

ISSN 2222-4661



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ  
Дальневосточный государственный технический  
рыбохозяйственный университет  
The Far Eastern State Technical Fisheries University

# НАУЧНЫЕ ТРУДЫ ДАЛРЫБВТУЗА

Scientific Journal of DALRYBVTUZ Vol. 46

Том

46

3 - 2018



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ  
Дальневосточный государственный технический  
рыбохозяйственный университет  
The Far Eastern State Technical Fisheries University

# НАУЧНЫЕ ТРУДЫ ДАЛЬРЫБВТУЗА

**Scientific Journal of DALRYBVTUZ Vol. 46**

Том

**46**

Адрес редакции:  
Россия, 690091, Владивосток,  
ул. Светланская, 27  
телефон: (423) 226-65-01  
e-mail: [nauch-tr@dgtru.ru](mailto:nauch-tr@dgtru.ru)  
сайт: <http://nauch-tr.dgtru.ru>

**3 · 2018**

## Научные труды Дальрыбвтуза. 2018. № 3 (т. 46)

Научный журнал

Издается с 1996 г.

Выходит 4 раза в год

---

Учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет» Адрес: Россия, 690087, Владивосток, ул. Луговая, 52б; e-mail: nauch-tr@dgtru.ru

**Главный редактор** – Н.Н. Ковалев, доктор биологических наук

**Научный редактор** – В.Д. Богданов, доктор технических наук, профессор

**Ответственный секретарь** – Т.В. Ломакина, начальник редакционно-издательского отдела

### **Редакционная коллегия:**

Т.Е. Буторина, доктор биологических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз»;

Нгуен Ву Тхань, профессор, доктор наук, Департамент нематодологии Института экологии и биологических ресурсов Вьетнамской академии наук и технологий (ВАНТ);

Г.С. Гаврилова, доктор биологических наук, главный научный сотрудник ФГБНУ «ТИНРО-Центр»;

О.А. Иванов, доктор биологических наук, зав. лабораторией прикладной биоценологии ФГБНУ «ТИНРО-Центр»;

Чан Яцин, профессор, доктор наук, директор колледжа рыболовства и биологических наук Даляньского океанологического университета;

А.Н. Соболенко, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»;

Б.И. Руднев, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз»;

Г.П. Кича, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»;

Э.Н. Ким, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз»;

В.А. Гроховский, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Мурманский ГТУ»;

С.А. Бредихин, доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»;

Ли Вэй, кандидат биологических наук, профессор, Даляньский океанологический университет;

П.Н. Стародубцев, доктор технических наук, профессор, ТОВВМУ им. С.О. Макарова;

А.М. Попов, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности»;

С.Д. Руднев, доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности»;

С.Н. Максимова, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз»;

М.М. Розенштейн, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Калининградский ГТУ».

## СОДЕРЖАНИЕ

---

---

<b>ИХТИОЛОГИЯ. ЭКОЛОГИЯ</b> .....	5
<i>Бугранова О.С., Цупикова Н.А., Костыря Ю.С.</i> Оценка состояния экосистем малых рек Самбийского полуострова летом 2018 г. ....	5
<i>Казаченко В.Н.</i> Регистрация паразитических копепод (Crustacea: Copepoda) на новых хозяевах .....	14
<b>ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО, АКУСТИКА</b> .....	25
<i>Балабаев С.М., Ивина Н.Ф.</i> Модифицированный метод конечных и граничных элементов для анализа гидроакустических пьезопреобразователей.....	25
<b>СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ, УСТРОЙСТВА И СИСТЕМЫ, ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА СУДОВОЖДЕНИЯ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ СУДОВ</b> .....	33
<i>Руднев Б.И., Повалихина О.В.</i> Метод осадительной поверхности и устройство для отбора частиц сажи из камеры сгорания судового дизеля.....	33
<b>ТЕХНОЛОГИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ</b> .....	42
<i>Богданов В.Д., Симдянкин А.А., Назаренко А.В.</i> Исследование влияния содержания воды в тканях промысловых гидробионтов на их криоскопическую тем- пературу и скорость замораживания.....	42
<i>Глебова Е.В., Лыгина Е.И., Лаптева Е.П.</i> Разработка модели информационного обеспечения процесса транспортировки экспортируемых из России рыбных продуктов .....	49
<i>Давидович В.В., Клочкова И.С.</i> Обогащение хлебобулочных изделий пищевыми волокнами зостеры.....	58
<i>Клочкова И.С., Давидович В.В.</i> Технология хлебобулочных изделий с использованием белоксодержащего растительного сырья .....	62

## CONTENTS

---

---

<b>ICHTHYOLOGY. ECOLOGY</b> .....	5
<i>Bugranova O.S., Tsupikova N.A., Kostyrya Y.S.</i> Estimation of the condition of small rivers ecosystems on Sambian peninsula in summer 2018 .....	5
<i>Kazachenko V.N.</i> Registration of parasitic copepods (Crustacea: Copepoda) on new hosts.....	14
<b>INDUSTRIAL FISHERIES. ACOUSTICS</b> .....	25
<i>Balabaev S.M., Ivina N.F.</i> Modified finite element-boundary element method for analysis of hydroacoustic transducers.....	25
<b>SHIP POWER PLANTS, EQUIPMENT AND SYSTEMS, SHIP NAVIGATION FACILITIES, SHIP ELECTRICAL FACILITIES</b> .....	33
<i>Rudnev B.I., Povalikhina O.V.</i> Method precipitately of surface and device for selection particles of soot from marine diesel combustion chamber .....	33
<b>TECHNOLOGY AND QUALITY CONTROL OF FOOD PRODUCTS</b> .....	42
<i>Bogdanov V.D., Simdiankin A.A., Nazarenko A.V.</i> Investigation of the influence of water content in tissues of fishing hydrobionts on their cryoscopic temperature and freezing rate.....	42
<i>Glebova E.V., Lygina E.I., Lapteva E.P.</i> Development of model information ensure the process of transportation exported from Russia fish products .....	49
<i>Davidovich V.V., Klochkova I.S.</i> Enrichment of bakery products with food fiber zoster.....	58
<i>Klochkova I.S., Davidovich V.V.</i> Technology of bakery products with use of raw material containing protein .....	62

---

---

# ИХТИОЛОГИЯ. ЭКОЛОГИЯ

---

---

УДК 504.453:574.5

**О.С. Бугранова, Н.А. Цупикова, Ю.С. Костыря**  
Калининградский государственный технический университет,  
236022, г. Калининград, Советский проспект, 1

## **ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМ МАЛЫХ РЕК САМБИЙСКОГО ПОЛУОСТРОВА ЛЕТОМ 2018 г.**

*Малые реки имеют большое хозяйственное и рекреационное значение и особенно сильно восприимчивы к внешним воздействиям. В настоящее время малые реки Калининградской области испытывают высокую антропогенную нагрузку, что делает необходимым проводить мониторинг данных объектов и контроль качества их вод. Цель работы заключается в оценке экологического состояния трех малых рек Самбийского полуострова (Медвежья, Алейка и Забава) на основании результатов качественного и количественного развития фитопланктона и анализа гидрохимических показателей летом 2018 г. Оценка состояния речных экосистем показала, что под влиянием антропогенных воздействий их экологическое состояние сохраняется относительно удовлетворительным: наблюдаются признаки эвтрофирования, для отдельных участков русел рек характерно зарастание, например, на р. Забаве отмечено «цветение» воды от умеренного до интенсивного.*

**Ключевые слова:** малые реки, Самбийский полуостров, фитопланктон, доминирующие виды, растворенный кислород, биогены, сапробность, экологическое состояние.

## **O.S. Bugranova, N.A. Tsupikova, Y.S. Kostyrya** **ESTIMATION OF THE CONDITION OF SMALL RIVERS ECOSYSTEMS ON SAMBIAN PENINSULA IN SUMMER 2018**

*Small rivers are of great economic and recreational importance and are particularly vulnerable to external impacts. At present, small rivers in the Kaliningrad region are experiencing a high anthropogenic load, which makes it necessary to monitor these objects and control the quality of their waters. The aim of the work is to assess the environment condition of three small rivers on Sambian Peninsula (Medvezhya, Aleika and Zabava) based on the results of qualitative and quantitative development of phytoplankton and analysis of hydrochemical indicators in summer 2018. Assessment of status of river ecosystems showed that under the influence of anthropogenic impacts, their environment condition remains relatively satisfactory: there are signs of eutrophication, overgrowth is typical for some sections of river channels, for example, moderate to intensive water bloom was observed on the Zabava river.*

**Key words:** small rivers, Sambian Peninsula, phytoplankton, dominant species, dissolved oxygen, nutrients, saprobity, environment condition.

### **Введение**

Малые реки, являясь основным элементом русловой сети водосборных территорий, формируют во многом экологическое состояние в бассейнах средних и крупных водотоков. Следовательно, состояние рек может отражать экологическую ситуацию на большой водосборной площади. Для гидрологических условий малых рек характерна значительная изменчивость, в них снижается возможность самоочищения, такие водотоки требуют досконально подробного изучения.

Густая речная система Калининградской области более чем на 96 % состоит из малых (длиной от 26 до 100 км), самых малых (10–25 км) и мельчайших (менее 10 км) рек.

Бассейны исследованных водотоков расположены на Самбийском полуострове. Данные реки текут в северном направлении, впадая в Балтийское море (рис. 1). Водотоки относятся к первой рыбохозяйственной категории и имеют особое значение для нереста лососевых.

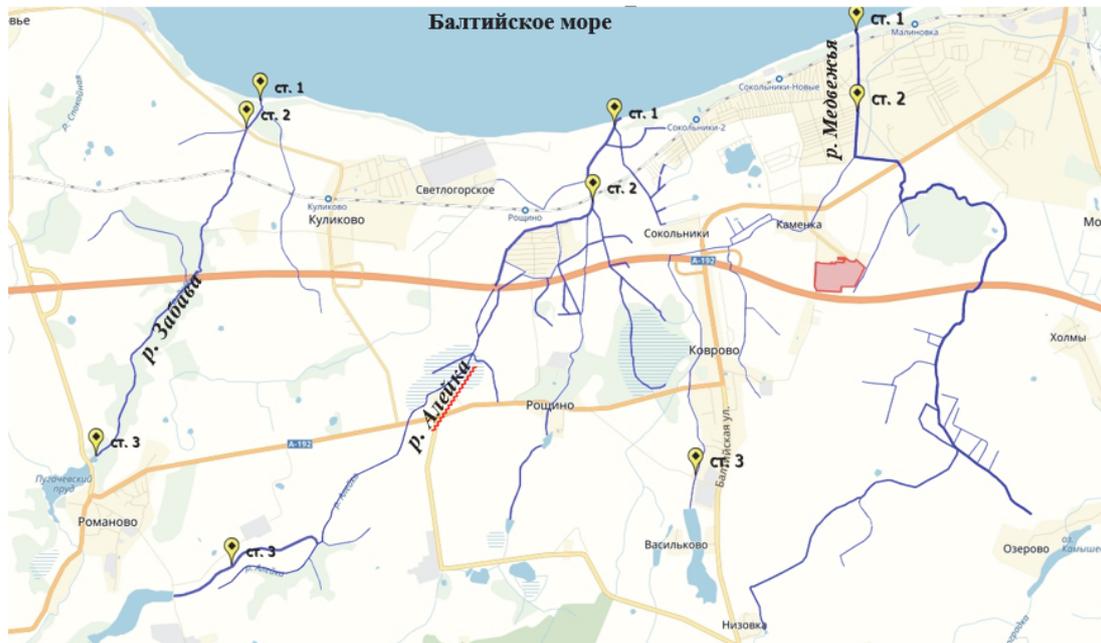


Рис. 1. Реки северной части Самбийского полуострова  
 Fig. 1. Rivers of the northern part of the Sambian Peninsula

Цель данной работы состоит в оценке экологического состояния малых рек Самбийского полуострова летом 2018 г.

**Материалы и методика**

Данные для исследования были получены в рамках экологического мониторинга, проведенного в июне 2018 г. на трех реках: Медвежья, Алейка и Забава (рис. 1). В ходе работы был собран материал на трех станциях рек (в верхнем, среднем и нижнем течениях) для гидрологических, гидрохимических и альгологических исследований.

Гидрохимический анализ был проведен объемным и колориметрическим методами [9] для определения основных показателей: минерализация, растворенный кислород, перманганатная окисляемость, общая жесткость, хлориды и биогенные элементы.

На р. Алейке пробы фитопланктона взяты только из участков в верхнем и среднем течении. Пробы на исследования фитопланктона фиксировали раствором Люголя с добавлением ледяной уксусной кислоты и формалина. Далее в лаборатории КГТУ эти пробы концентрировали методом прямой мембранной фильтрации. Согласно общепринятым методикам [4, 8] был определен видовой состав (диатомовый анализ не проводился) и произведен количественный анализ проб фитопланктона. По значениям биомассы определялся уровень «цветения» воды: слабое «цветение» – биомасса до 1 мг/л, умеренное – 1–10 мг/л, интенсивное – 10–50 мг/л, гиперцветение – более 50 мг/л [7].

Экологическое состояние рек оценивалось по индексам сапробности, вычисленным методом Пантле и Букка в модификации Сладечека [10] для фитопланктона и согласно ГОСТ [3] – для гидрохимических элементов.

### Результаты исследования

Исследуемые водотоки берут начало на крупнохолмистом грядовом плато [5] и относятся к категории малых рек, их длины не превышают 12 км (табл. 1), площади их водосборных бассейнов лежат в пределах 42 км<sup>2</sup>.

Гидрографическая сеть района исследования довольно густая – 0,92 км/км<sup>2</sup>. Все реки принимают большое количество притоков, особенно р. Алейка и р. Медвежья, имеющие наиболее густую и разветвленную сеть.

Таблица 1

### Показатели основных морфометрических характеристик бассейнов малых рек летом 2018 г.

Table 1

### Indicators of the main morphometric characteristics of small river basins in summer 2018

Показатель	Р. Медвежья	Р. Алейка	Р. Забава
Длина, км	10,0	12,0	12,0
Максимальная ширина, м	2,0	5,8	2,9
Максимальная глубина, м	0,9	0,7	0,4
Площадь бассейна, км <sup>2</sup>	41,9	41,8	17,0
Средняя скорость, м/с	0,28	0,20	0,31
Расход реки, м <sup>3</sup> /с	0,11	0,11	0,08

Работы проводились в период летней межени, уровень воды был существенно понижен. Воды малых рек были умеренной жесткости (до 6 мг экв./л), минерализация воды колебалась от средней (400 мг/л) до повышенной (500 мг/л) [2].

Органических веществ в воде растворено достаточно много. Перманганатная окисляемость в р. Алейке средняя (более 10 мгО/л), в р. Забаве и р. Медвежьей – повышенная (до 20 мгО/л). На величину перманганатной окисляемости значительное влияние может оказывать режим поступления промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод.

В рассматриваемый период в целом в водотоках складывались относительно благоприятные кислородные условия; его содержание в основном превышало 6 мг/л, что соответствовало 65–78 % насыщения. Только в верховьях р. Забавы концентрация растворенного кислорода была снижена до 3,8 мг/л (42 %). В условиях повышенной температуры снижалась растворимость кислорода и происходило очень быстрое его расходование на разложение органических веществ, которые могли поступать в реки с водосборных площадей и со сточными водами населенных пунктов.

Воды малых рек довольно богаты биогенными веществами, однако их содержание в основном соответствовало требованиям, предъявляемым к водным объектам рыбохозяйственного назначения. Концентрация азота аммонийного в водотоках не превышала значения ПДК для рыбохозяйственных водоемов [6], хотя в приустьевом створе р. Забавы наблюдались существенные превышения ПДК, в 3–3,5 раза, что свидетельствовало о поступлении в водоем свежих загрязнений, например, в результате размыва почвогрунтов поверхностным стоком.

Нитриты – неустойчивые компоненты природных вод, они обнаруживались в небольших количествах. Повышенное их содержание на станциях, расположенных в верховьях рек Забава (более 0,032 мг/л) и Медвежья (более 0,037 мг/л), связано с отсутствием там те-

чения вследствие загрязнения бытовым мусором и сооружения бобровой плотины. В воде рек рассматриваемой территории содержание фосфатов, как и нитритов, не превышало нормативных значений в течение всего периода наблюдений.

Особенностью гидрохимического режима рек Калининградской области является высокое содержание железа, этому в большой степени способствуют природные особенности территории: высокий уровень залегания подземных вод и наличие значительных площадей заболоченных территорий. Так, концентрации общего железа были достаточно высоки, часто на уровне ПДК для рыбохозяйственных водоемов, или превышали его (ст. 3 р. Алейка (более 1 мгFe/л) и ст. 3 р. Медвежья (более 2,5 мгFe/л).

Фитопланктон малых рек на момент исследования насчитывал 113 таксонов (32 из которых были определены только до рода). Альгофлора рек в таксономическом плане относилась к восьми отделам, среди которых преобладали водоросли отдела зеленые (Chlorophyta), составляющие 46 % от общего видового разнообразия, диатомовые (Bacillariophyta) – 22 % и эвгленовые (Euglenophyta) – 12 %. Таксоны других отделов водорослей представлены беднее и в сумме занимали около 20 % видового разнообразия на время исследования (табл. 2).

Таблица 2

**Таксономический состав фитопланктона рек Медвежья, Алейка и Забава летом 2018 г.**

Table 2

**Taxonomic composition of the phytoplankton of the Medvezhya, Aleika and Zabava rivers in summer 2018**

Отдел	Р. Медвежья	Р. Алейка	Р. Забава	Итого
Bacillariophyta	10	19	17	25
Chlorophyta	39	22	30	52
Chrysophyta	4	1	0	5
Cryptophyta	4	3	3	4
Суанoprokaryota	2	1	9	9
Dinophyta	2	0	2	3
Euglenophyta	10	4	10	13
Streptophyta	1	1	2	2
Итого	74	51	73	113

Видовое разнообразие фитопланктона по рекам практически схоже, за исключением р. Алейки, где выявлено меньше всего таксонов. Возможно, это связано с отсутствием пробы из нижнего течения этой реки.

Основу численности фитопланктона в верховье р. Медвежьей составляли зеленые водоросли (64 %) и цианопрокарियोты (25 %) (рис. 2, ст. 3). По биомассе значительно представлены были крупноклеточные криптофитовые (48 %), эвгленовые (29 %) и зеленые водоросли (14 %) (рис. 3, ст. 3). Доминирующие по численности виды: виды р. *Microcystis*, *Ankistrodesmus bernardii* Komárek и *Plankthotrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis & Komárek, по биомассе – *Cryptomonas ovata* Ehrenberg и *Phacus pleuronectes* (O.F.Müller) Nitzsch ex Dujardin (табл. 3).

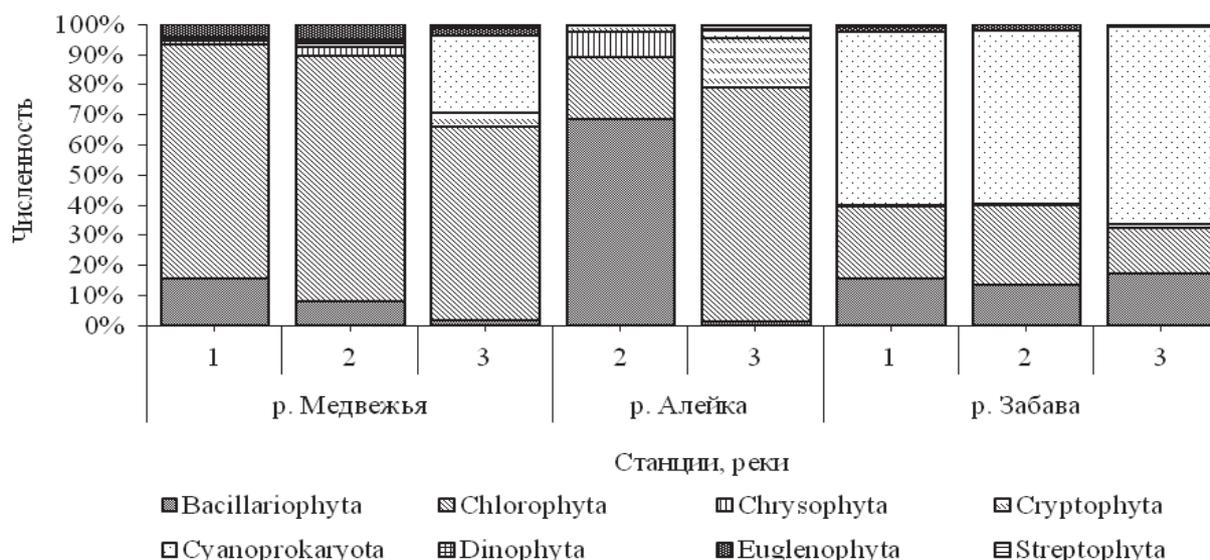


Рис. 2. Соотношение численности и биомассы разных отделов водорослей исследуемых рек  
 Fig. 2. The ratio of the number and od the biomass of different algae sections in the studied rivers

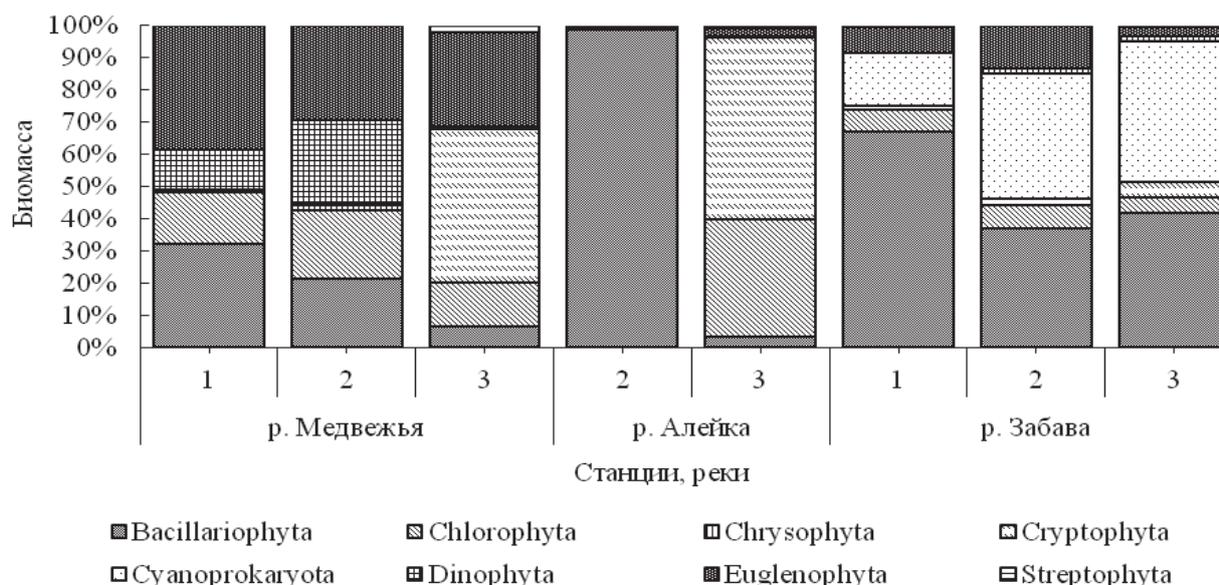


Рис. 3. Соотношение численности и биомассы разных отделов водорослей исследуемых рек  
 Fig. 3. The ratio of the number and od the biomass of different algae sections in the studied rivers

Ниже по реке в среднем течении показатели количественного развития фитопланктона повышались (табл. 3), в основе численности лежали значения зеленых водорослей, составляющие 82 %, с доминирующим видом *Pandorina morum* (O.F.Müller) Bory. По биомассе практически равноценно были представлены диатомовые, зеленые, динофитовые и эвгленовые, доминантами выступали виды р. *Cyclotella*, *Peridinium*, *Pandorina morum* и *Trachelomonas volvocina* Ehrenberg (рис. 3, ст. 2).

В нижнем течении р. Медвежьей наблюдалось заметное снижение в развитии фитопланктона по сравнению с верховьем и средним течением как по численности, так и по биомассе (табл. 3). По численности доминировали зеленые водоросли, более 78 % суммарной численности, (рис. 2, ст. 1). По биомассе заметный вклад внесли эвгленовые – 38 % и диатомовые – 32 %, а также зеленые (16 %) и динофитовые водоросли (13 %) (рис. 3, ст. 1). Доминирующими по численности являлись виды р. *Cyclotella* и *Scenedesmus*

*bicaudatus* Dedusenko, по биомассе – виды р. *Cyclotella* и *Trachelomonas volvocina* (в сумме 37 % от общей биомассы всех водорослей). Показатели развития водорослей этого участка течения реки были заметно ниже по сравнению с ее верховьем (табл. 3).

Таблица 3

## Основные структурные характеристики фитопланктона исследованных рек

Table 3

## The main structural characteristics of phytoplankton in the studied rivers

Показатели	Р. Медвежья	Р. Алейка	Р. Забава
Верхнее течение (ст. 3)			
Численность, млн кл./л	1658,8	1344,9	102880,0
Биомасса, мг/л	0,423	0,313	21,958
Степень «цветения» воды	Слабое	Слабое	Интенсивное
Доминирующие виды	Виды р. <i>Microcystis</i> , <i>Ankistrodesmus bernardii</i> , <i>Plankthotrix agardhii</i> , <i>Cryptomonas ovata</i> , <i>Phacus pleuronectes</i>	<i>Coelastrum microporum</i> , <i>Cryptomonas erosa</i> , <i>Cryptomonas ovata</i>	<i>Merismopedia tenuissima</i> , <i>Anabaena planctonica</i> , <i>Aulacoseira granulate</i>
Индекс сапробности по численности	2,10	1,94	2,31
Индекс сапробности по биомассе	2,51	2,17	2,28
Зона сапробности	β-α-мезосапробная зона	β-мезосапробная зона	β-мезосапробная зона
Среднее течение (ст. 2)			
Численность, млн кл./л	4080,0	844,50	9758,2
Биомасса, мг/л	2,651	5,356	2,484
Степень «цветения» воды	Умеренное	Умеренное	Умеренное
Доминирующие виды	Виды р. <i>Cyclotella</i> , <i>Peridinium</i> , <i>Pandorina morum</i> , <i>Trachelomonas volvocina</i>	Виды р. <i>Navicula</i> , <i>Gomphonema</i> , <i>Pandorina morum</i> , <i>Cymatopleura solea</i> , <i>Pleurosigma attenuatum</i>	<i>Plankthotrix agardhii</i> , <i>Anabaena planctonica</i>
Индекс сапробности по численности	2,02	2,09	2,26
Индекс сапробности по биомассе	2,14	2,65	2,18
Зона сапробности	β-мезосапробная зона	β-α-мезосапробная зона	β-мезосапробная зона
Нижнее течение (ст. 1)			
Численность, млн кл./л	520,0	-	11993,6
Биомасса, мг/л	0,226	-	3,786
Степень «цветения» воды	Слабое	-	Умеренное
Доминирующие виды	Виды р. <i>Cyclotella</i> , <i>Scenedesmus bicaudatus</i> , <i>Trachelomonas volvocina</i>	-	Виды р. <i>Pinnularia</i> , <i>Plankthotrix agardhii</i> , <i>Anabaena planctonica</i> , <i>Cymatopleura solea</i>
Индекс сапробности по численности	2,01	-	2,09
Индекс сапробности по биомассе	2,42	-	2,11
Зона сапробности	β-мезосапробная зона	-	β-мезосапробная зона

В среднем течении р. Алейки наблюдалось доминирование представителей диатомовых водорослей, составляющих 68 % по численности и 99 % по биомассе. В численности следует отметить роль зеленых водорослей с 21 % от общей численности (см. рис. 2, ст. 2). Доминировали по численности на этом участке реки виды р. *Navicula* и *Pandorina morum*, по биомассе – диатомовые крупноклеточные виды р. *Gomphonema*, *Cymatopleura solea* (Brébisson) W.Smith и *Pleurosigma attenuatum* (Kützing) W.Smith. В нижнем участке этой реки наблюдается смена видов, сопровождающаяся увеличением численности и уменьшением общей биомассы. Основа численности этого участка слагалась 78 % представителями зеленых и 17 % криптофитовых водорослей, основа биомассы – криптофитовые (56 %) и зеленые (37 %) водоросли (см. рис. 2–3). По численности доминировал представитель зеленых водорослей *Coelastrum microporum* Nägeli, по биомассе – представители криптофитовых водорослей *Cryptomonas erosa* Ehrenberg и *Cryptomonas ovata* (см. табл. 3).

