ISSN 2222-4661

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

НАУЧНЫЕ ТРУДЫ ДАЛЬРЫБВТУЗА

Scientific Journal of DALRYBVTUZ Vol. 49

Том
49

3 · 2019

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

НАУЧНЫЕ ТРУДЫ ДАЛЬРЫБВТУЗА

Scientific Journal of DALRYBVTUZ Vol. 49

Том
49

Адрес редакции:
Россия, 690087, Владивосток,
ул. Луговая, 52б
телефон: (423) 244-21-91
e-mail: nauch-tr@dgtru.ru
сайт: http://nauch-tr.dgtru.ru

3 · 2019

Научные труды Дальрыбвтуза. 2019. № 3 (т. 49)

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, г. 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 – Л.Н. Зуева

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.А. 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».

© Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ИХТИОЛОГИЯ. ЭКОЛОГИЯ 5

Казаченко В.Н., Матросова И.В. Паразитические ракообразные (Crustacea: Copepoda) терпуговых (Pisces: Phexagrammidae) рыб дальневосточных морей 5

Казаченко В.Н., Матросова И.В. Находки паразитических ракообразных рода Hatschekia (Crustacea: Copepoda: Siphonostomatoida) 13

Ковтун Т.С., Колосова Л.Ф., Слободскова В.В. Динамика накопления и выведения меди в тканях мидии тихоокеанской 24

Лебедев Л.Е., Полякова Н.В. Содержание тяжелых металлов в тканях и органах темной камбалы Pseudopleuronectes obscurus (Herzenstein, 1890) (Pleuronectidae) залива Петра Великого Японского моря 30

ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО, АКУСТИКА 40

Балабаев С.М., Ивина Н.Ф. Вариационная формулировка метода конечных элементов для анализа собственных колебаний упругих тел произвольных форм и размеров 40

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ, УСТРОЙСТВА И СИСТЕМЫ, ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА СУДОВОЖДЕНИЯ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ СУДОВ 47

Руднев Б.И., Повалихина О.В. Расчетно-экспериментальный метод определения энергетических характеристик пламени в камере сгорания судового дизеля 47

Шайдуллина В.П., Дуболазова Л.В. Анализ температурных напоров в конденсаторах холодильных машин, их влияние на энергоэффективность 55

ТЕХНОЛОГИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ 62

Дементьева Н.В., Богданов В.Д. Оценка качества и безопасности крем-паштетов из икры минтая, ферментированных микробиальным ренином «Meito» 62

Лаптева Е.П., Ивашкина А.В. Совершенствование методического подхода формирования стратегии конкурентоспособности предприятий общественного питания 69

CONTENTS

ICHTHYOLOGY. ECOLOGY 5
Kazachenko V.N., Matrosova I.V. Parasitic crustaceans (Crustacea: Copepoda) of greenlings fish (Pisces: Hexagrammidae) of far eastern seas. 5
Kazachenko V.N., Matrosova I.V. Findings of parasitic crustacea of the genus Hatschekia (Crustacea: Copepoda: Siphonostomatoida) 13
Kovtun T.S., Kolosova L.F., Slobodskova V.V. Dynamics of copper accumulation and removal in the fabrics of the pacific mussels 24
Lebedev L.E., Polyakova N.G. Heavy metals content of tissues and members of black plaice Pseudopleuronectes obscurus (Herzenstein, 1890) (Pleuronectidae) of Peter the Great bay, sea of Japan 30

INDUSTRIAL FISHERIES. ACOUSTICS 40
Balabaev S.M., Ivina N.F. Variation formulation of finite element method for the analysis of natural vibrations elastic bodies of arbitrary shapes and sizes 40

SHIP POWER PLANTS, EQUIPMENT AND SYSTEMS, SHIP NAVIGATION FACILITIES, SHIP ELECTRICAL FACILITIES 47
Rudnev B.I., Povalikhina O.V. Calculation-experimental method of definition power data of flame in marine diesel combustion chamber 47
Shaidullina V.P., Dubolazova L.V. The analysis of refrigerating machine condenser's temperature range, it's impact on the energy efficiency 55

TECHNOLOGY AND QUALITY CONTROL OF FOOD PRODUCTS 62
Dementeva N.V., Bogdanov V.D. Assessment of the quality and safety of the cream pies from the eggs of pollock, fermented microbially renin «Meito» 62
Lapteva E.P., Ivashkina A.V. Improvement of the methodical approach of formation of the strategy of competitiveness of enterprises of public catering 69

ИХТИОЛОГИЯ. ЭКОЛОГИЯ

УДК 591.69.7

В.Н. Казаченко, И.В. Матросова
Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

ПАРАЗИТИЧЕСКИЕ РАКООБРАЗНЫЕ (CRUSTACEA: COPEPODA) ТЕРПУГОВЫХ (PISCES: HEXAGRAMMIDAE) РЫБ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЕЙ

Приведены сведения о зараженности паразитическими копеподами терпуговых рыб дальневосточных морей; обследовано 2927 экземпляров 13 видов 10 родов рыб; у них зарегистрировано 7 видов 5 родов 3 семейств 2 подотрядов копепод.

Ключевые слова: *паразитические копеподы, терпуговые рыбы, северо-западная часть Тихого океана.*

V.N. Kazachenko, I.V. Matrosova

PARASITIC CRUSTACEANS (CRUSTACEA: COPEPODA) OF GREENLINGS FISH (PISCES: HEXAGRAMMIDAE) OF FAR EASTERN SEAS

The information about the infestation of parasitic copepods of greenlings fishe of Far Eastern seas are given; it examined 2927 specimens of 13 species of 10 genera of fish; recorded 7 species of 5 genera of 3 families 2 suborders copepods.

Key words: *parasitic copepods, greenlings fish, north-western part of the Pacific Ocean.*

Терпуговые – это стайные морские рыбы, относящиеся к отряду скорпенообразных. Максимальная длина до 1,5 м, большинство видов имеют длину меньше 45 см. Терпуг является эндемиком – обитает исключительно в северной части Тихого океана. В России он живёт у побережья Камчатки, в Беринговом проливе, в дальневосточных морях. Терпуговые – преимущественно прибрежные и придонные рыбы. В семействе терпуговых 5 подсемейств, 5 родов и 12 видов [1].

Терпуговые рыбы являются важными объектами промысла. Вылов терпуга в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне в 2018 г. составил 19 тыс. т. Относительно паразитических копепод терпуговых рыб следует отметить, что сведения об их паразитах разбросаны в отдельных статьях [6, 7, 8, 9, 10] и редких монографиях [11, 12, 13, 14, 15]. Некоторые паразиты рыб имеют большое экономическое и медицинское значение, так как могут вызывать болезни промысловых и разводимых рыб [3, 4, 5, 6], портить товарное качество рыбной продукции. Некоторые паразиты (например, личинки нематод рода *Anisakis*) передаются человеку через рыб и могут вызывать его гибель. Поэтому необходимо проводить мониторинг зараженности рыб паразитами.

Материалом настоящего сообщения послужили сборы сотрудников лаборатории паразитологии морских животных ТИНРО-Центра, проведенные в дальневосточных морях. Первый автор принимал участие в сборе копепод. Сбор и обработка материала проводилась по общепринятым методикам [16]. Измерения копепод приведены в миллиметрах.

Поскольку паразитические копеподы терпуговых рыб зарегистрированы на рыбах других семейств (Salmomidae и Pleuronectidae), мы включили в статью и этих хозяев.

В табл. 1 приведены сведения о зараженности обследованных рыб.

Таблица 1

Количество обследованных и зараженных рыб

Table 1

Number of examined and infected fish

№ п/п	Хозяин	Количество экз.		
		обследовано	заражено	% заражения
Семейство Hexagrammidae				
1	*Hexagrammos lagocephalus*	4	1	-
2	*H. octogrammus*	11	5	45,45
3	*Pleurogrammus azonus*	78	14	17,95
4	*P. monopterigius*	73	23	31,51
5	*P. octogrammus*	11	3	27,27
Итого		177	46	25,99
Семейство Salmonidae				
6	*Eleginus gracilis*	69	2	2,90
7	*Gadus macrocephalus*	108	49	45,37
8	*Oncorhynchus gorbuscha*	2	2	-
9	*Salvelinus leucomaenis*	2	2	-
10	*Theragra chalcogramma*	2449	39	1,52
Итого		26	30	3,57
Семейство Pleuronectidae				
11	*Platichthys stellatus*	14	12	85,71
12	*Pleuronectus quadrituberculatus*	29	7	24,14
13	*Reinhardtius hippoglossoides matsuurae*	77	2	2,60
Итого		120	21	17,50
Всего		2927	161	5,50

Тип Arthropoda Siebold, 1848
Подтип Crustacea Brünnich, 1772
Класс Maxillopoda Dahl, 1956
Подкласс Copepoda Milne-Edwards, 1840

Подотряд Poecilostomatoida Thorell, 1859
Семейство Chondracanthidae Milne Edwards, 1840

Chondracanthus solidus (Gussev, 1951)
Син.: *Acanthochondria* solida Gussev, 1951.

Паразит жаберной полости. Найден у 5 из 78 обследованных экземпляров *Pleurogrammus azonus*, интенсивность инвазии 2–12 экз. в Японском море (46° 24 N, 141° 25 E) 7 июля 1973 г. и поселок Самарга (Приморский край) 19 июля 2003 г.; у 3 из 73 экз. *P. monopterigius*, интенсивность инвазии 1–3 экз. в Японском море 7 июля 1973 г.; у 3 из 11 экз. *P. octogrammus*, интенсивность инвазии 1–7 экз. в зал. Анива (о. Сахалин) в июле–августе 1973 г.

Ch. solidus – эндемик северной части Тихого океана, зарегистрирован на *Hexagrammos agrammus, H. lagocephalus, H. octogrammus, H. otakii, Mugil cephalus* и *Pleurogrammus azonus* [6, 7, 8, 11, 17, 18, 20].

Ch. solidus – специфичный паразит терпуговых рыб.
Pleurogrammus azonus и *P. octogrammus* – новые хозяева для *Ch. solidus.*

Отряд Siphonostomatoida Latreille, 1829

Семейство Caligidae Burmeister, 1834

Caligus orientalis Gussev, 1951

Син.: *C. japonicus* Gussev in Isakova-Keo, 1952; *C. communis* Shen, 1957; *C. laticorpus* Shen, 1957.

В сборах ТИНРО-Центра имеются экземпляры этого вида (хозяева не указаны) из зал. Петра Великого, Японское море.

Эндемик северо-западной части Тихого океана, зарегистрирован на рыбах: *Acanthopagrus latus, A. schlegeli, Chanos chanos, Cyprinus carpio, Epinephelus malabaricus, Hexagrammos octogrammus, Hucho perryi, Hyporhamphus sajori, Lates calcarifer, Leuciscus brandti, Limanda aspera, Liza akame, L. haematocheila, L. macrolepis, Mugil cephalus, M. soiuy, Oncorhynchus keta, O. mykiss, Oreochromis mossambicus, Salmo mykiss, Sebastes taczanowskii, Tribolodon brandti, T. hakuensis*, кальмаре *Todarodes pacificus*, спорадически на человеке и в составе планктона [6, 9, 11, 17, 18, 21, 22, 23, 24].

Lepeophtheirus hexagrammi Gussev, 1951

Паразитирует на поверхности рыб. У 1 из 11 экз. *Hexagrammos octogrammus,* интенсивность инвазии 6 экз., в зал. Анива (о. Сахалин), август 1973 г.; у 1 из 4 *H. lagocephalus,* интенсивность инвазии 1 экз., в Авачинском заливе, октябрь 1973 г.; у 1 из 73 экз. *Pleurogrammus monopterigius,* интенсивность инвазии 1 экз., в бухте Северной (зал. Петра Великого), июнь 1984 г.; у 2 обследованных *Oncorhynchus gorbuscha*, интенсивность инвазии по 1 экз., поселок Самарга (Приморский край), 12 июля 2003 г.; у 2 обследованных *Salvelinus leucomaenis*, интенсивность инвазии по 1 экз., поселок Самарга (Приморский край), 9 июля 2003 г. Измерения *L. hexagrammi* от разных хозяев приведены в табл. 2.

