути к социально-экономическому развитию регионов является охрана здоровья населения. Именно здоровье населения выступает одним из показателей социального и экономического благополучия общества [1]. В связи с этим все большую актуальность приобретают медико-географические исследования, призванные проанализировать реальное и потенциальное влияние факторов окружающей среды на здоровье человека в отдельно взятых регионах. Наиболее важными являются социально-экономические факторы, с которыми тесно связана жизнедеятельность населения. К настоящему времени на примере различных регионов выполнен ряд медико-географических исследований влияния социально-экономических условий на здоровье населения [1–5 и др.].

Изучению воздействия отдельных социально-экономических факторов на здоровье населения Камчатского региона и некоторых его районов посвящен ряд работ местных ученых: А.А. Ключкова [6], Л.М. Илюшкиной [7], О.Б. Чирковой [8], И.В. Грицай [9], Т.А. Наймушиной и Е.В. Шмелевой [10] и др. Несмотря на это, край по-прежнему остается слабо изученной территорией в области медико-географических и социально-экономических аспектов здоровья населения. В современных условиях развития Камчатского края проведение подобных исследований весьма актуально.

Цель настоящего исследования заключается в оценке влияния социально-экономических факторов на здоровье населения и в создании соответствующей типологии территорий Камчатского края.

Материалы и методы

Выполненное исследование основано на методологических подходах медико-географического изучения социально-экономических факторов, которые подробно изложены в работах Н.В. Шартовой [2, 11] и Б.В. Шкурина [3]. Кроме этого также использованы такие методы исследований, как сравнительно-географический и статистический (корреляционный, кластерный) анализ.

В основу работы положены официальные статистические материалы по социально-экономическим показателям по данным Росстата [12] и Камчатстата [13–15]. Информация по показателям системы здравоохранения и здоровья населения основана на материалах Камчатского краевого медицинского информационно-аналитического центра [16, 17].

Для установления взаимосвязей между географическими факторами и здоровьем населения использован метод корреляционного анализа. После создания и обработки информационной базы (с массивами данных по социально-экономическим факторам и заболеваемости населения по основным классам болезней) определены корреляционные взаимосвязи для взрослого и детского населения, которые отражены в результатах исследования (см. табл.). Среди социально-экономических факторов, оказывающих влияние на здоровье населения, выбраны следующие: А – доходы населения (среднемесячная заработная плата); Б – жилищные условия (обеспеченность жильем); В – стационарная помощь (обеспеченность больничными койками); Г – обеспеченность врачебными кадрами; Д – обеспеченность средним медицинским персоналом. Массив данных по заболеваемости населения распределен по основным классам болезней: 1 – общая заболеваемость; 2 – инфекционные заболевания; 3 – новообразования; 4 – болезни крови; 5 – эндокринные заболевания; 6 – психические расстройства; 7 – болезни системы кровообращения; 8 – болезни органов дыхания; 9 – болезни органов пищеварения; 10 – болезни нервной системы; 11 – болезни глаза; 12 – болезни уха; 13 – болезни кожи; 14 – болезни костно-мышечной системы; 15 – болезни мочеполовой системы; 16 – травмы и отравления; 17 – врожденные аномалии; 18 – осложнения беременности и родов.

Типологизация территорий Камчатского края проводилась на основе кластерного анализа значимых для здоровья населения социально-экономических показателей. Для образования кластеров (типов) районов использовался метод связи Уорда с применением дистанции Евклида в качестве критерия близости значений показателей, а для определения оптимального количества кластеров анализировалась дендрограмма. Все расчеты производились с помощью статистического пакета SPSS (Statistics 24).

Результаты исследования

Общая медико-демографическая ситуация в Камчатском крае

Камчатский край характеризуется на 2015 г. низкой численностью (317,3 тыс. чел) и плотностью населения (0,68 чел. на км²). Наименьшая плотность населения характерна для Корякского округа, где проживает около 5% населения края. Большая часть населения (76,1%) концентрируется в городах: Петропавловск-Камчатский, Елизово, Вилучинск. В крае отмечается постоянный тренд на снижение численности населения, главным образом, за счет миграционной убыли. По национальному составу (2010 г.) преобладают русские – 85,9%, украинцы составляют 3,9%. Коренные малочисленные со слабыми адаптивными способностями к городскому образу жизни народы составляют 4,2% (коряки, ительмены, эвены, чукчи), остальные национальности – 6%.

Общие коэффициенты рождаемости на 2014 г. составляли 13,2‰, смертности – 11,5‰ и естественного прироста – 1,7‰. При этом наиболее высокая смертность и низкая рождаемость наблюдалась среди сельского населения. Естественный прирост происходит преимущественно за счет городского населения. С 2011 г. отмечались тренды на увеличение показателей рождаемости и естественного прироста, снижения смертности. По причинам смертности на первом месте – болезни системы кровообращения (52,5%), на втором – новообразования (16%), на третьем – внешние причины (11,3%). Заметную роль в смертности населения также занимают болезни органов пищеварения (4,8%), дыхания (3,1%), инфекционные и паразитарные болезни (1,3%). Региональная структура системы показателей причин смертности сходна с общероссийской. Ожидаемая продолжительность жизни по краю при рождении на 2014 г. составляла 68,1 года для всего населения (62,8 года для мужчин и 73,9 года для женщин). За период 2007–2014 гг. ожидаемая продолжительность жизни возросла на 2,4 года для всего населения.

**Матрица взаимосвязей между факторами окружающей среды
и заболеваемостью населения ($r > 0,3$)**

	Все население					Взрослое население					Детское население				
r	А	Б	В	Г	Д	А	Б	В	Г	Д	А	Б	В	Г	Д
1	–	–	0,65	0,78	0,56	–	–	0,49	0,69	0,38	0,35	0,39	0,71	0,67	0,70
2	0,65	–	0,71	0,47	0,73	0,65	–	0,71	0,47	0,73	–	–	–	–	–
3	0,43	–	–	–	–	0,43	–	–	–	–	0,57	–	–	–	–
4	0,60	–	–	0,58	0,33	–	–	0,50	0,61	0,39	0,60	–	–	0,32	–
5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,46	–	0,56
6	–	–	0,60	0,72	0,35	–	–	0,60	0,72	0,35	–	–	–	–	–
7	0,32	–	–	0,30	–	–	–	–	0,33	–	0,55	–	0,53	0,50	0,43
8	–	–	0,72	0,75	0,59	–	–	0,65	0,68	0,52	–	0,36	0,77	0,73	0,69
9	–	–	0,40	0,34	0,29	–	–	0,40	0,34	–	0,65	–	0,49	–	0,54
10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,48	–	–	–	–
11	–	–	–	0,41	–	–	–	–	0,46	–	–	–	–	–	–
12	–	–	0,55	0,73	0,36	–	–	0,56	0,68	0,35	–	–	0,36	0,60	0,33
13	0,31	–	–	–	–	0,31	–	–	–	–	0,49	–	–	–	–
14	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,33	–
15	–	0,38	0,46	–	0,47	–	0,41	0,49	0,30	0,48	0,69	–	–	–	0,47
16	–	–	–	–	0,43	–	–	–	–	0,43	0,46	–	–	–	–
17	–	–	–	0,49	–	–	–	–	0,52	–	0,68	–	0,36	–	0,38
18	0,31	–	0,71	0,74	0,60	–	–	0,70	0,74	0,60	нет	нет	нет	нет	нет

Взаимосвязь социально-экономических факторов со здоровьем населения

Благоприятность социально-экономической обстановки региона для здоровья и жизнедеятельности населения определяется различными показателями. За период 2007–2014 гг. в Камчатском крае в 2,2 раза возросли среднедушевые денежные доходы населения; по этим показателям Камчатский край занимает 8 место в РФ и 4 место в ДВФО (рис. 1). Среднемесячная заработная плата за аналогичный период времени выросла в 2,4 раза. В результате проведенных расчетов (см. табл.) выяснилось, что доходы населения имеют наибольшие корреляционные связи с заболеваемостью инфекционными болезнями взрослого населения ($r = 0,65$), детской заболеваемостью болезнями органов мочеполовой системы ($r = 0,69$) и пищеварения ($r = 0,65$).

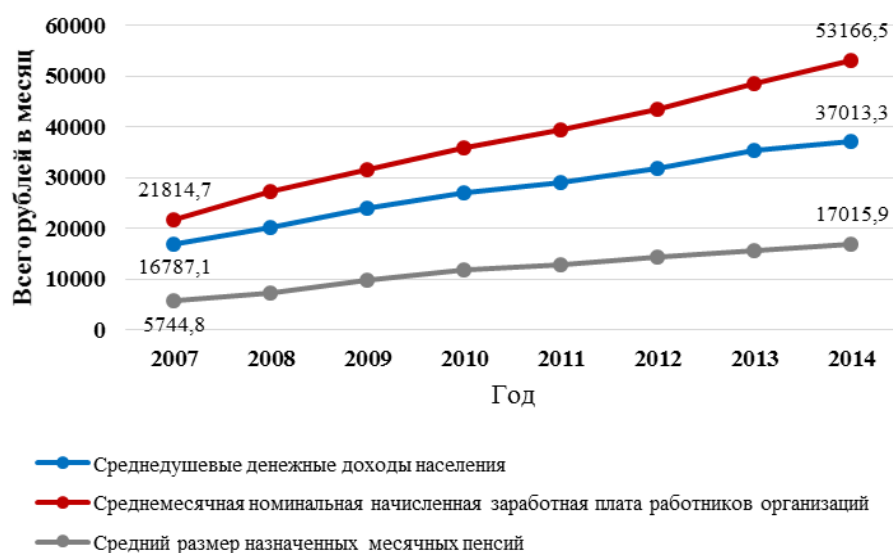


Рис. 1. Динамика среднедушевых доходов населения Камчатского края за период 2007–2014 гг.

Общая площадь жилых помещений в крае в среднем на одного жителя в 2014 г. составила 25 м². С 2008 по 2014 гг. на 27,7% увеличился ввод в действие общей площади жилых домов. Весь жилищный фонд имеет относительно высокую степень обустроенности – на 95,4% обеспе-

чен водопроводом, 91,4% – водоотведением, 92,7% – отоплением, 79% – горячим водоснабжением. С жилищными условиями населения выявлены умеренные связи болезнями мочеполовой системы среди взрослого населения ($r = 0,41$) и болезнями органов дыхания среди детей ($r = 0,36$).

О благополучии социальной обстановки в крае свидетельствуют такие показатели, как уровень безработицы и уровень преступности. Проведенные ранее нами исследования [18] показали высокую зависимость различных социально значимых заболеваний в ДВФО с безработицей (например, $r = 0,76$ – наркомания, $r = 0,82$ – ВИЧ, $r = 0,96$ – активный туберкулез и др.). Уровень безработицы в крае (рис. 2) снизился с 2007 по 2014 гг. на 2,9% и составил в 2014 г. – 6,1%, оставаясь выше среднего уровня по РФ (5,2%). Показатель преступности по Камчатскому краю в 2014 г. составил 156,3 случая зарегистрированных преступлений на 10 тыс. населения (7 место в ДВФО). Для преступности региона типичен положительный тренд на снижение (на 42,1% с 2007 по 2014 гг.). Несмотря на общее снижение всех случаев преступлений, остается неблагоприятной криминогенная обстановка по преступлениям с целенаправленным причинением вреда здоровью населения (рис. 3). Исключением являются убийства и покушения на убийства, количество которых снизилось за период 2007–2014 гг. на 63%. Преступность может способствовать развитию некоторых социально значимых патологий (психические расстройства и расстройства поведения, алкоголизм, наркомания) [19].



Рис. 2. Динамика абсолютной численности безработных в Камчатском крае в 2007–2014 гг.



Рис. 3. Динамика некоторых преступлений в Камчатском крае, представляющих прямую угрозу здоровью населения (2007–2014 гг.)

Система здравоохранения в Камчатском крае представлена 51 учреждением здравоохранения, из них 32 лечебно-профилактических учреждения оказывают стационарную помощь. Число больничных коек на 10 тыс. населения – 99,9 (2014 г.). Для общей заболеваемости всего населения наблюдается умеренная связь ($r = 0,65$) со стационарной помощью, при этом для детского населения она выше ($r = 0,71$), чем для взрослого ($r = 0,49$). Также найдены высокие корреляционные связи этого показателя с общей заболеваемостью основными классами болезней: органов дыхания ($r = 0,72$), инфекционными ($r = 0,71$), осложнениями беременности и родов ($r = 0,71$).