Река Забава характеризовалась на всем протяжении преобладанием по численности и биомассе цианопрокариот, составляя от 57 % численности и 16 % биомассы в низовье до 66 % численности и 44 % биомассы в верховье реки. Доминантом из отдела цианопрокариот выступает *Anabaena planctonica* Brunthaler (см. рис. 2–3, табл. 3).

В верховье р. Забавы отмечены максимальные значения численности и биомассы, превышающие во много раз значения среднего и нижнего течений, и наблюдается интенсивное цветение воды. Помимо цианопрокариот следует отметить роль диатомовых (17 %) и зеленых (15 %) водорослей. Альгофлора верховья на 50 % численности представлена цианопрокариотами доминирующих видов *Merismopedia tenuissima* Lemmermann и *Anabaena planctonica* и 40 % биомассы *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen из отдела диатомовых и 16 % биомассы *Anabaena planctonica* (см. табл. 3).

Альгофлора среднего участка р. Забавы представлена в основном цианопрокариотами (58 % численности и 39 % биомассы), зелеными (26 % численности) и диатомовыми водорослями (13 % численности и 37 % биомассы). Доминирующие виды: *Plankthotrix agardhii* и *Anabaena planctonica*. На этом участке реки наблюдалось понижение развития фитопланктона, которое опять повышалось в низовье реки. В численности альгофлоры низовья также преобладали цианопрокариоты (58 %), зеленые (26 %) и диатомовые (13 %), а в биомассе заметна основная роль диатомовых водорослей, составляющих 67 %. Доминирующими видами в альгофлоре низовья являлись *Plankthotrix agardhii*, *Anabaena planctonica* (в численности) и виды р. *Pinnularia Cymatopleura solea Anabaena planctonica* (в биомассе), (см. рис. 2–3, табл. 3).

Из обнаруженных видов фитопланктона исследуемых рек более 42 % являются видами-индикаторами степени сапробности. Индексы сапробности по численности и по биомассе практически на всем протяжении рек находились в пределах категории «умеренно загрязненные» ( $\beta$ -мезосапробный класс), (см. табл. 3). Однако в низовьях р. Медвежьей (ст. 3) и в среднем течении р. Алейки (ст. 2) индексы сапробности по биомассе соответствовали значениям категории «грязных вод» ( $\alpha$ -мезосапробный класс).

Был проведен также сапробиологический анализ вод малых рек по гидрохимическим показателям (табл. 4).

Согласно ГОСТ 17.1.2.04-77 [3] водотоки в июне 2018 г. оценивались как «умеренно загрязненные» по большинству исследованных гидрохимических показателей, что также соответствовало  $\beta$ -мезосапробному классу, причем в основном вниз по течению, по мере возрастания водности реки, качество их вод улучшалось (за некоторыми исключениями – биогенные вещества в р. Забавы). Такое состояние рек может обуславливаться загрязнением русла водотоков бытовыми отходами, поступлением диффузного стока и несанкционированными сбросами.

Таблица 4

## Сапробность вод исследованных рек по гидрохимическим показателям

Table 4

## The saprobity of the waters of the studied rivers by hydrochemical indicators

Показатели		Р. Медвежья			Р. Алейка			Р. Забава		
Станции		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Растворенный кислород, мг/л	%	78	85	66	74	78	72	65	78	42
	КС	бм	о	бм	бм	бм	бм	бм	бм	ам
Перманганатная окисляемость, мгО/л	мгО/л	12,19	12,81	21,08	10,85	9,18	11,68	11,56	11,15	15,58
	КС	бм	бм	ам	бм	о	бм	бм	бм	бм
Аммоний, мг/л	мг/л	0,451	0,264	0,731	0,074	0,083	0,119	1,701	0,196	0,442
	КС	бм	бм	ам	о	о	бм	п	бм	бм
Нитриты, мг/л	мг/л	0,008	0,019	0,037	0,013	0,012	0,001	0,013	0,016	0,032
	КС	о	о	о	о	о	кс	о	о	о
Фосфаты, мг/л	мг/л	0,061	0,038	0,155	0,051	0,045	0,029	0,082	0,066	0,041
	КС	бм	бм	ам	бм	бм	о	бм	бм	бм

Примечание. КС – классы сапробности: о – олигосапробность; бм – бетамезосапробность; ам – альфамезосапробность; п – полисапробность.

### Заключение

В соответствии с нормативами качества воды для объектов рыбохозяйственного назначения [3] воды исследованных рек по большинству рассмотренных гидрохимических показателей отвечают предъявляемым требованиям. Превышение ПДК по ряду веществ (перманганатная окисляемость, азот аммонийный, нитриты, железо общее) отмечается в верховьях р. Медвежьей, что, вероятно, связано с бобровой плотиной. Значительное количество сгрызенной и складированной ими древесно-кустарниковой растительности, перегнивая, обогащает воду органическими, а затем и биогенными веществами.

Фитопланктон рек, по данным исследования, зелено-диатомово-эвгленовый, что характерно для рек умеренных широт европейской части России. Исследование состава доминирующих водорослей и уровень развития альгофлоры вдоль по течению рек показал достаточно схожую тенденцию к увеличению численности мелкоклеточных водорослей в верховьях. Максимальная степень вегетации отмечалась на р. Забаве, вверх по течению которой «цветение» воды усиливалось от умеренного до интенсивного. В цветении важно отметить основную роль *Anabaena planctonica* и *Plankthotrix agardhii*. Последний также отмечен в составе доминантов в р. Медвежьей. Данные виды часто сопутствуют летнему «цветению» водоемов и водотоков Северо-Запада России и являются потенциально токсичными [1].

Анализ экологического состояния показал, что индексы сапробности, вычисленные по численности и биомассе фитопланктона, варьировали от 1,94 до 2,65 и в основном соответствовали водам β-мезосапробного типа, за исключением среднего течения р. Алейки и нижнего течения р. Медвежьей, воды которых относились к α-мезосапробному типу.

В целом, по показателям развития фитопланктона и уровня содержания гидрохимических веществ воды малых рек Самбийского полуострова летом 2018 г. характеризовались III классом качества воды (умеренно-загрязненные), а экологическое состояние этих рек оценивалось как относительно удовлетворительное.

### Список литературы

1. Водоросли, вызывающие «цветение» водоемов Северо-Запада России. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. – 367 с.
2. Гидрология. Лабораторный практикум и учебная практика: учеб. пособие / Берникова Т. А. [и др.]. М.: Колос, 2008. 304 с.
3. ГОСТ 17.1.2.04-77. Охрана природы. Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов // Сб. ГОСТов. М.: ИПК «Изд-во стандартов», 2000. С. 51–62.
4. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М.: Наука, 1975. 240 с.
5. Орленок В.В. Географический атлас Калининградской области / гл. ред. Орленок В.В. Калининград: Изд-во КГУ; ЦНИТ, 2002. 276 с.
6. Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» 13 декабря 2016 г.
7. Протасов В.Ф., Матвеев А.С. Экология. Термины и понятия. Стандарты, сертификация. Нормативы и показатели. М., 2001. 205 с.
8. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / под ред. Абакумова В.А. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 318 с.
9. Семенов А.Д. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 541 с.
10. Унифицированные методы исследования качества вод: Методы биологического анализа вод. М.: СЭВ, 1975. Ч. 3. 176 с.

**Сведения об авторах:** Бугранова Олеся Сергеевна, ведущий инженер кафедры «Ихтиология и экология»; e-mail: olesya.bugranova@klgtu.ru;

Цупикова Надежда Александровна, кандидат геолого-минералогических наук; доцент кафедры «Ихтиология и экология»; e-mail: tsoupikova@klgtu.ru;

Костыря Юлия Сергеевна, магистрант кафедры «Ихтиология и экология»; e-mail: yuliya\_L25@mail.ru.

УДК 591.69-7

**В.Н. Казаченко**

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,  
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

## **РЕГИСТРАЦИЯ ПАРАЗИТИЧЕСКИХ КОПЕПОД (CRUSTACEA: COPEPODA) НА НОВЫХ ХОЗЯЕВАХ**

Приведены сведения о 19 видах паразитических копепод и их хозяевах, зарегистрированных в Беринговом проливе, у Курильских и Алеутских островов, у восточного побережья Камчатки, в зал. Аляска, Чукотском, Беринговом, Охотском и Японском морях. У 14 копепод зарегистрированы новые хозяева: для *Ergasilus auritus* – *Chaenogobius* sp., *Chondracanthus irregularis* – *Porocottus quadrifilis*, *Nemesis lamna* f. *vermin* – *Squalus acanthias*, *Caligus macarovi* – *Scomber japonicus*, *Lepeophtheirus chantoni* – *Cleisthenes herzensteini*, *Lepeophtheirus elegans* – *Liparis* sp., *Lepeophtheirus hospitalis* – *Limanda aspera*, *L. schrenki* и *Theragra chalcogramma*, *Lepeophtheirus parviventris* – *Boreogadus saida*, *Bothrocara mollis*, *Cleisthenes herzensteini*, *Melletes papillio*, *Myoxocephalus jaok* и *Reinhardtius hippoglossoides matsuurae*, *Lepeophtheirus salmonis* – *Cleisthenes herzensteini* и *Mugil cephalus*, *Pseudolepeophtheirus schmidti* – *Eleginus gracilis*, *Haemobaphes diceraus* – *Mallotus villosus*, *Clavella adunca* – *Pleurogrammus monopterygius*, *Nectobranchia indivisa* – *Pseudopleuronectes herzensteini*, *Pleuronectes pinnifasciatus* и *Microstomus pacificus*, *Naobranchia occidentalis* – *Dasycottus setiger*, *Malacocottus zonurus*, *Lycogramma brunea* и *Limanda aspera*.

**Ключевые слова:** паразитические копеподы, хозяева, Чукотское, Берингово, Охотское, Японское моря.

**V.N. Kazachenko**

## **REGISTRATION OF PARASITIC COPEPODS (CRUSTACEA: COPEPODA) ON NEW HOSTS**

The data on 19 species of parasitic copepods and their hosts registered in the Bering Strait, the Kuril and Aleutian Islands, off the east coast of Kamchatka in the Gulf of Alaska, Chukotka, Bering Sea, Sea of Okhotsk and the Sea of Japan. For 14 copepods are registered new hosts: for *Ergasilus auritus* – *Chaenogobius* sp., *Chondracanthus irregularis* – *Porocottus quadrifilis*, *Nemesis lamna* f. *vermin* – *Squalus acanthias*, *Caligus macarovi* – *Scomber japonicus*, *Lepeophtheirus chantoni* – *Cleisthenes herzensteini*, *Lepeophtheirus elegans* – *Liparis* sp., *Lepeophtheirus hospitalis* – *Limanda aspera*, *L. schrenki* and *Theragra chalcogramma*, *Lepeophtheirus parviventris* – *Boreogadus saida*, *Bothrocara mollis*, *Cleisthenes herzensteini*, *Melletes papillio*, *Myoxocephalus jaok* and *Reinhardtius hippoglossoides matsuurae*, *Lepeophtheirus salmonis* – *Cleisthenes herzensteini* and *Mugil cephalus*, *Pseudolepeophtheirus schmidti* – *Eleginus gracilis*, *Haemobaphes diceraus* – *Mallotus villosus*, *Clavella adunca* – *Pleurogrammus monopterygius*, *Nectobranchia indivisa* – *Pseudopleuronectes herzensteini*, *Pleuronectes pinnifasciatus* and *Microstomus pacificus*, *Naobranchia occidentalis* – *Dasycottus setiger*, *Malacocottus zonurus*, *Lycogramma brunea* and *Limanda aspera*.

**Key words:** parasitic copepods, hosts, Chukchi Sea, Bering Sea, Sea of Okhotsk, Sea of Japan.

При обработке коллекции паразитических копепод рыб северной части Тихого океана и Чукотского моря, собранных сотрудниками ТИНРО (ныне ТИНРО-Центр), у 14 видов ракообразных зарегистрированы новые хозяева; автор принимал участие в сборе копепод. Обработка материала проводилась по общепринятым методикам [1]. Измерения копепод приведены в миллиметрах.

Тип Arthropoda Siebold, 1848  
 Подтип Crustacea Brünnich, 1772  
 Класс Maxillopoda Dahl, 1956  
 Подкласс Copepoda Milne-Edwards, 1840  
 Подотряд Роецилостоматоиды Thorell, 1859  
 Семейство Ergasilidae Burmeister, 1835  
*Ergasilus auritus* Markewitsch, 1940

2–7 экз. на жаберных лепестках 4 обследованных *Chaenogobius* sp. 7 июля 2009 г. в устье р. Киевки (Приморский край).

Копепода *E. auritus* зарегистрирована на *Acanthogobius lacticeps*, *Barbatula barbatula*, *Callichthys mirabilis*, *Coregonus artedii*, *C. clupeaformis*, *Gallichthys mirabilis*, *Gasterosteus aculeatus*, *Gymnogobius urotaenia*, *Hypomesus nipponensis*, *H. olidus*, *Mesocottus hiatej*, *Oncorhynchus kisutch*, *O. nerka*, *Osmerus mordax*, *Pseudobagrus fulvidraco*, *Pungitius pungitius*, *P. sinensis*, *P. tyumenis*, *Salvelinus fontinalis*, *S. namaycush* в бассейнах Японского и Охотского морей, в реках атлантических и тихоокеанских побережий Северной Америки [2, 3, 4, 5].

*Chaenogobius* sp. – новый хозяин *E. auritus*.

*Ergasilus hypomesi* Yamaguti, 1936

16 экз. на жаберных лепестках 1 обследованной *Tribolodon hakonensis* (Günther, 1877) 27 апреля 2009 г. в р. Раздольной (Приморский край).

Копепода *E. hypomesi* зарегистрирована на *Acanthogobius lacticeps*, *Carassius auratus gibelio*, *Chaenogobius laevis*, *Ch. nipponensis*, *Ch. urotaenia*, *Clupea pallasii*, *Gasterosteus aculeatus*, *Gymnogobius urotaenia*, *Eleginus gracilis*, *Elopichthys bambusa*, *Hemibarbus maculatus*, *Hypomesus nipponensis*, *H. olidus*, *Hyporhamphus* sp., *Luciobrama* sp., *Megalocottus platycephalus*, *Neosalanx* sp., *Platichthys stellatus*, *Salvelinus leucomaneis*, *Tribolodon hakonensis* и в составе планктона в бассейне Японского моря, на о. Хоккайдо и в Китае [2, 3, 5, 6, 7].

*Ergasilus wilsoni* Markewitsch, 1933

1–82 экз. на жабрах *Tribolodon hakonensis* (Günther, 1877), *Hypomesus nipponensis* McAllister, 1963, *Hypomesus japonicus* (Brevoort, 1856), качественный сбор паразитов, 6, 26 января, 3, 13 февраля, 8, 28 апреля, 5–6, 12, 20, 24, 25, 31 мая, 22 июня, 20, 24 августа 2010 г., в реках Раздольная и Суходол, оз. Соленое, бухте Ольга (Приморский край).

Копепода *E. wilsoni* зарегистрирована на *Acanthogobius lacticeps*, *Chaenogobius castaneus*, *Clupea pallasii*, *Gasterosteus aculeatus*, *Gymnogobius urotaenia*, *Hypomesus japonicus*, *H. nipponensis*, *H. olidus*, *Leuciscus brandti*, *Myoxocephalus jaok*, *Osmerus mordax dentex*, *Platichthys stellatus*, *Pungitius pungitius*, *Tribolodon brandti*, *T. ezoe*, *T. hakonensis*, *Tridentiger obscurus* на Сахалине, прибрежных и континентальных водах Приморья [2, 3, 5, 8, 9, 10, 11, 12].

Семейство Chondracanthidae Milne Edwards, 1840

*Chondracanthus irregularis* Fraser, 1920

1–11 экз. в жаберной полости, на жаберных дугах и жаберных лепестках 12 из 57 обследованных 8–20 сентября 1973 г. *Myoxocephalus verrucosus* (L.) в Беринговом проливе, Чукотском и Беринговом морях; по 1 экз. в жаберной полости 3 из 5 обследованных 13 июля 1973 г. и 4 октября 1973 г. *M. jaok* (Cuvier, 1829) в Японском море (46° 06' N, 134° 21' E) и бухте Русской (Камчатка); 5 экз. в жаберной полости 1 обследованного 15 июля 1973 г. *Porocottus quadrifilis* Gill, 1859 в зал. Анива (о. Сахалин); 15 экз. на жабрах 1 из 14 обследованных в июне 1990 г. *M. verrucosus* в Беринговом море.

Самка, длина тела 7,5–11,8. Самец, длина тела 1,0.

Эндемик северной части Тихого океана. У о-вов Путятин и Сахалин найден на *M. stelleri* [8]. Специфичный паразит рыб рода *Myoxocephalus*: *M. acanthocephalus*,

*M. Batrachoides*, *M. brandti*, *M. polyacanthocephalus*, *M. stelleri decastriensis*, *M. verrucosus*, *Myoxocephalus* sp.; зарегистрирован и на *Enophrys bison* [2, 8, 10, 13, 14, 15, 16].

*Porocottus quadrifilis* – новый хозяин *Ch. irregularis*.

Подотряд Siphonostomatoida Latreille, 1829

Семейство Eudactylinidae Wilson, 1922

*Nemesis lamna* f. *vermi* A. Scott, 1929

8 экз. на жаберных лепестках 1 из 4 *Squalus acanthias* L., обследованных 7 июля 1973 г. в зал. Анива (о. Сахалин).

Специфичный паразит *Cetorhynchus maximus*, известен из прибрежных вод Англии, Франции (Конкарно), Новой Зеландии и Японии [17, 18, 19, 20].

*S. acanthias* – новый хозяин *N. lamna* f. *vermi*

Семейство Caligidae Burmeister, 1835

*Caligus macarovi* Gussev, 1951

1 самец на жабрах 1 обследованной *Scomber japonicus* Houttuyn, 1782 в зал. Петра Великого (Японское море), 25 октября 2016 г.

Измерения: длина (без каудальных щетинок) 3,45; карапакс (без полей) 1,78 x 1,55; четвертый грудной сегмент 0,20 x 0,48; генитальный комплекс 0,63 x 0,58; первый абдоминальный сегмент 0,25 x 0,30; второй абдоминальный сегмент 0,45 x 0,28; каудальная ветвь 0,14 x 0,10.

Копепода *C. macarovi* – эндемик северной части Тихого океана, зарегистрирована на *Auxis rochei*, *Cololabis saira*, *Euthynnus lineatus*, *Osmerus mordax*, *Takifugu rubripes*, *Tribolodon hakuensis* и в составе планктона [8, 10, 11, 21, 22].

*S. japonicus* – новый хозяин *C. macarovi*.

*Caligus pelagicus* Kurian, 1955

1 самка в составе планктона, 1 сентября 2008 г., ст. № 7, глубина 17 м, 43°25' N, 131°09' E (Амурский залив, Японское море).

Копепода *C. pelagicus* зарегистрирована в составе планктона, на рыбах *Etroplus suratensis* и *Mugil subviridis* у берегов Индии [23, 24, 25].

В Японском море *C. pelagicus* зарегистрирован впервые.

*Lepeophtheirus chantoni* Gussev, 1951

2 экз. на поверхности тела 1 *Cleisthenes Herzensteini* (Schmidt, 1904), обследованной 12 марта 1998 г. в бухте Северной (зал. Петра Великого).

Самец и самка напоминают *L. hospitalis* и *L. bychowskyi*. Постантенные отростки более изогнуты по сравнению с *L. hospitalis*; ветви грудной фурки изогнуты и дистальные концы их направлены друг к другу; коготь третьей пары ног прямой; четвертая пара ног 4-члениковая. Длина тела самки 3,0–6,2, самца – 2,7–3,7.

Известен с поверхности тела *Gymnocanthus Herzensteini*, *Sebastes taczanowskii*, *Hexagrammos octogrammus*, *Todarodes pacificus*, бычков и камбал из зал. Петра Великого [2, 8, 9, 10], а также *Hypomesus japonicus* у о. Хоккайдо [26].

*L. chantoni* – эндемик Японского моря.

*Cleisthenes Herzensteini* – новый хозяин *L. chantoni*.

*Lepeophtheirus elegans* Gussev, 1951

469 неполовозрелых экз. на поверхности тела 1 экз. *Liparis* sp. в океанариуме ДВО РАН, 25 октября 2015 г.

Копепода *L. elegans* – эндемик северной части Тихого океана, зарегистрирована у рыб *Azuma emmion*, *Chirolophus japonicus*, *Myoxocephalus brandti*, *Opisthocentrus dybowskii*, *Pholidapus dybowskii*, *Pholis pictus*, *Stichaeopsis nana*, неопределенной до вида рыбе семейства Stichaeidae [2, 8, 10, 12, 22, 27].

Представители рода *Liparis* – новые хозяева для *L. elegans*.

*Lepeophtheirus hospitalis* Fraser, 1920

1 экз. на поверхности тела 1 из 204 *Theragra chalcogramma* Pallas, 1814 обследованных в апреле 1971 г. в районе о-вов Прибылова (Берингово море); 3 экз. на поверхности тела 1 *Platichthys stellatus* (Pallas, 1787), обследованной 23 июля 1998 г. в бухте Северной (зал. Петра Великого); 2 экз. на поверхности тела 1 из 3 *Limanda aspera* (Pallas, 1814), обследованных 14 июля 1973 г. в зал. Анива (о. Сахалин); 1–2 экз. на поверхности тела 2 из 3 *L. Schrenki*, обследованных 14 июля 1973 г. в зал. Анива (о. Сахалин).

Самка, длина тела взрослых 4,0–5,6, молодых – 2,2–3,5. Самец, длина тела 2,09–3,27.

В зал. Петра Великого известен от *Liopsetta obscura*, *Platichthys stellatus*, *Pseudopleuronectes yokohamae*, на камбалах и бычках [8, 9, 10], возможно от *Hypoptichus dybowskii*, а скорее всего, от *Liopsetta obscura* [8].

Эндемик северной части Тихого океана (ареал от Калифорнии до Японии и Китая), здесь зарегистрирован на *Limanda p. punctatissima*, *L. yokohamae*, *Pleuronectes sp.*, *Kareus bicoloratus*, *Gadus macrocephalus*, *Lepidopsetta bilineata*, *Pleuronichthys coenurus*, *Platichthys stellatus*, *Parophrys vetulus*, *Mugil cephalus* и *Lepidotrigla microptera* [28, 29].

*Limanda aspera*, *L. schrenki* и *Theragra chalcogramma* – новые хозяева *L. hospitalis*.

*Lepeophtheirus parviventris* Wilson, 1905

1 экз. на поверхности тела 1 *Cleisthenes Herzensteini* обследованной 12 марта 1998 г. в бухте Северной (зал. Петра Великого); 3 экз. на поверхности тела 1 из 5 *Bothrocara mollis* Bean, 1890 обследованных 21 марта 1972 г. в Беринговом море (56° 29' N, 171° 46' W); 2 экз. на поверхности тела 1 *Gadus macrocephalus*, обследованной 12 апреля 1971 г. в Беринговом море (56° 45' N, 172° 22' W); 1 экз. на поверхности тела 1 *Myoxocephalus sp.* у восточного берега о. Сахалин (46° 06' N, 143° 06' E); 1 экз. на поверхности тела 1 *Mellestes papilio* (Bean, 1880) у восточного берега о. Сахалин (48° 01' N, 145° 05' E); по 1 экз. на поверхности тела 2 *Myoxocephalus jaok*, обследованных в районе бухты Русской (52° 25' N, 158° 28' E); по 1 экз. на поверхности тела и в ротовой полости 4 из 13 *G. Macrocephalus*, обследованных в августе–сентябре 1973 г. у восточной Камчатки, Карагинском и Камчатском заливах; 1–5 экз. на поверхности тела 14 из 123 *Theragra chalcogramma*, обследованных в июле–октябре 1973 г. у восточного побережья о. Сахалин, восточной Камчатки, Камчатском заливе и Беринговом проливе; 1 экз. на поверхности тела 1 из 55 *Boreogadus saida* (Lepechin, 1774), обследованных 17 сентября 1973 г. в Беринговом проливе (65° 46' N, 170° 08' W); 1 экз. на поверхности тела 1 из 32 *Reinhardtius hippoglossoides* (Walbaum, 1792), обследованных 9 января 1986 г. в Охотском море; 2 экз. на поверхности тела 1 *Eleginus gracilis* (Tilesius, 1810), обследованной 31 марта 1996 г. в устье р. Суходол (Приморский край).

По внешнему виду самка и самец напоминают *L. hospitalis*, *L. bychowskyi*, *L. chantoni*, *L. elegans* и *L. hexagrammi*. Базальный коготь третьей ноги имеет «колено»; шип когтя не имеет полей. Длина тела самки 4,7–7,5, самца – 2,9–4,2.

В зал. Петра Великого известен от *Eleginus gracilis*, *Enophrys diceraus*, *Gadus macrocephalus*, *Pleurogrammus azonus*, *Pseudopleuronectes yokohamae*, *Theragra chalcogramma*, *Todarodes pacificus* и бычка [8, 10].

Эндемик северной части Тихого океана (ареал охватывает воды от Калифорнии до Японии), кроме того, зарегистрирован у *Anoplarchus atropurpureus*, *Anoplopoma fimbria*, *Enophrys bison*, *E. diceraus*, *Eopsetta jordani*, *Gadus macrocephalus*, *Halichoerus semicinctus*, *Heterostichus rostratus*, *Hexagrammus decagrammus*, *Hippoglossus stenolepis*, *Lepidopsetta sp.*, *L. bilineata*, *Myoxocephalus polyacanthocephalus*, *Platichthys stellatus*, *Pleurogrammus monopterigiis*, *Scorpaenichthys marmoratus*, *Sebastes pinniger*, *S. rubrivinctus*, *Raja binocularata*, *R. rhina*, *Theragra chalcogramma*, *Urolophus halleri* [9, 28].

*Boreogadus saida*, *Bothrocara mollis*, *Cleisthenes Herzensteini*, *Mellestes papillio*, *Myoxocephalus jaok* и *Reinhardtius hippoglossoides matsuurae* – новые хозяева *L. parviventris*.

*Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer, 1837)

10 экз. на поверхности тела 1 из 2 *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum, 1792), обследованных 13 сентября 1985 г. у о. Шикотан (Курильские острова); 6 экз. на поверхности тела 1 *O. nerka*, обследованной 2 сентября 1984 г. в Анадырском заливе; 3 экз. на поверхности тела 1 *O. gorbuscha*, обследованной 24 июля 1987 г. в р. Фирсовки (о. Сахалин); 1 экз. на поверхности тела 1 *Cleisthenes Herzensteini*, обследованной 12 марта 1998 г. в бухте Северной (зал. Петра Великого); 1 экз. на поверхности тела 1 обследованной *Mugil cephalus* Linnaeus, 1758 в зал. Петра Великого (пос. Самарга), 7 июля 2003 г.