Таблица 2

Измерения *L. hexagrammi*

Table 2

Dimension of *L. hexagrammi*

Признак	Хозяева			
	O. gorbuscha		***S. leucomaenis***	
Длина (без каудальных щетинок)	5,17	5,28	5,13	5,25
Карапакс (без полей)	2,28 x 2,55	2,95 x 2,90	2,90 x 2,95	2,90 x 2,90
4-й грудной сегмент	0,38 x 0,70	0,33 x 0,65	0,30 x 0,70	0,30 x 0,70
Генитальный комплекс	1,60 x 1,43	1,60 x 1,58	1,58 x 1,48	1,65 x 1,52
Брюшко	0,23 x 0,30	0,25 x 0,50	0,25 x 0,35	0,30 x 0,38
Каудальная фурка	0,08	0,15	0,10	0,10
Яйцевые мешки	2,9x0,4	–	–	–

L. hexagramti – эндемик северной части Тихого океана, зарегистрирован на *H lagocephalus, H. octogrammus, H. stelleri, Pleurogrammus azonus* [6, 7, 9, 11, 15, 17].

L. hexagramti – специфичный паразит терпуговых рыб.

P. monopterigius, O. gorbuscha и *S. leucomaenis* – новые хозяева для *L. hexagramti.*

Lepeophtheiris chantoni Gussev, 1951

Локализация – поверхность рыб. У 1 из 11 экз. *Hexagrammos octogrammus,* интенсивность инвазии 1 экз., в зал. Посьета (Японское море), август 1974 г.

Эндемик северо-западной части Тихого океана, паразит сублиторальных рыб, зарегистрирован на рыбах: *Asprocottus herzensteini, Gymnocanthus hersensteini, Hexagrammos octogrammus, Hypomesus japonicus, H. olidus, Sebastes taczanowskii* и кальмаре *Todarodes pacificus* [6, 7, 9, 11, 17, 18].

Lepeophtheirus parviventris Wilson, 1905

Син.: *L. septemtrionalis* Townsend, 1938.

Локализация – поверхность тела, жабры и ротовая полость. У 2 из 78 экз. *Pleurogrammus azonus,* интенсивность инвазии 1 экз., Японское море, июнь 1992 г.; у 39 из 2449 экз. *Theragra chalcogramma,* интенсивность инвазии 1–5 экз., западное побережье Камчатки, июнь 1987 г.; у 9 из 108 экз. *Gadus macrocephalus,* интенсивность инвазии 1–7 экз., зал. Петра Великого, июнь 1977 г.; у 2 из 69 экз. *Eleginus gracilis,* интенсивность инвазии 1–2 экз., зал. Петра Великого, август 1981 г.; у 2 из 77 экз. *Reinhardtius hippoglossoides matsuurae,* интенсивность инвазии 1 экз., Охотское море, 13 декабря 1985 г. и 9 января 1986 г.

При качественном сборе копепод этот вид зарегистрирован на *Boreogadus saida, Cleistenes herzensteini, Hexagrammos lagocephalus, Limanda aspera, Paralichthys olivaceus, Pseudopleuronectes quadrituberculatus* в дальневосточных морях и Чукотском море, 1974–1980 гг.

Известен от многих видов рыб, обитающих у дна; эндемик северной части Тихого океана, зарегистрирован на рыбах*: Acantholumpenus mackay, Anoplarchus atropurpureus, Anoplopoma fimbria, Arctoscopus japonicus, Aspicottus bison, Eleginus gracilis, Enophrys bison, E. diceraus, Eopsetta jordani, Gadus macrocephalus, Halichoeres semicinctus, Heterostichus rostratus, Hexagrammos decagrammus, Hippoglossus stenolepis, Lepidopsetta sp., L. bilineata, Liopsetta pinnifasciatus, Myoxocephalus polyacanthocephalus, Oncorchynchus masu, Osmerus mordax dentex, Platichthys stellatus, Pleurogrammus azonus, P. monopterigius, Pseudopleuronectes yokohamae, Raja binoculata, R. rhina, Scorpaenichthys marmoratus, Sebastes pinniger, S. rubrivinctus, Theragra chalcogramma, Urolophus halleri, Xiphister atropurpureus,* кальмаре *Todarodes pacificus*, бычке (вид не определен) и в составе планктона [6, 9, 11, 15, 17, 18, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31].

Boreogadus saida, Cleistenes herzensteini, Hexagrammos lagocephalus, Limanda aspera, Paralichthys olivaceus, Pseudopleuronectes quadrituberculatus, Reinhardtius hippoglossoides matsuurae – новые хозяева *L. parviventris*.

Lepeophtheirus sp.

Личинки на стадии халимус на поверхности тела 1 из 14 экз. *Hexagrammos octogrammus,* интенсивность инвазии 1 экз., зал. Петра Великого, Японское море, июнь 1989 г.

Pseudolepeophtheirus parvicruris Fraser, 1920

Син.: *P. longicauda* Markewitsch, 1940; *Lepeophtheirus marcepes* Wilson, 1944; *Pseudolepeophtheirus longicauda* Markewitsch, 1940; *P. marcepes* (Wilson, 1944).

Локализация: жаберная полость и жабры. У 1 обследованного из 78 *Pleurogrammus azonus*, интенсивность инвазии 1 экз., поселок Самарга (Приморский край), 19 июля 2003 г.; у 12 из 14 экз. *Platichthys stellatus*, интенсивность инвазии 2–18 экз., Охотское море, август 1978 г.; у 7 из 29 экз. *Pleuronectus quadrituberculatus*, интенсивность инвазии 5–24 экз., Татарский пролив, июнь 1975 г. Измерения *P. parvicruris* приведены в табл. 3.

Таблица 3

Измерения *P. parvicruris* от *P. azonus*

Table 3

Measurements of *P. parvicruris* from *P. azonus*

Длина (без каудальных щетинок)	6,2
Карапакс (без полей)	2,2 x 1,8
4-й грудной сегмент	0,3 x 0,5
Генитальный комплекс (с заднебоковыми отростками)	1,8 x 1,4
Генитальный комплекс (без заднебоковых отростков)	1,7 x 1,4
Брюшко	1,9 x 0,4
Каудальная фурка	0,1
Яйцевые мешки	2,0–3,5 x 0,4

Эндемик северной части Тихого океана, зарегистрирован на рыбах: *Platichthys stellatus, Pleuronectus quadrituberculatus, Squalus acanthias* [8, 10, 16, 17, 24, 31].

P. azonus – новый хозяин для *P. parvicruris.*

P. parvicruris – специфичный паразит камбаловых рыб.

Семейство Lernaeopodidae

Clavella adunca (Strøm, 1762)

Син.: *Anchorella agilis* Krüyer, 1863; *A. brevicollis* Edwards, 1840; *A. lagenula* Cuvier, 1830; *A. quadrata* Bassett-Smith, 1896; *A. rugosa* T. Scott, 1900; *A. uncinata* (Müller, 1776); *Clavella brevicollis* (Edwards, 1840); *C. deliciosa* Leigh-Sharpe, 1933; *C. devastatrix* Leigh-Sharpe, 1925; *C. dubia* Scott et Scott, 1913; *C. iadda* Leigh-Sharpe, 1920; *C. invicta* Leigh-Sharpe, 1925; *C. lophii* Edwards, 1840; *C. quadrata* (Bassett-Smith, 1896); *C. sciatherica* Leigh-Sharpe, 1918; *C. typica* Leigh-Sharpe, 1925; *C. uncinata* (Müller, 1776); *Clavellina brevicollis* (Edwards, 1840); *C. uncinata* (Müller, 1776); *Lernaea adunca* Strøm, 1762; *L. cyclopterina* Müller, 1776; *L. uncinata* Müller, 1776; *Lernaeomyzon uncinata* (Müller, 1776); *Schisturus uncinatus* of Oken, 1816.

Локализация – поверхность тела, ротовая полость, жаберные лепестки. У 13 из 73 экз. *Pleurogrammus monopterigius,* интенсивность инвазии 1-5 экз., Японское море, май 1986 г.; у 4 из 78 экз. *P. azonus,* интенсивность инвазии 1–8 экз.; у 8 из 69 экз. *Eleginus gracilis,* интенсивность инвазии 1–7 экз., зал. Петра Великого, Курильские острова, июнь–сентябрь

1993 г.; у 40 из 108 экз. *Gadus macrocephalus,* интенсивность инвазии 1–19 экз., Японское и Охотское моря, июнь–август 1994 г.

Копепода *C. adunca* зарегистрирована у многих видов рыб: *Boreogadus saida polaris, Callionyrnus lyra, Coryphaenoides rupestris, Coryphaenoides* sp., *Diplodus sargus, Doydixodon fasciatum, Eleginops maclovinus, Eleginus gracilis, Gadus macrocephalus, G. morhua, G. callaris, G. ogac, G. polaris, G. luscus, Gazza minuta, Hexagrammos octogrammus, Lophius piscatorius, Lycenchelys paxillus, Lycodes frigidus, L. lavalaei, Macrourus berglax, M. fabricii, M. whistoni, Malacocottus zonurus, Melanogrammus aeglefinus, M. merlangus, Merluccius merluccius, M. bilinearis, Microgadus proximus, Pholis gunnelus, Pleurogrammus azonus, Pleurogrammus* sp., *Pollachius pollachius, P. virens, Somniosus macrocephalus, Sebastes marinus, Sargus rondeleti, Trisopterus luscus, Theragra chalcogramma, Trematomus loennbergi, Trisopterus luscus,* бычки и камбалы (виды рыб не определены) в Тихом, Атлантическом, Индийском, Северном Ледовитом океанах и в Антарктике [6, 9, 11, 12, 15, 17, 18, 33, 34, 35].

P. monopterigius – новый хозяин *C. adunca.*

Заключение

1. Специфичными паразитами терпуговых рыб являются *Chondracanthus solidus, Lepeophtheirus hexagrammi.*

2. *Pseudolepeophtheirus parvicruris* – специфичный паразит камбаловых рыб.

3. Эндемиками северной части Тихого океана являются *Chondracanthus solidus, Lepeophtheiris chantoni, Lepeophtheirus parviventris.*

4. Эндемиками северо-западной части Тихого океана являются *Caligus orientalis, Lepeophtheirus hexagrammi.*

5. *Pleurogrammus monopterigius, Oncorhynchus gorbuscha* и *Salvelinus leucomaenis* – новые хозяева для *L. hexagrammi.*

6. *Boreogadus saida, Cleistenes herzensteini, Hexagrammos lagocephalus, Limanda aspera, Paralichthys olivaceus, Pseudopleuronectes quadrituberculatus, Reinhardtius hippoglossoides matsuurae* – новые хозяева *Lepeophtheirus parviventris.*

7. Копепода *Clavella adunca* – космополит.

8. *Pleurogrammus monopterigius* – новый хозяин *C. adunca.*

9. *Pleurogrammus azonus* и *P. octogrammus* – новые хозяева для *Chondracanthus solidus.*

Список литературы

1. Нельсон Джозеф С. Рыбы мировой фауны / пер. 4-го перераб. англ. изд. / Предисловие и толковый словарь Н.Г. Богуцкой, А.М. Насеки, А.С. Герда. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. 880 с.

2. Kabata Z. Parasites and disease of fish cultured in the tropics. Taylor and Francis, London, 1985. 307 p.

3. Kabata Z. Copepoda (Crustacea) parasites on fishes: problems and perspectives // Adv. Parasitol. 1991. Vol. 19. P. 1–71.

4. MacKinnon B.M. Control of sea lice infections in salmonid aquaculture: alternatives to drugs // Aquaculture Association of Canada Special Publication. 1997. № 2. P. 61–64.

5. Nagasawa K. *Caligus epidemicus* (Copepoda: Caligidae), a pathogenic sea louse of wild and farmed fishes in the Indo-West Pacific region: a review // 11th International Conference on Copepoda Merida, Mexico, 2011. P. 132.

6. Гусев А. В. Паразитические Copepoda с некоторых морских рыб // Паразитол. сб. 1951. Т. 13. С. 394–463.

7. Shiino S.M. Sammlung der Parasitischen Copepoden in der Praefecturuniversitat von Mie // Rep. Fac. Fish. Pref. Univ. Mie. 1959. Vol. 3. P. 334–374.

8. Казаченко В.Н. Некоторые паразитические копеподы рыб Тихого и Индийского океанов // Проблемы паразитологии: тр. 7-й науч. конф. паразитологов УССР. Киев: Наукова думка, 1972. Ч. 1. С. 323–325.

9. 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.

10. Margolis L., Arthur J. R. Synopsis of the parasites of fishes of Canada // Bull. Fish. Res. Bd. Canada. 1979. Bull. 199. P. 1–270.

11. Маркевич А.П. Паразитические веслоногие рыб СССР. Киев: Изд-во АН УССР, 1956. 246 с.

12. Kabata Z. Parasitic Copepoda of British fishes: Ray. Soc. 1979. № 152. 468 p., figs. 1-2031.

13. Kabata Z. Copepoda and Branchiura // Guide to parasites of fishes of Canada. L. Margolis, Z. Kabata (ed.) Part. 2: Crustacea; Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 1988. 101. P. 1–184.