Обеспеченность медицинскими кадрами в Камчатском крае на 10 тыс. населения составляет: врачей – 42,8 и среднего медицинского персонала – 99,3 (2014 г.). Наибольшая обеспеченность врачебными кадрами и средним медперсоналом характерна для районов Корякского округа, наименьшая обеспеченность характерна для Елизовского района. Для взрослого населения установлено значительно больше корреляционных взаимосвязей с обеспеченностью врачебными кадрами, чем для детского населения. Так, для взрослых высокие связи зафиксированы с осложнениями беременности и родов ($r = 0,74$) и психическими расстройствами ($r = 0,72$). Также отмечаются заметные связи с заболеваемостью болезнями органов дыхания ($r = 0,68$), уха ($r = 0,68$) и крови ($r = 0,61$). Для детской возрастной группы высокая взаимосвязь обнаружена с болезнями органов дыхания ($r = 0,73$), а заметная – с патологиями уха ($r = 0,6$) и кровообращения ($r = 0,5$). Между обеспеченностью средним медицинским персоналом и общей заболеваемостью всего населения также выявлена заметная корреляционная взаимосвязь ($r = 0,56$). При этом наибольшие связи отмечены с инфекционной заболеваемостью взрослого населения ($r = 0,73$) и болезнями органов дыхания среди детского населения ($r = 0,69$).

Обобщая полученные результаты, можно сделать выводы о том, что по суммарным значениям корреляционных связей особо выделяются показатели здравоохранения: обеспеченность врачами ($\sum r = 7,22$), больничными койками ($\sum r = 5,19$) и средним медицинским персоналом ($\sum r = 4,41$). Это вполне очевидно в силу расширения возможностей регистрации тех или иных патологий учреждениями здравоохранения. По количеству значимых связей (рис. 4) для заболеваемости взрослого населения большее значение имеют показатели здравоохранения (обеспеченность врачами, больничными койками, медсестрами), а для заболеваемости детского населения большее значение имеет фактор доходов населения.

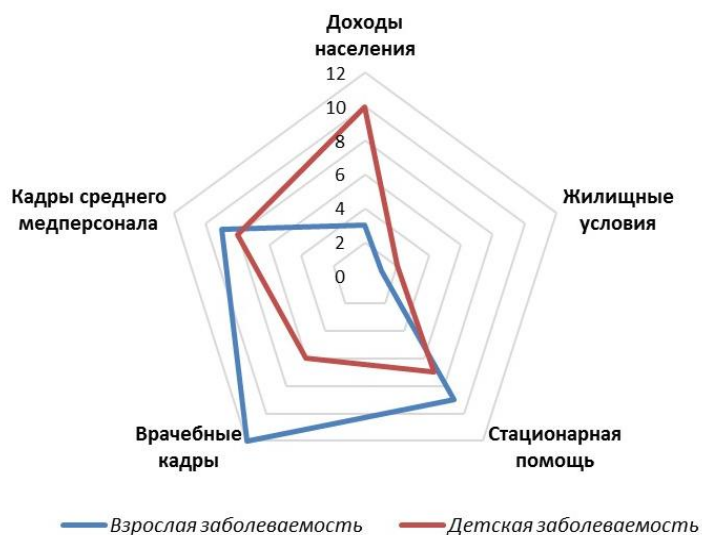


Рис. 4. Лепестковая диаграмма количества значимых корреляционных взаимосвязей социально-экономических факторов с заболеваемостью взрослого и детского населения

По суммарным значениям корреляционных связей в зависимости от комплексного влияния всех анализируемых факторов выделяются следующие классы болезней (все население): инфекционные заболевания ($\sum r = 2,71$), осложнения беременности и родов ($\sum r = 2,35$), болезни органов дыхания ($\sum r = 2,15$). Также достаточно большие суммарные значения выявлены с болезнями крови ($\sum r = 1,84$), психическими расстройствами ($\sum r = 1,79$), болезнями уха ($\sum r = 1,55$) и мочеполовой системы ($\sum r = 1,44$). Картина связей взрослой заболеваемости с социально-экономическими факторами достаточно схожа с заболеваемостью всего населения. Обзор детской заболеваемости по-

казал, что наибольшее влияние исследуемые факторы в совокупности оказывают на такие классы болезней, как болезни органов дыхания ($\Sigma r = 2,49$), системы кровообращения ($\Sigma r = 2,2$), органов пищеварения ($\Sigma r = 1,95$). Таким образом, можно сказать, что перечисленные выше группы болезней отличаются наибольшей социально-экономической зависимостью.

Типология территорий Камчатского края по социально-экономическим предпосылкам здоровья населения

Итогом настоящего исследования может выступить типология территорий Камчатского края по социально-экономическим факторам, потенциально влияющим на здоровье населения. Показателями для типологии стали факторы (см. табл.), которые по приведенным выше данным оказывают наиболее существенное влияние на здоровье населения.

В итоге выделено пять типов (кластеров) районов различных между собой по совокупности социально-экономических факторов, потенциально влияющих на здоровье местного населения. В результате составлена типология территорий края (рис. 5). Полученным типам можно придать градацию по качественному описанию: первый (благополучный), второй и третий (относительно благополучные по разнородным предпосылкам), четвертый (удовлетворительный), пятый (относительно неблагополучный).

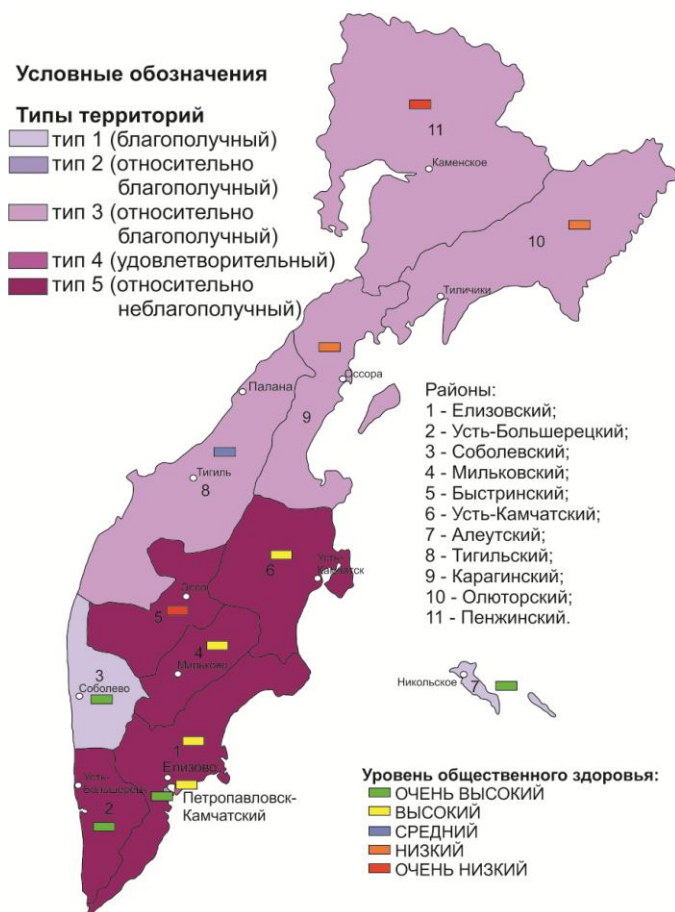


Рис. 5. Типология территорий Камчатского края по социально-экономическим предпосылкам здоровья населения

Различные показатели здоровья населения могут рассматриваться не только как последствия, но и как индикаторы влияния на них тех или иных факторов (в нашем случае – социально-экономических). Ранее автором для всех районов Камчатского края определены уровни общественного здоровья на основе исходных показателей – смертности и заболеваемости населения. Более подробно методика и результаты данных расчетов освещены в соответствующей публикации [20]. Показатели общественного здоровья различных районов дополнительно соотнесены с построенной типологией (рис. 5), что позволило на основе проведенного анализа сделать некоторые выводы о влиянии социально-экономических факторов на здоровье населения в разных районах региона.

Приведем краткую характеристику типов районов. Первый тип включает в себя Алеутский и Соболевский районы. Здесь наблюдается благоприятная ситуация по исследуемым социально-экономическим факторам – достаточно высокие доходы населения (66–68 тыс. руб.), хорошие показатели обеспеченности жильем (27,6–32,3 м² на чел.). Показатели здравоохранения различаются между районами. В Алеутском районе более высокая обеспеченность больничными койками, врачами и средним медперсоналом, чем в Соболевском районе. Первый тип районов характеризуется очень высоким уровнем общественного здоровья.

Второй тип представлен одним Вилючинским городским округом. Данный тип характеризуется как относительно благополучный (за счет основных социально-экономических показателей – доходов и жилищных условий населения). В Вилючинске самые высокие значения доходов (более 70 тыс. руб.) и обеспеченности жильем (42,4 м² на чел.). Несмотря на низкие показатели здравоохранения (обеспеченность больничными койками – 44,1, врачами – 30,8 и средним медперсоналом – 77,2 на 10 тыс. населения), здесь отмечается очень высокий уровень общественного здоровья.

Третий тип полностью включил в себя все районы Корякского округа – Карагинский, Олюторский, Пенжинский и Тигильский. Данный тип так же, как и второй, является относительно благополучным, но уже за счет факторов обеспеченности медицинской помощью. Во всех районах зафиксированы высокие значения показателей здравоохранения – особенно в Карагинском и Тигильском, где обеспеченность больничными койками составляет 230,5–246,2 и врачами – 62,9–72,4 на 10 тыс. населения. В Олюторском районе эти значения меньше – 192,4 и 52,3, соответственно. Во всем Корякском округе (за исключением Пенжинского) очень высокие значения обеспеченности населения средним медперсоналом (в пределах 133,6–176,7 на 10 тыс. жителей). В Пенжинском районе ситуация по данным факторам несколько «скромнее», но сохраняет достаточно благополучные значения (обеспеченность койками – 121,1, врачебными кадрами – 58,3, медсестрами – 89,7 на 10 тыс. чел.). Доходы населения Корякского округа – 56,7–59,3 тыс. руб., обеспеченность жилищной площадью – от 23 в Пенжинском районе до 41,5 м² в Тигильском. Несмотря на то, что третий тип отличается относительно благополучной ситуацией по социально-экономическим условиям, в районах наблюдается напряженная ситуация по уровню общественного здоровья (Тигильский – средний уровень, Карагинский, Олюторский районы – низкий уровень, Пенжинский – очень низкий уровень). По отношению к данному типу районов можно предположить, что такие социально-экономические показатели, как доходы и жилищные условия населения, оказались менее значимыми в формировании здоровья населения, чем факторы обеспеченности медицинской помощью, о чем и свидетельствуют различия в уровнях общественного здоровья.

Четвертый тип представлен Петропавловск-Камчатским городским округом, где обозначилась удовлетворительная ситуация по социально-экономическим факторам, потенциально влияющим на здоровье жителей. Доходы населения города составляют 62,5 тыс. руб., обеспеченность жилищной площадью – 24,2 м², больничными койками – 118,7 на 10 тыс. чел., врачами – 45,1 и медсестрами 104,3 на 10 тыс. чел. В настоящее время в краевой столице зафиксирован высокий уровень общественного здоровья, обусловленный одним из низких показателей смертности в регионе (4 место среди всех районов).

Пятый тип включает в себя почти все бывшие районы Камчатской области – Быстринский, Елизовский, Мильковский, Усть-Большерецкий и Усть-Камчатский. Данный тип характеризуется как относительно неблагополучный. Доходы населения в районах колеблются в пределах 49,9–52,3 тыс. руб., обеспеченность жилищем – от 23,7 до 30,9 м² (в среднем 26,2), больничными койками – от 48,5 в Елизовском до 89,4 в Усть-Большерецком районе. Наибольшая обеспеченность врачебными кадрами отмечается в Быстринском районе (57,7), в остальных районах она составляет 28,8–32,2 на 10 тыс. населения. Высокая обеспеченность средним медперсоналом наблюдается в Усть-Большерецком районе (100,7), в остальных районах – 76,2–82,5 на 10 тыс. человек. Районы пятого типа отличаются между собой по уровню общественного здоровья. Очень высокий уровень отмечается в Усть-Большерецком районе, высокие уровни в Мильковском, Усть-Камчатском и Елизовском районах. Быстринский район характеризуется очень низким уровнем общественного здоровья, возможно, за счет особенностей национального состава населения.