Измерения: длина (без каудальных щетинок) 8,90–14,00; карапакс (без полей) 4,60–5,00 x 4,20–4,00; четвертый грудной сегмент 0,40–0,60 x 1,10–1,20; генитальный комплекс (с задними долями) 2,80–4,30 x 2,60–3,00; генитальный комплекс (без задних долей) 1,40–3,70; абдомен 2,70–3,30 x 0,70–1,00; каудальная ветвь 0,20–0,25; яйцевые мешки 5,20 x 0,50; длина самца 3,10–5,60.

Специфичный паразит лососевых рыб; отличается от перечисленных выше видов рода *Lepeophtheirus* крупными размерами и длинным брюшком.

Копепода *L. salmonis* – эндемик бореальных вод Северного полушария, зарегистрирован на *Acipenser transmontanus*, *Ammodytes hexapterus*, *Huso dauricus*, *Katsuwonus pelamis*, *Oncorhynchus gorbuscha*, *O. keta*, *O. kisutch*, *O. masou*, *O. mykiss*, *O. nerka*, *O. tschawytscha*, *Ophiodon elongatus*, *Salmo clarki*, *S. gairdneri*, *S. mykiss*, *S. salar*, *S. trutta*, *Salvelinus fontinalis*, *S. leucomaenis*, *S. malma*, *Sebastes rubrivinctus*, *Tribolodon brandti*, *T. hakoensis* [2, 4, 8, 10, 12, 19, 22, 30, 31, 32, 33].

*Cleisthenes Herzensteini* и *Mugil cephalus* – новые хозяева *L. salmonis*.

*Pseudolepeophtheirus schmidtii* Gussev, 1951

9 экз. на жабрах у 1 обследованной *Limanda punctatissima* (Steindachner, 1879), 7 мая 2010 г. в бухте Шамора (Амурский залив); 2–6 экз. на жаберных лепестках 2 из 10 *Eleginus gracilis*, обследованных 18 декабря 1994 г. в зал. Петра Великого.

Напоминает по строению тела *P. parvicruris*; отличается от него строением четвертой пары плавательных ног, которые 1-члениковые, представленные небольшим сосочком, а у *P. parvicruris* – 2-члениковые. Длина тела самки 3,1–4,6.

Копепода *P. schmidtii* – эндемик Японского моря, зарегистрирована на рыбах *Limanda Herzensteini*, *L. punctatissima punctatissima*, *L. punctatissima*, *Tribolodon brandti* и на камбале [8, 9, 10, 22].

*Eleginus gracilis* – новый хозяин *P. schmidtii*.

Семейство Pennellidae Burmeister, 1835

*Haetobaphes diceraus* Wilson, 1917 (рис. 1–7)

1–3 экз. на жаберных дугах 13 обследованных *Mallotus villosus* (Müller, 1776) в Охотском море (57°58 N, 148°20 E) 15 и 18 мая 2006 г.

Строение самок соответствует описанию в литературе [2, 10, 34]. Расположение латеральных отростков (рогов) шеи варьирует (рис. 7). У молодых самок (рис. 4–5) генитальный комплекс слабо выражен и со временем он начинает приобретать очертания взрослой формы, появляются отростки на генитальном комплексе и брюшке (рис. 3 и 5). Длина 23,0–26,0.

В состав рода *Haetobaphes* входит 8 видов; *H. diceraus* – эндемик северной части Тихого океана [34].

*M. villosus* – новый хозяин *H. diceraus*.

*Haetobaphes disphaerocephalus* Grabda, 1976 (рис. 8)

1 экз. на второй жаберной дуге 1 из 20 обследованных *Thaleichthys pacificus* (Richardson, 1836) в зал. Аляска (59°03 N, 147°06 W) 27 сентября 1971 г.

Копепода *H. disphaerocephalus* известна по первоописанию от *Thaleichthys pacificus* у западного побережья США, Орегоно-Вашингтонский район [35], зарегистрирована в Беринговом море [34].

*H. disphaerocephalus* – специфичный паразит *Thaleichthys pacificus*; в зал. Аляска зарегистрирован впервые.

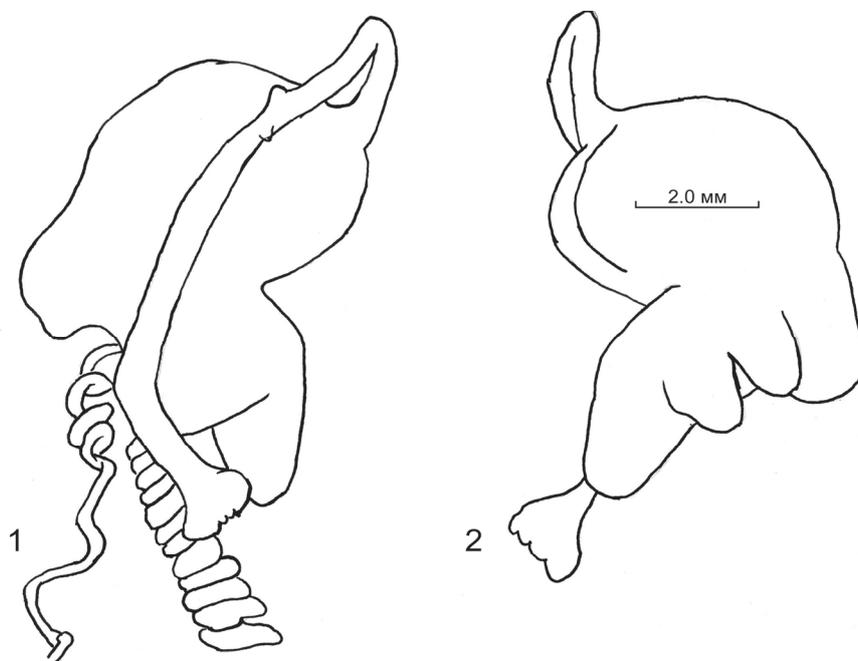


Рис. 1–2. *Haemobaphes diceraus*. Общий вид половозрелых самок, латерально (оригинал)  
Fig. 1–2. *Haemobaphes diceraus*. General view of the mature females, lateral (original)

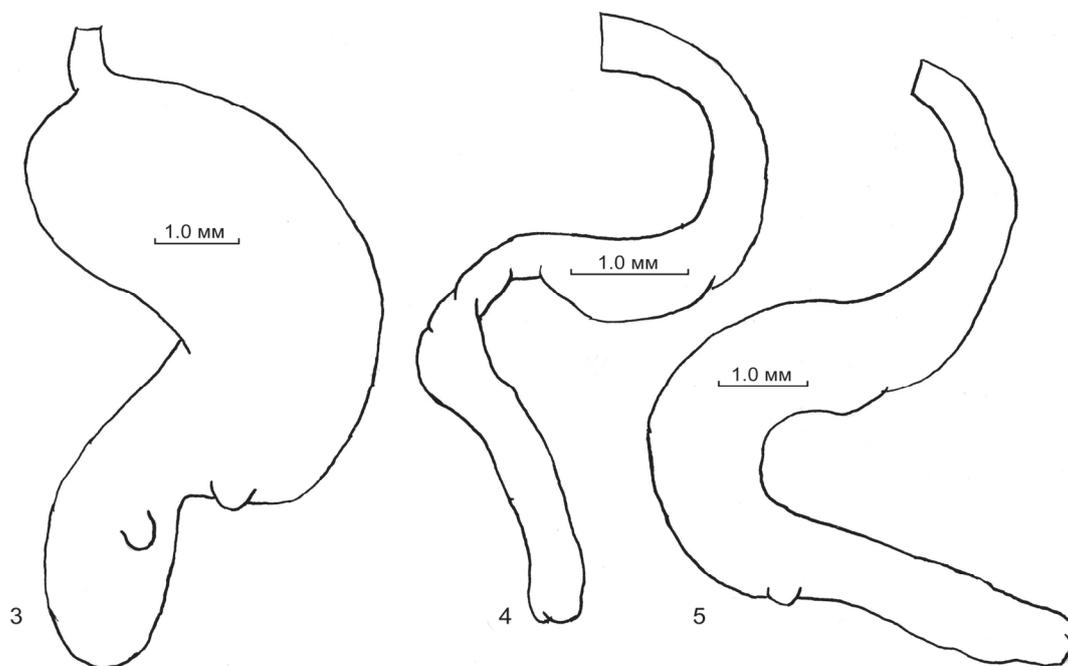


Рис. 3–5. *Haemobaphes diceraus*. Общий вид молодых самок, латерально; головогрудь и часть шей утеряны (оригинал)  
Fig. 3–5. *Haemobaphes diceraus*. General view of young females, lateral; cephalothoraxes and necks are lost (original)

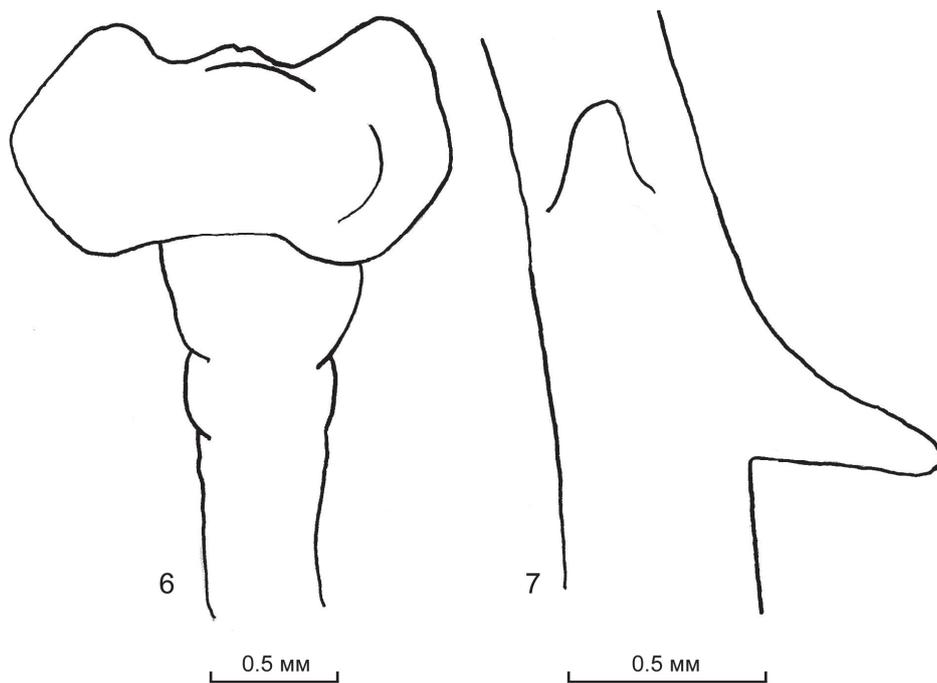


Рис. 6–7. *Haemobaphes diceraus*. 6. Головогрудь и часть шеи, дорсально.  
7. Положение рогов на шее (оригинал)  
Fig. 6–7. *Haemobaphes diceraus*. 6. Cephalothorax and part of neck, dorsal.  
7. Position the horns on neck (original)

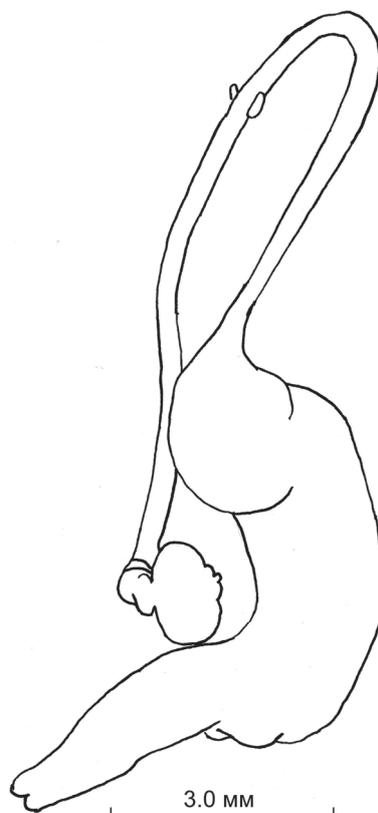


Рис. 8. *Haemobaphes disphaerocephalus*. Самка, общий вид (оригинал)  
Fig. 8. *Haemobaphes disphaerocephalus*. Female, general view (original)

## Семейство Lernaepodidae Milne Edwards, 1840

*Clavella adunca* (Strøm, 1762)

2–6 экз. на жаберных лепестках 2 из 10 обследованных 18 декабря 1994 г. *Eleginus gracilis* в зал. Петра Великого; 1 экз. в ротовой полости 1 из 7 обследованных 13 августа 1973 г. *Pleurogrammus monopterygius* (Pallas, 1810) у о. Парамушир (Курильские острова); 1–6 экз. в ротовой полости, на жаберных дугах, плавниках и поверхности тела 4 из 5 обследованных 3–4 августа 1973 г. *E. gracilis* у о-вов Итуруп и Кунашир (Курильские острова); 1–13 экз. в ротовой полости, на жаберных дугах и поверхности тела 7 из 18 обследованных в августе–сентябре 1973 г. *Gadus macrocephalus* у восточной Камчатки.

Самка, длина головогруди 2,1–5,3, длина туловища 1,5–4,6. Самец, длина тела до 1.

Космополит. В зал. Петра Великого известен от *Eleginus gracilis* (*E. navaga gracilis*), *Gadus macrocephalus*, *Pleurogrammus azonus*, бычков и камбал [8, 9, 10]. Кроме того, зарегистрирован у *Boreogadus saida polaris*, *Callionymus lyra*, *Diplodus sargus*, *Doydixodon fasciatum*, *Gadus morhua*, *G. callaris*, *G. ogac*, *G. polaris*, *G. luscus*, *Gazza minuta*, *Hexagrammos octogrammus*, *Lycodes frigidus*, *L. lavalaei*, *Macrurus fabricii*, *M. whistoni*, *Malacocottus zonurus*, *Melanogrammus aeglefinus*, *M. merlangus*, *Merluccius merluccius*, *M. bilinearis*, *Microgadus proximus*, *Pholis gunnelus*, *Pleurogrammus* sp., *P. azonus*, *Pollachius pollachius*, *P. virens*, *Somniosus macrocephalus*, *Sebastes marinus*, *Sargus rondeleti*, *Trisopterus luscus*, *Theragra chalcogramma* и *Trematomus loennbergi* в Атлантическом, Индийском и Тихом океанах, Антарктике [10, 14, 19, 27, 36, 37].

*Pleurogrammus monopterygius* – новый хозяин *C. adunca*.

*Neobrachiella annulata* (Markewitsch, 1940)

1–3 экз. в ротовой полости у 3 *Coryphaenoides pectoralis* (Gilbert, 1892), добытых 2 февраля 1986 г. у тихоокеанского побережья Курильских островов; 2–4 экз. в ротовой полости 2 из 5 обследованных *C. pectoralis* добытых 23 марта 1976 г. на Северных Курилах (49°41'5 N, 156°34'9 E).

Описан от *Marukawichthys ambulator* (= *Eriunias grallator*) из Японии [2]. Известен от *Macrurus acrolepis* из впадины Тускарора [14]. Зарегистрирован в дальневосточных морях на *C. acrolepis*, *C. longifilis* [21, 37]. Найден на *C. cinereus*. Распространение и хозяева [21].

*Nectobranchia indivisa* Fraser, 1920

1 экз. на жаберных лепестках 1 *Platichthys stellatus*, обследованной 23 июля 1998 г. в бухте Северной (зал. Петра Великого); 1 экз. на жаберных лепестках 1 *Pleuronectes pinnifasciatus*, обследованной 5 декабря 1995 г. в устье р. Раздольной (Приморский край); 2 экз. на жаберных лепестках 1 *P. Stellatus*, обследованной 14 июля 1973 г. в зал. Анива (о. Сахалин); 9 экз. на жаберных лепестках 1 из 2 *P. Stellatus*, обследованных 4 октября 1973 г. в районе бухты Русской (52°25 N, 158°28 E); 1–19 экз. на жаберных лепестках 6 из 36 *Lepidopsetta bilineata*, обследованных в августе–октябре 1973 г. у о. Парамушир (Курильские острова) и о. Карагинского, в Кроноцком и Камчатском заливах, Камчатском проливе, в районе бухты Наталии (60°56 N, 173°09 E), Беринговом море (50°56 N, 173°09 E); 1 экз. на жаберных лепестках 1 из 11 *Microstomus pacificus*, обследованных 31 июля 1973 г. у восточного берега о. Сахалин (50°16 N, 144°20 E); 1–4 экз. на жаберных лепестках 8 из 10 обследованных *Pseudopleuronectes herzensteini* (Jordan et Snyder, 1901) в Японском море (42°45 N, 132°46 E) 1 августа 2013 г.

Самка, длина тела 1,3–2,6. Самец, длина тела 0,35–0,40.

Копепода *N. indivisa* – эндемик северной части Тихого океана, специфичный паразит камбаловых рыб – *Glyptocephalus stelleri*, *Lepidopsetta bilineata*, *L. polyxistra*, *Liopsetta glacialis*, *Limanda punctatissima punctatissima*, *Microstomus stelleri* и *Platichthys stellatus* [2, 8, 9, 10, 13, 21, 37, 38].

*Pseudopleuronectes herzensteini*, *P. pinnifasciatus* и *Microstomus pacificus* – новые хозяева *N. indivisa*.

*Naobranchia occidentalis* Wilson, 1915

6 экз. на жаберных лепестках 1 из 3 *Dasycottus setiger* Bean, 1890, следованных 27 августа 1973 г. в районе бухты Наталии (Берингово море); 1 экз. на жаберных лепестках 1 из 15 *Malacocottus zonurus* Bean, 1890, обследованных 1 сентября 1973 г. в Беринговом море (61°08 N, 179°12 W); 10–15 экз. на жаберных лепестках 2 из 20 *Lepidopsetta bilineata*, обследованных 08 марта 1967 г. в Бристольском заливе (Берингово море); 3 экз. на жаберных лепестках 1 *Lycogramma brunea*, обследованной 9 мая 1972 г. у о-вов Прибылова (56°27 N, 170°20 W); 2–31 экз. на жаберных лепестках 5 из 10 *Anoplopoma fimbria* (Pallas, 1814), обследованных в марте–мае 1972 г. у о-вов Прибылова (58°28 N, 171° W) и северной части Берингова моря (58°34 N, 176°44 W); 1–9 экз. на жаберных лепестках 11 из 15 *Limanda aspera*, обследованных 16–18 апреля 1971 г. в Беринговом море (57°55 N, 172°57 W); 1–12 экз. на жаберных лепестках 8 из 15 *L. Aspera*, обследованных 20 марта 1972 г. в Беринговом море (56°35 N, 172°25 W).

Эндемик северной части Тихого океана. Зарегистрирован на представителях 4 отрядов 7 семейств: Gadiformes – Gadidae: *Gadus macrocephalus*; Myctophiformes – Myctophidae: *Symbolophorus glacialis*; Pleuronectiformes: Bothidae – *Citharichthys sordidus*, Pleuronectidae – *Glyptocephalus zachirus*, *Hippoglossoides elassodon*, *Lepidopsetta bilineata*, *Limanda punctatissima punctatissima*, *Liopsetta glacialis*, *Microstomus stelleri*, *Parophrys vetulus*, *Platichthys stellatus*; Scorpaeniformes: Anoplopomatidae – *Anoplopoma fimbria*, Cottidae – *Myoxocephalus polyacanthocephalus*, *Icelus canaliculatus*, *I. euryops*, Scorpaenidae – *Sebastes aleutianus*, *S. alutus*, *S. babcocki*, *S. borealis*, *S. brevispinis*, *S. caurinus*, *S. diploproa*, *S. maliger*, *S. nigrocinctus*, *S. paucispinis*, *S. pinniger*, *S. proriger*, *S. rubrivinctus* [2, 8, 10, 13, 21, 27, 31, 32, 37, 38]. В дальневосточных морях, кроме того, зарегистрирован на *Lycodes* sp. и *Sebastolobus macrochir*.

*Dasycottus setiger*, *Malacocottus zonurus*, *Lycogramma brunea* и *Limanda aspera* – новые хозяева *N. occidentalis*.

**Выводы**

1. 14 видов копепод зарегистрированы на новых хозяевах: *Ergasilus auritus* на *Chaenogobius* sp., *Chondracanthus irregularis* – *Porocottus quadrifilis*, *Nemesis lamna* f. *vermin* – *Squalus acanthias*, *Caligus macarovi* – *Scomber japonicus*, *Lepeophtheirus chantoni* – *Cleisthenes herzensteini*, *Lepeophtheirus elegans* – *Liparis* sp., *Lepeophtheirus hospitalis* – *Limanda aspera*, *L. schrenki* и *Theragra chalcogramma*, *Lepeophtheirus parviventris* – *Boreogadus saida*, *Bothrocara mollis*, *Cleisthenes herzensteini*, *Melletes papillio*, *Myoxocephalus jaok* и *Reinhardtius hippoglossoides matsuurae*, *Lepeophtheirus salmonis* – *Cleisthenes herzensteini* и *Mugil cephalus*, *Pseudolepeophtheirus schmidti* – *Eleginus gracilis*, *Haemobaphes diceraus* – *Mallotus villosus*, *Clavella adunca* – *Pleurogrammus monopterygius*, *Nectobranchia indivisa* – *Pseudopleuronectes herzensteini*, *Pleuronectes pinnifasciatus* и *Microstomus pacificus*, *Naobranchia occidentalis* – *Dasycottus setiger*, *Malacocottus zonurus*, *Lycogramma brunea* и *Limanda aspera*.

2. Зарегистрировано 11 эндемиков:

- boreальной области – *Lepeophtheirus salmonis*;  
- северной части Тихого океана – *Caligus macarovi*, *Chondracanthus irregularis*, *Haemobaphes diceraus*, *Lepeophtheirus elegans*, *L. hospitalis*, *L. parviventris*, *Naobranchia occidentalis*, *Nectobranchia indivisa*;

- Японского моря – *Lepeophtheirus chantoni*, *Pseudolepeophtheirus schmidti*.

3. Впервые в Японском море зарегистрирован *Caligus pelagicus*.

4. *Clavella adunca* – космополит.

**Благодарности**

Выражаю искреннюю благодарность С.Е. Позднякову, чл.-корр. РАЕН, доктору биол. наук, зам. ген. директора, зав. научно-исследовательским отделением сырьевой базы прибрежного рыболовства ФГУП «ТИНРО-Центр», Л.С. Швецовоу, канд. биол. наук, зав. сектором прибрежных исследований ФГУП «ТИНРО-Центр» за представленный материал и Е.В. Казаченко за помощь в оформлении рисунков.

**Список литературы**

1. Быховская-Павловская И.Е. Паразиты рыб. Руководство по изучению. Л.: Наука, 1985. 121 с.
2. Маркевич А.П. Паразитические веслоногие рыб СССР. Киев: Изд-во АН УССР, 1956. 246 с.
3. Гусев А.В. Тип Членистоногие – Arthropoda. Класс Ракообразные – Crustacea // Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Л.: Наука, 1987. Т. 3. С. 378–524.
4. Пугачев О.Н. Каталог паразитов пресноводных рыб Северной Азии. Нематоды, скребни, пиявки, моллюски, ракообразные, клещи // Тр. ЗИН РАН. СПб., 2004. Т. 304. 250 с.
5. Виноградов С.А. Паразитические копеподы сем. Ergasilidae рыб южного Сахалина // Изв. ТИНРО. 2011. Т. 166. С. 208–218.
6. Yamaguti S. Parasitic copepods from fishes of Japan. Part 1. Cyclopoida, 1 // Publ. by author, 1936. 8 p.
7. Ohtsuka S., Ho J.s., Nagasawa K. Ergasilids copepods (Poecilostomatoida) in plankton samples from Hokkaido, Japan, with reconsideration of the taxonomic status of *Limnoncaea* Kobuko, 1914 // J. nat. Hist., 2004. Vol. P. 471–498.
8. Гусев А.В. Паразитические Copepoda с некоторых морских рыб // Паразитол. сб. 1951. Т. 13. С. 394–463.
9. Титар В.М. Паразитические веслоногие рыб залива Петра Великого (Японское море) // Эколого-морфологические особенности животных и среда их обитания. Киев: Наукова думка, 1981. С. 150–153.
10. Казаченко В.Н. Паразитические копеподы (Crustacea: Copepoda) рыб залива Петра Великого (Японское море) // ТИНРО-Центр, 1995. 60 с. Деп. в ВНИЭРХ 07.08.95, № 1281-рх95.
11. Ермоленко А.В., Казаченко В.Н. Паразитические ракообразные (Crustacea) рыб водоемов континентальной части бассейна Японского моря // Паразиты животных и растений. Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. С. 55–58.
12. Kim I.-H. Illustrated encyclopedia of fauna & flora of Korea. Cirripedia, symbiotic Copepoda, Pycnogonida, 1998. Vol. 38. 1038 p.
13. Fraser C.M. Copepods parasitic on fish from Vancouver Island region // Tr. Roy Soc. Canada, 1920. Ser. 3. Vol. 13, sec. 5. P. 45–67.
14. Kabata Z., Gusev A. V. Parasitic Copepoda of fishes from the collection of the Zoological Institute in Leningrad // J. Linn. Soc. (Zool.). 1966. Vol. 46, № 309. P. 155–207.
15. Kabata Z. Some Chondracanthidae (Copepoda) from fishes of British Columbia // J. Fish. Res. Bd. Canada. 1968. Vol. 25, № 2. P. 321–345.
16. Титар В.М., Казаченко В.Н. Паразитические веслоногие ракообразные некоторых рыб Чукотского моря // Вторая Всесоюз. конф. молодых ученых по вопросам сравнительной морфологии и экологии животных. М.: Наука, 1976. С. 50–51.
17. Yamaguti S. Parasitic copepods from fishes of Japan. Part 4. Cyclopoida, II // Vol. Jub. Yoshida, 1939. Vol. 2. P. 391–415 (k/k KVN).
18. Hewitt G.C. Some New Zealand parasitic Copepoda of the family Eudactylinidae // Zool. Publ. Victoria Univ. Wellington. 1969. № 49. P. 1–31.