14. Kabata Z. Copepods parasitic on fishes. Synopsis of the British fauna (N.S.). 1992. № 47. 246 p.

15. Kim I.-H. Illustrated encyclopedia of fauna & flora of Korea. Cirripedia, symbiotic Copepoda, Pycnogonida, 1998. Vol. 38. 1038 p.

16. Быховская-Павловская И.Е. Паразиты рыб. Руководство по изучению. Л.: Наука, 1985. 121 с.

17. Markevitch A.P., Titar V.M. Copepod parasites of marine fishes from the Soviet Far East // 4 Int. Congr. Parasitol. 1978. P 38–39.

18. Титар В.М. Паразитические веслоногие рыб залива Петра Великого (Японское море) // Эколого-морфологические особенности животных и среда их обитания. 1981. С. 150–153.

19. Казаченко В.Н. К фауне паразитических копепод (Crustacea: Copepoda) рыб залива Петра Великого // 9-е Всесоюз. совещание по паразитам и болезням рыб: тез. докл. Л., 1990. С. 54–55.

20. Ho J.-s., Kim I.-h. Acanthochondria (Copepoda: Chondracanthidae) parasitic on fishes of Sado Island in the Sea of Japan, with a preliminary review of th genus // Rep. Sado Mar. Biol. Stat., Niigata Univ. 1995. № 25. P. 45–67.

21. Исакова-Кео М.М. Паразитофауна угая (*Leuciscus brandti*) и ее особенности // Уч. зап. ЛГУ, 1952. Т. 141. Сер. Биол., 28. С. 231–237.

22. Hwa T.-K. Studies on the life history of a fish-louse (*Caligus orientalis* Gussev) // Acta Zool. Sin. 1965. Vol. 17. P. 48–58.

23. Urawa S., Muroga K., Izawa K. *Caligus orientalis* Gussev (Copepoda) parasitic on akame (*Liza akame*) // Fish. Pathol. 1979. Vol. 13, № 3. P. 139–146.

24. Matumoto T. *Caligus orientalis* parasitism on cultured carp // Fish. Pathology. 1980. Vol. 14, № 3. P. 143–144.

25. 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.

26. Kabata Z. The species of *Lepeophtheirus* (Copepoda: Caligidae) from fishes of British Columbia // J. Fis. Res. Bd. Canada. 1973. Vol. 30. P. 729–759.

27. Wilson C.B. North American parasitic copepods: new genera and species of Caliginae // Proc. U. S. nat. Mus. 1908. Vol. 33. P. 593–627.

28. Wilson C.B. Parasitic copepods from Nanaimo, British Columbia, including eight species new to science // Contrib. Canadian Biology, Ottawa, 1906–1910. – 1912. P. 85–102.

29. Wilson C.B. New North American parasitic copepods, new hosts and notes on copepod nomenclature // Proc. U.S. Nat. Museum. 1924. Vol. 64. P. 1–22.

30. Townsend L.D. A new species of the genus *Lepeophtheirus* from the North Pacific // Ann. Mag. Natur. Hist. 1938. Ser. 11 (1). P. 599–604.

31. Казаченко В.Н., Коротаева В.Д., Курочкин Ю.В. Паразитические ракообразные некоторых рыб Тихого океана // Изв. ТИНРО. 1972. Т. 81. С. 224–238.

32. Титар В.М., Казаченко В.Н. Паразитические веслоногие ракообразные некоторых рыб Чукотского моря // Вторая Всесоюз. конф. молодых ученых по вопросам сравнит. морфол. и экол. животн. М.: Наука, 1976. С. 50–51.

33. Карасев А.Б. Каталог паразитов рыб Баренцева моря. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2003. 150 с.

34. 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. 381–401.

35. Moles A. Parasite-host records of Alaskan fishes // NPAA Techn. Rept. KMFS SSRF. 1982. № 760. P. 1–41.

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

Матросова Инга Владимировна, кандидат биологических наук, доцент, e-mail: ingavladm@mail.ru.

УДК 591.69-7

В.Н. Казаченко, И.В. Матросова
Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

НАХОДКИ ПАРАЗИТИЧЕСКИХ РАКООБРАЗНЫХ РОДА HATSCHEKIA (CRUSTACEA: COPEPODA: SIPHONOSTOMATOIDA)

Зарегистрировано 16 видов рода Hatschekia (Hatschekiidae) из Тихого, Атлантического и Индийского океанов, приведены сведения о хозяевах, районах обнаружения. 9 видов (Hatschekia balistae, H. crenata, H. fusiformis, H. modesta, H. pagellibogneravei, H. pagrosomi, H. quadrabdominalis, H. reinhardti и H. squamata) зарегистрированы на новых хозяевах, 11 – в новых районах обитания. Приведены определительные таблицы семейств отряда Siphonostomatoida и родов семейства Hatschekiidae.

Ключевые слова: *паразитические ракообразные, рыбы, Hatschekiidae, Hatschekia.*

V.N. Kazachenko, I.V. Matrosova

FINDINGS OF PARASITIC CRUSTACEA OF THE GENUS HATSCHEKIA (CRUSTACEA: COPEPODA: SIPHONOSTOMATOIDA)

16 species of the genus Hatschekia (Hatschekiidae) from the Pacific, Atlantic and Indian oceans are registered, information about hosts and new regions are given. 9 species (Hatschekia balistae, H. crenata, H. fusiformis, H. modesta, H. pagellibogneravei, H. pagrosomi, H. quadrabdominalis, H. reinhardti и H. squamata) are registered for new hosts, 11 species registered in the new regions. Key tables of families for order Siphonostomatoida and genera of family Hatschekiidae are given.

Key words: *parasitic copepods, fishes, Hatschekiidae, Hatschekia.*

Введение

Семейство Hatschekiidae Kabata, 1979 содержит 14 номинальных названий родов; валидными являются 9: *Bassettithia* Wilson, 1922; *Brachihatschekia* Castro-Romero et Baeza-Kurok, 1989; *Congericola* Beneden, 1854; *Hatschekia* Poche, 1902; *Laminohatschekia* Boxshall, 1989; *Mihbaicola* Uyeno, 2013; *Prohatschekia* Nunes-Ruivo, 1954; *Pseudocongericola* Yü, 1933; *Wynnowenia* Boxshall, 1987.

Представители рода *Hatschekia* распространены в тропиках, субтропиках, небольшое количество их обитает в умеренных и нотальных водах Мирового океана.

Наибольшее количество видов (130) содержит род *Hatschekia*.

Материал и методика

Материалом для написания статьи послужили сборы паразитических ракообразных от рыб Тихого, Атлантического и Индийского океанов. Сбор и обработка материала проводилась согласно общепринятым методикам [1]. Первый автор принимал участие в сборе материала. Измерения копепод даются в миллиметрах.

Результаты и обсуждение

Тип Arthropoda Siebold, 1848
Подтип Crustacea Brünnich, 1772
Класс Maxillopoda Dahl, 1956

Подкласс Copepoda Milne-Edwards, 1840
Отряд Siphonostomatoida Latreille, 1829
Семейство Hatschekiidae Kabata, 1979

Hatschekia balistae Nunes-Ruivo, 1954

На жаберных лепестках 1–12 экз. у 4 обследованных *Anoplocapros lenticularis* (Richardson, 1841) (Tetraodontiformes: Aracanidae), Большой Австралийский залив ($33^0$48 S, $125^0$41 E; $33^0$51 S, $127^0$32 E), 01.04 и 16.06.1967 г.

Измерения (n=1): длина 0,97; головогрудь 0,34 х 0,47; туловище 0,63 х 0,41; яйцевые мешки 0,61 х 0,17.

Распространение и хозяева. Вид *H. balistae* известен по первоописанию от *Balistes forcipatus* из прибрежных вод Сенегала (западная Африка) [2, 3].

Копепода *H. balistae* – специфичный паразит рыб отряда Tetraodontiformes.

В Большом Австралийском заливе *H. balistae* зарегистрирована впервые.

A. lenticularis – новый хозяин *H. balistae.*

Hatschekia bougisi Nunes-Ruivo, 1954

На жаберных лепестках 6 экз. у 1 обследованного *Gephyroberyx darwini* (Johnson, 1866) (Beryciformes: Trachichthyidae), Манарский залив (Индийский океан), 16.07.1967 г.

Измерения (n=1): длина 1,97, головогрудь 0,23 х 0,42.

Распространение и хозяева. Западная Африка (Сенегал) на *G. darwini* [2, 3].

В Манарском заливе копепода *H. bougisi* зарегистрирована впервые.

Hatschekia cernae Goggio, 1905

Син.: *Hatschekia epinepheli* Capart, 1959.

На жаберных лепестках 6–17 экз. у 5 обследованных *Epinephelus* sp. (Perciformes: Serranidae), банка Западная ($28^0$55 N, $179^0$34 W) и банка Турниф ($27^0$55 N, $178^0$37 W), 23.07–27.08.1970 г.

Измерения (n=1): длина 1,34; яйцевые мешки 0,59 х 0,17.

Распространение и хозяева. Средиземное море, западная Африка, Окинава на *Epinephelus aenae, E alexandrinus, E. gigas, E.* sp. [2, 3, 4, 5].

Копепода *Hatschekia cernae* – специфичный паразит рыб семейства Serranidae.

На подводных банках Императорского хребта (Тихий океан) *H. cernae* зарегистрирована впервые.

Hatschekia conifera Yamaguti, 1939

Син.*: Hatschekia acuta* Barnard, 1948.

На жаберных лепестках 2–117 экз. у 13 из 15 обследованных *Brama japonica* Hilgendorf, 1878 (Perciformes: Bramidae), Тихий океан ($46^0$22 N, $166^0$42 W), 19-26.05.1966 г.; 2–113 экз. у 14 из 15 обследованных *B. japonica*, Тихий океан ($43^0$58 N, $159^0$55 E), 07.08.1986 г.

Распространение и хозяева. Япония, Новая Зеландия, Вьетнам, Южная Африка, Чили, Канада (западное побережье) на *Brama australis, B. brama* (=*B. raii*)*, B. japonica, Cubiceps caerulus, Lutjanus johnii, Pampus argenteus* [3, 6, 7, 8, 9].

Hatschekia crenata Hewitt, 1969

На жаберных лепестках 2 экз. у 1 обследованной *Lepidopus lex* Phillipps, 1932 (Perciformes: Trichiuridae), зал. Тасмана, 23.09. 1971 г.

Измерения (n=1): длина 3,29; яйцевые мешки 4,29.

Распространение и хозяева. Копепода *H. crenata* известна по первоописанию от *Lepidopus caudatus* у Новой Зеландии, в Тасмановом море и Большом Австралийском заливе [3, 10, 11].

Lepidopus lex – новый хозяин *H. crenata.*

Hatschekia foliolata Redkar, Rangnekar et Murti, 1950

На жаберных лепестках 1–33 экз. у 12 обследованных *Nemipterus japonicus* (Valenciennes, 1830) (Perciformes, Nemipteridae), Аравийское море, 30.07.1967 г.; 1–4 экз. у 3 обследованных *N. japonicus,* Индийский океан, 02.06.1967 г.

Измерения (n=1): длина 2,99; головогудь 0,19 x 0,28; яйцевые мешки 0,98.

Распространение и хозяева. Копепода *H. foliolata* известна у берегов Индии, Вьетнама от рыб отряда Perciformes семейства Nemipteridae – *Nemipterus japonicus* (=*Synagris japonica*), *N. peronii,* а также *Parastromateus niger* (Perciformes, Carangidae) и неопределенной до вида рыбе [3, 12, 13].

H. foliolata – специфичный паразит рыб отряда Perciformes.

В Аравийском море копепода *H. foliolata* зарегистрирована впервые.

Hatschekia fusiformis Shiino, 1957

На жаберных лепестках 1–7 экз. у 9 из 15 обследованных *Lethrinus miniatus* (Forster, 1801) (Perciformes: Lethrinidae), Индийский океан, северо-западная Австралия ($20^0$00 S, $117^0$00 E), 28.02–03.03.1967 г.; на жаберных лепестках 3–9 экз. у 2 обследованных *L. miniatus,* Манарский залив, 18.06.1967 г.

Измерения (n=2): длина 1,51–1,79; головогрудь 0,19–0,23 x 0,19–0,26.

Распространение и хозяева. Япония, на *Hoplostethus japonicus, H. mediterraneus* [3, 4, 14].

Lethrinus miniatus – новый хозяин *H. fusiformis.*

У северо-западной Австралии и Манарском заливе копепода *H. fusiformis* зарегистрирована впервые.