Различия между выделенными типами районов и уровнями общественного здоровья в них вполне объяснимы. Во-первых, типология основывается на количественных данных (по социально-экономическим показателям) и не учитывает индивидуальные особенности поведения населения по отношению к поддержанию собственного здоровья. Во-вторых, не следует исключать возможности влияния других социально-экономических факторов (например, преступности,

безработицы, структуры питания и пр.), не включенных в анализ типологии из-за недостатка или недоступности статистических сведений. В-третьих, так как общественное здоровье рассчитано на основе показателей заболеваемости и смертности населения, то можно предположить, что социально-экономические факторы неравнозначно воздействуют на данные показатели. Поэтому наблюдаются различия между социально-экономическими факторными предпосылками и уровнем общественного здоровья населения в районах Камчатского края. В-четвертых, как отмечалось ранее, в районах исследуемого региона наблюдаются существенные диспропорции в численности населения. В районах бывшей Камчатской области проживает значительно больше населения, чем в Корякии, поэтому в Корякском округе отдельные общественные факторы выше. В-пятых, на общественное здоровье населения могут влиять и другие факторы окружающей среды (природные и экологические). Так, неблагоприятные природные условия Корякского округа создают здесь большую напряженность по заболеваемости населения по сравнению с более благоприятной природной обстановкой в южных районах края. Тем не менее кластеры все же дают достаточно комплексное представление о современных социально-экономических предпосылках формирования здоровья населения в регионе.

Заключение

Выделенные с помощью кластерного анализа в Камчатском крае пять типов районов по социально-экономическим предпосылкам здоровья населения (благополучный, два относительно благополучных, удовлетворительный, относительно неблагополучный) основываются на одинаковом наборе показателей. В то же время корреляционный анализ показал, что наибольшее количество значимых взаимосвязей выявлено с блоком показателей здравоохранения. Поэтому актуальным становится проведение оптимизации и улучшения системы здравоохранения в районах края. Тем не менее некоторые значимые связи выявлены с доходами населения, которые также определяют для населения большую доступность к качественным медицинским услугам и индивидуальному поддержанию здорового образа жизни. Также рассмотрены соотношения уровня общественного здоровья населения с типами районов, который не всегда соответствует социально-экономическим предпосылкам территорий проживания.

Результаты исследования могут быть использованы для более эффективного распределения бюджетных средств, планирования развития системы здравоохранения и проведения медико-профилактических мероприятий в районах Камчатского края. В перспективе с целью повышения уровня здоровья населения необходимо провести сбалансированное выравнивание социально-экономических условий между районами. При этом важно учитывать районные различия в структурных особенностях состояния здоровья населения.

В дальнейшем реализованную типологию можно расширить до более обширной типологии территорий Камчатского края по социально-экономическим предпосылкам региональной медико-географической ситуации. Кроме того, в дальнейшем это позволит перейти к более высокому уровню таксонирования территории – отраслевому медико-географическому районированию. Для этого требуется учет совокупности социально-экономических условий территории на основе большего числа факторов (особенности сложившейся системы расселения, хозяйственной освоенности, транспортной инфраструктуры, доступности районов, продовольственной безопасности, демографических, этнокультурных процессов и пр.).

Литература

1. Семенова А.Н. Оценка регионального здоровья населения Краснодарского края // Проблемы региональной экологии. – 2010. – № 2. – С. 181–185.
2. Шартова Н.В. Медико-географическая оценка Московской области: дис. ... канд. геогр. наук. – М., 2008. – 154 с.
3. Шкуринский Б.В., Чибилев А.А. Медико-географическая оценка социально-экономических условий Западно-Казахстанской области // География и природные ресурсы. – 2012. – № 3. – С. 161–167.
4. Семенова З.А., Чистобаев А.И. Медико-географический анализ состояния и охраны здоровья населения в условиях российского Севера // Социально-экономическая география. Вестник АРГО. – 2016. – № 5. – С. 110–119.
5. Комарова Т.М., Суховеева А.Б. Социально-экономические проблемы сохранения здоровья населения на территории Еврейской автономной области // Медицинская экология. – 2009. – № 6. – С. 222–225.

6. Ключков А.А. Экологическая обстановка, качество жизни и некоторые показатели общественного здоровья камчатского населения: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Магадан, 2007. – 25 с.
7. Илюшкина Л.М. Социально-экологические особенности развития Петропавловск-Елизовской агломерации: дис. ... канд. геогр. наук. – СПб., 2004. – 225 с.
8. Чиркова О.Б. Медико-организационные аспекты совершенствования амбулаторно-поликлинической помощи детям г. Петропавловска-Камчатского: дис. ... канд. мед. наук. – Хабаровск, 2009. – 190 с.
9. Грицай И.В. Оценка состояния здоровья коренных народов Камчатки к началу 90-х годов прошлого века // Вестник КамчатГТУ. – 2004. – № 3. – С. 187–192.
10. Наймушина Т.А., Шмелева Е.В. Территория Камчатки как среда обитания этносов // Камчатка разными народами обитаема: материалы XXIV Крашенинниковских чтений. – Петропавловск-Камчатский: Камчатская обл. науч. б-ка им. С.П. Крашенинникова, 2007. – С. 129–132.
11. Шартова Н.В. Методологические подходы к проведению региональной медико-географической оценки // Вопросы географии. Сб. 134: Актуальная биогеография. – М.: РГО, 2012. – С. 394–409.
12. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2015: стат. сб. – М.: Росстат, 2015. – 1266 с.
13. База данных показателей муниципальных образований Камчатского края (Камчатстат) [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.gks.ru/dbscripts/munst/munst30/DBInet.cgi> (дата обращения: 14.06.2016).
14. Камчатский статистический ежегодник. 2014: стат. сб. – Петропавловск-Камчатский: Камчатстат, 2014. – 440 с.
15. Камчатский статистический ежегодник. 2015: стат. сб. – Петропавловск-Камчатский: Камчатстат, 2015. – 461 с.
16. Основные показатели здоровья населения и деятельности учреждений здравоохранения Камчатского края за 2010–2014 годы: стат. сб. Вып. 14. Т. 1. – Петропавловск-Камчатский: ККМИАЦ, 2015. – 42 с.
17. Основные показатели здоровья населения и деятельности учреждений здравоохранения Камчатского края за 2013–2014 годы: стат. сб. Вып. 14. Т. 2. – Петропавловск-Камчатский: ККМИАЦ, 2015. – 210 с.
18. Факторы среды и социально-значимые заболевания населения Дальнего Востока России / С.А. Лозовская, Е.В. Изергина, А.Б. Косолапов, Т.Н. Гиладури, А.Ю. Коссов, О.В. Гуменчук // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 4. – С. 217.
19. Окружающая среда и социальная патология населения Дальневосточного федерального округа России / С.А. Лозовская, Е.В. Изергина, А.Б. Косолапов, Т.Н. Гиладури // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 11. – С. 141–145.
20. Погорелов А.Р. Тенденции изменения здоровья населения Камчатского края: медико-географические аспекты // Географические и геоэкологические исследования на Дальнем Востоке: сб. науч. ст. молодых ученых. Вып. 12. – Владивосток: Дальнаука, 2016. – С. 82–85.

Информация об авторах Information about the authors

Погорелов Артур Русланович – Дальневосточный федеральный университет; 690091, Россия, Владивосток; магистрант кафедры географии и устойчивого развития геосистем; Тихоокеанский институт географии ДВО РАН; 690041, Россия, Владивосток; старший инженер лаборатории социальной и медицинской географии; pogorelov_ar@mail.ru

Pogorelov Arthur Ruslanovich – Far Eastern Federal University; 690091, Russia, Vladivostok; Graduate Student of Geography and Sustainable Development of Geosystems Chair; Pacific Institute of Geography of Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences; 690041, Russia, Vladivostok; Senior Engineer of Social and Medical Geography Laboratory; pogorelov_ar@mail.ru

Лозовская Светлана Артемьевна – Тихоокеанский институт географии ДВО РАН; 690041, Россия, Владивосток; кандидат биологических наук, врио заведующего лабораторией социальной и медицинской географии; svloz@tig.dvo.ru

Lozovskaya Svetlana Artemevna – Pacific Institute of Geography of Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences; 690041, Russia, Vladivostok; Candidate of Biological Sciences, Acting Head of Social and Medical Geography Laboratory; svloz@tig.dvo.ru

УДК 330.145

С.А. Шушпанов**РАЗГРАНИЧЕНИЕ ОБЪЕКТОВ БУХГАЛТЕРСКОГО УЧЕТА ПО СТАТИЧЕСКИМ И ДИНАМИЧЕСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ В ПРОЦЕССЕ КРУГООБОРОТА КАПИТАЛА: СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД**

В статье исследуется балансовая теория бухгалтерского учета с методологической точки зрения. Магистральным направлением современных научных исследований в этой области, с точки зрения автора, должен стать системный подход. В статье предложено с целью совершенствования методологии бухгалтерского учета использовать инструментарий системного подхода: структурирование элементов учета и моделирование хозяйственных процессов. Рекомендуется классифицировать определения объектов бухгалтерского учета по стадиям кругооборота капитала с учетом их динамических или статических характеристик. Исследование носит междисциплинарный характер.

Ключевые слова: хозяйственная операция, дебет, кредит, бухгалтерская запись, двойная запись, бухгалтерский учет, кругооборот капитала, системное мышление, системный подход, моделирование.

S.A. Shushpanov**SEPARATION OF ACCOUNTING OBJECTS FOR STATIC AND DYNAMIC CHARACTERISTICS IN CAPITAL CIRCULATION: SYSTEM APPROACH**

The article investigates the balance theory of accounting from a methodological point of view. The main direction of modern scientific research in this area, in the author's view, should be a systematic approach. The article suggests using a systematic approach toolkit: structuring of accounting elements and modeling of business processes to improve the accounting methodology. It is recommended to classify the definition of accounting objects on the stages of capital circuit, taking into account their dynamic or static characteristics. The research is interdisciplinary in nature.

Key words: business transaction, debit, credit, journal entry, double entry, accounting, capital turnover cycles, systems thinking, systems approach, modeling.

DOI: 10.17217/2079-0333-2017-39-106-115

Научная цель статьи – показать пути совершенствования теории бухгалтерского учета, позволяющие детально исследовать хозяйственную деятельность.

Задачи статьи:

- обосновать необходимость применения системного подхода к исследованию объектов учета;
- раскрыть недостатки балансовой теории бухгалтерского учета;
- показать специфику бухгалтерского восприятия кругооборота капитала;
- структурировать по целевому признаку бухгалтерские сферы кругооборота капитала;
- представить системные основы бухгалтерского учета и применение метода моделирования хозяйственных процессов;
- показать трансформацию объектов учета в хозяйственном процессе.

Обоснование необходимости применения системного подхода к исследованию объектов учета

Системный подход в современной науке получает самое широкое распространение. Особый вклад системного анализа, а более широко и системного подхода, в решение различных проблем, пишет В.П. Бондарев, обусловлен тем, что он позволяет, во-первых, выявить те факторы и взаимосвязи, которые могут оказаться весьма существенными; во-вторых, видоизменять методику наблюдений и эксперимент таким образом, чтобы включить эти факторы в рассмотрение;

в-третьих, осветить слабые места гипотез и допущений... Моделирование – одна из основных категорий теории познания. На идее моделирования по существу базируется любой метод научного исследования [1]. И.Н. Санникова применительно к недостаткам развития бухгалтерской науки отмечает: «Узкопрофессиональное фрагментарное знание не представляет возможным диагностировать проблемы теории бухгалтерского учета. Большинство исследований в профессиональной сфере в качестве аксиомы использует потребности внешних пользователей информации. В то же время определить эти реальные потребности в рамках традиционных бухгалтерских методов невозможно. Настала необходимость отойти от такого подхода и представить системную диагностику порождения негативных характеристик отечественного учета в соответствии с усиливающимися глобальными процессами. Поэтому в современных условиях для адекватного диагностирования, казалось бы, узкопрофессиональных проблем социально-экономической системы необходимо исходить из синтезированного знания» [2, с. 10]. Исследовательница отмечает «междисциплинарный характер» [2, с. 12] теории бухгалтерского учета, обосновывая необходимость использования системного подхода.