19. Kabata Z. Parasitic Copepoda of British fishes // Ray. Soc. 1979. № 152. 468 p., figs. 1–2031.
20. Kabata Z. Copepods parasitic on fishes. Synopsis of the British fauna (N.S.). 1992. № 47. P. 1–246.
21. Казаченко В.Н. Паразитические копеподы (Crustacea: Copepoda) некоторых рыб северо-западной части Тихого океана // Науч. тр. Дальрыбвтуза. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2015. Т. 35. С. 29–36.
22. Виноградов С.А. Паразитические копеподы сем. Caligidae рыб прибрежных вод Сахалина // Изв. ТИНРО. 2012. Т. 168. С. 243–261.
23. Kurian C.V. Parasitic copepods of Travancore-Cochin // Bull. Cent. Res. Inst. Univ. Travancore, Ser. C, Nat. Sci. 1955. Vol. 4. P. 103–116.
24. Prabha C., Pillai N.K. Additions to the copepods parasitic on the marine fishes of India. 4. On twenty six species of caligids // Rec. zool. Surv. India, Occ. Paper. 1986. № 79. P. 1–139.
25. Vinoth R., Kumar A., Ravichandran S., Gopi M., Rameshkumar G. Infestation of copepod parasites in the food fishes of Vellar Estuary, southeast coast of India // Acta Parasitologica Globalis. 2010. Vol. 1 (1). P. 1–5.
26. Shiino S.M. Sammlung der Parasitischen Copepoden in der Praefecturuniversitat von Mie // Rep. Fac. Fish. Pref. Univ. Mie. 1959. Vol. 3, № 2. P. 334–374.
27. Ho J.-s., Kim I.-h. Copepods parasitic on fishes of western North Pacific // Publ. Seto. Mar. Biol. Lab. 1996. Vol. 37, № 3/6. P. 275–303.
28. Kabata Z. The species of *Lepeophtheirus* (Copepoda: Caligidae) from fishes of British Columbia // J. Fis. Res. Bd. Canada. 1973. Vol. 30. P. 729–759.
29. Lopez G. Redescription and ontogeny of *Lepeophtheirus kareii* Yamaguti, 1936 (Copepoda, Caligida) // Crustaceana. 1976. Vol. 31, № 2. P. 203–207.
30. Казаченко В.Н., Коротаева В.Д., Курочкин Ю.В. Паразитические ракообразные некоторых рыб Тихого океана // Изв. ТИНРО. 1972. Т. 81. С. 224–238.
31. Казаченко В.Н. Паразитические копеподы (Crustacea, Copepoda) рыб рода *Sebastes* (Scorpaenidae) // Тр. ЗИН АН СССР. 1986. Т. 155. С. 155–169.
32. Kabata Z. Copepoda and Branchiura. In L. Margolis, Z. Kabata (ed.) Guide to parasites of fishes of Canada. Part. 2. Crustacea // Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 1988. – Spec. publ. 101. P. 1–184.
33. Nagasawa K. Prevalence and abundance of *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda: Caligidae) on high-seas salmon and trout in the North Pacific Ocean // Bull. Jap. Soc. Fish. 1987. Vol. 53, № 12. P. 2151–2156.
34. Казаченко В.Н., Фещенко Н.В., На N.V. Паразитические копеподы рода *Haemobaphes* (Crustacea: Copepoda) в Тихом океане и Чукотском море // Науч. тр. Дальрыбвтуза. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2015. Т. 34. С. 10–18.
35. Grabda J. *Haemobaphes disphaerocephalus* sp. n. (Copepoda: Lernaeoceridae) from the gill cavity of *Thaleichthys pacificus* (Richardson, 1836) (Osmeridae) // Acta ichthyol. et Piscator. 1976. Vol. 6, № 1. P. 23–33.
36. Kabata Z., Ho J.-s. The origin and dispersal of hake (genus *Merluccius*: Pisces: Teleostei) as indicated by its copepod parasites // Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 1981. Vol. 19. P. 381–404.
37. Markevitch A.P., Titar V.M. Copepod parasites of marine fishes from the Soviet Far East // 4 Int. Congr. Parasitol. 1978. P. 38–39.
38. Kabata Z. Some Lernaeopodidae (Copepoda) from fishes of British Columbia // J. Fish. Res. Bd. Canada, 1970. Vol. 27. P. 865–885.

**Сведения об авторе:** Казаченко Василий Никитич, доктор биологических наук, профессор, e-mail: prof.kazachenko@gmail.com.

---

---

# ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО, АКУСТИКА

---

---

УДК 539.3

**С.М. Балабаев, Н.Ф. Ивина**

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,  
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

## МОДИФИЦИРОВАННЫЙ МЕТОД КОНЕЧНЫХ И ГРАНИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ АНАЛИЗА ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ ПЬЕЗОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

*Рассмотрен модифицированный метод конечных и граничных элементов для компьютерного моделирования гидроакустических пьезопреобразователей произвольной формы и размеров. Введено понятие матрицы импеданса излучения. Выполнен анализ основных параметров цилиндрического водозаполненного пьезопреобразователя с радиальной поляризацией. Определены оптимальные геометрические размеры пьезопреобразователя. Рассмотрено влияние паразитной изгибной моды.*

**Ключевые слова:** гидроакустический пьезопреобразователь, метод конечных элементов, метод граничных элементов.

**S.M. Balabaev, N.F. Ivina**

## MODIFIED FINITE ELEMENT-BOUNDARY ELEMENT METHOD FOR ANALYSIS OF HYDROACOUSTIC TRANSDUCERS

*A modified finite element-boundary element method for computer simulation of hydroacoustic piezoelectric transducers of arbitrary shape and size is considered. The concept of the radiation impedance matrix is introduced. Analysis of basic parameters of free-flooded piezoelectric cylinder transducer with radial polarization is executed. The optimal geometrical dimensions of piezoelectric transducer are determined. The influence of the parasitic bending mode is considered.*

**Key words:** hydroacoustic piezoelectric transducer, finite element method, boundary element method.

### Введение

Пьезокерамические преобразователи (пьезопреобразователи) являются обязательной и важной частью различных акустических устройств, применяемых в гидроакустике, рыбопоисковой технике, радиотехнике, автоматике, медицине. Классические задачи анализа пьезопреобразователей решены на основе их одномерных моделей. Основной недостаток одномерных моделей состоит в том, что они дают удовлетворительные результаты только для основной моды колебаний пьезопреобразователей простейших форм при определенных ограничениях на соотношение их резонансных и нерезонансных размеров. Для преобразователей с произвольным соотношением размеров задача становится принципиально трехмерной и описывается не обыкновенными дифференциальными уравнениями, а уравнениями электроупругости в частных производных со сложными граничными условиями. К настоящему времени аналитические решения этих задач в точной постановке не получены. Ограниченные возможности аналитических методов приводят к тому, что многие вопросы разработки пьезопреобразователей можно решить только опытным путем, что связано с большими затратами времени и материалов.

Компьютерное моделирование на основе современных численных методов: метода конечных элементов (МКЭ) и метода граничных элементов (МГЭ) – позволяет анализиро-

вать реальную конструкцию при варьировании ее параметров и таким образом значительно ускорить и удешевить разработку высокоэффективных пьезопреобразователей. Высокая производительность современных персональных компьютеров изменила соотношение между численными и аналитическими методами в пользу первых. Современные численные методы следует считать наиболее эффективным и перспективным математическим аппаратом для анализа реальных пьезопреобразователей. Важными преимуществами МКЭ и МГЭ являются эффективность, относительная простота, универсальность: многие подпрограммы не зависят от геометрической формы преобразователя. Таким образом, авторы солидарны с мнением известного сторонника численных методов в акустике В.Ю. Завадского [1]: «Высокая производительность компьютеров изменила соотношение между вычислениями при использовании теоретических решений в виде формул для волновых задач и численными алгоритмами, схемами, разностными методами, применяемыми непосредственно к исходным уравнениям задачи. Конечно, формулы сохранили свое значение как более наглядные средства представления решения простых идеализированных задач. В то же время стало ясно, что в более сложных задачах необходимо использовать всю мощность компьютера и применять универсальные алгоритмы».

Работы по применению современных численных методов, давшие мощный толчок компьютерному моделированию пьезопреобразователей, были начаты в 70-х гг. прошлого столетия практически одновременно и независимо в США и Японии. В статье [2] изложен один из методов учета жидкой акустической нагрузки, основанный на применении граничного интегрального уравнения Гельмгольца, фактически МГЭ с кусочно-постоянной аппроксимацией искомых функций, хотя сам этот термин в то время еще не сформировался, а был введен позже.

### **Объекты и методы исследований**

Авторами в статье [3] разработан комбинированный метод конечных и граничных элементов для анализа пьезопреобразователей произвольной формы и размеров. В комбинированном методе преобразователи моделируются пьезоэлектрическими конечными элементами второго порядка. Для учета акустического излучения используется граничное интегральное уравнение Гельмгольца, которое интегрируется численно с использованием граничных элементов с квадратичной аппроксимацией. Использование таких элементов значительно увеличивает точность расчетов и уменьшает размеры глобальных матриц, а следовательно, и время вычислений. Применение комбинированного метода позволяет моделировать пьезопреобразователи в точной постановке и учесть все эффекты, которые принципиально не могут быть учтены при использовании аналитических методов. Как показано в статье [3], комбинированный метод конечных и граничных элементов приводит к системе двух матричных уравнений большой размерности относительно узловых смещений и давления. В данной работе представлена модификация комбинированного метода с введением импедансной матрицы, что позволит записать окончательное выражение в виде одного матричного уравнения большой размерности.

### **Результаты и их обсуждение**

Как показано в монографии авторов [4], колебания пьезопреобразователя произвольной геометрической формы и размеров описываются матричной системой линейных алгебраических уравнений большой размерности

$$([H_{uu}] - \omega^2 [M] + i\omega [C])\{u_i\} = \{H_{uv}\} + \{F\}. \quad (1)$$

Обозначения в (1) соответствуют принятым в [4]:  $[H_{uu}]$  – глобальная матрица жесткости с учетом электрических граничных условий;  $\omega$  – круговая частота;  $[M]$  – глобальная

матрица массы;  $i$  – мнимая единица;  $[C]$  – демпфирующая матрица для учета механических потерь;  $\{u_i\}$  – вектор узловых смещений;  $\{H_{uv}\}$  – глобальная матрица-столбец пьезоэлектрической «жесткости»;  $\{F\}$  – вектор узловых сил.

Для решения задач излучения нужно определить вектор узловых сил, учитывающий реакцию жидкости на колебания пьезопреобразователя, и описать излучаемое акустическое поле. Для этих целей используется граничное интегральное уравнение Гельмгольца, которое определяет давление в произвольной точке пространства, если известны распределения давления и нормальной компоненты колебательной скорости на замкнутой поверхности  $S$  преобразователя [5]:

$$C(X)P(X) = \iint_S (P(Q)\partial G(X, Q)/\partial n + i\omega\rho G(X, Q)V_n(Q))dS, \quad (2)$$

где  $P(X)$ ,  $P(Q)$  – давления в точке  $X$  акустического поля и в точке  $Q$  на поверхности  $S$ ;  $\rho$  – плотность жидкости;  $V_n(Q)$  – колебательная скорость, нормальная к поверхности  $S$ ;  $\bar{n}$  – внешняя по отношению к излучающей поверхности единичная нормаль;  $G(X, Q)$  – функция Грина, которая в общем случае трехмерного пространства равна

$$G(X, Q) = G(R) = \exp(-ikR) / R.,$$

где  $R$  – расстояние между точками  $X$  и  $Q$ ;  $k$  – волновое число,  $k = \omega/c$ ,  $c$  – скорость звука в жидкости. Коэффициент  $C(X)$  в уравнении (2) определяется в зависимости от расположения точки  $X$  относительно излучающей поверхности  $S$ .  $C(X)=4\pi$ , если точка  $X$  находится в пространстве вне поверхности  $S$ ;  $C(X)=0$ , если точка  $X$  находится внутри  $S$ .

Для интегрирования уравнения (2) излучающая поверхность  $S$  разбивается на конечное количество граничных элементов, число узловых точек которых зависит от порядка аппроксимирующих функций. Порядок аппроксимации в пределах граничного элемента учитывается выбором соответствующих функций формы  $N_j(x_1, x_2)$ , которые определены в локальных координатах  $x_1, x_2$ . Тогда нормальную скорость и давление в пределах граничного элемента с номером  $k$  можно выразить следующим образом:

$$V_n^k = \sum_{j=1}^{l+1} N_j V_j^k, \quad P^k = \sum_{j=1}^{l+1} N_j P_j^k, \quad (3)$$

где  $l$  – порядок аппроксимации функций;  $V_j^k, P_j^k$  – узловые значения функций. Интегралы в уравнении (2) можно представить как сумму интегралов по граничным элементам.

При выполнении интегрирования в пределах каждого граничного элемента удобно использовать локальные координаты; тогда компоненты элементных матриц можно ввести следующим образом:

$$a_{jm}^k = \iint_{S_k} N_j \partial G / \partial n \det[J] dx_1 dx_2; \quad b_{jm}^k = \iint_{S_k} N_j G \det[J] dx_1 dx_2;$$

$$c_m^k = \iint_{S_k} \partial R^{-1} / \partial n \det[J] dx_1 dx_2, \quad (4)$$

где  $\det[J]$  – якобиан.

Если точку  $m$  располагать последовательно во всех узловых точках, то получим систему линейных уравнений относительно граничных узловых значений давления и нормальной скорости

$$\sum_k \sum_j a_{jm}^k P_j^k - (4\pi + \sum_k c_m^k) P_m = -i\omega\rho \sum_k \sum_j b_{jm}^k V_j^k, \quad (5)$$

где  $m=1 \div M$ ;  $M$  – количество узловых точек и количество уравнений системы (5).

Определим векторы давления  $\{P\}$  и нормальной скорости  $\{V_n\}$  как совокупность соответствующих узловых значений и перепишем систему уравнений (5) в виде

$$[A]\{P\} = -i\omega\rho [B]\{V_n\}, \quad (6)$$

где  $[A]$  и  $[B]$  – глобальные матрицы МГЭ, полученные специальным суммированием соответствующих элементных матриц (4). Уравнение (6) можно использовать для решения задач Неймана и Дирихле, определяя решение во внутренней или внешней области.

Для заданной точки  $X$  можно вычислить давление в акустическом поле по известным граничным значениям давления и нормальной скорости в соответствии с уравнением (2)

$$P = (4\pi)^{-1} (\{A_1\}^T \{P\} + i\omega\rho \{B_1\}^T \{V_n\}), \quad (7)$$

где  $\{A_1\}^T$ ,  $\{B_1\}^T$  – матрицы-строки для заданной точки акустического поля. Выражение (7) применяется для определения поля излучения в ближней и дальней зоне, а также границы ближней зоны.

Введем понятие матрицы импеданса излучения, ее можно получить из системы уравнений (6) по определению как отношение силы к скорости узловых точек:

$$[Z] = -i\omega\rho [S][A]^{-1}[B], \quad (8)$$

где  $[S]$  – диагональная матрица площади.

Импеданс излучения зависит от геометрической формы пьезопреобразователя и частоты. При использовании классических одномерных моделей импеданс – скалярная величина, которая характеризует реакцию акустической среды и равна отношению силы, действующей на излучающую поверхность, к ее колебательной скорости. Если излучающая поверхность представлена граничными элементами с узловыми точками, то можно определить собственный и взаимный импеданс каждой точки (точнее небольшой области вблизи этой точки) и сформировать импедансную матрицу.

Реакцию акустической среды выразим через граничное давление

$$\{F\} = -[W][S]\{P\}, \quad (9)$$

где  $[W]$  – матрица направляющих косинусов нормали к поверхности излучения. Давление на границе определим из уравнения (6):

$$\{P\} = -i\omega\rho [A]^{-1}[B]\{V_n\}. \quad (10)$$

Выразив нормальные скорости на поверхности излучателя через узловые смещения

$$\{V_n\} = i\omega[W]^T \{u_i\}, \quad (11)$$

из (10) получим

$$\{P\} = \omega^2 \rho [A]^{-1} [B][W]^T \{u_i\}, \quad (12)$$

Перепишем (9) с учетом (8) и (12):

$$\{F\} = -i\omega[W][Z][W]^T \{u_i\}. \quad (13)$$

Подставив выражение (13) в систему (1), получим окончательную систему уравнений модифицированного комбинированного метода конечных и граничных элементов с учетом акустического излучения в виде одного матричного уравнения большой размерности

$$([H_{uu}] - \omega^2[M] + i\omega[C] + i\omega[W][Z][W]^T) \{u_i\} = \{H_{uv}\}. \quad (14)$$

Из системы (14) можно определить узловые смещения пьезопреобразователя, затем по выражению (11) – нормальную скорость узловых точек, выходящих на поверхность излучения, и давление в этих точках (12). Далее определяется давление в дальней и ближней зоне по выражению (7).

На основе изложенного алгоритма разработан пакет программ для анализа осесимметричных гидроакустических преобразователей. В осесимметричных (фактически двумерных) задачах применяются кольцевые конечные и граничные элементы, поэтому разбивать на элементы необходимо только осевое сечение преобразователя. Для расчетов используются конечные и граничные элементы второго порядка (с квадратичной аппроксимацией). Для демонстрации возможностей разработанного алгоритма и пакета программ рассмотрим цилиндрический радиально поляризованный пьезопреобразователь с открытой внутренней полостью (в отечественной терминологии – водозаполненный, в американской – free-flooded – «свободно-затопленный»).

Водозаполненный пьезопреобразователь был исследован экспериментально в пионерской работе [6]. Было показано, что ниже основного «рабочего» радиального резонанса пьезоцилиндра наблюдается еще один резонанс, в дальнейшем названный объемным. Этот резонанс обусловлен излучением внутренней цилиндрической поверхности и резонансом внутреннего объема жидкости и части окружающей жидкости.

Эта работа стимулировала большой интерес гидроакустиков к разработке математических моделей водозаполненного пьезоцилиндра, являющегося широкополосным двухрезонансным гидроакустическим преобразователем, анализу и оптимизации его параметров. Как отмечено в статье [7], эта задача является «интересной и содержательной задачей акустики, имеющей богатую историю». Заметим также, что для первого автора знакомство с этой задачей произошло в январе 1972 г. при подготовке дипломного проекта в одном ленинградском «почтовом ящике» (т.е. это – первая и, наверное, последняя «акустическая любовь»).

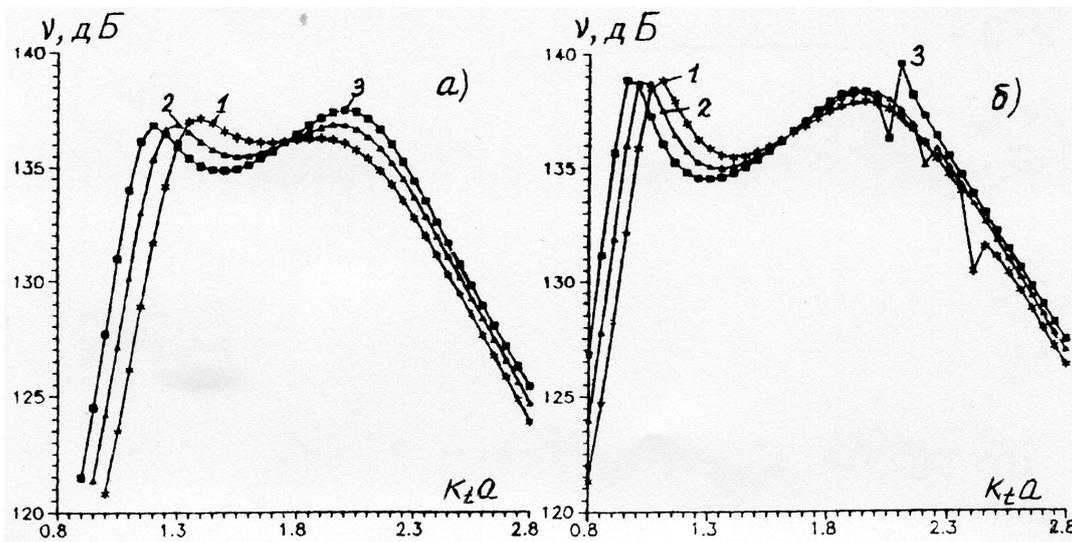
Приближенные аналитические модели водозаполненного пьезоцилиндра были разработаны рядом зарубежных и отечественных акустиков [5, 7, 8]. Однако они не учитывают многие принципиально важные эффекты.

В статье [8] разработана численно-аналитическая модель водозаполненного пьезоцилиндра с радиальной поляризацией. Для моделирования пьезоцилиндра использована теория оболочек, а для численного интегрирования граничного интегрального уравнения Гельмгольца – известная программа SHIP, ранее разработанная под руководством автора статьи [8]. Как показано авторами данной статьи в работе [9], теория оболочек, а следовательно, и предложенная комбинированная модель в статье [8] не учитывают изгибные моды, поэтому полученная на ее основе информация будет неполной.

Рассмотрим водозаполненный пьезоцилиндр с радиальной поляризацией, выполненный из пьезокерамики ЦТБС-3, параметры которой соответствуют справочным данным [10], на внешней и внутренней цилиндрических поверхностях которого нанесены сплошные серебряные электроды. Размеры цилиндра:  $a$  – внешний радиус,  $l$  – высота,  $h$  – толщина стенки. В дальнейшем размеры определяются безразмерными отношениями:  $l/a$  и  $h/a$ , для краткости – просто  $l$  и  $h$ .

Для анализируемого пьезопреобразователя рассчитывались частотные характеристики чувствительности в режиме излучения в точке дальнего поля в радиальном направлении (на плоскости симметрии цилиндра, в дБ относительно уровня 1 мкПа/В при 1 м), нормированные диаграммы направленности в вертикальной плоскости, частотные зависимости безразмерной активной составляющей акустической мощности, а также распределения модулей нормальной (радиальной) компоненты колебательной скорости и давления на внешней и внутренней цилиндрических поверхностях пьезоцилиндра.

Ранее [3] для водозаполненного тангенциально поляризованного пьезоцилиндра было введено понятие оптимальных геометрических размеров. Под ними понимаются размеры, при которых чувствительность излучения на объемном и радиальном резонансах примерно одинакова, а неравномерность частотной характеристики не превышает 3 дБ.



Частотные характеристики чувствительности в режиме излучения:

а –  $h = 0,2$ ,  $1 - l = 0,7$ ,  $2 - l = 0,8$ ,  $3 - l = 0,9$ ; б –  $h = 0,15$ ,  $1 - l = 1,0$ ,  $2 - l = 1,1$ ,  $3 - l = 1,2$

The frequency sensitivity characteristics in the radiation mode:

а –  $h = 0,2$ ,  $1 - l = 0,7$ ,  $2 - l = 0,8$ ,  $3 - l = 0,9$ ; б –  $h = 0,15$ ,  $1 - l = 1,0$ ,  $2 - l = 1,1$ ,  $3 - l = 1,2$

На рисунке, а приведены частотные характеристики чувствительности излучения  $\nu$  радиально поляризованного пьезоцилиндра с толщиной стенки  $h = 0,2$  при высотах, близких к оптимальным. По оси абсцисс отложена безразмерная частота  $k_{\perp}a$ ,  $k_{\perp}$  – волновое число поперечной волны в пьезокерамике. Из этого рисунка следует, что оптимальная вы-

сота равна примерно 0,85. При высоте пьезоцилиндра меньше оптимальной чувствительность на объемном резонансе больше, чем на радиальном, а при высоте цилиндра больше оптимальной – наоборот. Максимальная чувствительность в режиме излучения для радиально поляризованного цилиндра равна примерно 137 дБ, т.е. меньше, чем у тангенциально поляризованного пьезоцилиндра [3]. Это объясняется тем, что секционированный пьезоцилиндр работает на продольном пьезоэффекте, а радиально поляризованный – на поперечном. Поэтому в первом случае коэффициент электромеханической связи больше, чем во втором. Это хорошо известно из приближенной одномерной теории и из практики.

Отметим, что в известной статье [6] измерена чувствительность пьезоцилиндра из керамики цирконата титаната свинца (конкретный тип не указан) с размерами: наружный радиус 1,59 см, толщина стенки 0,32 см, высота цилиндра 1,21 см, что соответствует принятым безразмерным отношениям:  $l = 0,76$ ,  $h = 0,2$ . Из соответствующей экспериментальной кривой следует, что чувствительность на радиальном резонансе меньше, чем на объемном, так как высота цилиндра меньше оптимальной. Следовательно, чувствительность можно повысить, увеличив высоту цилиндра до оптимальной.

Для пьезоцилиндра с меньшей толщиной стенки почти равномерная частотная характеристика чувствительности излучения получается при большей высоте (рисунок, б). На рисунке, б видно, что плавный ход кривой правее радиального резонанса искажают небольшие дополнительные экстремумы. Они связаны с проявлением изгибной по высоте цилиндра моды. При увеличении высоты цилиндра частота изгибной моды приближается к частоте радиального резонанса. У изгибной моды наблюдаются две узловые окружности колебательной скорости по высоте пьезоцилиндра. При этом на концах пьезоцилиндра колебательная скорость достигает большой величины. Это приведет к большим механическим напряжениям в пьезоцилиндре в местах узловых окружностей, а следовательно, может привести к разрушению пьезокерамического цилиндра при подаче на него большого электрического напряжения. По этой причине нужно избегать попадания паразитной изгибной моды в рабочую полосу частот пьезопреобразователя. Этого можно достичь увеличением стенки пьезоцилиндра.

### **Выводы**

Разработан модифицированный комбинированный метод конечных и граничных элементов для компьютерного моделирования и анализа гидроакустических пьезопреобразователей произвольной формы и размеров. Для учета влияния жидкой акустической нагрузки введена матрица импеданса излучения. Введение импедансной матрицы позволило записать окончательную систему уравнений модифицированного комбинированного метода конечных и граничных элементов с учетом акустического излучения в виде одного матричного уравнения большой размерности. Выполнен анализ основных параметров цилиндрического водозаполненного пьезопреобразователя с радиальной поляризацией; определены его оптимальные геометрические размеры. Показано, что характеристики такого пьезопреобразователя может искажать паразитная изгибная мода, которая может привести к разрушению пьезокерамического цилиндра при подаче на него большого электрического напряжения.

В заключение отметим, что пьезоцилиндр с внутренним твердым заполнением обладает характеристиками, подобными характеристикам водозаполненного цилиндра. При заполнении пьезоцилиндра легким материалом с небольшим акустическим сопротивлением, близким к акустическому сопротивлению воды (эбонит, сферопластик и т. п.), он также обладает широкополосной частотной характеристикой с двумя максимумами. Это показано авторами в работах [11, 12]. Таким образом, пьезоцилиндры с внутренним твердым заполнением, выполненным из легких материалов, также можно использовать в широкополосных гидроакустических антеннах.

### Список литературы

1. Завадский В.Ю. Моделирование волновых процессов. М.: Наука, 1991. 248 с.
2. Smith R.R., Hunt J.T., Barach D. Finite element analysis of acoustically radiating structures with applications to sonar transducers // Journ. Acoust. Soc. Amer. 1973. Vol. 54, № 5. P. 1277–1288.
3. Балабаев С.М., Ивина Н.Ф. Анализ пьезопреобразователей комбинированным методом конечных и граничных элементов // Акуст. журн. 1996. Т. 42, № 2. С. 172–178.
4. Балабаев С.М., Ивина Н.Ф. Компьютерное моделирование и анализ собственных колебаний пьезопреобразователей методом конечных элементов. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2007. 242 с.
5. Шендеров Е.Л. Излучение и рассеяние звука. Л.: Судостроение, 1989. 304 с.
6. McMahon G.W. Performance of open ferroelectric ceramic cylinders in underwater transducers // Journ. Acoust. Soc. Amer. 1964. Vol. 36, № 3. P.528–533.
7. Вовк И.В. Излучение звука конечной решеткой, состоящей из открытых цилиндрических пьезокерамических оболочек // Акуст. журн. 1992. Т. 38, № 3. С.427–434.
8. Rogers P.H. Mathematical model for a free-flooded piezoelectric cylinder transducer // Journ. Acoust. Soc. Amer. 1986. Vol. 80, № 1. P. 13–18.
9. Балабаев С.М., Ивина Н.Ф. Анализ собственных колебаний пьезокерамических цилиндров произвольных размеров // Прикл. механика. 1989. Т. 25, № 10. С. 37–41.
10. Пьезокерамические преобразователи / под ред. С.И. Пугачева. Л.: Судостроение, 1984. 256 с.
11. Балабаев С.М., Ивина Н.Ф. Акустическое излучение цилиндрического пьезопреобразователя с внутренним твердым заполнением // Акуст. журн. 1999. Т. 45, № 4. С. 450–453.
12. Balabaev S.M., Ivina N.F. Computer modeling and analysis of a cylindrical piezoceramic transducer with interior solid filling // Journ. Acoust. Soc. Amer. 1999. Vol. 106, № 4, Pt. 2. P. 2196.

**Сведения об авторах:** Балабаев Сергей Михайлович, доктор физико-математических наук, профессор, e-mail: ivinanata@yandex.ru;

Ивина Наталья Федоровна, доктор технических наук, доцент, e-mail: ivinanata@yandex.ru.

---

---

# СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ, УСТРОЙСТВА И СИСТЕМЫ, ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА СУДОВОЖДЕНИЯ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ СУДОВ

---

---

УДК 533.62.01

**Б.И. Руднев, О.В. Повалихина**

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,  
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

## МЕТОД ОСАДИТЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОТБОРА ЧАСТИЦ САЖИ ИЗ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ

*Рассмотрен метод осадительной поверхности для взятия проб частиц сажи из пламени углеводородных топлив. Приведен расчет основных характеристик устройства для отбора частиц сажи из камеры сгорания судового дизеля 6ЧН 24/36, реализующий указанный метод, представлены некоторые результаты обработки проб частиц сажи на электронном микроскопе S 5500 Hitachi (Япония).*

**Ключевые слова:** частицы сажи, проба, осадительная поверхность, камера сгорания, судовой дизель, электронный микроскоп.