Hatschekia modesta Kabata, 1965

На жаберных лепестках 2–15 экз. у 3 из 5 обследованных *Upeneichthys lineatus* (Bloch et Schneider, 1801) (Perciformes: Mullidae), Большой Австралийский залив ($33^0$00 S, $125^0$00 E), 31.03.1967 г.

Измерения (n=1): длина 0,99; головогрудь 0,22 x 0,29; яйцевые мешки 0,49 x 0,16.

Распространение и хозяева. Западная Австралия, на *Upeneichthys porosus* [3, 15].

В Большом Австралийском заливе копепода *H. modesta* зарегистрирована впервые.

U. lineatus – новый хозяин *H. modesta.*

Hatschekia mulli (Beneden, 1851)

Син.: *Clavella mulli* Beneden, 1851; not *Hatschekia mulli* of Causey, 1953.

На жаберных лепестках 3 экз. у 1 из 2 обследованных *Pseudupeneus prayensis* (Cuvier, 1829) (Perciformes: Mullidae), у побережья Западной Сахары, 22.02.1974 г.

Распространение и хозяева. Северное и Средиземное моря, побережье Бельгии и западной Африки, на *Mullus surmuletus, M. barbatus, P. prayensis* [3, 16, 17].

Hatschekia pagellibogneravei (Hesse, 1879)

Син.*: Cycnus pagellibogneravei* Hesse, 1879; *H. cornigera* Scott, 1909.

На жаберных лепестках 1–35 экз. у 11 обследованных *Argyrops spinifer* (Forsskål, 1775) (Perciformes: Sparidae), на траверзе Куйлона (восточная Африка), 08.08.1967 г.; 4 экз. у 1 обследованного *Argyrops filamentosus*, на траверзе Куйлона, 10.08.1967 г.

Головогрудь самки с дорсальной стороны имеет конический выступ, направленный назад. Тело удлиненное, субцилиндрическое. Антенна состоит из 4–5 члеников; дистальный членик вооружен 8–10 щетинками. Антенна 3-члениковая, базальный членик короткий, дистальный представлен когтем. Максилла дистально несет 4 щетинки. Максиллипед 3-члениковый, имеет типичное строение для рода. Первая–вторая плавательные ноги двуветвистые, ветви 2-члениковые, вооружены щетинками. Каждая ветвь каудальной фурки несет 5 щетинок: 4 дистальных и 1 проксимальную.

Дифференциальными признаками этого вида являются дорсальный конический выступ головогруди и длинное туловище.

Измерение (n=1): длина 1,88.

Распространение и хозяева. Средиземное море, атлантическое побережье Франции, Великобритания, Северное море, Сенегал на рыбах *Dentex maroccanus, Diplodus annularis, D. bellotti, D. cervinus, D. maroccanus, D. prayensis, D. puntazoo, D. sargus, D. vulgaris, Lithognatus mormyrus, Pagellus acarne, P. bogaraveo, P. centrodontus, P. erythrinus, Pagrus pagrus, Sargus vulgaris* [2, 3, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23].

H. pagellibogneravei – специфичный паразит рыб семейства Sparidae.

Argyrops spinifer и *A. filamentosus* – новые хозяева *H. pagellibogneravei*.

У восточной Африки копепода *H. pagellibogneravei* зарегистрирована впервые.

Hatschekia pagrosomi Yamaguti, 1939

Син.: *Hatschekia trachuri* Yamaguti et Yamasu, 1960.

На жаберных лепестках 1–38 экз. у 9 из 13 обследованных *Pagrus auratus* (Forster, 1801**)** (Perciformes: Sparidae**)**, Большой Австралийский залив (33^{0}00 S 126^{0}00 E), 12.04.1967 г.; на жаберных лепестках по 1 экз. у 2 из 4 обследованных *Argyrops spinifer* (Forsskål, 1775) (Perciformes: Sparidae), северо-западная Австралия, Индийский океан (19^{0}05 S, 118^{0}30 E), 11.06.1967 г.

Измерение (n=1): длина 2,3 х 0,25.

Распространение и хозяева. Япония, Большой Австралийский залив, Новая Зеландия на рыбах *Euthynnus japonica, Lethrinus haematopterus, Pagrosomus unicolor, Pagrus auratus* (=*P. auratus, Chrysophrys auratus*), *P. major, Sparus auratus, Trachurus japonicus, T. trachurus* [3, 24, 25, 26, 27, 28,29].

Argyrops cordinalis – новый хозяин для *H. pagrosomi.*

Копепода *H. pagrosomi* у берегов северо-западной Австралии зарегистрирована впервые.

Hatschekia plectropomi Ho et Dojiri, 1978

На жаберных лепестках 40 экз. у 1 из 2 обследованных *Plectropomus maculatus* (Bloch, 1790) (Perciformes: Serranidae), северо-западная Австралия (Индийский океан) (17^{0}04 S, 120^{0}00 E), 20.02.1967 г.

Измерения (n=1): длина 1,62; головогрудь 0,26 х 0,31; туловище 1,36 х 0,41; каудальная ветвь 0,06.

Распространение и хозяева. Восточная Австралия, Большой Барьерный риф на рыбах *Plectropomus leopardus, P. maculatus* и *Sphoeroides* sp. [3, 30].

Копепода *H. plectropomi* у берегов северо-западной Австралии зарегистрирована впервые.

Hatschekia quadrabdominalis Yü, 1933

Син.***:*** *Hatschekia curvata* Yamaguti et Yamasu 1959.

На жаберных лепестках 7–18 экз. у 2 из 4 обследованных *Heteropriacanthus cruentatus* (Lacepède, 1801) (Perciformes, Priacanthidae), подводный Гавайский хребет, банка Академик Берг (28^{0}49 N, 178^{0}51 W), 07.06.1969 г.; 7–21 экз. у 4 обследованных *H. cruentatus*, банка

Академик Берг (28^{0}55 N, 179^{0}33 W), 25.01.1970 г.; 1–11 экз. у 7 из 15 (46,7 %) обследованных *H. cruentatus*, Филиппинское море (26^{0}46 N, 135^{0}22 E), 23.08.1970 г.; 1–16 экз. у 8 из 22 (36,4 %) обследованных *H. cruentatus*, Филиппинское море (26^{0}46 N, 135^{0}22 E), 25.09.1971 г.; 1–66 экз. у 9 из 11 (81,8 %) обследованных *H. cruentatus*, банка Западная (28^{0}55 N, 179^{0}33 W), 25.01.1970 г.; 1–283 экз. у 10 из 14 (71,4 %) обследованных *Priacanthus meeki* Jenkins, 1903 (Perciformes, Priacanthidae), подводный Гавайский хребет, банка Турниф (27^{0}55 N, 178^{0}37 W), 13.08.1970 г.; 21–30 экз. у 2 обследованных *P. meeki*, банка Западная (28^{0}55 N, 179^{0}34 W), 23.07.1970 г.

Измерения (n=3): длина 1,25–1,75; головогрудь 0,30 х 0,30–0,21; яйцевые мешки 0,70–1,20 х 0,15–0,20.

Распространение и хозяева. Япония (зал. Изе), восточнее о. Дайто, Тихий океан), Бразилия, Венесуэла, у побережья Мозамбика, Чили, Китая (Чефу) на рыбах *Priacanthus macracanthus, P. arenatus*, *Holocentrus cruentatus (=Priacanthus boops), P. arenatus, P. macracanthus, H. cruentatus* (*=Priacanthus cruentatus=Cookeolus boops*), *Sargocentron rubrum* (*=Holocentrus rubber*) [3, 31, 32, 33, 34, 35, 36].

Копепода *H. quadrabdominalis* является специфичным паразитом рыб семейства Priacanthidae отряда Perciformes.

P. meeki – новый хозяин для *H. quadrabdominalis.*

На подводных банках Императорского хребта (Тихий океан) *H. quadrabdominalis* зарегистрирована впервые.

Hatschekia quadrata Hewitt, 1969

На жаберных лепестках 5–6 экз. у 2 обследованных *Allomycterus pilatus* Whitley, 1931 (Tetraodontiformes: Diodontidae), Новая Зеландия (40^{0}30 S, 173^{0}40 E), 25.05.1966 г.

Распространение и хозяева. Вид *H. quadrata* обоснован Хьюитом (Hewitt, 1969), хозяин – *Allomycterus jaculiferus*; зарегистрирован на *A. pilatus, Diodon nicthemerus* у берегов Новой Зеландии, в проливе Кука, море Тасмана и Большом Австралийском заливе [3, 11].

Копепода *H. quadrata* – специфичный паразит рыб семейства Diodontidae.

Hatschekia reinhardti Wierzbicka, 1989

На жаберных лепестках 21 экз. у 1 из 2 обследованных *Reinhardtius hippoglossoides* (Walbaum, 1792) (Pleuronectiformes: Pleuronectidae), Бристольский залив (54^{0}40 N, 165^{0}35 W), 19.08.1983 г.; по 1 экз. у 2 обследованных *Atheresthes stomias* (Pleuronectiformes: Pleuronectidae), о-ова Прибылова, 28.04.1968 г.

Измерения (n=1): длина 7,75; головогрудь 0,75 х 1,00; яйцевые мешки 5,00 х 0,33.

Распространение и хозяева. По первоописанию копепода *H. reinhardti* известна из Берингова моря от *Reinhardtius hippoglossoides* [37].

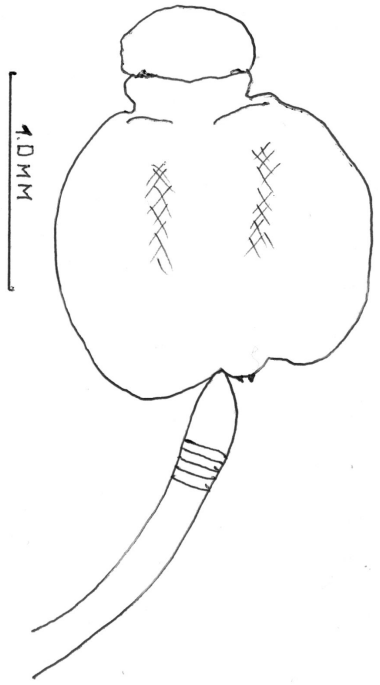
Atheresthes stomias – новый хозяин для *H. reinhardti.*

Копепода *H. reinhardti* – специфичный паразит рыб семейства Pleuronectidae.

Hatschekia squamata Jones et Cabral, 1990 (рисунок)

На жаберных лепестках 1–4 экз. у 3 обследованных *Paratrachichthys trailli* (Hutton, 1875) (Beryciformes: Trachichthyidae), Большой Австралийский залив (33^0 19 S, 129^0 20 E), 05,03.1966 г.; 2–4 экз. у 3 из 9 обследованных *P. trailli*, Большой Австралийский залив (33^0 297 S, 129^0 38 E), 29.04.1967 г.; 1–2 экз. у 7 из 9 обследованных *P. trailli,* Большой Австралийский залив (34^0 11 S, 132^0 36 E), 21.09.1973 г.

На жаберных лепестках 1–17 экз. у 14 из 15 обследованных *Aulotrachichthys prosthemius* (Jordan et Fowler, 1902) (Beryciformes: Trachichthyidae), Подводный Императорский хребет, банка Мерноо (43^0 21 S, 174^0 21 E), 16–20.10.1971 г.



Hatschekia squamata самка дорсально
Hatschekia squamata female dorsal

Измерения *Hatschekia squamata*
***Hatschekia squamata* measurements**

Признаки	Jones, Cabral, 1990	Наши данные (n=1)
Длина	2,51–2,85	1,76
Головогрудь	–	0,36 x 0,63
Ширина туловища с крыльями	2,14–2,40	1,48
Яйцевые мешки	–	2,03 x 0,19

Распространение и хозяева. Копепода *H. squamata* известна по первоописанию из района Новой Зеландии от *P. trailli* [38].

A. prosthemius – новый хозяин *H. squamata.*

На подводных банках Императорского хребта (Тихий океан) и Большом Австралийском заливе (Индийский океан) копепода *H. squamata* зарегистрирована впервые.

Подотряд Siphonostomatoida

Свободноживущие и паразитические виды. Форма тела от плоской (калигоидная) до червеобразной (эудактилиноидная, сфириоидная) и мешковидной (хондракантоидная, лернантропоидная). Основной признак, объединяющий представителей этого подотряда, – строение ротового аппарата, имеющего вид трубки, в которой расположена пара стилетообразных мандибул. Паразиты морских беспозвоночных, рыб (реже пресноводных) и китообразных; экто- и мезопаразиты.