Ретроспективный взгляд на историю экономики показывает, что при ее зарождении и на этапе ее становления применялись относительно простые методики, соответствующие научному мировоззрению того времени. На определенном этапе развития науки родилось диалектическое мышление и появились соответствующие ему динамические методики исследования. Н.Д. Кондратьев, характеризуя развитие экономики на рубеже XIX и XX вв., выделял два направления экономической теории: «статическое» и «динамическое». Он указывает на тот факт, что современная экономическая наука переходит к развитию динамической теории: «Под статической мы понимаем теорию, которая рассматривает экономические явления по существу, вне категории изменения их во времени. Наоборот, под динамической мы понимаем ту теорию, которая изучает экономические явления в процессе их изменения во времени. В соответствии с этим для статической точки зрения на экономическую действительность особенно характерной является концепция равновесия взаимно связанных между собою элементов этой действительности. Наоборот, для динамической точки зрения наиболее характерной будет концепция процесса изменений экономических элементов и их связей. Руководясь такими предварительными понятиями экономической статистики и динамики, мы можем теперь показать, что, с одной стороны, современная экономическая наука имеет по преимуществу статический характер, с другой стороны, она все более приходит к осознанию необходимости развития динамической теории» [3, с. 8, 9].

Большим потенциалом развития теории и практики бухгалтерского учета, по мнению автора статьи, может стать применение характеристик «статический» и «динамический» для классификации объектов бухгалтерского учета в хозяйственном процессе. Это позволит глубже исследовать процессы трансформации объектов учета, а также поможет разграничить применение однородных понятий для объектов учета в разных стадиях кругооборота капитала. Следует подчеркнуть, что применение динамических и статических характеристик для таких объектов учета, как «активы», «обязательства», «доходы», «расходы» в балансовой теории, насколько известно автору этой статьи, не практикуется.

О недостатках балансовой теории и необходимости ее совершенствования

А.В. Зонова, характеризуя используемую теорию бухгалтерского учета, отмечает: «В истории развития бухгалтерского учета наиболее широкое распространение получило балансовое направление. Балансовой теорией, по существу, до сих пор пользуются для объяснения двойной записи во всех странах мира. Эта теория исходит *не из экономической стороны объектов учета, а из баланса* – одного из основных элементов в методе бухгалтерского учета (*курсив наш* – С.Ш.)» [4].

Понятие «баланс» исторически развивалось. М.Л. Пятов отмечает: «Сам термин «баланс» и место данного понятия в методе бухгалтерского учета и его процедуре первоначально не имели ничего общего с балансом в его современном понимании как *финансовой модели фирмы* и центральной формы (главного элемента) публичной финансовой отчетности» (*курсив наш*. – С.Ш.) [5, стр. 59]. В этой статье понятие «баланс» соответствует форме «бухгалтерский баланс» финансовой отчетности в России [6]. В динамическом представлении баланс – мгновенный «срез» происходящих хозяйственных процессов предприятия, то есть сиюминутное состояние активов, капитала и обязательств предприятия. Никакого целостного представления, никакой модели форма баланса не может дать исследователям. Только знания о процессах в их развитии может

дать пищу исследователю экономических явлений. Работы К. Маркса – подтверждение такого подхода. К сожалению, «финансовая модель фирмы» имеется только в головах сторонников балансовой теории. В публикациях такая модель не представлена. Каждая модель должна иметь как минимум структуру, элементы, связи элементов, потоки [7]. «С позиции системного подхода любая учетная система представляет собой процессную информационную систему, состоящую из множества составных элементов, которые являются тоже системами, но уже низшего ранга» [8]. Отчетность, в том числе и баланс, является составной частью модели учета [9, стр. 6]. Форма финансовой отчетности – бухгалтерский баланс, представляемая в качестве модели, по мнению автора, таковой не является.

Необходимо заметить, что в балансовой теории исторически понятия «статический» и «динамический» применяются для характеристики разных методик (школ) построения баланса. «Статическая теория нацелена на демонстрацию платежеспособности компании, динамическая теория нацелена на отражение финансовых результатов ее деятельности» [10]. Смотрите также публикации [11, 12]. Особое внимание следует обратить на статью профессора М.Л. Пятова «Теория динамического баланса: истоки». Автор пишет: «В данной статье речь пойдет о теории динамического баланса – попытке в рамках балансовой модели фирмы перейти от представления соотношения ее имущества и долгов на конкретный момент времени к раскрытию содержания хозяйственных процессов, обеспечивающих получение прибыли собственниками компании» [13].

Исторический и концептуальный аспекты публикаций профессора М.Л. Пятова и других авторов неоспоримы и важны. Но, кроме концепций, принципов и правил для прояснения сущности и приемов современного бухгалтерского учета необходимо, в первую очередь, раскрыть глубинное содержание хозяйственных процессов. Объяснение содержания хозяйственного процесса при помощи балансовых изменений устарело. Похожий вывод сделал М.Л. Пятов: «Таким образом, современный бухгалтерский баланс в его статико-динамическом варианте с поправками на оценку справедливой стоимости объектов, отражаемых его элементами, – это модель фирмы, не имеющая определенного предмета моделирования» [5, с. 74].

Основные недостатки балансовой теории:

- объяснение метода двойной записи и всех изменений с объектами учета балансовыми изменениями актива и пассива баланса;
- анализ только статического состояния объектов учета (именно так оно предстает в современной форме бухгалтерского баланса);
- отказ от поиска связей между изменениями баланса и стадиями хозяйственного процесса.

Бухгалтерскую теорию следует дополнить инструментарием системного подхода. Для этого необходимо:

- применять динамическое описание хозяйственных процессов;
- разработать модели учетных процессов¹ как отражение экономических отношений и смен форм стоимости в процессе кругооборота капитала²;
- создать общепринятую процессную систему бухгалтерского учета.

Особенности бухгалтерского восприятия кругооборота капитала

Нужно отметить, что восприятие экономистами, финансистами и бухгалтерами феномена «кругооборот капитала» значительно отличается. В экономической теории действуют представления, основанные на теории К. Маркса, в которой «игроком» является капитал авансированный, то есть вложенный капиталистом (учредителем). У финансистов представление о кругообороте капитала определяется задачей контролировать события поступления и выбытия денег, то есть денежные потоки. В теории бухгалтерского учета существует специфическое представление о кругообороте капитала. В учете, кроме денежного потока, существует не менее важный материальный поток (подробнее ниже), действует ряд основополагающих принципов³. И, самое важное: бухгалтерский учет регламентируется законодательно.

В рамках данной статьи кратко отметим основные особенности бухгалтерского понимания кругооборота капитала. Бухгалтерский кругооборот имеет больше стадий (рис. 2–4), чем эконо-

¹ В прикладных отраслях экономики и в сфере управления успешно применяются ERP-системы, использующие цифровые технологии и IDEFX диаграммы для визуализации бизнес-процессов.

² Под капиталом в данной статье понимаются все активы, участвующие в хозяйственной деятельности предприятия.

³ Имущественная обособленность, непрерывность деятельности, соответствие доходов и расходов, и другие.

мический кругооборот. Кроме того, все операции предприятия принято подразделять по целевому признаку на операции по основной (операционной), инвестиционной, финансовой и уставной деятельности. Исходя из целевой направленности операций, необходимо выделять следующие бухгалтерские сферы кругооборота капитала:

- 1) авансированного (уставного) капитала – операции по изменению вложенных средств и обязательств перед капиталистом (учредителем);
- 2) инвестиционного капитала – операции по возобновлению оборотных активов;
- 3) финансового капитала – операции по вложению свободных средств предприятия с целью получения дивидендов;
- 4) основного (операционного) капитала – операции, связанные с выпуском продукции (работ, услуг).

Отметим, что в данной статье рассматривается только кругооборот основного (операционного) капитала, в рамках которого совершаются самые многочисленные хозяйственные операции предприятия.

Системные основы бухгалтерского учета и применение метода моделирования хозяйственных процессов

Существующую теорию бухгалтерского учета необходимо расширить, а точнее углубить, интегрировав в нее системную методологию. Содержание данной статьи – лишь малая часть необходимых изменений в системе учета.

С позиции системного анализа цель бухгалтерского учета состоит в объяснении поведения экономической (детерминированной) системы. Под поведением системы понимается смена состояний ее элементов в пространстве и времени. Состояние системы – характеристика (переменных и параметров) системы на данный момент ее функционирования [14, стр. 47].

Для глубокого понимания изменений (смены состояний), происходящих с объектами бухгалтерского учета⁴, недостаточно рассматривать только статическое состояние объектов учета, как это делается в рамках балансовой теории, необходимо данную теорию дополнять знанием динамических процессов хозяйственной деятельности.

Общепризнано, что хозяйственный процесс состоит из стадий кругооборота капитала ($D \rightarrow T \rightarrow \dots P \dots \rightarrow T \rightarrow D$). В кругообороте совершаются сделки, которые состоят из чередующихся фактов хозяйственной жизни или, говоря проще, из хозяйственных операций.

Хозяйственная операция (далее операция) – завершившийся и принятый к учету факт хозяйственной жизни, под которым понимаются отдельные хозяйственные действия и события, приводящие к изменению состояния объектов бухгалтерского учета (имущества, денег, капитала и обязательств).

О том, что происходит с объектами учета в операциях, подробно говорится в [8, 15–17]. Напомним кратко следующие основные положения применяемой методики учета:

1. Экономическое содержание движения объектов учета в конкретной операции обусловлено ее местом в кругообороте капитала предприятия. Оно же (место операции) определяет восприятие происходящих изменений с объектами учета изменений.
2. Равенство дебетовых и кредитовых остатков и оборотов на бухгалтерских счетах и в бухгалтерских формах обусловлено методом двойной записи (равенство активов и пассивов никогда не нарушается).
3. В хозяйственной операции (в динамической фазе) происходит переток объектов учета без изменения величины стоимости. Увеличение или уменьшение стоимости происходит на остатках бухгалтерских счетов.
4. В одной операции могут быть связаны разные объекты учета – и обязательства, и активы.
5. После совершения операции наступает статическое состояние объектов учета.

Учетная процессная модель предприятия, иллюстрирующая положения применяемой методики учета (рис. 1), состоит из движущихся между центрами учета элементов (объектов учета). Ресурсы (факторы производства) на входе попадают во внутреннюю среду предприятия, хранятся, участвуют в производственном процессе, объединяются в продукцию, которая выходит во внешнюю среду. Во внешней среде происходит передача продукции покупателям и фи-

⁴ Формы стоимости (в экономическом представлении).

нансовое взаимодействие с контрагентами (поток денежных средств и обязательств) – платежи за приобретенные ресурсы и поступления за реализованную продукцию.

Учетная модель, являясь подсистемой экономической системы, имеет важные содержательные отличия, связанные со спецификой бухгалтерского учета. Суть отличий – контроль объектов учета только при их перемещении между центрами учета и, как следствие, абстрагирование от технологических процессов, протекающих в цехах предприятия.

Движение объектов учета имеет дискретный характер, связанный с перемещением и остановками объектов. В определенные моменты времени объекты учета движутся (участвуют в операциях), в другое время, после завершения операции, они находятся в относительном покое в центрах учета.



Рис. 1. Модель учетных процессов промышленного предприятия (процесс кругооборота оборотного капитала). Источник: разработано автором⁵

В процессе движения элементы системы проходят смену состояний (стадий) (рис. 2–4). Каждая стадия содержит две фазы: динамическую и статическую.

Начало и течение учетной операции с объектами учета соответствуют динамической фазе. Прекращение операции – окончание динамической фазы и переход объектов учета в статическое состояние.

В динамической фазе происходят операции по перемещению объектов учета в пространстве и во времени⁶ между подразделениями предприятия или между предприятием и внешней средой. Динамическая фаза всегда подтверждается учетным документом. Надо заметить, что учет многих объектов учета производят один раз в месяц. Это учет труда, износа (амортизации) и потребленных воды, тепловой и электрической энергии. В течение месяца ведется текущий учет этих объектов учета ответственными лицами.

В динамической фазе происходит движение (переток) стоимости объектов учета между двумя центрами учета. При этом сколько из одного центра объектов ушло (произошел отток), столько же в другой центр объектов и пришло (произошел приток).

На входе на предприятие поступают, хранятся и передаются в производство в основном однородные элементы: материалы, труд, амортизация. При завершении производственного процесса однородные элементы трансформируются в продукцию (комплексный элемент).

⁵ Прообразом данной модели является модель А.П. Рудановского [5, с. 147].