**B.I. Rudnev, O.V. Povalikhina**

## METHOD PRECIPITATELY OF SURFACE AND DEVICE FOR SELECTION PARTICLES OF SOOT FROM MARINE DIESEL COMBUSTION CHAMBER

*Method precipitately of surface for selection tests particles of soot from flame hydrocarbon of fuels is given. Calculation basic of data device for selection particles of soot from marine diesel combustion chamber 6 ChN 24/36 have this method is shown. Some results of adaptation tests particles of soot on electronic microscope S 5500 Hitachi (Japan) is given.*

**Key words:** particles of soot, test, precipitately surface, combustion chamber, marine diesel, electronic microscope.

### Введение

Использование хорошо развитых в теплофизике зональных методов расчета теплообмена излучением [1, 2, 3] применительно к камере сгорания судовых дизелей в значительной степени ограничивается отсутствием довольно большого количества «входных» параметров (параметров, которые являются исходными для расчета процесса теплообмена излучением), позволяющих получать достоверные расчетные результаты. Так, например, при фундаментальной постановке задачи теплообмена излучением к входным параметрам относятся две группы величин, определяющих энергетическую часть: температура излучателя (пламени), степень черноты пламени и температура поверхностных зон и оптико-геометрическую часть: локальные геометрические и обобщенные угловые коэффициенты излучения. Количественное определение названных величин требует, как правило, проведения экспериментальных исследований на работающих судовых дизелях. В настоящей статье авторами предлагается использовать метод осадительной поверхности для отбора частиц сажи из камеры сгорания судового дизеля 6 ЧН 24/36 с помощью разработанного для этой цели устройства. Последующая обработка отобранных проб частиц сажи на ска-

нирующем электронном микроскопе с повышенной разрешающей способностью S 5500 Hitachi (Япония) позволило определить как средний диаметр частиц сажи, так и распределение их по размерам.

### Расчет основных характеристик устройства для отбора частиц сажи из камеры сгорания судового дизеля

Для реализации метода осадительной поверхности [4] применительно к камере сгорания судового дизельного двигателя авторами было разработано специальное устройство, представляющее собой сопло определенных размеров. Рабочая часть сопла рассчитывалась по рекомендациям [5]. Расчетная схема рабочей части сопла устройства для отбора проб сажи из камеры сгорания судового дизельного двигателя показана на рис. 1.

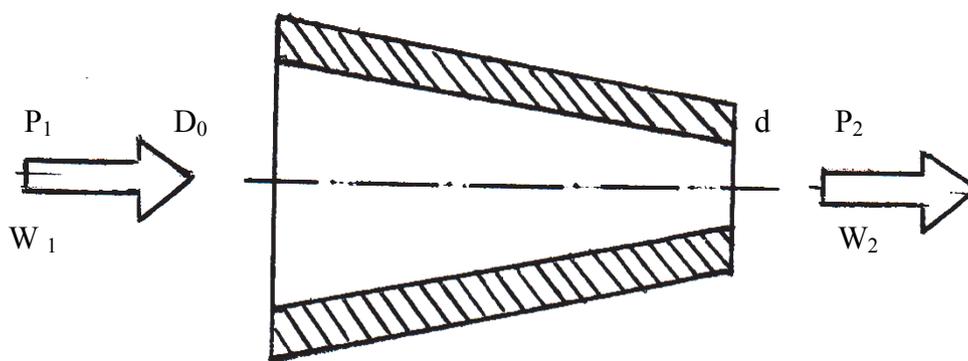


Рис. 1. Расчетная схема рабочей части сопла устройства для отбора проб сажи  
Fig. 1. Calculation scheme of operational segment of nozzle for selection particles of soot

Исходные параметры для расчета рабочей части сопла имели следующие значения:

- давление рабочего тела на входе в сопло  $P_1 = 150 \text{ кгс/см}^2 \approx 15 \text{ МПа}$  (эта величина примерно равна максимальному давлению сгорания  $P_{\max}$  в современных судовых мало- и среднеоборотных дизельных двигателях);

- давление рабочего тела на выходе из сопла  $P_2$  задается из соображений безопасной реализации метода осадительной поверхности применительно к условиям камеры сгорания судового дизельного двигателя:  $P_2 = 1,5 \text{ кгс/см}^2 \approx 0,15 \text{ МПа}$ ;

- коэффициент сопла  $\beta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{0,15}{15} = 0,01$ ;

- скорость рабочего тела на входе в сопло  $w_1 \approx 35 \text{ м/с}$  задается по экспериментальным данным, приведенным в [6, 7, 8];

- диаметр входного отверстия сопла,  $D_0 = 8 \text{ мм} = 0,008 \text{ м}$ , определяется конструкцией патрубка для индицирования дизельного двигателя и является стандартизированной величиной;

- диаметр выходного отверстия сопла  $d$  определяется в результате расчета.

Суть расчета рабочей части сопла устройства для отбора проб сажи из камеры сгорания сводится к следующему. Хорошо известно, что при течении газа через сопло поток ускоряется, при этом происходит перераспределение энергии потока: выходная скорость возрастает  $w_2 > w_1$ , а давление газа на выходе из сопла уменьшается  $P_2 < P_1$ . Поскольку коэффициент сопла  $\beta$  в нашем случае имеет весьма малое значение (0,01), то следует ожидать, что выходная скорость потока  $w_2$  будет близка к максимально возможной [9].

Оценим величину скорости звука применительно к условиям камеры сгорания дизельного двигателя средней форсировки по параметрам рабочего процесса. Максимальную температуру газа в камере сгорания  $T_{\max}$  принимаем равной 1800 К [7].

$$a_{зв} = \sqrt{kRT_{\max}} = \sqrt{1,4 \cdot 287 \cdot 1800} = 850 \text{ м/с}, \quad (1)$$

где  $k$  – показатель адиабаты, равный 1,4;  $R$  – газовая постоянная для воздуха, равная 287 Дж/(кмоль К).

Расчет по параметрам воздуха вместо параметров выхлопных газов дает погрешность менее 3 %, и ею пренебрегаем [7]. Из газовой динамики также известно [8], что при истечении газа через сопло ни при каких условиях выходная скорость  $w_2$  не может превышать скорость звука. Для нашего случая максимальная скорость на выходе из сопла может быть найдена по зависимости (2) [5]:

$$w_{\max} = \sqrt{\frac{2k}{k+1} RT_{\max}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,4}{1,4+1} \cdot 287 \cdot 1800} = 776,3 \text{ м/с}. \quad (2)$$

Таким образом, условие  $w_{\max} < a_{зв}$  выполняется, и это позволяет определить исходный диаметр выходного сечения сопла по уравнению неразрывности потока (закону сохранения массы) в виде

$$w_1 S_1 = w_2 S_2, \quad (3)$$

где  $w_1, w_2$  – входная и выходная скорости потока газа в сопле, в нашем случае  $w_2 = w_{\max}$ , м/с;  $S_1, S_2$  – площадь входного и выходного сечения сопла соответственно, м<sup>2</sup>.

Учитывая, что  $S_1 = \frac{\pi D_0^2}{4}$  и  $S_2 = \frac{\pi d^2}{4}$ , из (3) получаем  $w_1 \frac{\pi D_0^2}{4} = w_2 \frac{\pi d^2}{4}$  или с учетом преобразований

$$w_1 D_0^2 = w_2 d^2, \quad (4)$$

из (4) следует, что

$$d = \sqrt{\frac{w_1 D_0^2}{w_2}} = D_0 \sqrt{\frac{w_1}{w_2}} = 0,008 \sqrt{\frac{35}{776,3}} = 0,0017 \text{ м} = 1,7 \text{ мм}. \quad (5)$$

Длину рабочей части сопла  $\ell$  определяем по рекомендациям работы [1]:

$$\ell \approx 3(D_0 - d) = 3(0,008 - 0,0017) = 0,0189 \text{ м} \approx 0,019 \text{ м} \approx 19 \text{ мм}. \quad (6)$$

Таким образом, все параметры рабочей части сопла для устройства по отбору проб сажи из камеры сгорания определены.

Общий вид этого устройства и его детали представлены на рис. 2 и 3. Устройство изготовлено из стали 45. На рис. 4 показан общий вид стеклянных пластинок для осаждения частиц сажи, используемых в эксперименте.



Рис. 2. Общий вид устройства для отбора частиц сажи из камеры сгорания судового дизеля 6ЧН 24/36  
Fig. 2. General complexion of device for selection particles of soot from marine diesel combustion chamber 6 ChN 24/36

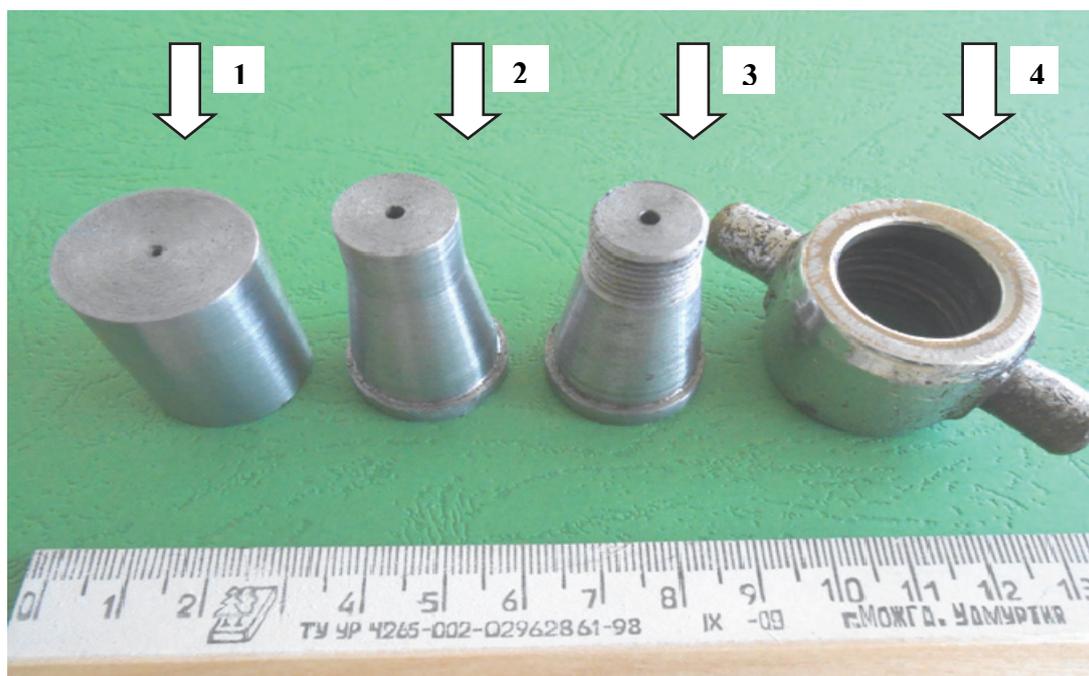


Рис. 3. Детали устройства для отбора проб частиц сажи из камеры сгорания судового дизеля 6ЧН 24/36: 1 – цилиндрическая насадка с отверстием диаметром 1 мм; 2 и 3 – сопла (основное и запасное) с входным диаметром 8 мм и выходным диаметром 1,7 мм; 4 – накидная гайка для крепления устройства на индикаторный канал дизеля  
Fig. 3. Details of device for selection particles of soot from marine diesel engine combustion chamber 6 ChN 24/36: 1 – cylindrical detail with hole of diameter 1 mm; 2 u 3 – nozzles (basic and duplicate) with input of diameter 8 mm and exital of diameter 1,7 mm; 4 – scale nut for crape device on indicator of diesel

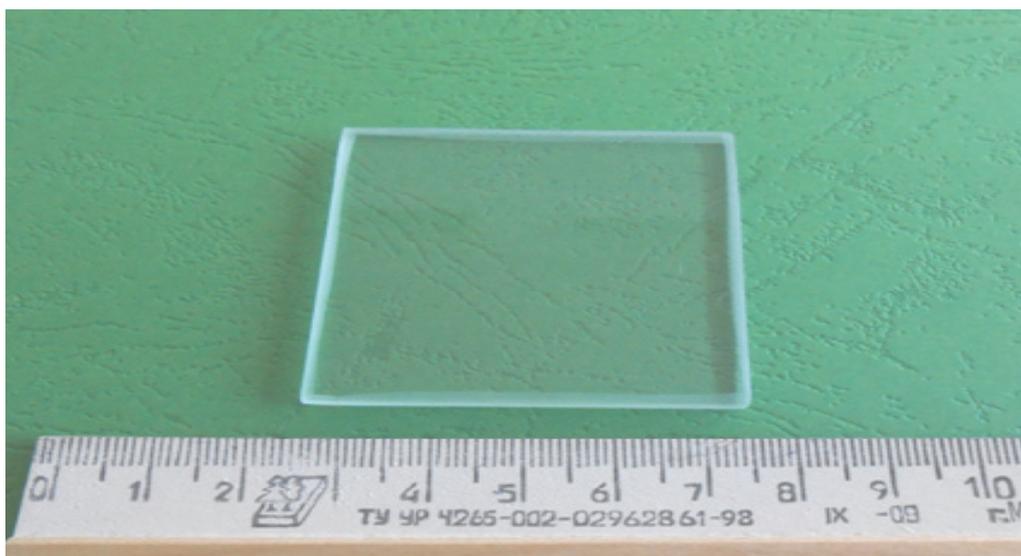


Рис. 4. Общий вид стеклянных пластинок для осаждения частиц сажи  
Fig. 4. General complexion glass of slabs for beset particles of soot

Разработанное и представленное авторами настоящей статье устройство для отбора частиц сажи из камеры сгорания судового дизельного двигателя устанавливается на специальном тракте, принципиальная схема которого показана на рис. 5.

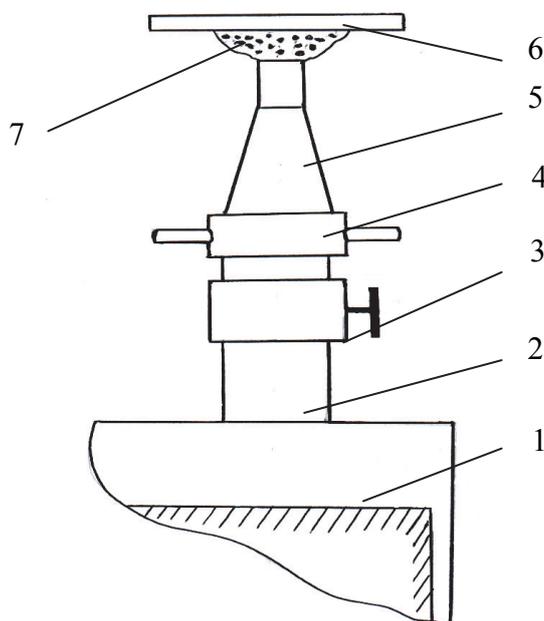


Рис. 5. Принципиальная схема тракта для отбора частиц сажи из камеры сгорания судового дизельного двигателя: 1 – камера сгорания; 2 – индикаторный канал; 3 – индикаторный кран; 4 – накидная гайка устройства для отбора частиц сажи; 5 – устройство для отбора частиц сажи; 6 – осадительная поверхность; 7 – поток газа из камеры сгорания

Fig. 5. Principial scheme of canal for selection particles of soot from marine diesel combustion chamber: 1 – combustion chamber; 2 – indicator canal; 3 – indicator tap; 4 – scale nut of device for selection particles of soot; 5 – device for selection particles of soot; 6 – beset surface; 7 – flow of gas from combustion chamber

Большинство судовых дизельных двигателей оборудовано индикаторными каналами для снятия индикаторных диаграмм или максимальных давлений сгорания и сжатия («гребенки» давления). Это облегчает доступ в камеру сгорания и позволяет использовать индикаторный канал как тракт для отбора частиц сажи.

После того как устройство смонтировано на дизельном двигателе (это осуществляется с помощью накидной гайки 4), непосредственно методика отбора частиц сажи сводится к следующему.

1. Дизельный двигатель запускается и прогревается (контроль осуществляется по температурам охлаждающей воды и смазочного масла) до рабочего состояния, при этом индикаторный кран 3 (см. рис. 5) закрыт.

2. Отбор проб частиц сажи производится при работе дизельного двигателя по стандартной нагрузочной характеристике (от холостого хода до 100 % нагрузки). На каждой «точке» нагрузочной характеристики дизельного двигателя отбор частиц сажи на осадительную поверхность (стеклянную пластинку) производится не менее 5 раз, при этом время открытия индикаторного крана составляет 2–3 с, что соответствует примерно отбору частиц сажи за 10–15 рабочих циклов для четырехтактного судового дизельного двигателя с частотой вращения коленчатого вала  $600 \text{ мин}^{-1}$ .

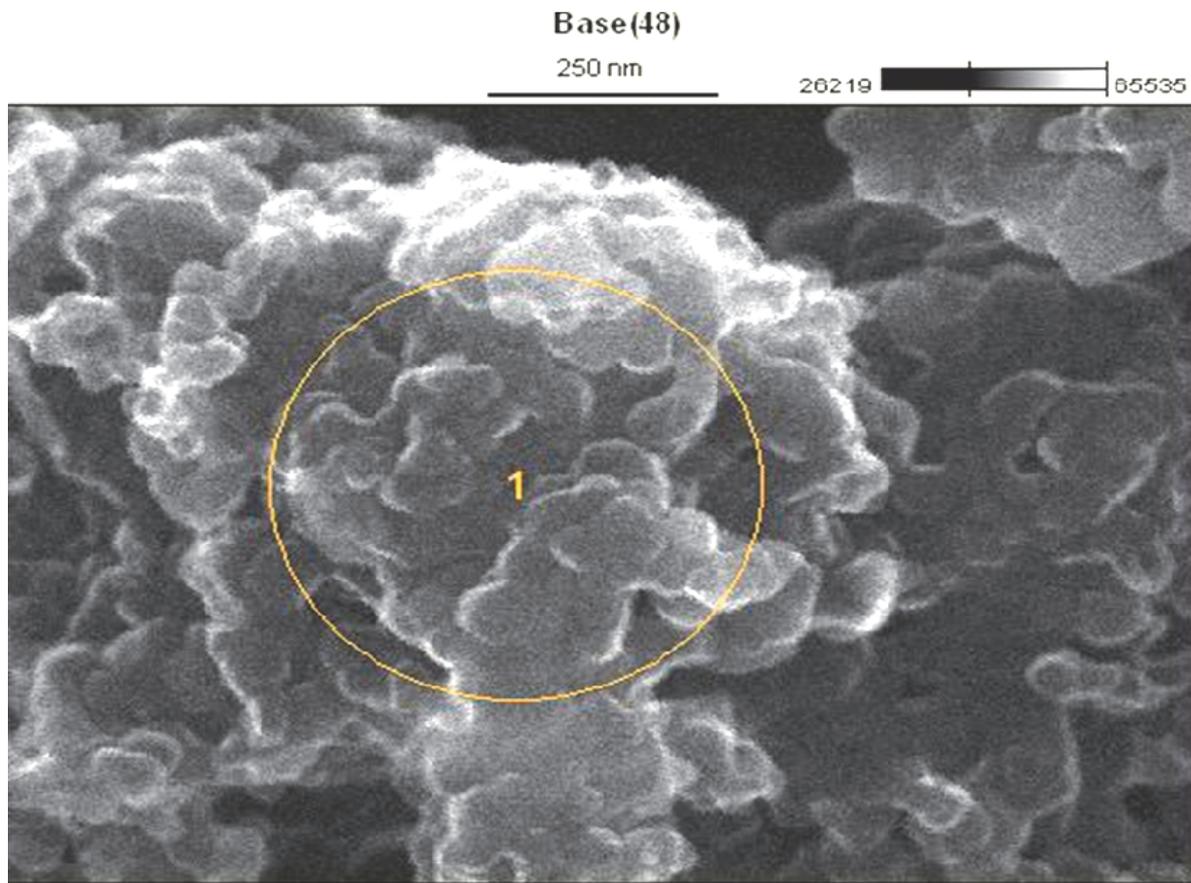
3. Стеклопластинки с осевшими на них частицами сажи помещаются в специальные (заранее пронумерованные до эксперимента) коробки и далее используются для определения оптических характеристик частиц сажи с помощью сканирующего электронного микроскопа с высокой разрешающей способностью S 5500 Hitachi (Япония) [1, 11, 12].

#### Результаты исследования проб частиц сажи, полученные с помощью разработанного устройства

На рис. 6, 7 и 8 представлены в качестве примера некоторые результаты обработки проб частиц сажи на указанном выше сканирующем электронном микроскопе при работе судового дизеля 6 ЧН 24/36 с нагрузкой 25 % от  $Ne_{\text{ном}}$ .



Рис. 6. Электронно-микроскопический снимок частиц сажи судового дизеля 6ЧН 24/36 при нагрузке 25 % от  $Ne_{\text{ном}}$ , увеличение 200 тыс. раз  
Fig. 6. Electronic-microscope snapshot particles of soot marine diesel 6 ChN 24/36 by power 25 % from  $Ne_{\text{ном}}$ , increase 200 thousands once



Element Setup | Analysis Setup | Compare Information | Quant Results | Processing | P&S Select

Tue Jul 07 17:17:01 2015  
 Filter Fit Chi-squared value: 2.035 Errors: +/- 1 Sigma  
 Correction Method: Proza (Phi-Rho-Z)  
 Acc.Voltage: 29.0 kV Take Off Angle: 15.0 deg

Element Line	Element Wt. %	Wt. % Error	Atom %	Atom % Error	Compnd Wt. %
CK	67.52	+/-2.71	75.59	+/- 3.04	67.52
OK	26.78	+/-1.88	22.50	+/- 1.56	26.78
Si K	1.46	+/-0.13	0.70	+/- 0.06	1.46
Si L	...	...	...	...	...
S L	...	...	...	...	...
SK	1.03	+/-0.12	0.43	+/- 0.05	1.03
Fe L	...	...	...	...	...
Fe K	3.21	+/-0.22	0.77	+/- 0.05	3.21
Total	100.00		100.00		100.00

Clear

Рис. 7. Спектральный анализ частиц сажи судового дизеля 6ЧН 24/36 при нагрузке 25 % от  $N_{e_{ном}}$   
 Fig. 7. Spectral analysis particles of soot marine diesel 6 ChN 24/36 by power 25 % from  $N_{e_{ном}}$

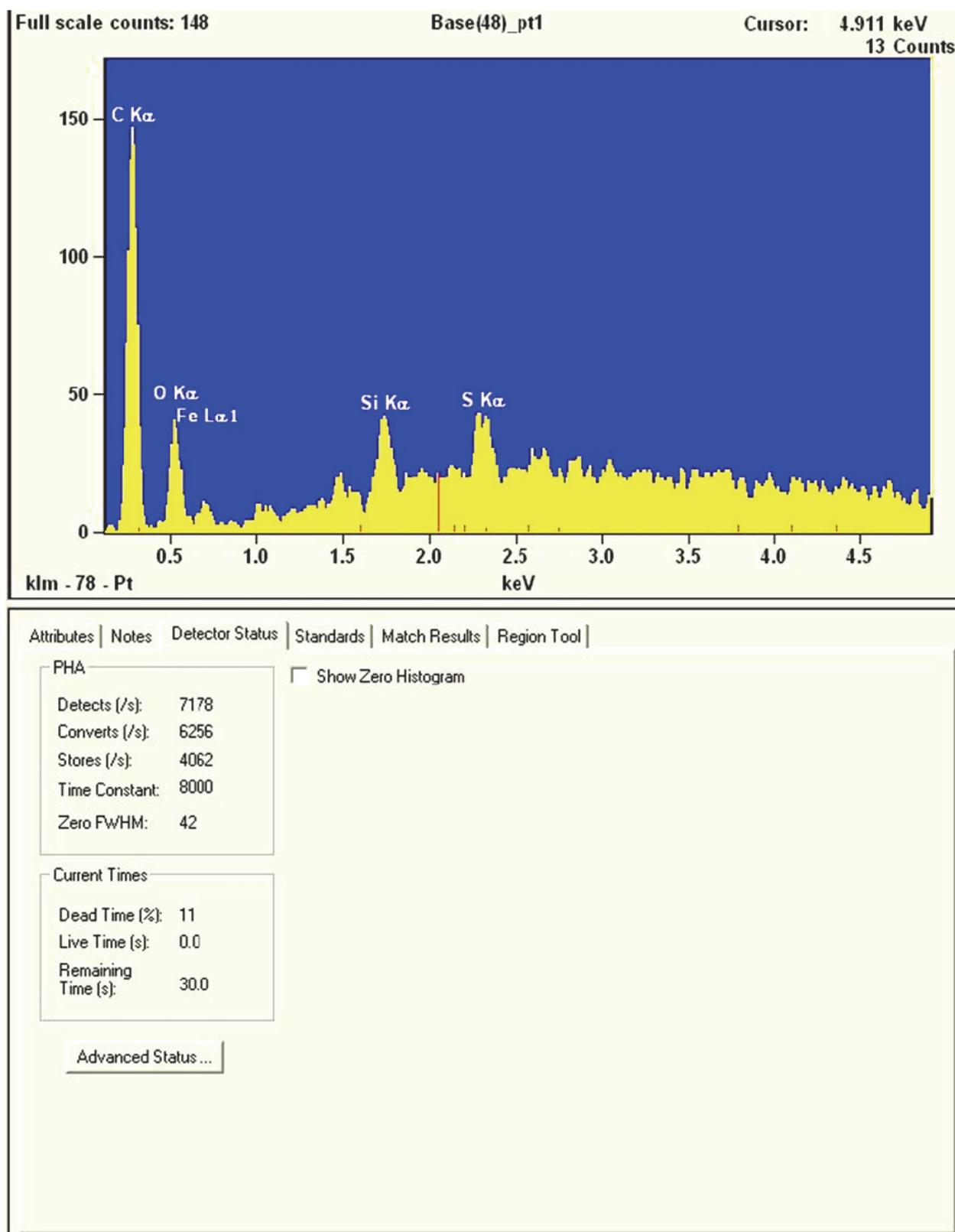


Рис. 8. Гистограмма распределения химических элементов в пробах, отобранных из камеры сгорания судового дизеля 6ЧН 24/36 при нагрузке 25 % от  $N_{e_{ном}}$ .  
Fig. 8. Histogram of dispensation chemical of elements in tests cull from marine diesel combustion chamber 6 ChN 24/36 by power 25 % from  $N_{e_{ном}}$

### Заключение

Использование метода осадительной поверхности и разработанного авторами статьи устройства для его реализации позволило получить пробы частиц сажи, взятых непосредственно из камеры сгорания судового дизеля 6ЧН 24/36. Дальнейшая их обработка на сканирующем электронном микроскопе с высокой разрешающей способностью S 5500 Hitachi (Япония) дала возможность определить размеры частиц сажи. Они являются необходимыми параметрами для оценки коэффициента ослабления потока излучения и расчета интегральной степени черноты пламени. Последнее относится к важнейшим входным характеристикам при использовании зонального метода расчета теплообмена излучением применительно к камере сгорания судовых дизелей.