Определительная таблица семейств подотряда Siphonostomatoida

1а. Форма тела калигоидная..... 2
б. Форма тела иная 7
2а. Первый–третий грудные сегменты входят в состав головогруди 3
б. В состав головогруди входит иное количество грудных сегментов …..... 4
3а. Четвертый грудной сегмент имеет дорсальные пластины ……..... Euryphoridae
б. Четвертый грудной сегмент не имеет дорсальных пластин ……..... Caligidae
4а. Первый и второй грудные сегменты входят в состав головогруди …..... Trebiidae
б. Первый грудной сегмент входит в состав головогруди 5
5а. На вентральной стороне головогруди имеются адгезивные пластины .... Pandaridae
б. На вентральной стороне головогруди адгезийные пластины отсутствуют …..... 6
6а. Грудные сегменты имеют дорсальные пластины ..... Cecropidae
б. Грудные сегменты не имеют дорсальных пластин …….....Dissonidae
7а. Форма тела эудактилиноидная 8
б. Форма тела иная ……..... 14
8а. Между головогрудью и генитальным комплексом находятся (различимы) 4 грудных сегмента ……..... 9
б. Между головогрудью и генитальным комплексом находятся (различимы) 3 грудных сегмента ……..... 12
9а. Вторая антенна имеет 2 членика ……..... Dichelesthiidae
б. Вторая антенна имеет более 2 члеников 10
10а. Вторая антенна имеет 3 членика ..... Carnifossoriidae
б. Вторая антенна имеет более 3 члеников 11
11а. На вентральной стороне между сегментом максиллипед и первым грудным сегментом имеется граница ..... Archidactylinidae
б. На вентральной стороне между сегментом максиллипед и первым грудным сегментом граница отсутствует ..... Eudactylinidae
12а. Сегментация грудных сегментов, расположенных между головогрудью и генитальным комплексом, четкая ..... Kroyeriidae
б. Сегментация грудных сегментов, расположенных между головогрудью и генитальным комплексом, нечеткая 13
13а. Вторая максилла с раздвоенным когтем ……..……... **Hatschekiidae**
б. Вторая максилла в виде простого когтя, несущего мелкие зубчики .. Pseudocycnidae
14а. Форма тела сфириоидная 15
б. Форма тела иная 16
15а. Плавательные ноги имеются ..... ……Pennellidae
б. Плавательные ноги отсутствуют ……..... Sphyriidae
16а. Форма тела лернеоподоидная ……..... 17
б. Форма тела иная 18
17а. Вторые максиллы в виде тяжей ..... Naobranchiidae
б. Вторые максиллы в виде «рук» ..... Lernaeopodidae
18а. Форма тела лернантропоидная 19
б. Форма тела хондракантоидная 21
19а. Первая пара ног пластинчатая ……..... Anthosomidae
б. Первая пара ног непластинчатая, двуветвистая 20
20а. Первая антенна имеет 20 члеников ..... Kabatarinidae
б. Первая антенна имеет менее 20 члеников ..... Lernanthropidae
21а. Брюшко отсутствует ..... Tanypleuridae
б. Брюшко имеется ..... Hyponeoidae

Семейство Hatschekiidae Kabata, 1979

Самка. Форма тела эудактилиноидная. Головогрудной щиток имеется или отсутствует. Головогрудь отделена от генитального комплекса «шеей», которая неясно сегментирована и состоит из 1–3 сегментов (иногда «шея» отсутствует у некоторых видов рода *Hatschekia*). Форма генитального комплекса от субцилиндрической до субсферической, иногда асимметрична; постлатеральные доли имеются или отсутствуют. Брюшко маленькое, 1-сегментное, частично или полностью слитое с генитальным комплексом. Первая антенна 3–9-члениковая, вооружена, вторая с когтеобразным терминальным члеником, папилла у основания имеется или отсутствует. Рот и ротовые конечности сифоностоматоидного типа. Максиллипед отсутствует. Первая пара ног обычно двуветвистая (представлена простой лопастью у *Bassettithia*), ветви 1–2-члениковые; вторая нога аналогична первой, ветви 1–3-члениковые; третья нога аналогична второй, представлена простой лопастью или редуцирована и щетинковидна; четвертая нога в виде раздвоенной лопасти, маленькой доли, щетинковидна или отсутствует (у представителей рода *Pseudocongericola*); пятая нога представлена парой щетинок на туловище (род *Wynnowenia*). Яйца однорядные или многорядные

Самец. Форма тела эудактилиноидная. Самец напоминает самку; генитальный комплекс по сравнению с самкой небольшой.

Паразиты морских костных рыб.

Типовой род – *Hatschekia* Poche, 1902.

Определительная таблица родов семейства Hatschekiidae

1а. Пятая пара ног представлена 2 щетинками ..... *Wynnowenia* Boxshall, 1987
б. Пятая пара ног отсутствует 2
2а. Четвертая пара плавательных ног редуцирована (в виде щетинки
или отсутствует) 3
б. Четвертая пара плавательных ног имеется ..... 63а.
Третий грудной сегмент слит с туловищем …….…….. *Hatschekia* Poche, 1902
б. Третий грудной сегмент не слит с туловищем ….…….……..……. 4
4а. Третья плавательная нога одноветвистая ……... *Pseudocongericola* Yu, 1933
б. Третья плавательная нога двуветвистая ……... 5
5а. Первая антенна неясно сегментирована, покрыта небольшими шипиками
и бугорками; яйца однорядные ……..……..… *Brachihatschekia* Castro et Baeza, 1989
б. Первая антенна трехчлениковая, шипики и бугорки отсутствуют;
яйца многорядные ….……..…… *Laminohatschekia* Boxshall, 1989
6а. Первый грудной сегмент не входит в состав головогруди …….…… 7б
Первый грудной сегмент входит в состав головогруди ……..……. 8
7а. Третий грудной сегмент свободный …….…… *Bassettithia* Stebbing, 1900
б. Третий грудной сегмент входит в состав туловища.*Prohatschekia* Nunes Ruivo, 1954
8а. Второй грудной сегмент свободный …….…… *Congericola* Beneden, 1854
б. Второй грудной сегмент входит в состав туловища …….. *Mihbaicola* Uyeno, 2013

Род *Hatschekia* Poche, 1902

Син.: *Pseudoclavella* Bassett-Smith, 1898; *Caetrodes* Wilson, 1906.

Самка. Форма тела эудактилиноидная. Первый грудной сегмент входит в состав головогруди, отделен перетяжкой от туловища. «Шея» отсутствует или не ясно выражена («шея», если имеется, представлена 1–2 сегментами). Форма генитального комплекса от субцилиндрической до субсферической, иногда асимметричная. Брюшко 1-сегментное, ча-

стично или полностью слито с генитальным комплексом. Первая антенна 5–7-члениковая, члениковость выражена слабо. Вторая антенна 3-члениковая, с парабазальной папиллой, терминальный коготь в виде крючка. Рот и ротовые конечности сифоностоматоидного типа. Мандибула имеет несколько зубцов или они отсутствуют. Максиллипеды отсутствуют. Первая и вторая пары ног двуветвистые, ветви 1–2-члениковые. Третья и четвертая пары ног рудиментарные, представлены 1–3 щетинками. Ветви каудальной фурки имеются.

Самец. Форма тела эудактилиноидная. Генитальный комплекс относительно короткий, ветви каудальной фурки относительно большие.

Паразиты морских костных рыб.

Типовой вид – *Hatschekia hippoglossi* (Cuvier, 1830).

Выводы

1. Впервые в новых районах зарегистрированы *Hatschekia balistae, H. bougisi, H. cernae, H. foliolata, H. fusiformis, H. modesta, H. pagellibogneravei, H. pagrosomi, H. plectropomi, H. quadrabdominalis, H. squamata.*

2. Специфичными паразитами семейств рыб являются *H. balistae, H. cernae, H. foliolata, H. pagellibogneravei, H. quadrabdominalis, H. quadrata, H. reinhardti.*

3. На новых хозяевах зарегистрированы *H. balistae*, *H. crenata, H. fusiformis, H. modesta, H. pagellibogneravei*, *H. pagrosomi, H. quadrabdominalis, H. reinhardti, H. squamata.*

Список литературы

1. Быховская-Павловская И.Е. Паразиты рыб. Руководство по изучению. Л.: Наука, 1985. 121 с.

2. Nuñes-Ruivo L. Parasites de poissons de mer ouest-africains récoltés par M. J. Cadenat. III. Copépodes (2-e Note). Genres *Prohatschekia* n. gen. et *Hatschekia* Poche // Bulletin de l'Institut Français d'Afrique Noire, Série A, Sciences Naturelles. 1954. Vol. 16 (2). P. 479–505, figs. 1–14.

3. Jones J.B. A revision of *Hatchekia* Poche, 1902 (Copepoda: Hatschekiidae), parasitic on marine fishes // N. Z. Journ. Zool. 1985. Vol. 12. P. 213–271.

4. Shiino S.M. Copepods parasitic on Japanese fishes. 15. Eudactylinidae and Dichelesthiidae // Rep. Fac. Fish. Pref. Univ. Mie. 1957. Vol. 2, N. 3. P. 392–410.

5. Capart A. Copépodes parasites // Result. scient. Expéd. océanogr. belg. Eaux cét. afr. Atlant. sud. (1948–1949). 1959. Vol. 3, fasc. 5. P. 55–126.

6. Yamaguti S. Parasitic copepods from fishes of Japan. Part 5. Caligoida. III // Vol. Jub. Yoshida. 1939. Vol. 2. P. 443–487, pls. 14–33.

7. Cressey R. *Hatschekia conifera* Yamaguti, 1939 (Copepoda, Caligoida) including the first description of the male // Proc. Biol. Soc. Wash. 1968. Vol. 81. P. 173–188.

8. Ho J.-s., Kim I.-h. Copepods parasitic on fishes of western North Pacific // Publ. Seto. Mar. Biol. Lab. 1996. Vol. 37, N. 3/6. P. 275–303.

9. George-Nascimento M., Garcias F., Muñoz G. Parasite body volume and infracommunity patterns in the southern pomfret *Brama australis* (Pisces: Bramidae) // Revista Chilena de Historia Natural. 2002. Vol. 75. P. 835–839.

10. Hewitt G.C. Two new species of *Hatschekia* (Copepoda, Dichelesthiidae) from New Zealand waters // NZ Journal of marine and freshwaters research. 1969. Vol. 3 (1). P. 159–168.

11. Казаченко В.Н. Новые находки паразитических копепод (Crustacea: Copepoda) в Тихом и Индийском океанах // Науч. тр. Дальрыбвтуза. 2016. Т. 39. С. 15–28.

12. Pillai N.K. A miscellaneus collection of copepods parasitic on south Indian fishes J. Mar. Biol. Ass. India. 1964. Vol. 6 (1). P. 61–83.

13. Казаченко В.Н., Ковалева Н.Н., Nguyen V.T., Ngo H.D. Таксономический обзор паразитических копепод (Crustacea: Copepoda) рыб Вьетнама // Науч. тр. Дальрыбвтуза. 2014. Т. 31. С. 20–30.

14. Izawa K. Some new and known species of Hatschekiidae (Copepoda, Siphonostomatoida) parasitic on Japanese actinopterygian fishes belonging to Ophidiiformes, Beryciformes and Scorpaeniformes, with discussion on the female genital system and the insemination mode in Siphonostomatoida // Crustaceana. 2015. Vol. 88 (3). P. 359–384.

15. Kabata Z. Parasitic Copepoda of fishes // Rep. B.A.N.Z. Antarct. Exped. 1965. Vol. 8. N. 6. P. 1–16.

16. Kabata Z. Parasitic Copepoda of British Fishes. Ray Society, London, 1979. N. 152: i-xii, 1–468, figs. 1–2031, text-figs. 1–67, tabs. 1–18.

17. Papoutsoglou S.E. Metazoan parasites of fish from Saronicos gulf, Greece // Thalassographica. 1976. Vol. 1. P. 69–102.

18. Brian A. Copepodi parassiti dei pesci d'Italia. Genova, 1906. 190 p.

19. Scott T., Scott A. The British parasitic Copepoda. Vol. 1 and 2. Ray Soc., London, 1913. 257 p., 72 pls.

20. Diebakate C. Recherches sur la morphologie, la taxonomie et la bio-écologie des Hatschekiidae et des Lernanthropidae, copépodesparasites des poissons des côtes sénégalaises // These Docteur de Troisième Cycle de Biologie Animale, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Faculté des Sciences et Techniques. 1994. P. 1-74, pls. 5–17.

21. Benmansour B, Hassine K. Preliminary analysis of parasitic copepod species richness among coastal fishes of Tunisia // Italian Journal of Zoology (Modena). 1998. Vol. 65. (Suppl.). P. 341–344.