⁶ Некоторые операции, связанные с начислением заработной платы, страховых взносов, налогов, амортизации и с расчетами происходят в «виртуальном» пространстве – в бухгалтерии.

При переходе в статическое состояние объекты учета приобретают обобщенные формы стоимости: незавершенного производства, запасов продукции, и т. п.

В статической фазе элементы находятся в условном покое: хранение сырья, производство, хранение продукции и т.д. Покой с точки зрения учета – отсутствие учетных документов. С точки зрения производственного процесса, стадии покоя нет. Важно понимать, что статическое состояние объектов учета, зафиксированное в бухгалтерском балансе на отчетную дату, на следующий день кардинально изменится. Этим характеризуется ограниченность формы баланса.

Трансформация активов в хозяйственном процессе

Рассмотрим отдельно стадии материального и финансового потоков.

Материальный поток – цепочка связанных операций между центрами учета. Основными объектами в этом потоке являются оборотные материальные активы (сырье, топливо, инструменты и т. д.). Местом операций здесь является внутренняя среда предприятия (рис. 1). В этот поток входят стадии (рис. 2):

- a. поступление (закупка) и хранение сырья – операция № 1 – поступление сырья от поставщиков на склад;
 - b. производство⁷ – операция № 2 – перемещение сырья из склада в производственные подразделения и технологический процесс внутри цехов;
 - c. хранение продукции – операция № 3 – перемещение готовой продукции из производственных подразделений и ее хранение на складе продукции;
 - d. реализация продукции – операция № 4 – реализация (отгрузка) продукции покупателям.
- На этой стадии в конце каждого месяца делают расчет доходов, расходов и прибыли от продаж.

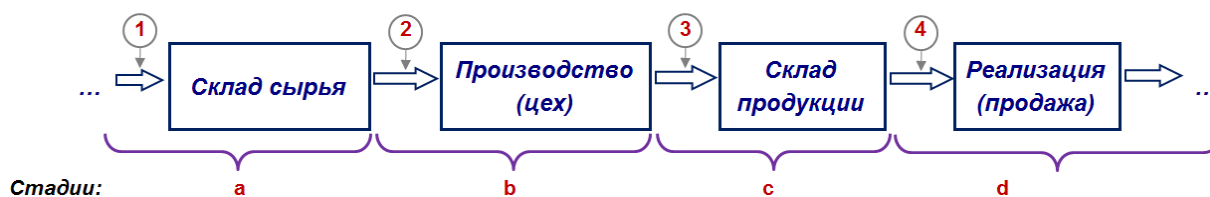


Рис. 2. Материальный поток (стадии a, b, c, d). Источник: разработано автором

Материальный поток показывает смену состояния активов и обязательств в зависимости от стадии процесса. В каждой стадии необходимо разграничивать использование терминов, применяемых к объектам учета. В материальном потоке, на входе и выходе, активы взаимодействуют с обязательствами. Во внутренней среде, в стадии хранения, активы характеризуются как «запасы сырья», в стадии производства – как «затраты» и «незавершенное производство», в стадии реализации – как «расходы» и «доходы». Необходимо отметить, что до сих пор и в законодательстве, и в большинстве публикаций понятия «затраты» и «расходы» используются как синонимы, вне зависимости от их места в хозяйственном процессе, что значительно затрудняет идентификацию операций.

Трансформация форм «деньги» – «обязательство» – «товар» в хозяйственном процессе

Перед рассмотрением финансового потока необходимо уточнить, что в экономической теории приняты три стадии кругооборота капитала – покупка товаров ($D \rightarrow T$), производство (...П...) и реализация ($T \rightarrow D$), и три функциональные формы – денежная, производительная и товарная. Из-за специфики бухгалтерского учета кругооборот капитала имеет больше стадий и соответствующих им форм стоимости. В учете появляются специфические стадии расчетов (на входе и выходе) и соответствующая стадиям расчетов форма стоимости – «обязательство».

Надо заметить, что восприятие этой группы операций довольно сложное. Причина – применение активно-пассивных счетов с переменным сальдо, наличие незавершенных сделок и особого объекта учета – «обязательство».

⁷ Для простоты восприятия в стадии производства не показаны операции по начислению услуг, амортизации, оплаты труда и страховых взносов.

Финансовый поток – цепочка связанных операций, обеспечивающих взаимодействие предприятия с контрагентами из внешней среды. Объектами учета в этих операциях являются деньги, обязательства и товары. В этот поток входят следующие стадии (см. рис. 1):

- расчеты с контрагентами на входе (рис. 3) – операция № 7 – платежи поставщикам за приобретенные ресурсы; оплата налогов, страховых взносов;
- расчеты с контрагентами на выходе (рис. 4) – операция № 6 – поступление денег от покупателей.

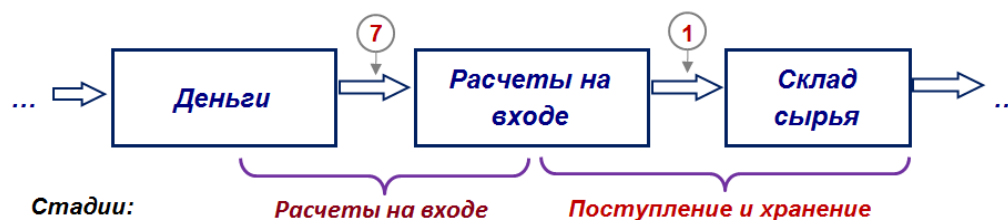


Рис. 3. Операции стадии расчетов на входе (часть финансового потока).

Источник: разработано автором



Рис. 4. Операции стадии расчетов на выходе (часть финансового потока).

Источник: разработано автором

Важно отметить, что при необходимости возврата средств по сделкам (переплаты по налогам) на входе возможны поступления денег от поставщиков, а на выходе – платежи покупателям.

В формуле движения капитала в экономическом представлении смена денежной формы на товарную записывается так:

Деньги → Товары...

В бухгалтерском учете смена форм выглядит так:

Деньги → Обязательство → Товары ...

Появление специфического объекта учета «обязательство» вызвано необходимостью отражать незаконченные сделки⁸. Обычно сделки состоят из двух частей (операций): первая – выполнение действий, вторая – оплата действий. Существование незаконченных сделок определяет временной фактор деятельности: первая часть сделки производится в отчетном периоде, а вторая часть осуществляется в следующем. Например, сделка купли-продажи состоит из двух связанных, но происходящих в разное время операций. Первая операция – получение товара. Вторая операция – оплата товара. Если обе операции произведены в разные отчетные периоды, тогда сделка становится незаконченной, и в балансе она будет отражена как обязательство (дебиторская или кредиторская задолженность). Кроме сделок купли-продажи, в состав незаконченных сделок входят сделки по получению кредитов, сделки с персоналом по оплате труда, сделки по уплате налогов, страховых взносов и т. д.

Обязательство – промежуточная форма движения стоимости между денежной и товарной. Обязательство показывает экономико-юридическое состояние незаконченных сделок между предприятием и его контрагентами.

Данное определение понятия «обязательство» соответствует экономическому представлению о движении форм стоимости в кругообороте капитала. Это определение дает возможность преодолеть упрощенное представление балансовой теории о том, что «активы» – это средства,

⁸ В соответствии со статьей 153 ГК РФ сделками признаются действия граждан и юридических лиц, направленные на установление, изменение или прекращение гражданских прав и обязанностей.

а «пассивы» – источники средств. По сути, именно актив баланса, за исключением дебиторской задолженности, отражает капитал предприятия. А пассив баланса отражает обязательства предприятия и прибыль. Важно понимать, что «уставный капитал» – это специфическое обязательство перед учредителями, а сам капитал – активы предприятия.

Рассмотрим сделку по закупке материалов. Это две связанные операции из учетной модели (рис. 1): операция № 7 (оплата товара) и операция № 1 (поступление товара).

Представленная на рис. 5 операция № 7 (Деньги→Обязательство) показывает смену форм стоимости – с «денежной» на «обязательство».

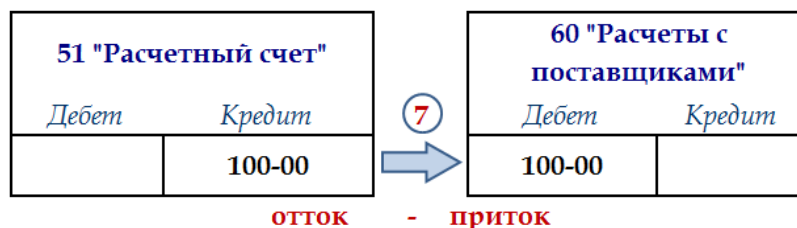


Рис. 5. Модель (схема) хозяйственной операции № 7. Источник: разработано автором

Описание операции № 7. Условное предприятие, в соответствии с заключенным договором, перечислило с расчетного счета в банке поставщику 100-00 руб. На основании документа (платежного поручения) бухгалтер сделал запись:

Дебет	60	увеличение (приток) задолженности поставщика ⁹ ;
Кредит	51	уменьшение (отток) денег с расчетного счета;
Сумма	100-00	руб.

С точки зрения разграничения характеристик объектов учета, необходимо отметить, что:

- в операции (в динамической фазе) деньги (счет 51) превратились в долг поставщика (счет 60)¹⁰;
- в результате (в статической фазе) при условии, что между нашим предприятием и контрагентом на начало операции сальдо расчетов равнялось нулю¹¹, в балансе на соответствующих статьях, будет зафиксировано состояние объектов учета – денег (остаток на счете 51) и дебиторская задолженность поставщика (остаток на 60 счете).

После выполнения следующей «парной» операции № 1 (Обязательство→Товары) товар от поставщика поступает на склад. Форма «обязательство», выполнив свою роль, будет трансформирована в форму «товар» (рис. 6).

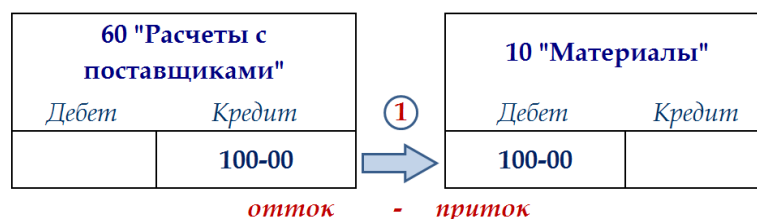


Рис. 6. Модель (схема) хозяйственной операции № 1. Источник: разработано автором

Описание операции № 1. Предприятие получило от поставщика на склад материалы на сумму 100-00 руб. На основании документа (накладная) бухгалтер сделал запись:

Дебет	10	увеличение (приток) материалов (товаров);
Кредит	60	уменьшение (отток) задолженности поставщика;
Сумма	100-00	руб.

С точки зрения разграничения характеристик объектов учета, необходимо отметить, что:

- в операции (в динамической фазе) задолженность поставщика трансформировалась в материалы (товары);

⁹ Экономическое содержание изменений объектов учета.

¹⁰ Счет 60 и все иные счета расчетов предназначены для хранения информации о незавершенных сделках с контрагентами.

¹¹ Это очень важное условие, так как в расчетах с конкретным контрагентом возможно наличие как дебиторской задолженности поставщика (+), так и наличие кредиторской задолженности нашего предприятия (-).

– в результате (в статической фазе) при условии, что между предприятием и контрагентом на начало операции имелась дебиторская задолженность поставщика = 100-00 руб., в балансе на соответствующих статьях будет зафиксировано состояние объектов учета – дебиторская задолженность поставщика, равная нулю (счет 60), и некоторое количество материалов (счет 10).

Подчеркнем, что изменение последовательности совершения связанных операций № 7 и № 1 не будет влиять на результат всей сделки. Разным будет промежуточный результат, а в итоге после полного завершения сделки состояние объектов учета будет одинаковое.

Выводы и предложения

Использование системного подхода и моделирования, исследование операций с применением динамических и статических характеристик объектов учета, позволяет:

- расширить представление об экономических явлениях;
- классифицировать место, объекты и контрагентов конкретной операции;
- ощутить динамику операции: где происходит увеличение, а где уменьшение объектов учета;
- объединить несколько операций в целостную цепочку экономических явлений (пример связи операций № 7 и № 1).
- создать мысленный образ хозяйственной операции, основанный на динамике объектов учета.