### Список литературы

1. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена. М.: Атомиздат, 1979. 416 с.
2. Зигель Р., Хауэлл Дж. Теплообмен излучением. М.: Мир, 1975. 934 с.
3. Блох А.Г., Журавлев Ю.А., Рыжков Л.Н. Теплообмен излучением: справочник. М.: Энергоатомиздат, 1991. 432 с.
4. Бакиров Ф.Г., Захаров В.М., Полещук И.З. и др. Образование и выгорание сажи при сжигании углеводородных топлив. М.: Машиностроение, 1989. 128 с.
5. Шейпак А.А. Гидравлика и гидропневмопривод. Ч.1. Основы механики жидкости и газа. М.: МГИУ, 2005. 192 с.
6. Руднев Б.И. Процессы локального теплообмена в камере сгорания дизелей. Владивосток: Дальнаука, 2000. 221 с.
7. Кавтарадзе Р.З. Теория поршневых двигателей. Специальные главы. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. 720 с.
8. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. М.: Наука, 1976. 888 с.
9. Кавтарадзе Р.З. Локальный теплообмен в поршневых двигателях. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. 472 с.
10. Руднев Б.И., Повалихина О.В. Экспериментальное исследование наноструктуры частиц дизельной сажи / Materials International Scientific Conference «European science and technology». Munich, Germany, 2015. P. 343–349.
11. Руднев Б.И., Кудрявый В.Г., Повалихина О.В. Экспериментальное исследование оптических параметров и наноструктур частиц сажи дизельного двигателя // Тепловые процессы в технике. 2016. Т.8, № 9. С. 416–422.
12. Руднев Б.И., Повалихина О.В. Экспериментальное исследование оптических параметров и наноструктур частиц сажи судового дизеля // Collection of Scientific papers on materials of the International scientific-practical conference «Global science. Development and novelty». Ed. SIC «L Journal». Paris, France, 2016. P. 56–63.

**Сведения об авторах:** Руднев Борис Иванович, доктор технических наук, профессор; Повалихина Ольга Владимировна, доцент, e-mail: [povalichina@mail.ru](mailto:povalichina@mail.ru).

---

---

# ТЕХНОЛОГИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

---

---

УДК 664.97

**В.Д. Богданов, А.А. Симдянкин, А.В. Назаренко**

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,  
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ВОДЫ В ТКАНЯХ ПРОМЫСЛОВЫХ ГИДРОБИОНТОВ НА ИХ КРИОСКОПИЧЕСКУЮ ТЕМПЕРАТУРУ И СКОРОСТЬ ЗАМОРАЖИВАНИЯ

*В ходе исследований выведены математические уравнения зависимости криоскопической температуры от содержания воды в исследуемых образцах и скорости замораживания от времени, которые могут быть использованы для расчетов процессов криообработки водного сырья и технологического оборудования, необходимого для его осуществления.*

**Ключевые слова:** *молоки, кальмар, осьминог, кукумария, криообработка, кривые замораживания, криоскопическая температура.*

**V.D. Bogdanov, A.A. Simdiankin, A.V. Nazarenko**

## INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF WATER CONTENT IN TISSUES OF FISHING HYDROBIONTS ON THEIR CRYOSCOPIC TEMPERATURE AND FREEZING RATE

*In the course of the research, mathematical equations were derived for the dependence of the cryoscopic temperature on the water content in the samples under study and the freezing rate on time, which can be used to calculate cryoprocessing processes for water raw materials and technological equipment necessary for its implementation.*

**Key words:** *milt, squid, octopus, cucumaria, cryoprocessing, freezing curves, cryoscopic temperature.*

### **Введение**

В настоящее время широкое распространение получило производство криопорошков, содержащих ценные биологически активные вещества, благодаря которым они могут выступать в качестве биокорректоров – добавок, используемых для обогащения пищи [1, 2, 3, 4]. Сырьем для производства такой продукции может быть шкура осьминога, богатая каротиноидами, коллагеном, таурином, селеном, а также молоки сельди тихоокеанской, которые содержат нуклеопротеиды, включающие биологически активные вещества (дизоксирибонуклеиновую и рибонуклеиновую кислоты), полиненасыщенные жирные кислоты, в том числе семейства  $\omega 3$  и  $\omega 6$ . К недостаточно используемым сырьевым источникам можно отнести тихоокеанский кальмар и кукумарию японскую, в состав которых входят полноценные белки, гексозамины, хондроитинсульфат, тритерпеновые гликозиды, проявляющие биологическую активность [5, 6, 7, 8, 9].

Рациональным способом переработки такого высокоценного сырья является криотехнология, позволяющая в максимальной степени сохранить природные свойства и, прежде всего, биологическую активность его компонентов [10, 11, 12].

В процессе низкотемпературной обработки сырья имеет место фазовый переход воды из жидкого состояния в твердое, который начинается при определенной для каждого объекта криоскопической температуре и развивается во времени. Именно этот процесс льдообразо-

вания в тканях обрабатываемого холодом объекта обеспечивает глубину криоконсервирования сырья, его качественные показатели и хранимоспособность при низких температурах.

Криоскопическая температура для различных видов рыб колеблется в пределах  $-0,5 \dots -2,3$  °С и зависит, прежде всего, от среды их обитания и химического состава. У рыб, живущих в более соленой воде, криоскопическая температура ниже, чем у рыб, обитающих в менее соленой или пресной воде. При этом следует отметить недостаточность данных по исследованию криоскопических температур нерыбных промысловых объектов [13]. Знание криоскопических температур важно при обосновании конечных температур в технологии подмораживания водных биоресурсов, а также осуществлении расчетов процесса их низкотемпературной обработки.

Другим важным показателем, характеризующим эффективность криообработки сырья, является скорость его замораживания.

Целью работы являлось исследование влияния содержания воды в тканях исследуемого сырья на криоскопическую температуру и скорость замораживания тканей гидробионтов.

### **Объекты и методы исследований**

Объектом исследования являлись кожа осьминога гигантского (*Octopus dofleini*), мантия кальмара тихоокеанского (*Todarodes pacificus*), молоки сельди тихоокеанской (*Clupea pallasii*), мышечная ткань кукумарии японской (*Cucumaria japonica*).

Количество воды, содержащейся в исследуемых образцах как основного фактора процесса замораживания, определяли стандартным методом по ГОСТ 7636-85 [14].

Сырье замораживалось воздушным способом в морозильной камере, оборудованной холодильной установкой АМЕ-L-3x2EC2 на базе трех полугерметичных поршневых компрессоров 2EC-22-40С фирмы Bitzer. Температура подаваемого в камеру воздуха составляла  $-30$  °С, скорость циркуляции –  $3,5$  м/с.

Определение криоскопических температур осуществлялось методом термического анализа, основанного на построении и изучении термограмм замораживания (кривых время–температура) исследуемых образцов [15]. Значение температуры изотермического участка термограммы соответствует численному выражению криоскопической температуры исследуемого объекта. Измерение температуры осуществлялось с помощью датчиков WT-1, WT-5 с диапазоном  $-70 \dots 300$  °С с точностью измерения  $\pm 0,1$  °С.

Для статистической обработки экспериментальных данных и построения графиков с выводом формул использовали стандартный пакет программ MicrosoftOffice 2007, Curve-Expert 1.4 и Graph 4.4.2.

### **Результаты исследования и их обсуждение**

Определение количества воды в исследуемых образцах показало ее содержание (% к массе сырья): в мантии кальмара тихоокеанского –  $74,6$ ; шкуре осьминога –  $75,5$ ; молоках сельди тихоокеанской –  $77,4$ ; кукумарии японской –  $88,9$ . Из приведенных данных видно, что только в шкуре осьминога содержание воды несколько ниже по сравнению с литературными данными (около  $85$  %) [6], что объясняется технологическим воздействием на сырье при его обесшкуривании.

Температурные кривые процесса замораживания сырья (рис. 1) имеют известную классическую зависимость. Они состоят из явно выраженных трех участков: первый – период быстрого охлаждения до начальной криоскопической; второй – достаточно продолжительная по времени изотермическая площадка; третий – период относительно быстрого снижения температуры исследуемых объектов, что свидетельствует об охлаждении замороженного сырья до температуры  $-20$  °С, приближающейся к температуре охлаждающей среды.

На криоскопическую температуру влияет химический состав исследуемых образцов, в частности, содержание воды, липидов, жиров. В данном исследовании рассмотрим влияние содержания воды.

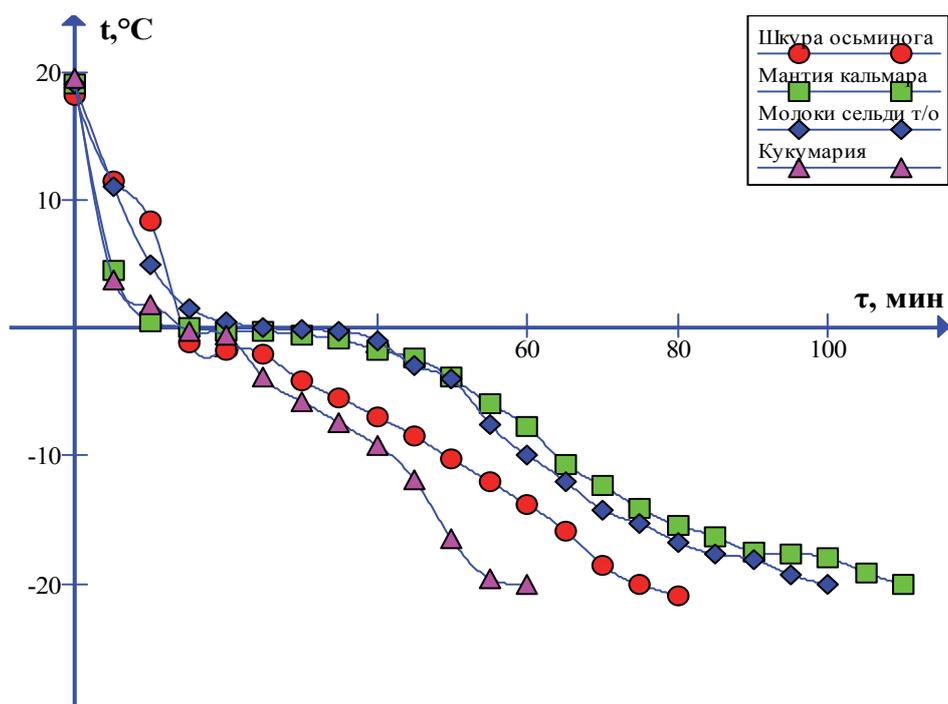


Рис. 1. Термограммы замораживания тканей промысловых гидробионтов  
 Fig. 1. Thermograms of freezing of tissues of commercial hydrobionts

Определение криоскопической температуры показало следующие значения для исследуемого сырья:  $-1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  – в мантии кальмара тихоокеанского;  $-0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  – шкуре осьминога;  $-0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$  – молоках сельди тихоокеанской;  $-0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$  – кукумарии японской. Построим график зависимости криоскопической температуры от содержания воды в тканях исследуемых образцов (рис. 2).

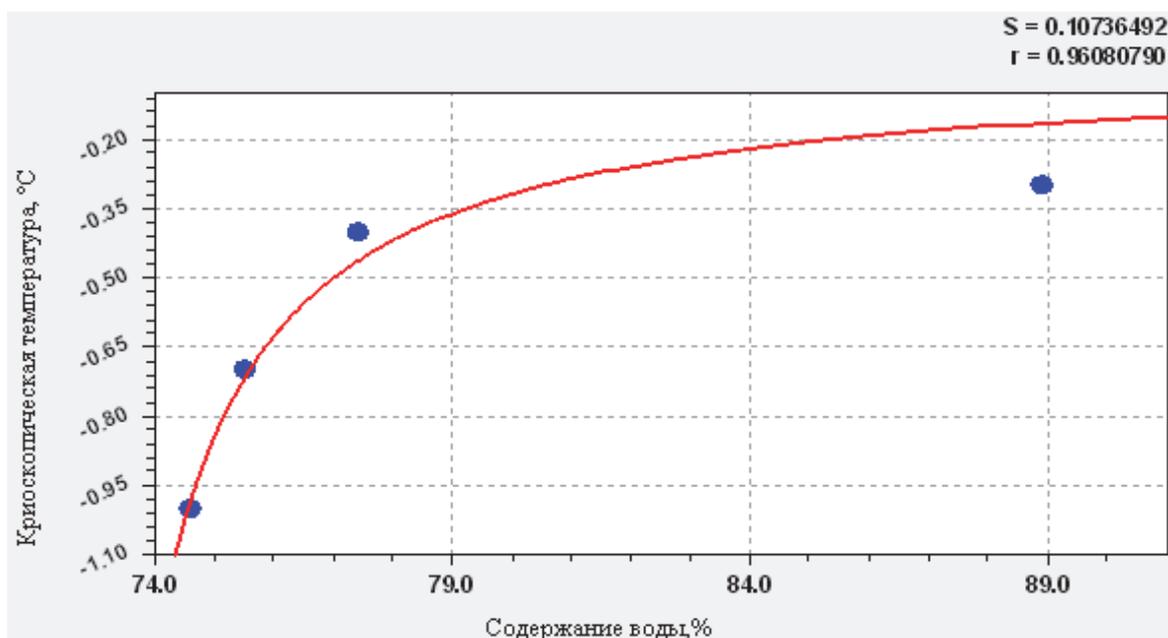


Рис. 2. Зависимость криоскопической температуры от содержания воды в тканях промысловых гидробионтов  
 Fig. 2. Dependence of the cryoscopic temperature on the water content in the tissues of commercial hydrobionts

На графике (см. рис. 2) прослеживается зависимость криоскопической температуры исследуемых объектов от содержания в них воды: чем больше воды, тем выше их криоскопическая температура. Установленная нами взаимосвязь криоскопической температуры замораживаемых тканей гидробионтов от содержания в них воды отмечалась уже в ряде исследований и согласуется с опубликованными данными [16, 17].

Используя программу CurveExpert 1.4, определим зависимости криоскопической температуры от содержания воды в сырье:

$$t = \frac{-0,031W}{-72,26 + W},$$

где  $t$  – криоскопическая температура, °C;  $W$  – содержание воды, %.

Использование данного уравнения дает возможность рассчитать криоскопическую температуру сырья при известном влагосодержании.

*Определение скорости замораживания.*

Разобьем кривые на рис. 1 на три участка в соответствии с выделяемыми периодами. Для мантии кальмара и молок сельди выберем следующие временные интервалы: от 0 до 10 мин, 10–65 мин и 65–110 мин, для шкуры осьминога первый временной интервал равен 0–15 мин, второй – 15–40 мин и третий – 40–75 мин, для кукумари выделит следующие интервалы: 0–10 мин, 10–40 мин, 40–50 мин. Используя программу CurveExpert 1.4, определим зависимости температуры от времени на каждом участке для каждого вида сырья.

Для шкуры осьминога:

$$\begin{aligned} [0;15]; t &= 19,5 - 2,35\tau; \\ [15;40]; t &= 17,752 - 1,384\tau + 0,02461\tau^2 - 0,0001775\tau^3; \\ [40;75]; t &= 145 - 4,7\tau + 0,038\tau^2; \end{aligned} \quad (1)$$

для кальмара:

$$\begin{aligned} [0;10]; t &= 19,7 - 4,06\tau; \\ [10;65]; t &= 9,85 - 1,03\tau + 0,03346\tau^2 - 0,0004802\tau^3; \\ [65;110]; t &= 129 - 10,8\tau + 0,049\tau^2; \end{aligned} \quad (2)$$

для молок сельди:

$$\begin{aligned} [0;10]; t &= 19,2 - 3,42\tau; \\ [10;65]; t &= 18,029 - 1,6017\tau + 0,0509\tau^2 - 0,0007361\tau^3; \\ [65;110]; t &= 110 - 9,9\tau + 0,042\tau^2; \end{aligned} \quad (3)$$

для кукумари:

$$\begin{aligned} [0;10]; t &= 19,5 - 3,16\tau; \\ [10;40]; t &= 22,578 - 3,05\tau + 0,011062\tau^2 - 0,00147\tau^3; \\ [40;50]; t &= 97 - 6,9\tau + 0,043\tau^2. \end{aligned} \quad (4)$$

Как известно, первая производная функции выражает скорость протекания процесса, описанного зависимостью  $y = f(t)$ . Таким образом, продифференцировав уравнения (1), (2), (3) и (4), получим уравнения скорости замораживания.

Для шкуры осьминога:

$$\begin{aligned} & [0;15); v_t = - 2,35; \\ & [15;40); v_t = - 1,384 + 0,04522\tau - 0,0005325\tau^2; \\ & [40;75]; v_t = - 4,7 + 0,066\tau; \end{aligned} \quad (5)$$

для кальмара:

$$\begin{aligned} & [0;10); v_t = - 4,06; \\ & [10;65); v_t = - 1,03 + 0,06672\tau - 0,0014406\tau^2; \\ & [65;110]; v_t = - 10,8 + 0,098\tau; \end{aligned} \quad (6)$$

для молок сельди:

$$\begin{aligned} & [0;10); v_t = - 3,42; \\ & [10;65); v_t = - 1,6017 + 0,1018\tau - 0,0022083\tau^2; \\ & [65;110]; v_t = - 9,9 + 0,084\tau; \end{aligned} \quad (7)$$

для кукумарии:

$$\begin{aligned} & [0;10); v_t = - 3,16; \\ & [10;40); v_t = - 3,05 + 0,0221\tau - 0,00441\tau^2; \\ & [40;50]; v_t = - 6,9 + 0,086\tau. \end{aligned} \quad (8)$$

Формулы (5), (6), (7), (8) позволяют определить скорость замораживания тканей гидробионтов в определенных экспериментом условиях, в заданный промежуток времени. Используя данные формул (5–8), построим графики зависимостей (рис. 3).

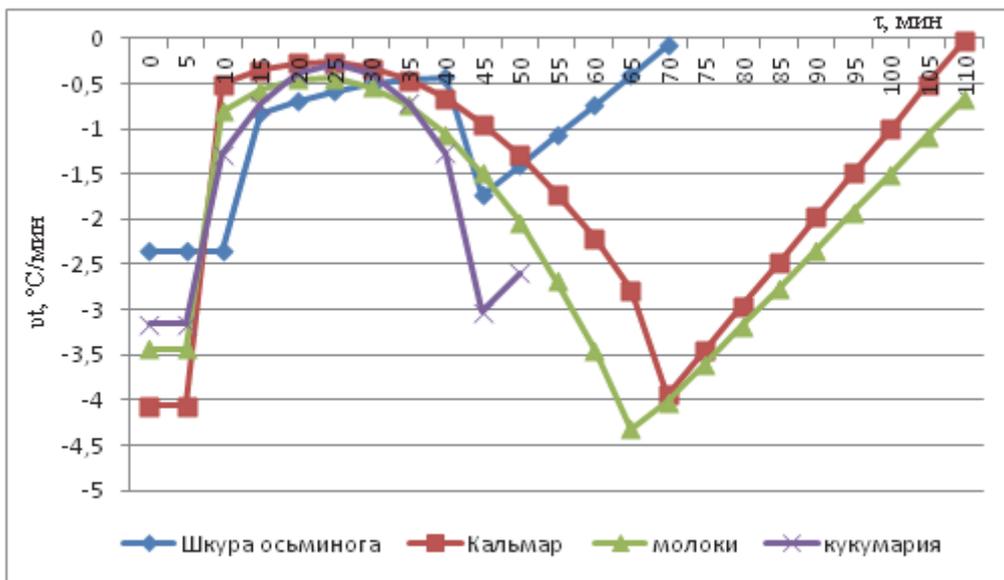


Рис. 3. Скорости изменения температуры тканей промысловых гидробионтов в процессе замораживания

Fig. 3. The rate of change of temperature of tissues of commercial hydrobionts in the process of freezing

Рассматривая графики на рис. 3, видим, что все значения скоростей отрицательные, в данном случае это говорит о снижении температуры в процессе замораживания. Также прослеживается идентичность кривых скорости замораживания всех четырех исследуемых объектов. При этом отмечается высокая скорость в начале, что соответствует быстрому охлаждению на первом этапе, затем имеет место снижение скорости замораживания в момент кристаллизации воды и в дальнейшем ее повышение в связи с ростом теплопроводности замороженного сырья. В конце процесса замораживания скорость снижается, так как температура объектов приближается к температуре охлаждающей среды.

### Выводы

Таким образом, в ходе исследований выведены математические уравнения зависимости криоскопической температуры от содержания воды в исследуемых образцах и скорости замораживания от времени, которые могут быть использованы для расчетов процессов криообработки водного сырья и технологического оборудования, необходимого для его осуществления.

### Список литературы

1. Рашевская Т.А. Растительные пищевые добавки для регулирования наноструктуры сливочного масла // Сыроделие и маслоделие. 2011. № 5. С. 49–51.
2. Гачак Ю.Р., Ваврисевич Я.С., Прокопюк Н.И. Разработка рецептур творожных масс с криопорошками «Морская капуста» и «Брокколи» и их технологические характеристики // Научный вестн. ЛНУВМБТ имени С.З. Гжицкого. 2016. № 18. С. 53–55.
3. Конюхов И.В., Чаушов В.И., Солдатов Д.П. Разработка таблеток гепатопротекторного действия с криоизмельченным растительным сырьем и силимарином // Научные ведомости. 2013. № 4. С. 240–245.
4. Sytova M.V., Harenko E.N., Dmitrieva E.A. (Gritsenko E.A.), Aitova E.N. Roe Sol of sturgeons – a unique raw material for use in cosmetic means // SOFW-Jornal. 2011. № 7. P. 26–36.
5. Млынар Е.В. Современное состояние и перспективы промысла тихоокеанского кальмара *Todaodespacificus* в северной части Японского моря // Вестн. СВДЦ ДВО РАН. 2009. № 1. С. 42–48.
6. Подкорытова А.В. Головоногие моллюски и их переработка // Рыб. хоз-во. 2006. № 3. С. 54–55.
7. Слуцкая Т.Н., Тимчишина Г.Н., Карлина А.Е. Обоснование технологии сушеной продукции из промысловых кукумарий дальневосточных морей // Изв. ТИНРО. 2008. Т. 155. С. 334–346.
8. Михеев Е.В., Ковалев Н.Н. Способ комплексной переработки ганглиев головоногих моллюсков с получением фермента холинэстеразы и БАД «Тиростин» // Изв. ТИНРО. 2009. Т. 159. С. 362–367.
9. Тринько Л.В. Использование кожи осьминога в технологии консервированных продуктов // Техника и технология пищевых продуктов. 2011. № 4. С. 59–62.
10. Надыкта В.Д., Щербакова Е.В., Ольховатов Е.А. Технология порошкообразных пищевых добавок // Науч. журн. Куб ГАУ. 2017. №131 (07). С 659–671.
11. Джаруллаев Д.С., Рамазанов А.М., Яралиева З.А., Сязин И.Е. Совершенствование технологической линии производства плодоовощных порошков // Изв. вузов. Пищ. технология. 2012. № 4. С. 64–66.
12. Христюк А.В., Связин И.А., Мякинникова Е.И. Технология плодовых и овощных криопорошков // Современные проблемы качества и безопасности продуктов питания в све-

те требования технического регламента Таможенного союза: материалы Междунар. науч.-практ. Интернет-конф. 26 марта 2014. Краснодар: Изд-во КубГТУ, 2014. С. 78–81.

13. Rahman M.S., Driscoll R.H. Freezing points of selected seafoods (invertebrates) // International Journal of Food Science & Technology. 1994. № 1. С. 51–61.

14. ГОСТ 7636-85. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. М., 2014.

15. Короткий И.А., Короткая Е.В. Криоскопические температуры сибирских ягод // Изв. вузов. Пищ. технология. 2008. № 1. С. 66–68.

16. Нугманов А.Х., Максименко Ю.А., Алексанян А.И., Алексанян О.А. Исследование физико-химических свойств рыбных фаршей, сухих растительных премиксов и их смесей // Вестн. АГТУ. Сер. Рыб. хоз-во. 2018. № 2. С. 135–148.

17. Овсянников В.Ю., Кондратьева Я.И., Бостынец Н.И. Исследование криоскопических температур и вымораживания влаги из плодовых соков // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2014. № 4. С. 34–40.

**Сведения об авторах:** Богданов Валерий Дмитриевич, доктор технических наук, профессор, e-mail: bogdanovvd@dgtru.ru;

Симдянкин Андрей Андреевич, старший преподаватель, e-mail: And-sim@mail.ru;

Назаренко Антон Валерьевич, старший преподаватель, e-mail: NazAnton@yandex.ru.

УДК 35.078.3

**Е.В. Глебова, Е.И. Лыгина, Е.П. Лаптева**

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,  
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

**РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ПРОЦЕССА ТРАНСПОРТИРОВКИ ЭКСПОРТИРУЕМЫХ  
ИЗ РОССИИ РЫБНЫХ ПРОДУКТОВ**

*Рассмотрена деятельность по экспорту рыбной продукции, составлен алгоритм процесса экспорта. Проведена идентификация и классификация информационных ресурсов, необходимых для осуществления процесса экспорта. С помощью нотации IDEF0 построена модель информационного обеспечения процесса экспорта рыбных продуктов.*

**Ключевые слова:** экспорт, транспортировка, рыбная продукция, модель, информационное обеспечение.

**E.V. Glebova, E.I. Lygina, E.P. Lapteva**

**DEVELOPMENT OF MODEL INFORMATION ENSURE THE PROCESS  
OF TRANSPORTATION EXPORTED FROM RUSSIA FISH PRODUCTS**

*The paper deals with the activities of the export of fish products, the algorithm of the export process. The identification and classification of information resources necessary for the implementation of the export process. With the help of IDEF0 notation, a model of information support of the process of export of fish products is built.*

**Key words:** export, transportation, fish products, model, information support.

Развитие внешнеэкономических отношений является составной частью производственной деятельности предприятий и организаций. Став участником международной торговли, предприятие получает возможность повышать производительность своих ресурсов, тем самым увеличивать общий объем производства. Рост российского экспорта сдерживает ряд проблем, в первую очередь это товарная структура, в которой преимущественное место занимают топливо (нефть, нефтепродукты, природный газ) и сырье, спрос на которые полностью зависит от мировой конъюнктуры и очень нестабилен. Экспорт готовых продуктов и товаров, наоборот, более устойчив и предсказуем [1].

Экспорт российских рыбных продуктов в основном осуществляется в страны Азиатско-Тихоокеанского региона (до 77 % от общего объема поставок), а в страны Европейского союза и Америку поставляется около 13 % от объема поставок. По данным пресслужбы Росрыболовства, динамика экспортных поставок рыбных продуктов в 2016 г. носит отрицательный характер, т.е. объемы снизились по отношению к рассматриваемому периоду прошлого года на 9,1 %.

Ограничение экспорта рыбных продуктов связано в первую очередь с отсутствием эффективных методов управления качеством продукции и с несоблюдением экологических норм и правил, принятых на международном уровне. Для увеличения объемов международного сотрудничества наряду со многими другими шагами необходимо совершенствовать нормативно-правовую базу в части гармонизации с требованиями европейского рынка для повышения качества и безопасности рыбных продуктов.

Интерес российских производителей к участию в сотрудничестве с зарубежными партнерами нуждается в объективной информации. В том числе о тенденциях на мировом

рынке, рыночной структуре, организации и сопровождении такого рода коммерческих операций, о российском законодательстве в части экспортной деятельности предприятий, об особенностях разных видов международных перевозок, о массиве документов для организации экспорта продуктов и товаров из России и т.п.

В настоящее время ситуация складывается таким образом, что информационная поддержка экспортных операций не в полной мере удовлетворяет всех её участников как с точки зрения прозрачности, так и с точки зрения доступности и полноты информации. Решение этой проблемы имеет большое значение для развития конкурентных преимуществ отечественных производителей на мировом рынке.

Исходя из актуальности обозначенной проблемы, целью настоящих исследований является систематизация экспортной деятельности предприятий рыбной отрасли за счет организации информационного обеспечения процесса транспортировки экспортируемых из России рыбных продуктов.