22. Ramdane Z., Trilles J. Parasitic copepods (Crustacea: Copepoda) from Algerian marine fishes // Zootaxa. 2007. 1574. P. 49–68.

23. Boualleg Ch., Ferhati H., Kaouachi N., Bensouilah M., Ternengo S. The Copepod parasite of the gills of four teleost fishes caught from the gulf of Annaba (Algeria) // African Journal of Microbiology Research. 2010. Vol. 4 (9). P. 801–807.

24. Yamaguti S., Yamasu T. New parasitic copepods from Japanese fishes // Publ. Seto Mar. Biol. Lab., 1960. Vol. 8. P. 141–152.

25. Nakajima K., Egusa S. Genjogijutsusha no tame no kiseichu kan’t kambetsuho // Susan cho hen. Tokyo, 1976. N. 3. P. 55–134 (на японском языке).

26. Pilgrim R.L.C. Parasitic Copepoda from marine coastal fishes in the Kaikoura-banks peninsula region, South Island, New Zealand // Mauri Ora. 1985. Vol. 12. P. 13–53.

27. Kabata Z. Copepoda parasitic on Australian fishes. XIII: family Hatschekiidae // J. Nat. Hist. 1991. Vol. 25. P. 91–121.

28. Kim I.-H. Illustrated encyclopedia of fauna & flora of Korea. Cirripedia, symbiotic Copepoda // Pycnogonida. 1998. Vol. 38. 1038 p.

29. Izawa K. Some new and known species of *Hatschekia* Poche, 1902 (Copepoda, Siphonostomatoida, Hatschekiidae) parasitic on the branchial lamellae of japanese actinopterygian fishes belonging to Perciformes, with revision of the known species of the genus // Crustaceana. 2016. Vol. 89 (2). P. 209–238.

30. Ho J.S., Dojiri M. A new species of *Hatschekia* (Copepoda: Dichelesthiidae) parasitic on leopard coral trout in the Great Barrier Reef, Australia // Journal of Parasitology. 1978. Vol. 64 (4). P. 727–730, figs. 1–11.

31. Yü S.C. Chinese parasitic copepods collected by H.W. Wu, with descriptions of new genera and species // Bull. Fan Mem. Inst. Biol. 1933. Vol. 4, N. 4. P. 117–139, pls. 1–8 (In Chinese).

32. Yamaguti S., Yamasu T. Parasitic copepods from fishes of Japan with description of 26 new species and remarks on two known species // Biol. J. Okayama Univ. 1959. Vol. 5, N. 3/4. P. 89–165.

33. Казаченко В.Н. Паразитические ракообразные (Copepoda) рыб тропической части Тихого и Индийского океанов // Изв. ТИНРО. 1975. Т. 98. С. 211–217.

34. Reimer L.W. Parasitic copepods of fishes from the coast of Mozamique // Wiadom. Parasitol. 1986. Vol. 32 (4–6). P. 505–506.

35. Villalba C. Contribuicion al conocimiento del genero *Hatschekia* Poche, 1902 en Chile (Copepoda: Hatschekiidae) // Bol. Soc. Biol. Concepción. 1986. 57. P. 155–170.

36. Tavares L.E.R., Luque J.L., Neto S.L.B. *Hatschekia quadrabdominalis* Yu, 1933 (Copepoda, Hatschekiidae), a parasite of *Priacanthus arenatus* (Cuvier, 1829) (Osteichthyes, Priacanthidae) in the Brazilian coast // Rev. Bras. Zoociencias Juiz de Fora. 2001. Vol. 3, N. 1. P. 117–128.

37. Wierzbicka, J. *Hatschekia reinhardtii* sp. nov. (Copepoda, Hatschekidae), a parasite of Greenland halibut, *Reinhardtius hippoglossoides* (Walbaum, 1792) // Acta Ichthyologica et Piscatoria, Szczecin. 1989. Vol. 19 (2). P. 107–116.

38. Jones J.B., Cabral P. New species of Hatschekia (Copepoda: Siphonostomatoida) from the gills of South Pacific fishes // Journal of the Royal Society of New Zealand. 1990. Vol. 20 (2). P. 221–232.

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

Матросова Инга Владимировна, кандидат биологических наук, доцент, e-mail: ingavladm@mail.ru.

УДК 57.04

Т.С. Ковтун[1], Л.Ф. Колосова[2], В.В. Слободскова[1,2]
[1]Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, 690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б
[2]ТОИ ДВО РАН, 690041, г. Владивосток, ул. Балтийская, 41

ДИНАМИКА НАКОПЛЕНИЯ И ВЫВЕДЕНИЯ МЕДИ В ТКАНЯХ МИДИИ ТИХООКЕАНСКОЙ

Проведена оценка степени накопления и выведения меди в тканях двустворчатого моллюска – мидии тихоокеанской Mytilus trossulus. Полученные данные позволяют сделать вывод, что накопление меди происходит в главном органе контакта со средой – жабрах, так как они более чувствительны к содержанию металла в воде. Выявлено перераспределение меди из жабр в пищеварительную железу после экспозиции в чистой воде.

Ключевые слова: *медь, жабры, пищеварительная железа, аккумуляция, Mytilus trossulus.*

T.S. Kovtun, L.F. Kolosova, V.V. Slobodskova

DYNAMICS OF COPPER ACCUMULATION AND REMOVAL IN THE FABRICS OF THE PACIFIC MUSSELS

The degree of accumulation and elimination of copper in the tissues of the bivalve mollusk, the Pacific mussel Mytilus trossulus, was estimated. The data obtained allow us to conclude that the accumulation of copper ions occurs in the main organ of contact with the medium - the gills, because they are more sensitive to the metal content in water. The redistribution of copper from the gills to the digestive gland after exposure to clean water was revealed.

Key words*: cuprum, gills, digestive gland, accumulation, Mytilus trossulus.*

Введение

Загрязнение водной среды является глобальной и актуальной экологической проблемой. В водоёмах постоянно увеличивается содержание веществ антропогенного происхождения, токсичность которых для большинства водных организмов проявляется уже в малых концентрациях.

Мидия тихоокеанская –это съедобный двустворчатый моллюск, перспективный объект промысла и разведения. По типу питания является фильтратором, что обуславливает её способность к аккумулированию в своих тканях токсичных веществ, в том числе и тяжелых металлов. Способность гидробионтов регулировать содержание токсикантов в своих органах является важной и актуальной проблемой современной экологии, что позволит прогнозировать устойчивость экосистем к постоянно увеличивающемуся антропогенному прессу на прибрежные акватории. На сегодняшний день в доступных литературных источниках не обнаружено сведений об особенностях накопления и способности выведения меди мидией тихоокеанской, которая является ценным пищевым продуктом.

Многие тяжелые металлы являются жизненно необходимыми (эссенциальными), но при их накоплении в водной среде представляют опасность для живых организмов. К таким металлам относятся медь, никель, цинк, кобальт [1]. Медь входит в состав ферментов и влияет на метаболические процессы в организме, но при поступлении в организм в больших количествах способна провоцировать оксидативный стресс, вытеснять другие ионы металлов с их мест связывания в биологических молекулах, а также связываться с ДНК [2, 3, 4]. Связываясь с ДНК, ионы меди приводят к распаду двойной спирали, одно- и двунитевым разрывам цепей ДНК [5].

Целью данной работы являлось изучение особенностей накопления и способности выведения меди в жабрах и пищеварительной железе мидии тихоокеанской *Mytilus trossulus* в лабораторных условиях.

Объект и методы исследования

Мидий собирали в акватории, отдаленной от антропогенного воздействия. После 2-дневной акклимации животных к лабораторным условиям, в экспериментальный аквариум добавляли медный купорос $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ в конечной концентрации Cu^{2+} 20 мкг/л. Контрольная группа моллюсков содержалась в морской воде без добавления токсиканта. Через 2, 4 и 7 сут часть моллюсков отбиралась для анализа, другая часть помещалась в аквариум с чистой водой на 1, 3 и 5 сут. Для исследования использовали жабры и пищеварительную железу моллюсков. Известно, что через жабры происходит поступление токсикантов в организм, а в пищеварительной железе – их накопление и трансформация. Для количественного анализа содержания металлов использовали атомно-абсорционный метод спектрофотомерии в пламенном варианте. Биологический материал предварительно высушивали в термостате до постоянного веса при 85 °С, и тщательно измельченные навески (100,0–200,0 мг) переводили в раствор с помощью мокрого озоления в смеси концентрированных кислот (HNO_3:$HClO_4$, 2:1 об/об).

Процесс минерализации протекал в стеклянных колбах при 180 °С в течение 10 ч и прекращался после обесцвечивания образцов. Высушенный и обесцвеченный остаток перерастворяли в 0.1 н HCl и использовали для анализа металлов. Количество металлов в тканях моллюсков определяли на спектрофотометре «ShimadzuAA-610S» (Япония) в пламенном варианте. Пределы измерений Cu – $2{,}2 \times 10^{-5}$ % [6].

Результаты и их обсуждение

Как показали результаты проведенного нами исследования, в контроле содержание меди в жабрах составило 7,96 мкг/г, в пищеварительной железе – 10 мкг/г. На вторые сутки экспозиции содержание меди в жабрах и пищеварительной железе значительно увеличилось (рис. 1, 2). После выдерживания моллюсков в чистой воде в жабрах происходит постепенное снижение содержания меди, а в пищеварительной железе – наоборот, увеличение, только к пятому дню экспозиции снижается близко к контролю.

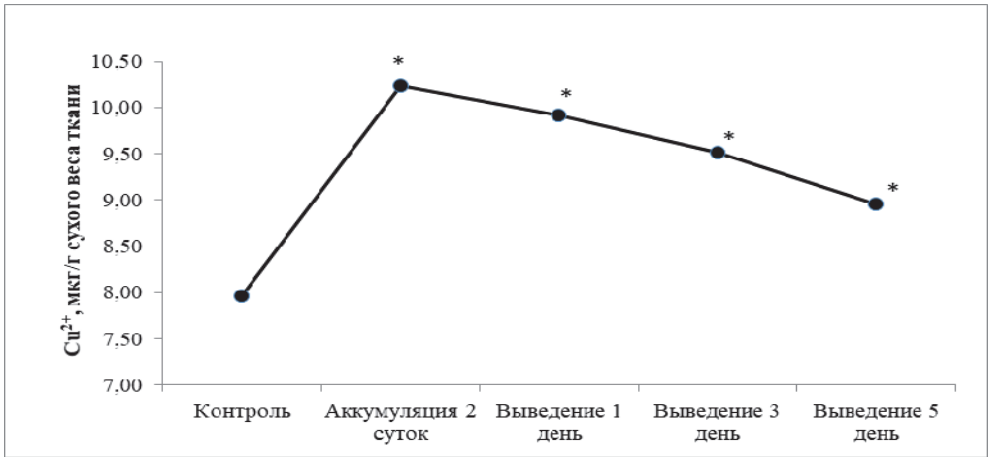


Рис. 1. Содержание меди в жабрах *M. trossulus* после 2 сут экспозиции (аккумуляция) и 1, 3, 5 дней выдерживания в чистой воде (выведение)

Примечание. * – достоверное отличие по сравнению с контролем (P≤0,05)

Fig. 1. The copper content in the gills of *M. trossulus* after 2 days of exposure (accumulation) and 1, 3, 5 days of exposure in clean water (excretion)

Note. * – significant difference compared with control (P≤0.05)

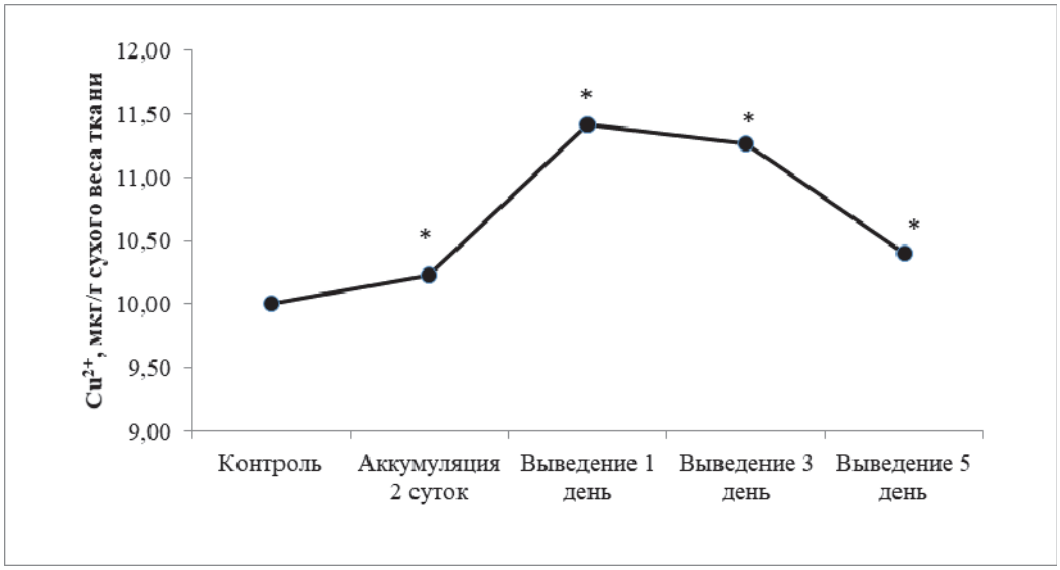


Рис. 2. Содержание меди в пищеварительной железе (ПЖ) *M. trossulus* после 2 сут экспозиции (аккумуляция) и 1, 3, 5 дней выдерживания в чистой воде (выведение)
Примечание. * – достоверное отличие по сравнению с контролем (P≤0,05)
Fig. 2. The copper content in the digestive gland (pancreas) of *M. trossulus* after 2 days of exposure (accumulation) and 1, 3, 5 days of exposure in clean water (excretion)
Note. * – significant difference compared with control (P≤0,05)

На 4-е сут содержание Cu^{2+} в жабрах увеличилось в 1,6 раз (рис. 3), в пищеварительной железе – в 1,2 раза (рис. 4). После выдерживания в чистой воде в 1-е и 3-и сут в жабрах и пищеварительной железе сразу наблюдалось снижение содержания меди в среднем в 1 раз, различие между 3-ми и 5-ми сут незначительное.