Понимание динамических и статических состояний объектов учета позволяет глубже раскрыть экономическое содержание происходящих учетных (и экономических) процессов хозяйственного оборота предприятия. В том числе становится понятнее, где происходит рост стоимости и как возникают и прекращаются обязательства предприятия или возникает задолженность контрагентов.

В статье показано, что в стадиях кругооборота объекты учета проходят смену двух состояний (две фазы). Динамическая фаза характеризуется движением объектов учета между подразделениями и соответствует хозяйственной операции. Статическая фаза – нахождением объектов учета «внутри» подразделений.

Автором рекомендуется с целью совершенствования методологии бухгалтерского учета:

- применять в исследованиях системный подход и методику моделирования учетных процессов;
- исследовать изменения объектов учета на основе анализа динамики хозяйственных операций;
- разграничивать понятия активов в стадиях снабжения, производства и реализации на статические понятия (характеризующие остатки по бухгалтерским счетам) – запасы, незавершенное производство, затраты; и динамические понятия (характеризующие обороты по бухгалтерским счетам) – стоимость, расходы, доходы;
- разграничить понятия обязательств на статические понятия (характеризующие остатки по бухгалтерским счетам) – кредиторская и дебиторская задолженность, и динамические понятия (характеризующие обороты по бухгалтерским счетам) – обязательства и задолженность.

Литература

1. Бондарев В.П. Концепции современного естествознания: учеб. пособие для студентов вузов. – М.: Альфа-М, 2003. – 464 с.: ил.
2. Санникова И.Н. Возможно ли преодолеть кризис теории бухгалтерского учета? // Бухгалтерский учет в бюджетных и некоммерческих организациях. – 2008 – № 8 – С. 9–12.
3. Кондратьев Н.Д., Яковец Ю.В., Абалкин Л.И. Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения. Избранные труды. – М.: Экономика, 2002.
4. Зонова А.В. Новое направление развития теории двойной записи // Бухгалтер и закон. – 2013 – № 3 – С. 11–13.
5. Пятов М.Л. Эволюция методов бухгалтерского учета в рамках балансовой модели // Вестник Санкт-Петербургского ун-та. – 2014. – Сер. 5 – Вып. 4. – С. 56–75.
6. Приказ Минфина России «О формах бухгалтерской отчетности организаций» от 02.07.2010 г. № 66н (ред. от 06.04.2015г.) [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

7. *Шушпанов С.А.* Бухгалтерский учет как процессная система и модель хозяйственной деятельности предприятия (продолжение следует) // *European Journal of Economics and Management Sciences*. – 2016. – № 3. – С. 9–14.
8. *Солоненко А.А.* Единая учетная система группы взаимосвязанных организаций // *Международный бухгалтерский учет*. – 2013. – № 34. С. 9–18.
9. *Гура Н.А.* Бухгалтерский учет как система и модель хозяйственной деятельности предприятий // *Международный бухгалтерский учет*. – 2012. – № 8. – С. 2–8.
10. *Пятов М.Л.* Теории баланса и их значение для практики (БУХ.1С, № 5, май 2006 г.) [Электронный ресурс] // ЭПС «Система ГАРАНТ»: ГАРАНТ-Профессионал / ООО НПП «ГАРАНТ-СЕРВИС-УНИВЕРСИТЕТ». Версия 8.00.2.025 (дата обновления: 17.12.2016).
11. *Пятов М.Л.* Статический баланс как метод исчисления прибыли (БУХ.1С, № 11, ноябрь 2012 г.) [Электронный ресурс] // ЭПС «Система ГАРАНТ»: ГАРАНТ-Профессионал / ООО НПП «ГАРАНТ-СЕРВИС-УНИВЕРСИТЕТ». Версия 8.00.2.025 (дата обновления: 17.12.2016).
12. *Предиус Н.В.* Теоретический анализ концепции статического и динамического учета // *Международный бухгалтерский учет*. – 2012. – № 15. – С. 13–25.
13. *Пятов М.Л.* Теория динамического баланса: истоки [Электронный ресурс]. – БУХ.1С, № 1, январь 2013 г.: интернет-ресурс для бухгалтеров – URL: <http://buh.ru/articles/documents/15026/> (дата обращения: 10.01.2017).
14. *Власов М.П., Шимко П.Д.* Моделирование экономических процессов. – Ростов н/Д: Феникс, 2005. – 409, [1] с.
15. *Шушпанов С.А.* О соответствии хозяйственных операций стадиям кругооборота оборотного капитала // *Вестник КамчатГТУ*. – Петропавловск-Камчатский, 2016. – Вып. 36. – С. 115.
16. *Агунович Ю.А., Шушпанов С.А.* Методика динамического имитационного моделирования – инструмент решения проблемы двойной записи // *РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция*. – 2015. – № 2. – С. 270–274.
17. *Шушпанов С.А.* Учет затрат, калькулирование и бюджетирование в производственной сфере: учеб. пособие. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2013. – 152 с.

Информация об авторе
Information about the author

Шушпанов Сергей Анатольевич – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; старший преподаватель кафедры экономики; shoosa@mail.ru

Shushpanov Sergey Anatolevich – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Senior Lecturer of Economics Chair; shoosa@mail.ru

ПРАВИЛА НАПРАВЛЕНИЯ, РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ И ОПУБЛИКОВАНИЯ РУКОПИСЕЙ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ В НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ВЕСТНИК КАМЧАТГТУ»

Журнал «Вестник КамчатГТУ» выпускается четыре раза в год и публикует результаты научных исследований по направлениям:

03.02.00 – Общая биология

05.11.00 – Приборостроение, метрология и информационно-измерительные приборы и системы

05.13.00 – Информатика, вычислительная техника и управление

05.18.00 – Технология продовольственных продуктов

08.00.00 – Экономические науки.

В рамках общих направлений предпочтение отдается следующим профилям:

– научно-информационное обеспечение развития технических систем, контроля природной среды и использования природных ресурсов;

– аквакультура и охрана водных биологических ресурсов и среды их обитания, воздействие природных и антропогенных факторов на состояние водных экосистем;

– пищевые технологии и рыбоперерабатывающая техника;

– социально-экономическое развитие регионов.

Редакция оставляет за собой право отклонять статьи, не соответствующие профилю журнала

В журнале печатаются результаты, ранее не опубликованные и не предназначенные к одновременной публикации в других изданиях.

Работа должна соответствовать указанным выше направлениям, обладать несомненной новизной, иметь теоретическую и практическую значимость. Рукописи статей должны быть подготовлены на высоком научном уровне и содержать результаты исследований по соответствующей проблематике. Материалы исследований, присланные в журнал, не должны содержать заимствований из работ, принадлежащих другим ученым. Ссылки на исследования других специалистов даются в порядке, определенном традициями научного сообщества.

Рукописи должны быть оформлены в соответствии с правилами оформления, принятыми в журнале. Журнал публикует статьи на русском языке.

Направление рукописей

Рукописи статей в электронном виде направляются в редакцию журнала по адресу: vestnik@kamchatgtu.ru. Название файла должно содержать фамилию автора статьи.

К рукописи статьи в электронном виде (скан-копии) должны быть приложены:

– анкета-заявка на опубликование. Если у статьи несколько авторов, то сведения предоставляются полностью о каждом из них, указывается автор для переписки с редакцией (Приложение 1);

– согласие автора о передаче права на публикацию рукописи и распространение в российских и международных электронных базах данных (Приложение 2);

– акт экспертизы / экспертное заключение в форме, принятой в направляющей организации;

– разрешение на опубликование материалов от организации, в которой работает автор с подписью руководителя и печатью организации (для внешних авторов).

Рецензирование рукописей

Статьи, присланные в журнал, проходят предварительное (общий допуск) и профильное (официальная рецензия) рецензирование. Вопрос об опубликовании рукописи, ее отклонении решает редакционная коллегия журнала.

Рецензентами журнала являются признанные высококвалифицированные ученые, имеющие степень доктора или кандидата наук с учетом их научной специализации в соответствующих областях науки.

Рукописи, получившие положительную оценку рецензентов, принимаются к опубликованию в журнале на заседании редколлегии журнала.

Рукописи, получившие рекомендации по доработке, отправляются авторам с замечаниями рецензентов. Доработанный вариант и письмо с ответами на замечания рецензентов необходимо прислать в редакцию в указанный срок для повторного рецензирования. Датой представления считается дата поступления в редакцию исправленной рукописи статьи.

В случае если рукопись получила отрицательную оценку рецензентов, автор получает мотивированный отказ в опубликовании.

Решение редакционной коллегии о принятии статьи к печати или ее отклонении сообщается авторам.

Оригиналы рецензий хранятся в редакции журнала в течение пяти лет.

Копии рецензий представляются в Министерство науки и образования РФ при поступлении в редакцию журнала соответствующего запроса.

Опубликование рукописей

Каждый номер научного журнала комплектуется из рукописей статей, прошедших рецензирование и принятых к опубликованию решением редакционной коллегии с учетом очередности поступления рукописи, ее объема и наполненности разделов.

Преимущественное право на публикацию имеют сотрудники КамчатГТУ, аспиранты, завершающие обучение в аспирантуре, и лица, выходящие на защиту диссертации в ближайшее время.

Автор может опубликовать в одном номере журнала не более одной статьи в качестве единственного автора.

Плата за публикации рукописей не взимается. Гонорар за публикации не выплачивается.

Полнотекстовые электронные версии выпусков журналов размещаются на сайте КамчатГТУ (<http://www.kamchatgtu.ru>), в Научной электронной библиотеке (НЭБ) (<http://elibrary.ru>).

Печатная версия журнала высылается по всем обязательным адресам рассылки.

Аннотации всех публикуемых материалов, ключевые слова, информация об авторах размещаются в свободном доступе на сайте журнала, в электронных системах цитирования (базах данных) на русском и английском языках.

Приложение 1

Анкета-заявка

Полные Ф.И.О.	На русском и английском языках
Название статьи	На русском и английском языках
Ученая степень	На русском и английском языках
Ученое звание	На русском и английском языках
Должность (с указанием структурного подразделения)	На русском и английском языках
Место работы	На русском и английском языках
Адрес места работы (обязательно указать индекс)	На русском и английском языках
Членство в академиях (РАЕН, РАН, МАНЭБ, Военная и др.)	На русском и английском языках
Номера телефонов (мобильный, служебный, домашний)	
Адрес электронной почты (e-mail)	

Приложение 2

Согласие автора

о передаче права на публикацию рукописи в научном журнале
«Вестник Камчатского государственного технического университета»
и распространение в российских и международных электронных базах данных

Я, нижеподписавшийся, _____
(Ф., И., О. автора)
автор рукописи _____

(название рукописи)

передаю на безвозмездной основе редакции научного журнала «Вестник Камчатского государственного технического университета» неисключительное право на опубликование этой рукописи статьи (далее – Произведение) в печатной и электронной версиях научного журнала «Вестник Камчатского государственного технического университета», а также на распространение Произведения путем размещения его электронной копии в базе данных «Научная электронная библиотека» («НЭБ»), представленной в виде информационного ресурса сети Интернет elibrary.ru. Территория, на которой допускается использование вышеуказанных прав на Произведение, не ограничена.

Я подтверждаю, что указанное Произведение нигде ранее не было опубликовано.

Я подтверждаю, что данная публикация не нарушает авторские права других лиц или организаций.

С правилами представления статей в редакцию научного журнала «Вестник Камчатского государственного технического университета» согласен / согласна.

наименование организации	должность	дата	подпись	расшифровка подписи
-----------------------------	-----------	------	---------	------------------------

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РУКОПИСЕЙ СТАТЕЙ

Объем

Объем рукописи статьи не менее 5 страниц в печатном формате журнала и не более 24 страниц, включая рисунки, таблицы, формулы, список литературы, информацию об авторах.

Рекомендуемая структура

Статья должна быть структурирована в соответствии с основными исследовательскими позициями (цель, методы, результаты исследования, выводы, список литературы). Структура статьи может незначительно варьироваться с учетом специфики содержания статей по конкретному направлению. В статьях технической, технологической и биологической направленности рекомендовано озаглавливать структурные разделы.

Правила набора

Текстовый редактор Microsoft Word, шрифт Times New Roman, размер шрифта 11, абзацный отступ – 0,7 см; междустрочный интервал – 1,0. Поля: верхнее – 23 мм, нижнее – 22 мм, правое – 20 мм, левое – 28 мм.