Для достижения поставленной цели необходимо было реализовать следующие задачи:

- рассмотреть содержание и сущность информационного обеспечения экспортной деятельности, в том числе нормативно-правовую базу для определения подходов к организации информационного обеспечения процесса транспортировки экспортируемых из России рыбных продуктов;
- сформировать алгоритм деятельности компании-экспортёра в информационном обеспечении процесса транспортировки экспортируемых из России рыбных продуктов;
- сформировать и классифицировать состав информационных ресурсов для осуществления экспортной деятельности;
- определить состав участников и их взаимодействие в информационном обеспечении экспортной деятельности;
- разработать модель информационного обеспечения процесса транспортировки экспортируемых из России рыбных продуктов.

Объект исследования: экспорт 03 группы ЕТН ВЭД ЕАЭС (рыбные продукты).

Предмет исследования: взаимосвязь процесса транспортировки экспортируемых товаров с информационным обеспечением.

Методы исследования: общенаучные методы анализа, синтеза, сравнения, обобщения, системный и процессный подходы, методы экспертных оценок, статистические методы.

Процесс экспорта – это сложная и многоуровневая система, в которой задействовано большое количество людей и ресурсов, выполнение каждого действия в процессе экспорта имеет свой механизм, регулируемый различными законодательными и нормативными документами [2, 3, 4]. Для наглядного понимания данного процесса был разработан алгоритм процесса экспорта, представленный последовательностью выполняемых этапов с указанием входов и выходов из каждого этапа. В соответствии с целью настоящей работы в виде входных и выходных ресурсов были отмечены информационные ресурсы, представленные различной документацией, использование или создание которой необходимо для осуществления процесса экспорта в соответствии с требованиями российского законодательства. Блок-схема процесса составлена таким образом, что конечным действием является отгрузка экспортируемого товара на судно. Алгоритм процесса экспорта представлен на рис. 1.

Анализ блок-схемы процесса экспорта, представленный на рис. 1, показал, что ресурсы входа, представленные слева, являются документами, поступающими в процесс на определенном этапе. С правой стороны этапов процесса экспорта указаны документы, являющиеся выходом из данного этапа.

Таким образом, разработка этапов включала в себя идентификацию всех необходимых информационных ресурсов, обеспечивающих проведение каждого этапа процесса экспорта, а также идентификацию субъектов процесса экспортируемых из России рыбных продуктов предприятия-экспортёра.

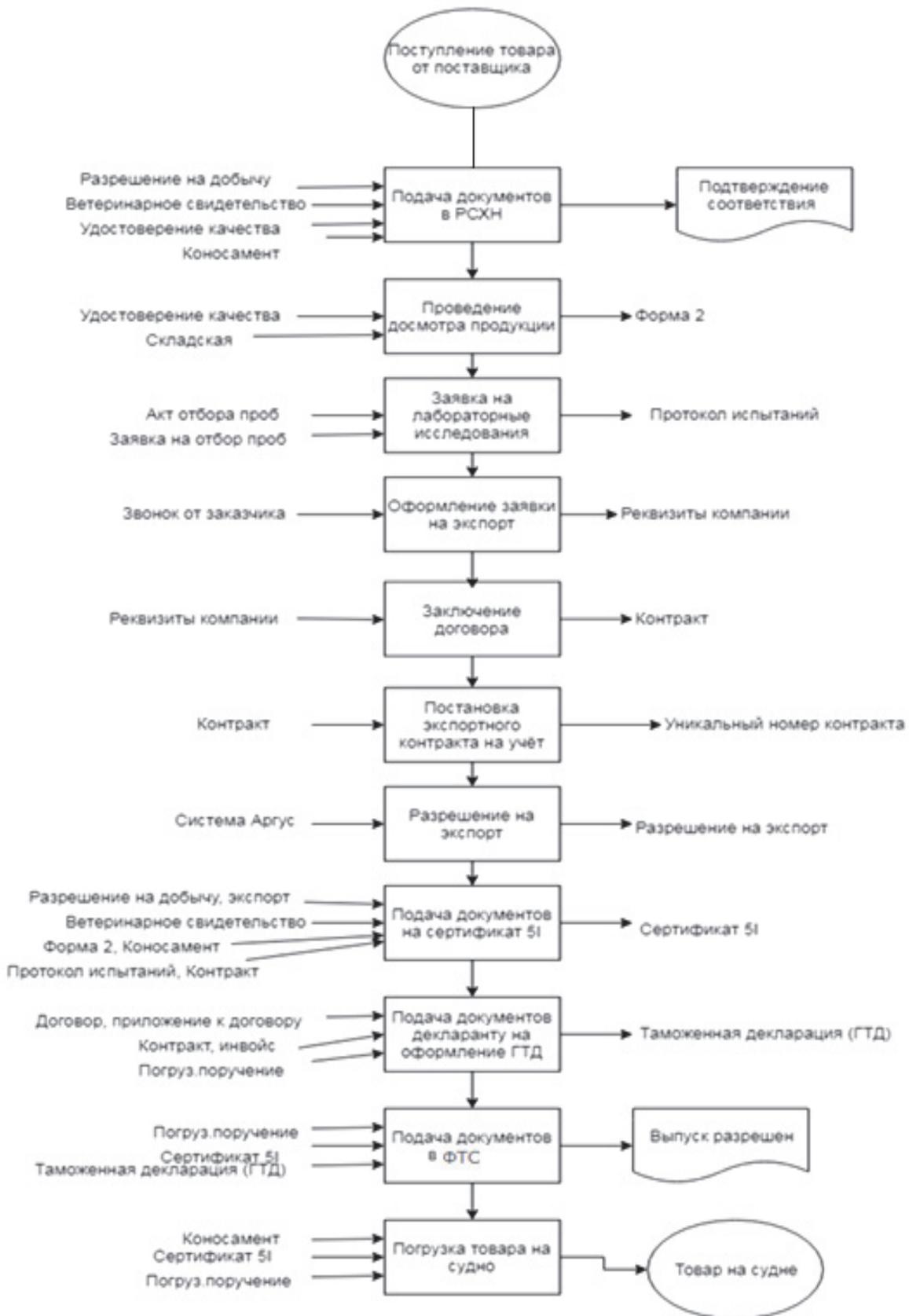


Рис. 1. Алгоритм процесса экспорта  
 Fig. 1. Export process algorithm

Последовательность этапов процесса экспорта, а также документация, являющаяся как входом в этапы процесса, так и документация, составляющаяся в ходе выполнения самого процесса, будут являться основой для построения модели информационного обеспечения процесса экспорта.

На основании проведенной идентификации информационных ресурсов была проведена их классификация. В качестве классификационного признака был принят источник создания информационных ресурсов. В соответствии с предложенным классификационным признаком информационные ресурсы процесса экспорта можно разделить на внутреннюю и внешнюю информацию. Под внутренней информацией понимается информация самой компании-экспортера, под внешней – полученная от организаций, с которыми компания-экспортер осуществляет коммуникации во время процесса экспорта, а именно: Россельхознадзор, Федеральная таможенная служба, склады, ветеринарная лаборатория, брокер (декларант), банк (через который осуществляется перевод денежных средств) и т.д. Классификация информационных ресурсов процесса экспорта представлена в табл. 1.

Таблица 1

**Классификация информационных ресурсов процесса экспорта**

Table 1

**Classification of information resources of the export process**

Этапы процесса экспорта	Внутренняя информация от компании-экспортера	Внешняя информация		
		Россельхознадзор (РСХН)	Федеральная таможенная служба (ФТС)	Прочие организации
Подача документов в Россельхознадзор	Разрешение на добычу. Ветеринарное свидетельство. Договоры. Удостоверение качества. Коносамент	Подтверждение соответствия – декларация о соответствии		
Проведение досмотра продукции	Складская накладная. Удостоверение качества	Ветеринарное свидетельство – форма 2		
Заключение договора	Контракт. Договор			Реквизиты компании
Постановка экспортного контракта на учет в банке	Контракт			Уникальный номер контракта
Разрешение на экспорт	Информация в системе Аргус	Разрешение на экспорт		
Подача документов на сертификат 5I	Разрешение на экспорт. Коносамент. Протокол испытаний	Сертификат 5I		
	Ветеринарное свидетельство – форма 2. Разрешение на добычу. Контракт. Договор (если есть)			
Подача документов в таможенную	Таможенная декларация (ГТД). Погрузочное поручение. Сертификат 5I		Разрешение на выпуск товара	
Погрузка товара на судно	Сертификат 5I. Погрузочное поручение. Коносамент			

Для дальнейшей детализации и упорядочивания информационного обеспечения процесса экспорта, а также для уточнения места и способа использования информационных ресурсов была проведена дальнейшая классификация информационных ресурсов (табл. 2), в данном случае в качестве классификационного признака было выбрана роль информационного ресурса в осуществлении процесса экспорта.

### Роль информационных ресурсов в процессе экспорта

Таблица 2

### The role of information resources in the export process

Table 2

Этап экспорта	Входящие	Выходящие	Выходящие–входящие*
Подача документов в Рос-сельхознадзор	Разрешение на добычу. Ветеринарное свидетельство	Подтверждение соответствия. Декларация о соответствии	
	Договоры. Удостоверение качества. Коносамент		
Проведение досмотра продукции	Складская накладная. Удостоверение качества		Ветеринарное свидетельство – форма 2
Лабораторные исследования	Акт отбора проб. Заявка на отбор проб		Протокол испытаний
Заключение договора	Реквизиты компании		Контракт. Договор
Постановка экспортного контракта на учет в банке	Контракт	Уникальный номер контракта	
Получение разрешения на экспорт	Информация из системы Аргус		Разрешение на экспорт
Подача документов в таможенную	Сертификат 5I. Погрузочное поручение. Таможенная декларация (ГТД)	Разрешение на выпуск товара	
Погрузка товара на судно	Сертификат 5I. Погрузочное поручение. Коносамент	Товар на судне	

\* Информационный ресурс, одновременно являющийся выходом из одного этапа экспорта и входом в другой.

Анализ информационных ресурсов, обеспечивающих процесс экспорта рыбной продукции, позволил провести их идентификацию и распределить по следующим классификационным группировкам:

а) к информационным ресурсам, относящимся к классификационной группе «входящие», будут относиться:

- разрешение на добычу;
- информация из системы Аргус;
- удостоверение качества;
- коносамент;
- складская накладная;
- акт отбора проб;

б) к информационным ресурсам, относящимся к классификационной группе «выходящие», относятся:

- документы о подтверждении соответствия;
- декларация о соответствии;

- уникальный номер контракта;
- разрешение на выпуск товара;
- в) к информационным ресурсам, относящимся к классификационной группе «выходящие», отнесем:
  - сертификат 5I;
  - погрузочное поручение;
  - таможенная декларация (ГТД);
  - разрешение на экспорт;
  - контракт.

Проведённая классификация идентифицированных информационных ресурсов явилась основой для построения модели информационного обеспечения процесса экспорта, обеспечив полноту их использования и объективного местонахождения в структуре модели.

Построение моделей любых процессов направлено на детальное и как можно полное изучение и понимание процесса, в результате которых процесс становится понятен и управляем. Для построения модели информационного обеспечения процесса экспорта в рамках данной работы был структурирован и декомпозирован на отдельные этапы сам процесс экспорта. Для каждого этапа процесса экспорта были идентифицированы и классифицированы, с одной стороны, информационные ресурсы, регламентирующие осуществление всех этапов, обеспечивающих его выполнение, с другой стороны, информационные ресурсы, являющиеся выходом каждого этапа. Однако для построения модели необходимо определить механизмы выполнения каждого конкретного этапа экспорта. В нашем случае механизмами будут являться субъекты процесса экспорта, т.е. участники процесса, которые в соответствии с регламентирующими информационными ресурсами будут использовать входные информационные ресурсы для выполнения этапов процесса и для получения информационных ресурсов, являющихся результатами (выходами) этапов процесса.

Состав участников процесса экспорта в соответствии с этапами процесса представлен в табл. 3.

Таблица 3

### Состав участников процесса экспорта и их взаимодействие

Table 3

#### The composition of the export process and their interaction

Этап экспорта	Участники процесса
Подача документов в Россельхознадзор	Менеджер по оформлению рыбной продукции, РСХН
Проведение досмотра продукции	Менеджер по оформлению рыбной продукции
Лабораторные исследования	Менеджер по оформлению рыбной продукции
Оформление заявки на экспорт	Менеджер по продажам
Заключение договора	Бухгалтер, директор компании, сторона-заказчик
Постановка экспортного контракта на учет в банке	Бухгалтер
Разрешение на экспорт	Менеджер ВЭД
Подача документов на сертификат 5I	РСХН, менеджер ВЭД
Подача документов декларанту на оформление ГТД	Декларант, менеджер ВЭД
Подача документов в таможенную	ФТС, менеджер ВЭД

В результате проведенной работы были получены подробные и исчерпывающие сведения о проведении процесса экспорта рыбных продуктов из России, необходимые для визуализации (моделирования) исследуемого процесса.

Учитывая многоаспектность процесса экспорта, для его структурирования и описания была выбрана нотация IDEF0. Методология IDEF0 нашла широкое признание и примене-

ние в моделировании процессов, в первую очередь, благодаря простой графической нотации, используемой для построения модели. Главными компонентами модели являются диаграммы. На них отображаются функции системы в виде прямоугольников, а также связи между ними и внешней средой посредством стрелок. Использование всего лишь двух графических примитивов (прямоугольник и стрелка) позволяют быстро объяснить правила и принципы построения диаграмм IDEF0 людям, незнакомым с данной методологией. Это достоинство позволяет подключить и активизировать деятельность заказчика по описанию бизнес-процессов с использованием формального и наглядного графического языка [5].

Данная нотация представляет собой функциональную модель, увязывающую воедино информационные потоки, организационную структуру, управляющие воздействия и саму деятельность. В нашей стране нотация IDEF0 является одним из наиболее популярных стандартизированных инструментов графического моделирования процессов.

В соответствии с правилами моделирования первым этапом построения модели является построение контекстной диаграммы (диаграмма первого уровня), представляющей функциональный блок с расположенными по его сторонам входами (слева), выходами (справа), ресурсами (сверху), механизмами (снизу). Контекстная диаграмма процесса экспорта представлена на рис. 2.



Рис. 2. Контекстная диаграмма процесса экспорта

Fig. 2. Context diagram of the export process

На следующем этапе моделирования была проведена декомпозиция контекстной диаграммы первого уровня на диаграммы второго уровня. Декомпозицию проводили в соответствии с алгоритмом процесса экспорта, представленном на рис. 1. В результате декомпозиции контекстной диаграммы первого уровня были получены одиннадцать диаграмм (функциональных блоков) второго уровня. Модель информационного обеспечения процесса экспорта рыбных товаров из России, объединяющая одиннадцать функциональных блоков в единое информационное поле, представлена на рис. 3.

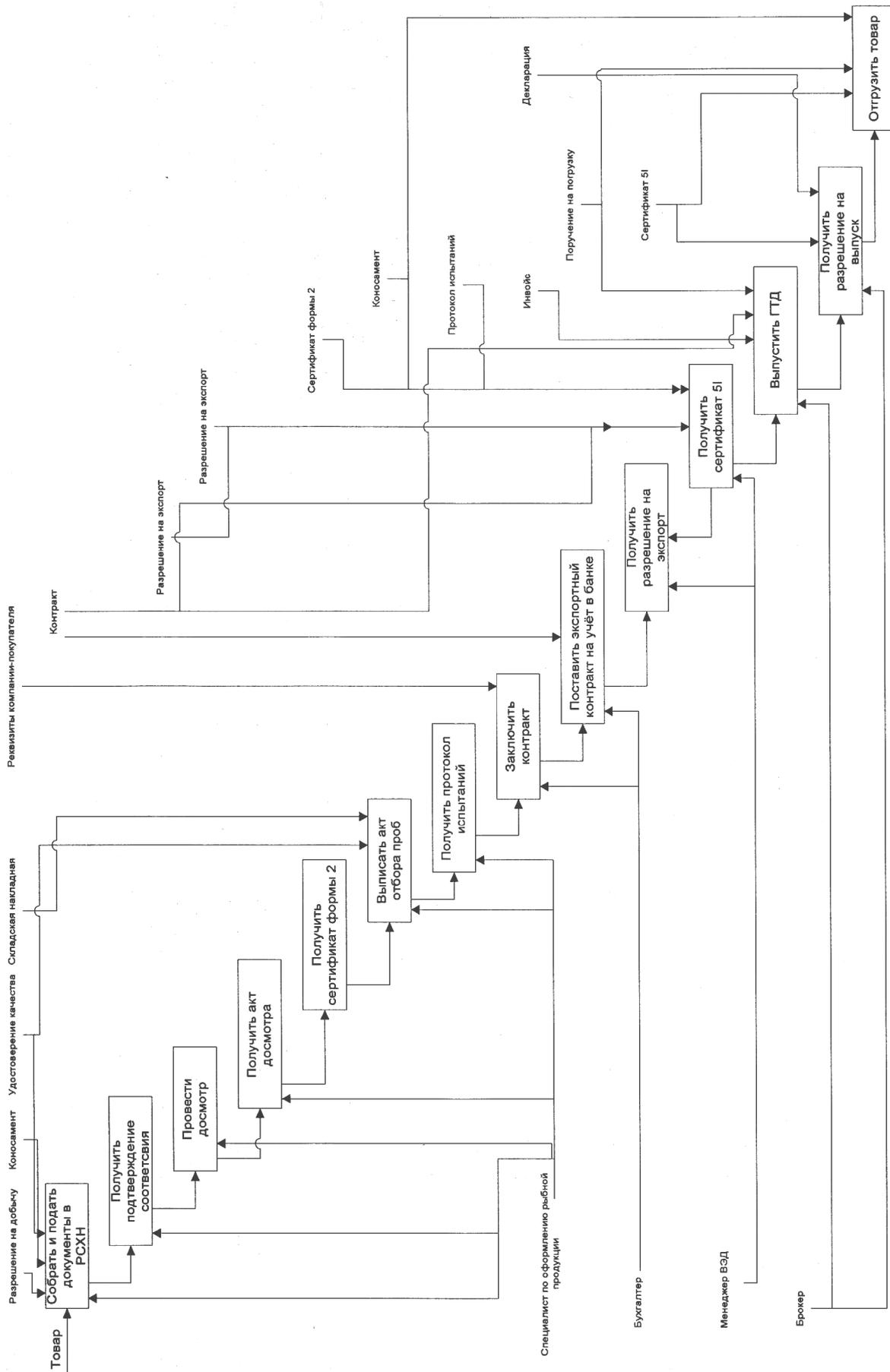


Рис. 3. Модель информационного обеспечения процесса экспорта рыбных товаров  
 Fig. 3. Model of information support of process of export of fish goods

Исходя из вышеизложенного видно, что процесс экспорта представляет достаточно сложную и трудоёмкую процедуру. Для облегчения понимания данной процедуры и была разработана её информационная модель.

Разобрав и проанализировав построенную модель информационного обеспечения процесса экспорта рыбных товаров из России, в качестве спецификаций, объясняющих работу построенной модели, с учетом основной точки зрения ее построения, которой является максимально точное обеспечение процесса экспорта всеми необходимыми информационными ресурсами, были разработаны интеллектуальные карты для всех участников, осуществляющих процесс экспорта. Использование карт в качестве документации, разъясняющей работу построенной модели, позволяет наглядно представить процесс работы каждого сотрудника, занимающегося экспортом, объединив его функционал с необходимыми для его реализации информационными ресурсами.

Таким образом, в результате проделанной работы был разработан алгоритм процесса экспорта рыбных продуктов, на основе которого были идентифицированы информационные ресурсы, необходимые для качественного осуществления данного процесса. Проведенная классификация информационных ресурсов процесса экспорта позволила определить их принадлежность к трем классификационным группам и соотнести их к отдельным этапам рассматриваемого процесса, что в свою очередь послужило основой для построения информационной модели. Построенная модель информационного обеспечения процесса экспорта дает нам наглядность и прозрачность процесса и четкое понимание необходимой информации как на входе, так и на выходе каждого этапа процесса экспорта, что в свою очередь повысит результативность выполняемой работы.

### Список литературы

1. Министерство экономического развития Российской Федерации. Портал внешнеэкономической информации: [Электронный ресурс]: [www.ved.gov.ru](http://www.ved.gov.ru), 2004–2017. URL: [http://www.ved.gov.ru/monitoring/foreign\\_trade\\_statistics/monthly\\_trade\\_russia/](http://www.ved.gov.ru/monitoring/foreign_trade_statistics/monthly_trade_russia/) (дата обращения: 25.11.2017).
2. Федеральный закон № 311-ФЗ от 27.11.2010 «О таможенном регулировании в Российской Федерации» // Российская газ. 2010. 29 ноября. № 269.
3. Федеральный закон «Об основах государственного регулирования внешнеторговой деятельности» от 08.12.2003 № 164-ФЗ // Российская газ. 2003. 18 декабря. № 254.
4. Федеральный закон «Об экспортном контроле» от 18.07.1999 № 183-ФЗ // Российская газ. 1999. 29 июля. № 146.
5. Р 50.1.028-2001. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования. Введ. 2002-07-01. М.: ИПК «Издание стандартов», 2001. 49 с.

**Сведения об авторах:** Глебова Елена Велориевна, кандидат технических наук, доцент, e-mail: [Levege@mail.ru](mailto:Levege@mail.ru);

Лыгина Елена Игоревна, магистрант, e-mail: [Lygina.elena2010@yandex.ru](mailto:Lygina.elena2010@yandex.ru);

Лаптева Евгения Петровна, кандидат технических наук, доцент, e-mail: [Laptevaep@mail.ru](mailto:Laptevaep@mail.ru).

УДК 664.662 (45)

**В.В. Давидович, И.С. Клочкова**

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,  
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

## **ОБОГАЩЕНИЕ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПИЩЕВЫМИ ВОЛОКНАМИ ЗОСТЕРЫ**

*Рассмотрена возможность использования пищевых волокон *Zostera marina* в составе хлебо-булочных изделий с целью получения нового продукта диетической направленности.*

**Ключевые слова:** морские травы, пищевые волокна, хлебобулочные изделия, обогащение.

**V.V. Davidovich, I.S. Klochkova**

## **ENRICHMENT OF BAKERY PRODUCTS WITH FOOD FIBER ZOSTERS**

*The possibility of using *Zostera marina* fiber as a part of bakery products for the purpose of obtaining a new product of dietary orientation is considered.*

**Key words:** sea grasses, food fibers, bakery products, enrichment.

В современном рационе человека в составе продуктов питания должны присутствовать незаменимые факторы питания – биологически активные вещества, оказывающие позитивное действие на физиологические системы и функции организма.

Так как одним из основных продуктов питания человека являются хлеб и хлебобулочные изделия, то разработка и создание новых изделий с заданным химическим составом позволит расширить ассортимент таких продуктов, а также влиять на здоровье населения в сторону его улучшения.

Для улучшения качества хлеба и придания ему функциональных свойств используется широкое разнообразие растительного сырья. К одному из самых востребованных и наиболее широко применяемых пищевых ингредиентов относятся пищевые волокна. Пищевые волокна, вносимые с растениями, хорошо поддаются регламентации [1]. В соответствии с рекомендациями ФАО/ВОЗ продукт, в 100 г которого содержится 3 г пищевых волокон, рассматривается как источник этого функционального ингредиента, а при содержании 6 г пищевых волокон в 100 г считается продуктом, обогащенным пищевыми волокнами [2].

Пищевые волокна практически не расщепляются в нашем пищеварительном тракте, их используют для похудения и нормализации пищеварения, для ускорения процесса прохождения пищи по желудочно-кишечному тракту, способствуя очищению организма. Структура пищевых волокон способствует адсорбции и выведению вредных веществ [3].

Кроме наземных растений источником пищевых волокон, а также других ценных биологически активных компонентов является водорослевое сырье – добавки из ламинарии [4] и морские травы (*Zostera marina*) [5,6].

Зостера морская – многолетнее вечнозеленое растение, распространенное у материковых побережий Охотского и Японского морей, западного и восточного побережий о. Сахалин, Курильских островов, восточной Камчатки. Общие запасы *Zostera marina* составляют порядка 300–350 тыс. т [7].

Морские травы на 75–81 % состоят из воды, содержание сухих веществ колеблется от 19 до 25 %. Органических веществ в этих травах содержится от 77 до 85 %, минеральных – от 14 до 23, белка – от 6 до 12, растворимых углеводов – от 10 до 21 %, клетчатки – от 14 до 21 % сухой массы [7].

В состав пищевых волокон zostеры входят целлюлоза, которая близка по химической структуре к целлюлозе наземных высших растений, и пектин. Пектиновые вещества представляют основную часть органических соединений морских трав и содержатся во всех частях растений (листьях, стеблях, корнях, семенах), в клеточном соке, межклеточной ткани и служат запасным веществом, вовлекаемым в процесс метаболизма растений [1, 5]. В отличие от пектинов наземных растений морской пектин имеет низкую степень метоксилирования, высокую молекулярную массу и содержит уникальный моносахарид апиозу, обуславливающий его устойчивость к действию внеклеточных ферментов. Низкая степень метоксилирования обеспечивает высокие адсорбционные свойства и возможность пролонгированного применения. Морской пектин (зостерин) является полидисперсным по молекулярной массе биополимером, который, проходя по желудочно-кишечному тракту, связывает и выводит из организма ионы тяжёлых металлов, желчные кислоты, патогенные микроорганизмы.

Морская трава zostера на сегодняшний день используется для получения пектиновых веществ – зостерина и его солей (зостератов, аммония, калия и натрия). Коллоидные свойства этих веществ позволяют использовать их в пищевой промышленности в качестве стабилизаторов, загустителей и желирующих добавок при приготовлении пищевых продуктов, а также в качестве основы БАД, относящихся к группе органических природных сорбентов, например, зостерин-ультра, или «Гербамарин» [1, 6].

После переработки zostеры остаются отходы в виде жома, которые рекомендуют использовать для получения кормовых продуктов как сырьё для выращивания кормовых дрожжей и других микроорганизмов, а также для получения целлюлозы [8].

Целью наших исследований было изучение возможности использования пищевых волокон морской травы сем. Зостера при производстве хлебобулочных изделий и разработка новой рецептуры хлеба.

На первом этапе исследования была получена добавка, содержащая пищевые волокна zostеры.

Так как морские травы сорбируют на поверхности минеральные вещества, содержащиеся в водной среде, такие как натрий, магний, кальций, калий и др. [1], избыток минеральных солей негативно сказывается на технологической обработке сырья, в дальнейшем для их удаления проводили деминерализацию слабым раствором соляной кислоты, после чего промывали до нейтральной pH.

Промытое сырьё измельчали и экстрагировали из него водо- и спирторастворимые компоненты, растворы отфильтровывали. Остаток в виде жома исследовали на содержание пищевых волокон. Для этого использовали гравиметрический метод, основанный на обработке навески смесью концентрированных уксусной и азотной кислот, в результате чего все сложные сопутствующие соединения гидролизуются, окисляются и растворяются, а нерастворимые пищевые волокна остаются без изменений. В результате проведенных исследований было выяснено, что их количество составило от 40 до 43 % от массы сырья.

Большинство пищевых волокон обладают способностью связывать воду и другие вещества, начиная с самых мелких, например, макро- и микроэлементов, моносахаридов, аминокислот, витаминов, желчных кислот, и заканчивая белками, крупными надмолекулярными комплексами пищевых веществ и бактериями. Активность сорбента характеризуется количеством поглощаемого вещества в кг на  $1 \text{ м}^3$  или 1 кг сорбента; активность может быть выражена в долях или процентах от массы сорбента.

В сухом остатке нерастворимых пищевых волокон проводили определение сорбционной активности. В качестве образцов для сравнения использовали активированный уголь, обладающий высокой поверхностной активностью, и клетчатку ржаную, полученную промышленным способом.

Для этого к навеске материала добавляли  $25 \text{ см}^3$  0,2 н раствора йода в йодистом калии и встряхивали в течение 15 мин. Далее раствор отфильтровывали и титровали 0,1 н раствором тиосульфата натрия в присутствии раствора крахмала до полного обесцвечивания раствора.