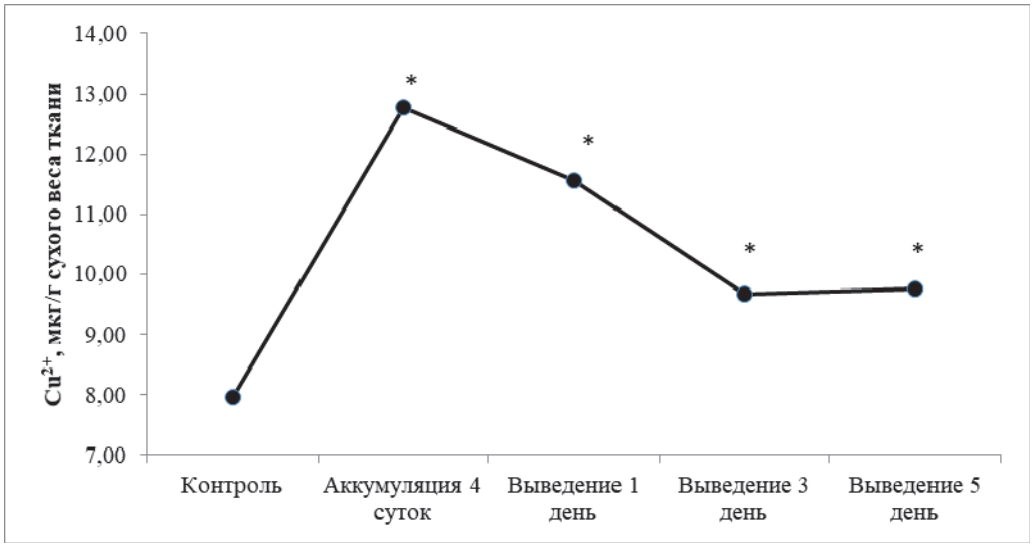


Рис. 3. Содержание меди в жабрах *M. trossulus* после 4 сут экспозиции (аккумуляция) и 1, 3, 5 дней выдерживания в чистой воде (выведение)
Примечание. * – достоверное отличие по сравнению с контролем (P≤0,05)
Fig. 3. The copper content in the gills of *M. trossulus* after 4 days of exposure (accumulation) and 1, 3, 5 days of exposure in clean water (excretion)
Note. * – significant difference compared with control (P≤0,05)

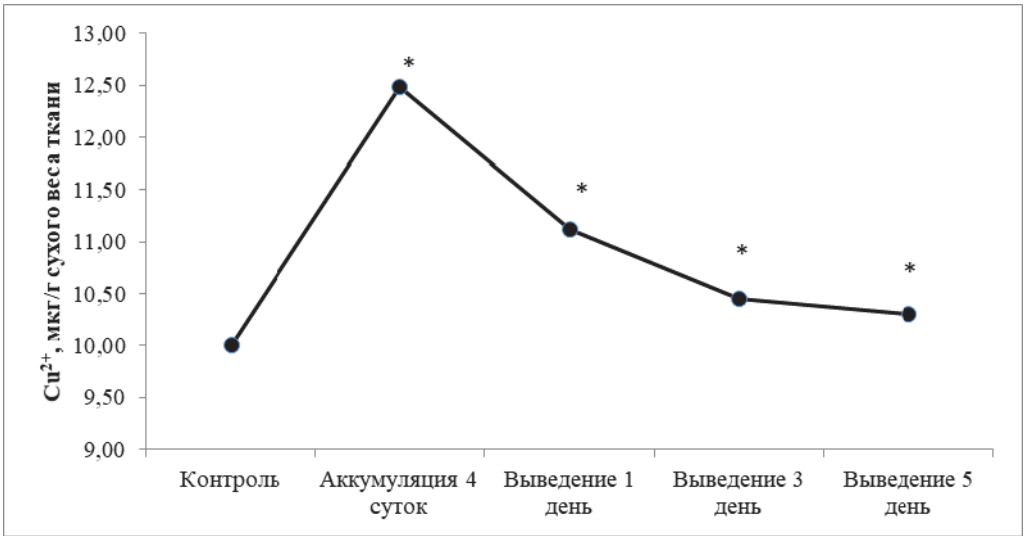


Рис. 4. Содержание меди в пищеварительной железе (ПЖ) *M. trossulus* после 4 сут экспозиции (аккумуляция) и 1, 3, 5 дней выдерживания в чистой воде (выведение)
Примечание. * – достоверное отличие по сравнению с контролем (P≤0,05)
Fig. 4. The copper content in the digestive gland (pancreas) of *M. trossulus* after 4 days of exposure (accumulation) and 1, 3, 5 days of exposure in clean water (excretion)
Note. * – significant difference compared with control (P≤0,05)

На 7-е сут содержание меди в жабрах превышало контрольные значения более чем в 3,4 раза (рис. 5), в пищеварительной железе – в 1,3 раза (рис. 6). Через 1, 3, 5 сут выдерживания в чистой воде происходило снижение содержания меди в жабрах в среднем в 1,1 раза. В пищеварительной железе после 2- и 7-дневного воздействия в течение 1 и 3 сут не наблюдалось сильных различий с результатом накопления, лишь на 5-е сут происходило заметное снижение, близкое к контрольным значениям.

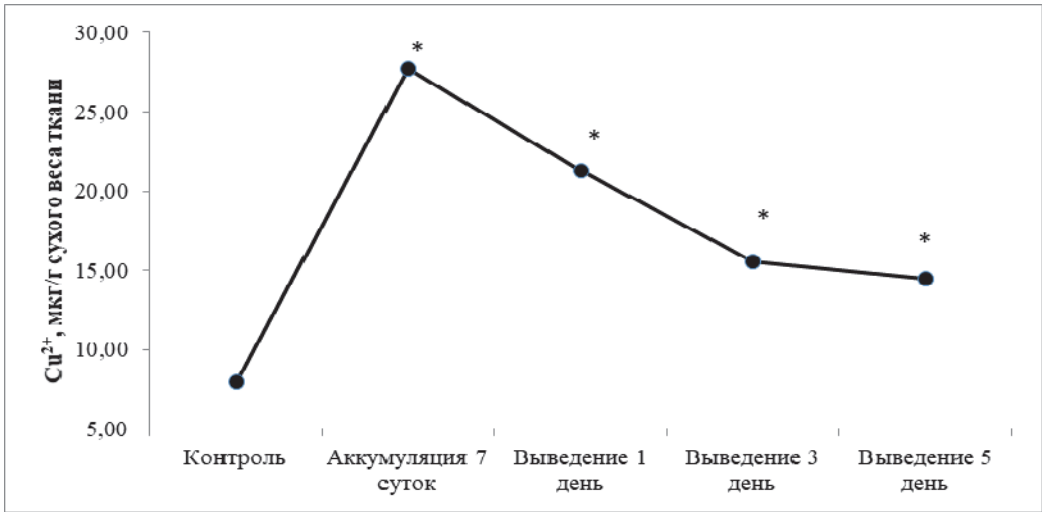


Рис. 5. Содержание меди в жабрах *M. trossulus* после 7 сут экспозиции (аккумуляция) и 1, 3, 5 дней выдерживания в чистой воде (выведение)
Примечание. * – достоверное отличие по сравнению с контролем (P≤0,05)
Fig. 5. The copper content in the gills of *M. trossulus* after 7 days of exposure (accumulation) and 1, 3, 5 days of exposure in clean water (excretion)
Note. * – significant difference compared with control (P≤0,05)

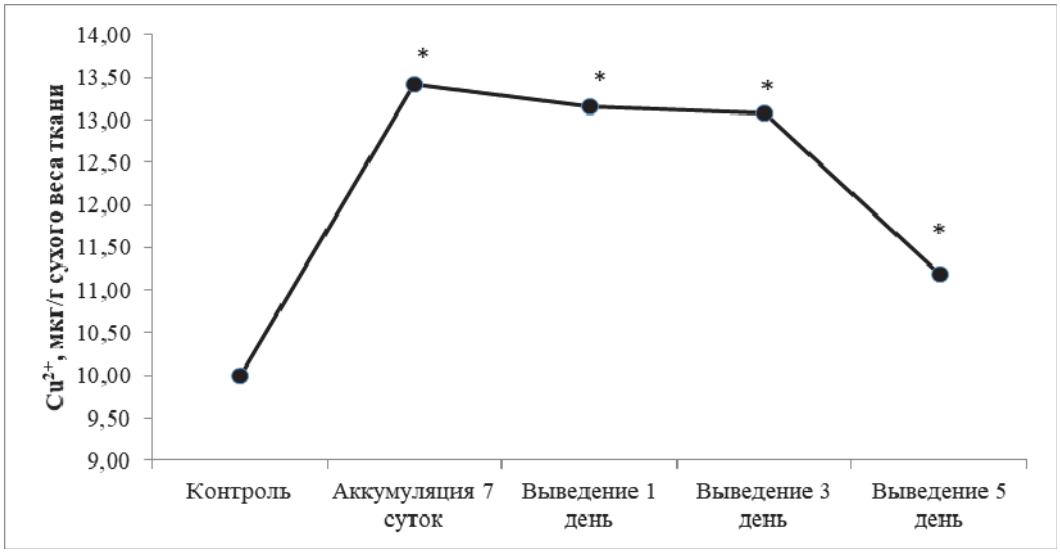


Рис. 6. Содержание меди в пищеварительной железе (ПЖ) *M. trossulus* после 7 сут экспозиции (аккумуляция) и 1, 3, 5 дней выдерживания в чистой воде (выведение)
Примечание. * – достоверное отличие по сравнению с контролем (P≤0,05)
Fig. 6. The copper content in the digestive gland (pancreas) of *M. trossulus* after 7 days of exposure (accumulation) and 1, 3, 5 days of exposure in clean water (excretion)
Note. * – significant difference compared with control (P≤0,05)

При непродолжительном воздействии медью наблюдается постепенное снижение её количества близко к контролю спустя 5 дней выдерживания в чистой воде. При более длительном воздействии сразу происходит уменьшение содержания меди в жабрах, но не доходит до контрольного значения. Возможно, при более длительной экспозиции в чистой воде её содержание снизится до контрольного значения. В то время как в пищеварительной железе этот процесс идет медленнее. Это объясняется функцией пищеварительной железы накапливать в своих тканях токсические вещества.

Выводы

Полученные результаты показывают, что накопление меди происходит более высокими темпами в жабрах, чем в пищеварительной железе, в связи с тем, что они первыми контактируют со средой. Кроме того, в ходе проведенного исследования выявлено перераспределение меди из жабр в пищеварительную железу после выдерживания моллюсков в чистой воде.

Финансирование

Работа выполнена при поддержке гранта ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз» НИР №729/2019.

Список литературы

1. Шилова Н.А. Влияние тяжелых металлов на представителей пресноводного фито- и зоопланктона в условиях засоления: дис. … канд. биол. наук: 03.02.08: защищена 26.12.2014: утв. 13.10.2014 / Шилова Наталья Александровна. Саратов, 2014. 133 с. Библиогр.: С. 104–127.