НАЧАЛО СТАТЬИ

Через один межстрочный интервал последовательно приводятся следующие сведения:

- индекс универсальной десятичной классификации (УДК), выровненный влево (шрифт 11);
на русском языке указываются инициалы, фамилии авторов последовательно с выравниванием по центру (полужирными буквами, шрифт 11);
- название статьи прописными (заглавными) полужирными буквами, без переносов, выровненное по центру (шрифт 11);
- текст краткой аннотации (≈150 слов), выровненный по ширине полосы (шрифт 10); **аннотация** должна содержать краткое изложение проблемы, указание на технологию или методы исследования, результаты исследования с акцентом на их новизну;
- ключевые слова (не более 10 слов) на русском языке, выровненные по ширине полосы (шрифт 10);
на английском языке указываются инициалы, фамилии авторов последовательно с выравниванием по центру (полужирными буквами, шрифт 11);
- название статьи прописными (заглавными) полужирными буквами, без переносов, выровненное по центру (шрифт 11);
- текст краткой аннотации (≈150 слов), выровненный по ширине полосы (шрифт 10);
- ключевые слова (не более 10 слов), выровненные по ширине полосы (шрифт 10).

Образец оформления начала статьи

УДК 519.6:550.38

О.В. Мандрикова, И.С. Соловьёв

МЕТОД ВЫДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРНОЙ СУТОЧНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ И ЛОКАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ В ГЕОМАГНИТНОМ СИГНАЛЕ

Предложенный в работе метод, основанный на конструкции вейвлет-пакетов, позволяет в автоматическом режиме выделить в геомагнитном сигнале характерную составляющую и разномасштабные локальные особенности, формирующиеся в периоды магнитных бурь. Локальные особенности несут информацию об интенсивности и характере развития магнитной бури, и их динамический анализ дает возможность проследить изменения энергетических параметров поля и фиксировать момент предстоящей бури. Выделенная характерная суточная составляющая геомагнитного сигнала описывает вариации поля в спокойные периоды времени и их существенное изменение в периоды возрастания геомагнитной активности. Апробация метода выполнена на модельных сигналах и данных магнитного поля Земли, полученных на обсерватории «Паратунка» (с. Паратунка, Камчатский край).

Ключевые слова: вейвлет-преобразование, магнитные бури, геомагнитные данные.

CHARACTERISTIC DIURNAL CONSTITUENT AND LOCAL FEATURES IN GEOMAGNETIC SIGNAL EXTRACTION METHOD

The article proposes a new wavelet-based method, which allows to distinguish characteristic constituent and local features during magnetic storms in geomagnetic signal in an automatic mode. The local features carry substantial information about the intensity and the dynamic of the development of the geomagnetic perturbations; it allows us to detect sudden commencement because it could be an indicator of onset of the geomagnetic storm. The distinguished characteristic diurnal constituent of the geomagnetic signal describes the field variations in quiet time and its essential changes in periods of increasing geomagnetic activity. The method has been successfully tested on the model signals and the Earth's magnetic field data obtained at the observatory «Paratunka» (village Paratunka, Kamchatka region, Far East of Russia).

Key words: wavelet transform, magnetic storm, geomagnetic data.

ТЕКСТ СТАТЬИ

Основной размер шрифта текста статьи – 11. Таблицы, подрисуночные подписи – 9.

Рисунки. Все рисунки, кроме единственного, нумеруются, и на них делаются ссылки в тексте. Рисунки небольшого формата могут быть сверстаны в виде «форточек» (т. е. обтекаемые текстом). При этом расстояние между текстом и контуром рисунка должно быть равно 0,9 см. Рисунки, вставленные в текст, должны правиться средствами Microsoft Word, быть четкими, обозначения и надписи читаемыми. Номер рисунка и подпись к нему печатаются ниже 9 кеглем и выносятся отдельно от рисунка для возможности редактирования.

Образец оформления рисунков

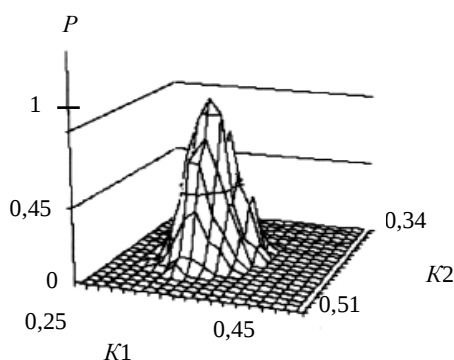


Рис. 3. Функция $P(K1, K2)$ вероятности работоспособности трехфазового мостового выпрямителя

Очевидно, что вид функции $p(K1, K2)$ зависит от топологии элементов объекта диагностирования и их свойств. Если вероятности возникновения кратных дефектов невелики, функция $p(K1, K2)$ близка к константе на всей области (рис. 3), если велика вероятность возникновения кратных дефектов, вид функции $p(K1, K2)$ зависит от топологии соединения элементов объекта диагностирования. Для определения области работоспособности в пространстве $K1, K2$ в каждой его точке необходимо вычислить значение P – вероятности нахождения объекта в работоспособном состоянии, вычислив отношение значения функции $p(K1, K2)$ к сумме значений $p(K1, K2)$ и $p_n(K1, K2)$.

Определив таким образом функцию $P(K1, K2)$ и задавшись требуемым пороговым значением величины вероятности (например, $P > 0,95$), получим область работоспособности объекта в пространстве выделенных параметров $K1, K2$. Аналитическое решение рассматриваемой задачи не найдено, так как нахождение функций $p(K1, K2)$ и $p_n(K1, K2)$ в общем случае затруднено из-за высокой размерности системы уравнений, определяющих $K1$ и $K2$ как функции u_j .

Формулы. Математические, физические и химические формулы следует набирать в редакторе Microsoft Equation Editor. Все формулы, на которые есть ссылки в тексте, нумеруются, и ссылки на них приводятся в круглых скобках. Формулы выносятся отдельной строкой. Номер формулы вводится в круглые скобки и выравнивается вправо.

Образец оформления формул

Полученные из опыта значения коэффициентов передач по каждому из каналов $K1(y_j)$ и $K2(y_j)$ соответственно удовлетворяют неравенствам:

$$\begin{aligned} -1 \leq K1(y_j) \leq 1, \\ -1 \leq K2(y_j) \leq 1. \end{aligned} \quad (8)$$

Учитывая более жесткие ограничения (1), получим систему неравенств:

$$\begin{aligned} K1(y_j \min) \leq K1(y_j) \leq K1(y_j \max), \\ K1(y_j \min) \leq K1(y_j) \leq K1(y_j \max). \end{aligned} \quad (9)$$

При построении семейства характеристик $K1_j = f(K2_j)$ учет неравенств (9) приведет к ограничению изоварных кривых с обеих сторон и выделению отрезков кривых, пересекающихся в исходной рабочей точке, соответствующей номинальным значениям $y_j^H(x)$.

Таблицы. Все таблицы, кроме единственной, нумеруются. Текст таблиц набираются курсивом, 9 кеглем, через 1,0 интервал. Таблицу, в зависимости от ее размера, помещают под текстом, в котором впервые дана ссылка на нее, или на следующей странице. Допускается помещать таблицу вдоль длинной стороны листа. При делении таблицы на части допускается заменять ее головку или боковик соответственно номером граф и строк. При этом нумеруют арабскими цифрами графы и строки первой части таблицы. Слово «Таблица» указывают один раз над первой частью таблицы курсивом, над другими частями пишут слова «Продолжение табл.» или «Окончание табл.» с указанием номера таблицы.

Образец оформления таблиц

В исходной флоре Авачинской губы, включающей 165 видов, преобладали массовые и поясообразующие (табл. 1).

Таблица 1

Соотношение массовых, часто, редко и единично встречающихся видов
во флоре Авачинской губы в различные периоды

Группы видов	1970 г.		1991 г.		1999 г.	
	Количество видов	%	Количество видов	%	Количество видов	%
Массовые	54	32,7	35	22,15	24	23,3
Частые	46	27,9	36	22,8	6	5,8
Редкие	38	23,0	35	22,15	33	32,1
Единичные	27	16,4	52	32,9	40	38,8
Всего	165	100	158	100	103	100

За двадцатилетний период сильного загрязнения (1970–1991 гг.) видовой состав сократился незначительно.

Ссылки. Все ссылки на используемые источники нумеруются. Номера ссылок в тексте должны идти по порядку и быть заключены в квадратные скобки. Примеры: [1–7] или [1, с. 20] – при ссылке на конкретный фрагмент документа или при использовании прямой цитаты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Список используемых источников приводится под заголовком **Литература** в конце текста статьи и составляется в порядке упоминания источника в статье. Оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка».

Книга одного, двух, трех авторов:

Гришаева Л.И., Цурикова Л.В. Введение в теорию межкультурной коммуникации: учеб. пособие для вузов. 3-е изд. – М.: Academia, 2006. – 123 с. (Высшее профессиональное образование. Языкознание).

Книга, имеющая более трех авторов:

Методы анализа и обработки сложных геофизических сигналов: моногр. / О.В. Мандрикова, В.В. Геппенер, Д.М. Клионский, А.В. Экало. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2010. – 258 с.

Сборники трудов:

Россия и мир: гуманитар. проблемы: межвуз. сб. науч. тр. / С.-Петерб. гос. ун-т вод. коммуникаций. – 2004. – Вып. 8. – С. 145.

Археология: история и перспективы: сб. ст. Первой межрегион. конф., Ярославль, 2003. – 350 с.

Материалы конференций:

Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: материалы III Всерос. науч.-техн. конф. (20–22 марта 2012 г.). – Петропавловск-Камчатский, 2012. – 230 с.

Статьи из журналов, сборников, материалов конференций:

Ефимова Т.Н., Кусакин А.В. Охрана и рациональное использование болот в Республике Марий Эл // Проблемы региональной экологии. – 2007. – № 1. – С. 80–86.

Бугаев В.Ф. Многовидовой промысел лососей бассейна р. Камчатка // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: материалы V науч. конф. (22–24 ноября 2004 г.) – Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2004. – С. 168–172.

Авторефераты, диссертации:

Горова О.Ю. Экологические особенности гольцов рода *Salvelinus* (*Salmoniformes: Salmonidae*) Камчатки: анализ фауны и сообществ паразитов: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Владивосток, 2008. – 25 с.

Фенухин В.И. Этнополитические конфликты в современной России: на примере Северо-Кавказского региона: дис. ... канд. полит. наук. – М., 2002. – С. 54–55.

Аналитические обзоры:

Экономика и политика России и государств ближнего зарубежья: аналит. обзор, апр. 2007 / Рос. акад. наук, Ин-т мировой экономики и междунар. отношений. – М.: ИМЭМО, 2007. – 39 с.

Официальные документы:

О противодействии терроризму: федер. закон Рос. Федерации от 6 марта 2006 г. № 35-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 26 февр. 2006 г.: одобр. Советом Федерации Федер. Собр. Рос. Федерации 1 марта 2006 г. // Рос. газ. – 2006. – 10 марта.

Патенты:

Приемопередающее устройство: пат. 2187888 Рос. Федерация. № 2000131736/09; заявл. 18.12.00; опубл. 20.08.02, Бюл. № 23 (II ч.). – 3 с.

Архивные документы:

Гребенчиков Я.П. К небольшому курсу по библиографии: материалы и заметки, 26 февр. – 10 марта 1924 г. // ОР РНБ. – Ф. 41. – Ед. хр. 45. – Л. 1–10.

Электронные ресурсы:

О введении надбавок за сложность, напряженность и высокое качество работы [Электронный ресурс]: указание М-ва соц. защиты Рос. Федерации от 14 июля 1992 г. № 1-49-У. Документ опубликован не был. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

Жилищное право: актуальные вопросы законодательства: электрон. журн. – 2007. – № 1. – URL: <http://www.gilpravo.ru> (дата обращения: 20.08.2007).

Паринов С.И., Ляпунов В.М., Пузырев Р.Л. Система Соционет как платформа для разработки научных информационных ресурсов и онлайн-сервисов // Электрон. б-ки. – 2003. – Т. 6, вып. 1. – URL: <http://www.elbib.ru/index.phtml?page=elbib/rus/journal/2003/part1/PLP/> (дата обращения: 25.11.2006).