Наибольшей сорбционной активностью обладал активированный уголь – 22,3 %. Клетчатка ржаная и пищевые волокна зостеры имели одинаковую сорбционную активность, равную 1,6 %.

На следующем этапе работы жом зостеры, содержащий пищевые волокна, высушивали, измельчали и использовали в составе рецептуры хлеба.

Хлеб выпекали по стандартной рецептуре из муки высшего сорта с внесением порошка пищевых волокон зостеры. Норму закладки пищевых волокон рассчитывали исходя из содержания этих веществ в исходном продукте, добавляя к нему количество пищевых волокон, удовлетворяющее 30 % суточной нормы, в пересчете на 100 г продукта. Такая замена позволила сократить рецептурное количество пшеничной муки.

Тесто готовили безопасным способом, замешивали путем смешивания всех ингредиентов, предусмотренных рецептурой, в течение 8–12 мин, формовали. После этого тестовые заготовки поступали на брожение и расстойку ( $t = 35\text{--}40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) в течение 2 ч.

Тестовые заготовки выпекали при температуре 215–250 °С в течение 60 мин.

При проведении исследований использовали в качестве контроля образец без добавления пищевых волокон и образцы с пищевыми волокнами зостеры и конопляной клетчатки с морской капустой.

Качество образцов оценивали по физико-химическим и органолептическим свойствам.

Одним из показателей качества является пористость, которая показывает процентное отношение объема пор к общему объему мякиша. С пористостью хлеба связана его усвояемость. Хорошо разрыхленный хлеб с равномерной мелкой тонкостенной пористостью легко разжевывается, пропитывается пищеварительными соками и поэтому полнее усваивается.

Пористость контрольного образца составила в среднем 76 %, а образцов с пищевыми волокнами зостеры и конопляной клетчатки с морской капустой – 79 и 75 % соответственно.

Кислотность образцов соответствовала ГОСТ 27842-88. «Хлеб из пшеничной муки. Технические условия» и составляла в среднем 2,8 град., влажность образцов – 42,8 %.

Органолептические показатели образцов представлены в таблице.

### **Органолептические показатели хлеба, обогащенного пищевыми волокнами морской травы зостера**

#### **Organoleptic characteristics of bread enriched with food fibers of sea grass zoster**

Образец	Показатель	Описание
1	2	3
Пшеничный хлеб (контроль)	Поверхность	Без трещин и подрывов
	Цвет	Золотистый
	Мякиш	Эластичный, после надавливания мякиш принимает первоначальную форму
	Пористость	Без пустот и уплотнений
	Запах	Свойственный данному виду продукта
	Вкус	Свойственный данному виду продукта. Сладковатый
Пшеничный хлеб с пищевыми волокнами зостеры	Поверхность	Без трещин и подрывов
	Цвет	Темно-коричневый
	Мякиш	Эластичный
	Пористость	Без уплотнений и пустот
	Запах	Свойственный данному виду продукта
	Вкус	Свойственный данному виду продукта. Сладковат

Окончание таблицы

1	2	3
Пшеничный хлеб с конопляной клетчаткой и морской капустой	Поверхность	Без трещин и подрывов
	Цвет	Светло-желтый
	Мякиш	Не влажный, эластичный. Наблюдаются включения, соответствующие внесённому компоненту
	Пористость	Равномерная, без уплотнений и пустот
	Запах	Свойственный данному виду продукта, легкий запах водорослей
	Вкус	Свойственный данному виду продукта. Сладковат. Ощущается хруст на зубах от внесённого компонента

Внесение пищевых волокон морской травы *Zostera marina* положительно влияет на органолептические показатели пшеничного хлеба, в отличие от других образцов он обладает слабо выраженным сладковатым привкусом и приятным послевкусием. Отличительным является цвет изделия – он темно-коричневый с бурым оттенком, свойственный данному виду вносимого компонента.

Количество вносимых пищевых волокон необходимо корректировать при выпуске опытных партий продукта. В случае необходимости в расчеты вносят поправки, и норма их закладки уточняется окончательно.

На основании проведенных исследований был разработан новый вид хлебобулочного изделия, обогащенного пищевыми волокнами zostеры. Добавление пищевых волокон положительно сказывается на вкусе изделия и структуре мякиша, а замена рецептурной части муки на измельченные пищевые волокна позволит снизить общую калорийность и обеспечит функциональную направленность готового продукта.

### Список литературы

1. Мезенова О.Я., Сергеева Т.Н., Байдалинова Л.С. Биотехнология гидробионтов: монография. Изд-во LAP LAMBERT, 2011. 466 с.
2. Ипатова Л.Г. и др. Физиологические и технологические аспекты применения пищевых волокон // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. 2004. № 1. С.14–17.
3. Доронин А.Ф., Ипатова Л.Г., Кочеткова А.А. и др. Функциональные пищевые продукты. Введение в технологии. М., 2009.
4. Цуканова Л.Н., Цыганова Т.Б., Цуканов М.Ф., Бокова Е.М. Разработка диетических хлебобулочных изделий с включением ламинарии сушеной // Хлебопечение России. 2005. № 5.
5. Титлянов Э.А., Титлянова Т.В., Белоус О.С. Полезные вещества морских зеленых макроводорослей (*CHLOROPHYTA*) и морских трав (*MAGNOLIOPHYTA*): структура, содержание, накопление и использование // Изв. ТИНРО. Владивосток, 2011. С. 283–296.
6. Артюков А.А. Разработка биотехнологических основ получения некоторых биологически активных веществ из океанического сырья: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Владивосток, 2012.
7. Суховеева М.В., Подкорытова А.В. Промысловые водоросли и травы морей Дальнего Востока: биология, распространение, запасы, технология переработки. Владивосток: ТИНРО-Центр, 2006. 243 с.
8. Пат. РФ № 2445780. Способ получения пищевых волокон из водорослевого сырья / Подкорытова А.В., Игнатова Т.А., Родина Т.В. и др. Оpubл. 27.03.2012.

**Сведения об авторах:** Давидович Валентина Владимировна, кандидат технических наук, доцент, e-mail: davidvalentina@yandex.ru;

Клочкова Ирина Сергеевна, кандидат технических наук, доцент, e-mail: irishanet@maile.ru.

УДК 664.662(45)

**И.С. Клочкова, В.В. Давидович**

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,  
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

### **ТЕХНОЛОГИЯ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕЛОКСОДЕРЖАЩЕГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ**

*Научно и экспериментально обоснована рецептура и технология багета с использованием нутовой муки в качестве источника растительного белка. Определены пищевая и энергетическая ценность и установлены сроки хранения багета с повышенным содержанием белка.*

**Ключевые слова:** багет, нутовая мука, растительный белок, рецептура, технология, показатели качества.

**I.S. Klochkova, V.V. Davidovich**

### **TECHNOLOGY OF BAKERY PRODUCTS WITH USE OF RAW MATERIAL CONTAINING PROTEIN**

*Baguette technology using chickpea flour is scientifically grounded and experimentally substantiated. Flour from chickpeas is a source of protein. Food and energy values were determined and the shelf-life of the baguette with increased protein content was established.*

**Key words:** baguette, chickpea flour, vegetable protein, recipe, technology, quality indicators.

#### **Введение**

Белки представляют собой важнейшую составную часть пищи, при их недостатке снижается кроветворение, задерживается развитие растущего организма, нарушается обмен жиров и витаминов, деятельность нервной системы, печени и других органов, замедляется восстановление клеток после тяжелых заболеваний.

Именно белковая недостаточность является одной из серьезных проблем в питании населения, особенно социально незащищенных слоев. Дефицит белка в России составляет 30–50 % и ежегодно возрастает, поэтому наряду с применением готовых белковых препаратов необходимо использовать нетрадиционные источники белка [1].

Обогащение хлебобулочных изделий белоксодержащими добавками из нетрадиционного растительного сырья – это один из перспективных способов повышения пищевой ценности.

Часто используются в качестве источника дешевого растительного белка бобовые культуры, так как кроме уникального химического состава отличаются доступностью и наличием достаточной сырьевой базы.

Большое количество белков растительного происхождения и сравнительно низкие затраты на производство дают возможность значительно восполнить за их счет дефицит белка в питании людей.

Нут (также известный под названием турецкий горох или бараний горох) является одной из старейших культур, которую с незапамятных времен культивируют в странах Ближнего Востока и других тропических и субтропических странах [2].

Он принадлежит к семейству бобовых наряду с чечевицей и горохом и является превосходным источником клетчатки, белка, сложных углеводов, фолиевой кислоты, марганца, калия и меди, кроме того, в нем практически не содержится насыщенных жиров, холестерина и натрия.

Нутовая мука по праву считается ценным диетическим продуктом, который доступен всем группам людей независимо от достатка. Для полноценного питания, поступления достаточного количества белков, витаминов и минеральных веществ, улучшения состояния здоровья, нормализации веса, а также экономии финансовых и временных затрат на приготовление пищи советуют как можно чаще употреблять именно нуттовую муку.

Известно, что использование нуттовой муки улучшает качество хлебобулочных изделий, например, при ее добавлении в количестве 5–20 % от массы пшеничной положительно меняются реологические свойства теста и его образование, а при добавлении 10–20 % нуттовой муки к муке пшеничной повышается питательная ценность и вкусовые качества хлебобулочных изделий [3].

В табл. 1 приведена сравнительная характеристика пищевой и энергетической ценности нуттовой и пшеничной муки [4].

Таблица 1

**Сравнительная характеристика нуттовой и пшеничной муки высшего сорта на 100 г продукта**

Table 1

**Comparative characteristics of high-quality wheat flour and chickpea flour per 100 g of product**

Пищевая ценность	Мука нуттовая	Мука пшеничная
Калорийность, ккал	328,6	334,0
Белки, г	20,1	10,3
Жиры, г	4,32	1,1
Углеводы, г	46,16	68,9
Пищевые волокна, г	9,9	0,1
Вода, г	14,0	14,5
Ненасыщенные жирные кислоты, г	2,9	-
Моно- и дисахариды, г	2,96	0,2
Крахмал, г	43,2	68,7
Зола, г	3,0	0,5

Таким образом, из табл. 1 видно, что, несмотря на почти одинаковую энергетическую ценность, нуттовая мука содержит в 2 раза больше белка, в 4 раза больше жира, чем пшеничная мука высшего сорта. Из 4,3 г жира, содержащегося в 100 г нуттовой муке, более половины (2,9 г) – это ненасыщенные жирные кислоты. Содержание крахмала в муке из нута в 1,6 раза ниже, чем в пшеничной муке, что делает изделия из нуттовой муки пригодными для питания людей, страдающих сахарным диабетом.

Важная составляющая в питании человека – это пищевые волокна, содержание которых составляет почти 10 г на 100 г нуттовой муки, в то время как они почти полностью отсутствуют в пшеничной муке высшего сорта.

Мука из нута не содержит глютена, поэтому продукты даже с частичной заменой пшеничной муки дополняют линейку продуктов с пониженным содержанием глютена для диетического и лечебного питания.

Поэтому использование нуттовой муки в технологии хлебобулочных изделий с целью обогащения их растительным белком актуально.

Целью научно-исследовательской работы являлась разработка технологии багета с повышенным содержанием белка.

Для решения поставленной цели решались следующие задачи:

- разработка рецептуры и технологии багета с повышенным содержанием белка;
- определение содержания белка в готовом продукте;

- расчет пищевой и энергетической ценности готовых изделий;
- установление сроков хранения багета с использованием нутовой муки.

### **Объекты и методы исследований**

В качестве сырья использовали:

- нутовую муку, производитель ООО «Гарнец» – ТУ 9293-009-89751414-10;
- муку пшеничную хлебопекарную высшего сорта «Беляевская» – ГОСТ Р 52189-2003 «Мука пшеничная. Общие технические условия»;
- дрожжи сушеные – ГОСТ Р 54845-2011 «Дрожжи хлебопекарные сушеные. Технические условия»;
- соль поваренную пищевую – ГОСТ Р 51574-2000 «Соль поваренная пищевая. Технические условия».

В работе использовали органолептические, физико-химические и микробиологические методы исследования.

Органолептические показатели готовых изделий определяли в соответствии с ГОСТ 27844-88 «Булочные изделия. Технические условия» профильным методом, используя балльную оценку.

Подготовку проб проводили по ГОСТ 5667-65 «Хлеб и хлебобулочные изделия. Правила приемки, методы отбора образцов, методы определения органолептических показателей и массы изделий».

Определение влажности проводили арбитражным методом по ГОСТ 21094-95 «Хлеб и хлебобулочные изделия. Метод определения влажности».

Кислотность определяли стандартным методом титрования щелочью в присутствии индикатора (фенолфталеина) в соответствии с требованиями ГОСТ 5670-96 «Хлебобулочные изделия. Метод определения кислотности».

Определение белка в контрольном и опытных образцах багета проводили в соответствии с ГОСТ 10846-91 «Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка».

Исследование количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) образцов осуществляли по ГОСТ 10444.15-94 «Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов».

### **Результаты и их обсуждения**

В процессе работы было приготовлено пять образцов багета с содержанием нутовой муки от 5 до 30 % от массы пшеничной муки. Изделия были изготовлены безопасным способом согласно унифицированной рецептуре [5], нутовая мука, применяемая в процессе научно-исследовательской работы, имела влажность 16,5 % и кислотность 2,0 град.

На первом этапе производства мука нутовая смешивалась с пшеничной в соответствующих пропорциях и вносилась в тесто, замес теста осуществлялся при температуре 30–35 °С в течение 40–60 мин, конечная влажность теста составляла 42,3 %, что соответствовало требованиям технологической инструкции (влажность теста 42–45 %).

Замешенное тесто контрольного образца оставляли на брожение при температуре 32–36 °С на 3 ч, а после делили на куски заданной массы и отправляли на расстойку.

Время брожения опытных образцов при температуре 32–36 °С составляло 2 ч, так как внесение нутовой муки ускоряет процесс созревания теста благодаря интенсификации его брожения и накопления органических кислот, а также наличия в добавке большого количества минеральных веществ, которые дают кислую реакцию. Поэтому для производства багета был выбран безопасный способ тестоприготовления [4].

Таким образом, введение нутовой муки позволило не только обогатить хлебобулочные изделия растительным белком, но и ускорить технологический процесс производства.

Выпекали багеты при температуре 180–200 °С в течение 40–50 мин в увлажненной пекарной камере до образования цвета корки от золотисто-желтого до золотисто-коричневого.

Определение показателей качества опытных образцов проводили после охлаждения в соответствии с ГОСТ 5667-65 «Хлеб и хлебобулочные изделия. Правила приемки, методы отбора образцов, методы определения органолептических показателей и массы изделий».

При пробной выпечке были произведены органолептические исследования продукции (табл. 2).

Таблица 2

**Органолептические показатели хлебобулочных изделий с использованием нутовой муки**

Table 2

**Organoleptic parameters of baked goods using chickpea flour**

Показатели	Контроль	Содержание нутовой муки, %				
		5	10	15	20	30
Внешний вид:						
форма	Правильная, овальная, без притисков (5,0)					
поверхность	Ровная, без трещин и подрывов, с косыми надрезами (5,0)				С косыми надрезами и небольшими трещинами (4,0)	
цвет	Светло-желтый равномерный (5,0)		Желтый с небольшим количеством темных вкраплений (4,5)		Коричневый, большое количество темных вкраплений (3,5)	
Состояние мякиша:						
пропеченность	Пропеченный, не влажный на ощупь, эластичный (5,0)					
промес	Без комочков и следов непромеса (5,0)					
пористость	Равномерная, развитая, без пустот и уплотнений (5,0)				Неравномерная, неразвитая (3,5)	
Вкус	Приятный, без постороннего привкуса, свойственный данному виду изделия (4,5)		Приятный, с легким привкусом орехов (5,0)		С неприятным привкусом бобовых (3,0)	
Запах	Приятный, без постороннего запаха, свойственный данному виду изделия (4,5)		Приятный легкий запах орехов (5,0)		Выраженный неприятный запах бобовых (3,0)	

В результате было выявлено (табл. 2), что с увеличением количества нутовой муки до 30 % ухудшается цвет мякиша за счет темных включений нутовой муки, а также цвет верхней корки темнел значительно быстрее. Кроме того, отмечалось отрицательное влияние на вкус и аромат багета, так как появлялся выраженный привкус и запах бобовых. При внесении муки в количестве от 5 до 15 % цвет сильно не изменяется по сравнению с контролем, при содержании муки 20 % появляется легкий приятный аромат орехов, что характерно для нутовой муки.

Таким образом, увеличение количества нутовой муки до 30 % от общего количества муки нецелесообразно, поскольку приводит к ухудшению органолептических показателей продукта, в частности, появляется выраженный запах и вкус бобовых, изменяется цвет и поверхность готовых изделий.

Результаты физико-химических показателей представлены в табл. 3.

Таблица 3

**Физико-химические показатели образцов с различным соотношением нутовой муки**  
**Table 3**  
**Physicochemical parameters of samples with different ratio of chickpea flour**

Показатели	Контроль	Содержание нутовой муки, %				
		5	10	15	20	25
Влажность мякиша, %	40,6	40,7	40,8	41,0	41,0	41,5
Кислотность мякиша, град.	1,9	2,1	2,2	2,4	2,4	2,6
Пористость, %	79	80	80	82	82	56

Исследование физико-химических показателей качества (табл. 3) нового вида багета показало, что все показатели находятся в пределах норм, установленных в стандарте за исключением кислотности (не более 2,5 град.) и пористости для образца с содержанием нутовой муки 25 % от общего количества муки. Повышенная кислотность обусловлена тем, что при брожении теста с использованием нутовой муки процесс накопления кислоты идет быстрее. Пористость не соответствует показателям ГОСТ 27844-88 «Изделия булочные. Технические условия» (не менее 68 %), поскольку содержание клейковины в тесте при добавлении нутовой муки свыше 20 % от массы пшеничной недостаточно.

В результате проведенных органолептических и физико-химических исследований образцов хлебобулочных изделий, содержащих нутовую муку, пришли к заключению о целесообразности ее внесения в количестве не более 20 % от массы пшеничной муки.

Поскольку целью работы было обогащение изделия растительным белком, было необходимо определить его содержание в новом продукте (багет с содержанием нутовой муки 20 % от массы пшеничной), определение вели по ГОСТ 10846-91 «Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка». В результате проведенных исследований было установлено, что содержание белка в опытном образце увеличилось на 20 % по сравнению с контрольным образцом.

Энергетическую ценность рассчитывали с учетом коэффициента перерасчета. Для белков и углеводов данный коэффициент принимают равным 4,0, для жиров – 9,0. Энергетическая ценность усовершенствованного и унифицированного продукта представлена в табл. 4.

Таблица 4

**Пищевая и энергетическая ценность багетов контрольного и опытного образцов**  
**Table 4**  
**The nutrition and power value of baguettes of control and experienced it is model**

Наименование показателя	Количество, ккал/100 г	
	Опытный образец	Контрольный образец
Белки	38,6	32,2
Жиры	13,2	1,0
Углеводы	203,5	235,9
Итого	255,3	269,1

В результате замены пшеничной муки высшего сорта на нутовую в количестве 20 % от рецептурного количества муки калорийность уменьшилась на 5,5 %, а количество белка увеличилось на 20 %.

Внесение нутовой муки в изделие не повлияло на срок хранения багета и составило не более 3 сут.

## Выводы

В результате:

- разработана оригинальная рецептура багета с добавлением нутовой муки в количестве 20 % от массы пшеничной;
- разработана технологическая схема производства багета с нутовой мукой, использование которой позволило сократить время брожения теста на 30 %;
- определено количество белка в нутовом багете, которое увеличилось на 20 % по сравнению с багетом, вырабатываемым по унифицированной рецептуре;
- рассчитана пищевая и энергетическая (255,3 ккал) ценность в разработанном продукте;
- установлен срок хранения багета с нутовой мукой (3 сут), в течение которого изделие имеет высокие органолептические и физико-химические свойства, а микробиологические показатели соответствуют требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевых продуктов».

## Список литературы

1. Ерашова Л.Д., Павлова Г.И., Ермоленко Р.С. и др. Использование нетрадиционных источников белка растительного происхождения // Пищ. пром-сть. 2009. № 10. С. 14–15.
2. Пашенко Л.П., Курчаева Е.Е., Кулакова Ю.А., Яковлева Е.А. Некоторые сведения о нуте и применении его в продуктах питания // Хранение и переработка сельхоз. сырья. 2004. № 4. С. 59–62.
3. Садыгова М.К., Магомедов Г.О., Кибкало И.А., Андреева Л.В. Использование нутовой муки в производстве хлебобулочных изделий // Хлебопечение России. 2011. № 3. С. 23–25.
4. Аникеева Н.В. Семена нута – перспективное сырьё для производства белковых препаратов // Хлебопродукты. 2010. № 1. С. 48–49.
5. Ершов П.С. Рецептуры на хлеб и хлебобулочные изделия. СПб., 2001. 155 с.

**Сведения об авторах:** Ключкова Ирина Сергеевна, кандидат технических наук, доцент, e-mail: irishanet@mail.ru;

Давидович Валентина Владимировна, кандидат технических наук, доцент, e-mail: davidvalentina@yandex.ru.

## ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЬИ

Статья должна соответствовать научным требованиям, быть интересной достаточно широкому кругу российской научной общественности.

Материал, предлагаемый для публикации, должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях, написан в контексте современной научной литературы и содержать очевидный элемент создания нового знания.

За точность воспроизведения имен, цитат, формул, цифр несет ответственность автор.

Объем статьи (включая список литературы, таблицы и надписи к рисункам) должен быть от 5 до 12 страниц; текст – в формате А4; наименование шрифта – Times New Roman; размер (кегель) шрифта – 12 пунктов; все поля должны быть 2 см, отступ (абзац) – 1 см, межстрочный интервал – одинарный.

Текст статьи набирать без принудительных переносов, слова внутри абзаца разделять только одним пробелом, не использовать пробелы для выравнивания. Следует избегать перегрузки статей большим количеством формул, дублирования одних и тех же результатов в таблицах и графиках.

Границы таблиц и рисунков должны соответствовать параметрам полей текста. Математические уравнения и химические формулы должны набираться в редакторе формул Equation (MathType) или в Редакторе MS Word, одним объектом, а не состоять из частей, сами формулы должны быть 12-14 кегля.

Формулы и уравнения печатаются с новой строки и нумеруются в круглых скобках в конце строки.

Рисунки должны быть представлены в формате \*.jpg или \*.tiff. Подрисуночная подпись должна состоять из номера и названия (Рис. 1. ...). В тексте статьи обязательно должны быть ссылки на представленные рисунки. Графики, диаграммы и т.п. рекомендуется выполнять в программах MS Excel или MS Graph. Таблицы должны иметь заголовки и порядковые номера. В тексте статьи должны присутствовать ссылки на каждую таблицу.

Допускаются смысловые выделения – полужирным шрифтом.

**Статья должна включать следующие данные:**

1. Индекс УДК (на первой странице в левом верхнем углу).
2. Инициалы и фамилии всех авторов, через запятую.
3. Полное название учреждения (место работы), город, почтовый адрес и индекс.

Если авторов несколько и они работают в разных учреждениях, возле названия каждого учреждения и фамилии автора ставится соответствующий надстрочный символ.

4. Над фамилиями авторов справа указывается один из следующих разделов журнала:

- **Ихтиология. Экология.**
- **Промышленное рыболовство. Акустика.**
- **Судовые энергетические установки, устройства и системы, технические средства судовождения, электрооборудование судов.**
- **Технология и управление качеством пищевых продуктов.**
- **Технологическое и транспортное оборудование рыбохозяйственной отрасли.**

5. Заголовок. Название статьи должно быть кратким (не более 10 слов). Заголовок набирают полужирными заглавными буквами. В заглавии не допускается употребление сокращений, кроме общепризнанных.

6. Аннотацию (не более 150–250 слов) набирают курсивом.

7. Ключевые слова (не более 9).

8. Текст статьи обязательно должен содержать следующие разделы (возможно выделение данных разделов в тексте):

**Введение**

**Объекты и методы исследований**

**Результаты и их обсуждение**

**Выводы**

9. Список литературы оформляется согласно ГОСТ 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка». Список литературы приводится в порядке цитирования работ в тексте в квадратных скобках [1, 2, 3].

**На английском языке необходимо предоставить следующую информацию** (после ключевых слов на русском языке):

- инициалы и фамилии авторов;
- заглавие статьи;
- текст аннотации;
- ключевые слова (Key words);
- подписи к рисункам и названия таблиц (приводятся в тексте по смыслу).

**Сведения об авторах** приводятся в конце статьи (после списка литературы) и включают в себя: Фамилия, имя, отчество (полностью), научная степень, звание, должность, e-mail.

**В редакцию предоставляются:**

1. Электронная версия статьи в программе MS Word 3 на CD диске, флэш-носителе или отправляется на электронный адрес редакции (Hnauch-tr@dgtru.ru). Файл статьи следует назвать по фамилии первого автора – Петров А.А.doc. Не допускается в одном файле помещать несколько файлов.
2. Распечатанный экземпляр статьи, строго соответствующий электронной версии.
3. Сопроводительное письмо на имя главного редактора сборника на бланке направляющей организации о возможности опубликовать научную статью в сборнике, с подписью руководителя учреждения (заверенной печатью), в котором выполнена работа, или его заместителя (сотрудникам Дальрыбвтуза не требуется сопроводительное письмо).
4. Экспертное заключение о возможности публикации в открытой печати с гербовой печатью организации.
5. Заявка (Ф.И.О., город, учреждение, название статьи, название рубрики, контактные (рабочий, сотовый) телефоны, дата подачи статьи).

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

*Пример оформления статьи*

УДК 123

Ихтиология. Экология

**А.А. Иванов<sup>1</sup>, И.Б. Петров<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,  
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

<sup>2</sup> Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,  
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4.

**НАЗВАНИЕ СТАТЬИ**

*Аннотация.*

**Ключевые слова:** гидробионты.

Данные на английском языке.

Текст статьи (по ширине страницы) [1, 2, 3].

**Список литературы**

**Сведения об авторах:** Иванов Александр Александрович, кандидат технических наук, доцент, e-mail: ivanova@mail.ru;

Петров Игорь Борисович, кандидат биологических наук, профессор, научный сотрудник, e-mail: petrov@mail.ru.

Адрес: 690091, Россия, Владивосток, ул. Светланская, 27  
Тел.: (423) 226-65-01, e-mail: nauch-tr@dgtru.ru  
сайт: <http://nauch-tr.dgtru.ru>

*Научное издание*

## **НАУЧНЫЕ ТРУДЫ ДАЛЬРЫБВТУЗА**

Научный журнал

№ 3 2018

Том 46

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи,  
информационных технологий и массовых коммуникаций

Свидетельство о регистрации  
ПИ № ФС77-72402 от 05 марта 2018 г.

Подписной индекс 64553  
(каталог агентства «Роспечать»)

Издание не подлежит маркировке в соответствии с гл. 3, ст. 11, п. 4 ФЗ № 436-ФЗ

Редактор Т.В. Ломакина  
Технический редактор И.Н. Горланова  
Макет, обложка О.В. Нечипорук

Подписано в печать 20.12.2018. Дата выхода в свет: 27.12.2018.

Формат 60x84/8. Усл. печ. л. 8,37. Уч.-изд. л. 8,15.

Заказ 0724. Тираж 100 экз. Цена свободная.

Отпечатано с оригинал-макета, подготовленного Издательско-полиграфическим комплексом  
Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета  
690091, г. Владивосток, ул. Светланская, 27

Отпечатано в типографии ООО «Литера В» 690091, г. Владивосток, ул. Светланская, 31В  
e-mail: litera\_v@mail.ru