Авилова Л.И. Развитие металлопроизводства в эпоху раннего металла (энеолит – поздний бронзовый век) [Электронный ресурс]: состояние проблемы и перспективы исследований // Вести. РФФИ. – 1997. – № 2. – URL: <http://www.rfbr.ru/pics/22394ref/file.pdf> (дата обращения: 19.09.2007).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Информация обо всех авторах статьи приводится последовательно на русском и английском языках по схеме: фамилия, имя, отчество автора; название организации, индекс, страна, город; степень, звание, должность; электронный адрес (шрифт 10) и размещается в конце статьи.

Образец оформления информации об авторах

Информация об авторах Information about authors

Белавина Ольга Александровна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; специалист по научно-технической информации отдела науки и инноваций; oni@kamchatgtu.ru

Belavina Olga Aleksandrovna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Specialist in Technical and Scientific Information of Science and Innovation Department; oni@kamchatgtu.ru

Токарева Галина Альбертовна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; доктор филологических наук; доцент; профессор кафедры истории и философии; 683002, Россия, Петропавловск-Камчатский; Петропавловск-Камчатский филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ; профессор кафедры экономических и социально-гуманитарных наук; tga41@yandex.ru

Tokareva Galina Albertovna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Philological Sciences; Associate Professor; Professor of History and Philosophy Chair; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Petropavlovsk-Kamchatsky Branch of Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration; Professor of Economic, Social and Human Sciences Chair; tga41@yandex.ru

**АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В ЖУРНАЛЕ
«ВЕСТНИК КАМЧАТГТУ» в 2016 ГОДУ (№ 35–38)**

Алешков А.В., Каленик Т.К., Моткина Е.В.	36	28–38
Инновации в пищевой индустрии: системное обобщение.....		
Афанасьева К.М., Луенко Н.К.	36	39–43
Характеристика рыбных продуктов с ветчинной структурой.....		
Белавина О.А., Швецов В.А., Адельшина Н.В., Пахомова В.В., Пахомов В.А., Шунькин Д.В.	35	6–10
Исследование зависимости продолжительности операции сушки геологических проб кварцевых золотосодержащих руд от толщины слоя материала пробы		
Белавина О.А., Швецов В.А.	36	6–11
Исследование операции перемешивания групповых проб золотосодержащих руд способом просеивания.....		
Белавина О.А., Шунькин Д.В., Швецов В.А.	37	6–9
Обоснование выбора материала кювет для сушки проб золотосодержащих руд с помощью СВЧ-излучения.....		
Белов О.А., Дороганов А.Б.	37	10–13
Проблемы методологии контроля электрохимической защиты стальных корпусов кораблей и судов.....		
Белов О.А., Парфенкин А.И.	35	11–14
Обзор основных факторов снижения безопасности сложных технических систем		
Белозёров П.А., Швецов В.А., Петренко О.Е., Коростылёв Д.В., Белавина О.В., Кириносенко В.В.	36	12–18
Обоснование выбора переносного милливольтметра для измерения защитного потенциала стальных корпусов кораблей и судов.....		
Бильчинская С.Г., Сюльжин И.Н., Чернявский Ю.А., Шабинская Е.В.	38	90–99
Регрессионный двухкомпонентный анализ инфляционной составляющей в системных показателях экономической деятельности регионов.....		
Благонравова М.В.	36	44–50
Исследование влияния ЭДТА динатриевой соли на качество и сроки годности палтуса холодного копчения.....		
Благонравова М.В., Грицаенко Л.Д.	37	25–30
Разработка рецептуры вяленой рыбы с растительными добавками.....		
Васяйчева В.А.	37	97–103
Разработка автоматизированной системы принятия управленческого решения как элемент инновационного проектирования.....		
Гаврилов С.В.	35	91–97
Преобразование управления «Камчатрыбфлот» из транспортного в производственное (1972–1974 гг.).....		
Горбачева Е.А.	37	31–38
Оценка качества донных отложений Мотовского залива Баренцева моря методом биотестирования.....		
Гришин А.С., Помоз А.С., Бредихина О.В., Парошин А.А.	36	51–56
Сравнительная оценка рецептов консервов из икры и молок сома различного состава путем решения стандартной оптимизационной задачи.....		
Демидова Н.П., Марченко А.А., Онищенко О.А.	35	15–20
Оценка совместимости судовых тяжелых топлив.....		
Долгая А.А., Викулин А.В., Герус А.И.	38	6–15
Исследование закономерностей геодинамической активности методами мате- матического моделирования.....		
Дуленин А.А.	37	39–49
Оценка промысловых ресурсов и возможностей эксплуатации водорослевого пояса у материкового побережья Охотского моря в пределах Хабаровского края		
Дьяков М.Ю.	37	104–110
Об учете экстерналий при экономической оценке природного капитала региона		

Жижикина Е.А., Мандрикова О.В., Хомутов С.Ю.	35	21–26
Алгоритм выделения техногенных помех в геомагнитных данных.....		
Казанцева С.М., Шеломенцев В.В.	36	97–100
Проблемы развития регионального бизнеса		
Касперович Е.В., Швецов В.А., Петренко О.Е., Арчибисов Д.А., Лякишев М.С.	36	63–73
Корреляционные зависимости содержания загрязняющих веществ в донных отложениях на примере Авачинской губы.....		
Ковалев Н.Н., Ким Г.Н., Михеев Е.В., Позднякова Ю.М., Есипенко Р.В.	38	74–80
Изучение сезонной динамики технотехимического состава и активности ферментов гребешка приморского.....		
Ким Э.Н.	38	23–28
Технология приготовления мороженого краба с использованием ультразвуковой обработки.....		
Климова А.В., Кашутин А.Н.	37	50–56
Раннее развитие камчатских представителей <i>Fucus evanescens</i> (Phaeophyceae, Fucales) в условиях лабораторного культивирования.....		
Климова А.В., Клочкова Т.А., Клочкова Н.Г.	38	51–62
О типовых образцах видов рода <i>Alaria</i> Greville камчатской альгофлоры.....		
Клочкова Т.А.	37	57–69
Обзор явления клептопластии у морских заднежаберных моллюсков.....		
Клочкова Т.А., Ким Г.Х.	38	63–73
Старение и патогистологические изменения клеток у представителей рода морских заднежаберных моллюсков <i>Elysia</i> Risso, 1818.....		
Клочкова Н.Г., Климова А.В., Очеретяна С.О., Кусиди А.Э., Касперович Е.В.	35	53–64
Воздействие антропогенного загрязнения на состояние макробентоса в бухте Раковая (Авачинская губа, юго-восточная Камчатка).....		
Костенко А.А., Ким И.Н.	38	29–35
Практическое применение технологии приготовления сыра тофу с добавлением полинуклеотидного комплекса из молок лососевых.....		
Литвиненко А.В., Попова Д.С.	38	81–89
Эффективность работы некоторых рыбоводных заводов Сахалина по результатам массового маркирования тихоокеанских лососей.....		
Лопатина Н.А., Клочкова Н.Г.	36	74–78
Род <i>Lukinia</i> (Rhodophyta: Gigartinales) в морях российского Дальнего Востока		
Марченко А.А., Труднев С.Ю.	38	16–22
Экспериментальные исследования процесса искусственного нагружения судовых асинхронных электродвигателей.....		
Матузова И.В.	36	101–107
Принципы анализа предпринимательской активности.....		
Михайлова Е.Г.	35	98–109
Виды эффективности рыбной отрасли.....		
Михайлова Е.Г., Дьяков М.Ю.	38	100–108
Оценка эффективности ресурсосбережения в рыбной отрасли на основе имитационного моделирования.....		
Моисеева Е.А., Шепелева Л.Ф., Кравченко И.В.	37	70–76
Динамика содержания пигментов фотосинтеза в листьях галеги восточной (<i>Galega orientalis</i> Lam.) в условиях средней тайги Западной Сибири.....		
Нугманов А.Х.-Х., Алексанян И.Ю.	36	57–62
Феноменологическая модель процесса переноса пищевых калорий в продуктах питания.....		
Петренко В.А., Павлова М.В.	35	110–112
Денежно-кредитная политика государства в годы Великой Отечественной войны		
Пивненко Т.Н., Ковалев Н.Н., Ким Г.Н., Позднякова Ю.М., Перцева А.Д.	38	36–43
Обоснование технологии получения биологически активных добавок из голо- турий с применением ультразвуковой обработки.....		

Потапов В.В., Бровкин А.Е. Исследование эффективности применения мембранных фильтров для очистки природных вод от водозаборных сооружений ГУП «Петропавловский водоканал»	35	27–39
Попова С.А. Реализация инвестиционной стратегии рыбохозяйственного комплекса Камчатского края.....	35	113–120
Пюкке Г.А. Формула Эйлера над телом кватернионов.....	36	19–27
Рогов А.М., Кадникова И.А., Аминина Н.М. Влияние ферментной обработки сахарины японской на ее химический состав	38	44–50
Салтанова Н.С., Ткачёв В.В. Влияние рыбного бульона на технологические характеристики пельменного теста.....	35	47–52
Сахабиева Г.А. О скоринговом методе оценки кредитоспособности клиентов.....	38	109–115
Седова Н.А., Мурашева М.Ю., Григорьев С.С. Характеристика многочисленных видов мизид (Crustacea, Mysidacea) из прикамчатских и смежных вод.....	35	65–73
Седова Н.А., Мурашева М.Ю., Григорьев С.С. Характеристика некоторых малочисленных и редко встречаемых видов мизид (Crustacea, Mysidacea) из прикамчатских и смежных вод.....	36	79–87
Седова Н.А., Григорьев С.С. Ключ для идентификации семейств и стадий развития личинок креветок (Decapoda, Caridea) из прикамчатских и сопредельных вод.....	37	77–84
Степанов В.Г., Панина Е.Г. Видовой состав голотурий дальневосточных морей России, VII: семейство Cuscumariidae (Echinodermata: Holothuroidea: Dendrochirotida).....	35	74–90
Степанов В.Г., Панина Е.Г., Шапорев Р.А. Видовой состав голотурий дальневосточных морей России, VIII: объем таксонов, общий характер распределения.....	36	88–96
Степанов В.Г., Федотов П.А., Панина Е.Г. Видовой состав голотурий (Echinodermata: Holothuroidea) российской части Берингова моря.....	37	85–96
Токарева Г.А. Повышение конкурентоспособности ведущих российских вузов как стратегия государства в сфере развития инноваций.....	37	111–118
Сивоконь В.П., Калугин И.А., Кобылкин В.С., Попов А.В. Поляризационный фактор декаметрового рассеяния на магнитоориентированных неоднородностях ионосферы.....	37	14–18
Швецов В.А., Белозёров П.А., Белавина О.А., Шунькин Д.В., Малиновский С.А. Обоснование выбора необходимого числа параллельных измерений защитного потенциала стальных корпусов кораблей и судов в контрольной точке.....	35	40–46
Швецов В.А., Белов О.А., Белозёров П.А., Белавина О.А., Кириносенко В.В. Обоснование необходимости подготовки операторов для измерения потенциала стальных корпусов судов и кораблей.....	37	19–24
Шилова Н.Н., Киселица Е.П., Люфт С.А. Оценка влияния промышленного кластера на экономику региона.....	36	108–114
Шуликов А.О. Экономико-политические факторы влияния на процесс консолидации властных элит в новейшей истории России.....	38	116–125
Шушпанов С.А. О соответствии хозяйственных операций стадиям кругооборота оборотного капитала.....	36	115–122

Учредитель:
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Камчатский государственный технический университет»

Управление Федеральной службы по надзору в сфере связи, информационных технологий
и массовых коммуникаций по Камчатскому краю
Свидетельство о регистрации средства массовой информации
ПИ № ТУ41-00292 от 06 декабря 2016 года

Главный редактор Н.Г. Ключкова
Научный редактор Г.А. Токарева

Редактор О.В. Ольхина
Технический редактор О.А. Лыгина
Верстка, оригинал-макет О.А. Лыгина

Адрес редакции, издателя, типографии:

683003, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Ключевская, 35
Тел. (4152) 300–953. Факс (4152) 42-05-01
E-mail: kamchatgtu@kamchatgtu.ru
www.kamchatgtu.ru

Дата выхода в свет 30.03.2017 г.
Формат 60*84/8. Печать цифровая. Гарнитура Times New Roman
Авт. 13,71 л. Уч.-изд. 14,07 л. Усл. печ. 14,88 л.
Тираж 500 экз. Заказ № 7

Подписной индекс в каталоге «Пресса России» 81288

Цена свободная

Отпечатано участком оперативной полиграфии издательства
ФГБОУ ВО «Камчатский государственный технический университет»