2. Govindaraju M., Shekar H. S., Sateesha S. B., Vasudeva Raju P., Sambasiva Rao K. R., Rao K. S. J., Rajamma A. J. Copper interactions with DNA of chromatin and its role in neurodegenerative disorders. J. Pharmac. Analysis. 2013. Vol. 3, no 5. P. 354–359.

3. Kim H., Wu X., Lee J. SLC31 (CTR) Family of copper transporters in health and disease. Mol. Aspects Med. 34. P. 561–570.

4. Nanda R., Agrawal V. Elucidation of zinc and copper induced oxidative stress, DNA damage and activation of defence system during seed germination in Cassia angustifolia. Vahl. Environ Exp Bot 125: p. 31–41.

5. Благой Ю.П. Взаимодействие ДНК с биологически активными веществами (ионами металлов, красителями, лекарствами) // Соросовский образовательный журн. 1998. № 10. С. 18–24.

6. Шулькин В.М., Кавун В.Я., Ткалин А.В., Пресли Б.Дж. Влияние концентрации металлов в донных отложениях на их накопление митилидами *Crenomytilus grayanus* и *Modiolus kurilensis* // Биол. моря. 2002. Т. 28, № 1. С. 53–60.

Сведения об авторах: Ковтун Татьяна Сергеевна, ВБм-112, e-mail: tanyusha_kovtun@mail.ru;

Колосова Людмила Федоровна, ведущий инженер лаборатории морской экотоксикологии, e-mail: kolosova_68@inbox.ru;

Слободскова Валентина Владимировна, кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории морской экотоксикологии, e-mail: slobodskova@list.ru.

УДК 557.170.49:594.11:577.118

Л.Е. Лебедев [1], Н.В. Полякова [2]
[1]Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б
[2]Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии наук,
690022, г. Владивосток, пр. 100-летия Владивостока, 159д

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ТКАНЯХ И ОРГАНАХ ТЕМНОЙ КАМБАЛЫ *PSEUDOPLEURONECTES OBSCURUS* (HERZENSTEIN, 1890) (PLEURONECTIDAE) ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО ЯПОНСКОГО МОРЯ

Впервые с использованием рентгенофлуоресцентного анализа с полным внешним отражением изучено содержание 9 тяжелых металлов: Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Cd, Pb в мышечной ткани, жабрах и печени темной камбалы Pseudopleuronectes obscurus (Herzenstein, 1890) (Pleuronectidae), обитающей в трех районах зал. Петра Великого Японского моря. Показаны особенности распределения микроэлементов в органах и тканях камбалы. Выявлены более высокие показатели накопления некоторых элементов у камбалы из бухты Северной Славянского залива. Содержание токсичных нормируемых металлов Pb и Cd в органах и тканях не превышает предельно допустимых норм.

***Ключевые слова**: тяжелые металлы, темная камбала, Pseudopleuronectes obscurus, рентгенофлуоресцентный анализ, залив Петра Великого, Японское море.*

L.E. Lebedev, N.V. Polyakova

HEAVY METALS CONTENT OF TISSUES AND MEMBERS OF BLACK PLAICE *PSEUDOPLEURONECTES OBSCURUS* (HERZENSTEIN, 1890) (PLEURONECTIDAE) OF PETER THE GREAT BAY, SEA OF JAPAN

For the first time by TXRF X-ray fluorescence analysis с полным внешним отражением the contents of 9 heavy metals: Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Cd, Pb in muscular tissue, gills and liver of Black plaice Pseudopleuronectes obscurus (Herzenstein, 1890) (Pleuronectidae), обитающей in three parts of Peter the Great Bay. Sea of Japan, were studied. Characteristic features of these microelements distribution in organs and tissues are shown. Higher accumulation of some elements by Black plaice of Severnaya Bay, Slavyansky Bay, was found. The content of toxic нормируемые metals in the organs and tissues does not exceed the maximum permissible concentration.

***Key words**: heavy metals, Black plaice, Pseudopleuronectes obscurus, X-ray fluorescence analysis, Peter the Great Bay, Sea of Japan.*

Введение

Человек сталкивается с рядом проблем, добывая и выращивая водные биологические ресурсы (ВБР). Главная из них – проблема биологической безопасности ВБР [1]. Уровни содержания микроэлементов в пищевых продуктах, получаемых из гидробионтов, регламентированы законодательно, поэтому обязательно контролируются. Микроэлементы в тканях и органах гидробионтов представлены прежде всего тяжелыми металлами (ТМ). Многие металлы являются биофильными элементами, необходимыми для нормальной жизнедеятельности. Поступление ТМ в водную среду связано с природными (вода, донные осадки, кормовые объекты) и антропогенными (хозяйственная деятельность) источниками.

Одним из направлений мониторинговых исследований антропогенного воздействия на морские экосистемы является изучение микроэлементного состава гидробионтов. Выяснено, что содержание микроэлементов в тканях некоторых гидробионтов адекватно отражает распределение этих элементов в морской среде. Концентрационная способность морских

организмов в сочетании с распространенностью и низкой миграционной активностью позволяет использовать их в качестве биоиндикаторов [1, 2].

Морские рыбы также обладают способностью аккумулировать ТМ, степень накопления которых зависит от гидрохимических показателей среды и принадлежности вида к той или иной экологической группе. У бентоядных и донных представителей ихтиофауны, к которым относятся и виды семейства Pleuronectidae, концентрации ТМ, как правило, выше, чем у хищных и пелагических видов [2].

Вид *Pseudopleuronectes obscurus* (Herzenstein, 1890), таксономическая принадлежность которого приведена в соответствии с базой данных WoRMS [3], или темная камбала, является прибрежным и низкобореальным субтропическим. Ареал *P. obscurus* охватывает Японское, частично Желтое море и южную часть Охотского моря [4, 5, 6]. В зал. Петра Великого Японского моря темная камбала обитает в течение всего года на глубинах 0–60 м на песчаных грунтах. В отличие от других приморских камбал, она не совершает значительных сезонных миграций [7]. Этот вид переносит широкие колебания температуры и солености, часто заходит в предустьевые пространства рек. Темная камбала нерестится раньше других приморских камбал, с февраля по апрель, при температуре воды от –0,3 до 10 °С [8]. Икра клейкая, откладывается на песок и камни. До и после нереста камбала питается донными беспозвоночными: червями, моллюсками, ракообразными [9].

В последние годы заметно вырос интерес к прибрежному рыболовству. Залив Петра Великого также является ареной активной рыбохозяйственной деятельности, несмотря на значительную загрязненность отдельных его районов [10, 11, 12]. В прибрежных акваториях залива расположены многочисленные рыбопромысловые участки. Вид *P. obscurus*, хотя и не входит в группу основных промысловых камбал Приморья, добывается в зал. Петра Великого в качестве прилова [13]. Камбалы сравнительно малоподвижны, поэтому доступны для промысла, спортивной рыбалки и наблюдения. В связи с прибрежным образом жизни выбор темной камбалы в качестве биоиндикатора, отражающего современное состояние прибрежных морских экосистем, вполне оправдан.

Целью работы являлось выявление особенностей распределения и уровней ТМ в тканях и органах темной камбалы из бухт Воевода, Северная и Постовая зал. Петра Великого.

Объекты и методы исследований

Материалом послужили сборы особей вида *Pseudopleuronectes obscurus*, выполненные в трех районах зал. Петра Великого Японского моря в марте–мае 2019 г. (рис. 1).

Район 1 – бухта Воевода. Располагается в восточной части мористого района Амурского залива и глубоко вдается в западное побережье о. Русский. В северный берег бухты вдаются бухты Круглая и Мелководная. Дно каменистое, местами песчаное и песчано-илистое [14]. Район находится в непосредственной близости от крупного города и порта Владивосток.

Район 2 – бухта Северная Славянского залива. Бухта значительно вдается в материк и ограничена от залива мысом Мальцева и юго-западной оконечностью п-ова Янковского. Северная вершинная часть бухты наиболее мелководная и заиленная. Глубины на входе варьируют от 11 до 20 м. Грунты песчаные, илисто-песчаные, илистые [14]. Район удален от крупных населенных пунктов Хасанского района и от влияния их стоков.

Район 3 – бухта Постовая зал. Посьета. Расположена в западной мелководной части залива, глубины более 10 м отмечены только в бухте Рейд Паллады и у входа в бухту Новгородскую. Бухта Постовая вдается в северную часть побережья бухты Новгородской [14]. На дне встречаются илистые и каменистые участки. Вдоль северного и западного берегов расположены остатки разрушенных пирсов и металлической эстакады, а также затонувшая швартовая бочка. На дне лежат обломки затонувших судов. Район находится в пределах мелкого населенного пункта и прилегает к акватории порта Посьет.

Рис. 1. Карта-схема района исследований. Квадратами показаны районы: 1 – бухта Воевода Амурского залива; 2 – бухта Северная Славянского залива; 3 – бухта Постовая зал. Посьета

Fig. 1. The schematic map of the study area. Districts marked by quadrates: 1 – Voevoda Bay of Amursky Bay; 2 – Severnaya Bay of Slavic Gulf; 3 – Postovaya Bay of Posyet Bay

Для исследования были взяты фрагменты мышечной ткани, жабр и печени темной камбалы. Всего анализу подвергнуто 48 образцов тканей. Пробы, взятые для определения элементного состава, подвергали глубокой и быстрой заморозке при температуре –18 °С. Для экспресс-доставки образцов от мест сбора до аналитической лаборатории использовали термопакеты. Пробоподготовку осуществляли следующим образом. Навеску помещали в кварцевый стакан, добавляли раствор иттрия из расчета 20 мкг/г сырого образца, добавляли 2 мл концентрированной азотной кислоты (sup. pure) и помещали в печь Тэмос-Экспресс. Растворяли образец при температуре 95–100 °С 2 ч, затем охлаждали и вносили 0,5 мл перекиси водорода (sup. pure). Выдерживали при температуре 95–100 °С 30 мин. Из раствора отбирали 20 мкл и наносили на подложку из полированного кварцевого стекла. Высушивали под лампой и измеряли спектр. Многоэлементный анализ проводили методом РФА ПВО (рентгенофлуоресцентного анализа с полным внешним отражением) на приборе FEI-TXRF 8030 C. Источник излучения – рентгеновская трубка с W анодом, время измерения – 500 с. Концентрации металлов определяли методом внутреннего стандарта с помощью программного комплекса Oxford, встроенного в ПО (программное обеспечение) спектрометра. СКО (стандартное квадратичное отклонение) для концентраций свыше 100 мкг/г составляет 10 %, 1–100 мкг/г – 15 %, менее 1 мкг/г – 20 %. Используемые кислоты предварительно перегоняли на аппарате Distillacid BSB-939-IR BERGHOF, Германия. Ряды концентраций ТМ в тканях рыб для каждого исследованного района в отдельности и для зал. Петра Великого в целом рассчитывали путем усреднения первичных данных и ранжирования средних значений в программе Microsoft Excel 2007.

Результаты и их обсуждение

Среди рыб зал. Петра Великого ранее были исследованы на содержание ТМ промысловые виды шести семейств: Clupeidae (Сельдевые), Gadidae (Тресковые), Pleuronectidae (Камбаловые), Hexagrammidae (Терпуговые), Osmeridae (Корюшковые) и Salmonidae (Лососевые). Установлено, что преобладающими ТМ в печени являются Fe, Cu, Cd, Pb и Hg; в

гонадах – Zn и Cu; в чешуе, коже, жабрах – Zn, Mn и Sr; в мышцах и костях – Fe, Zn, Cu, Hg и Mn. При этом для планктоноядной тихоокеанской сельди характерны повышенные концентрации Cu, Fe в мышцах и Zn, Cd, Hg в печени. Бентоядная полосатая камбала отличалась высокими концентрациями Fe в печени и Mn в костях и жабрах. Железо преобладало в мышцах сельди, а также тихоокеанского минтая, пелагического хищника. Во всех исследованных органах и тканях всеядной желтоперой камбалы концентрации Fe и Zn были близки [15, 16, 17, 18, 19].

Особенности содержания ТМ в тканях тихоокеанской сельди, дальневосточной наваги, тихоокеанского минтая, полосатой, палтусовидной и остроголовой камбал изучали в конце 1990-х и начале 2000-х гг. Определено, что накопление металлов в тканях, в общем, отражает степень загрязнения компонентов среды. Это позволяет использовать придонных рыб как биоиндикаторов загрязнения морской среды ТМ [15, 19, 20, 21].

У пелагических хищников, красноперки и минтая, отмечен довольно высокий уровень содержания Fe, Cu и Zn в печени и гонадах. Наименьшие концентрации ТМ характерны для мышечной ткани, наибольшие – для печени [22]. У дальневосточной красноперки наибольшие средние концентрации Fe отмечены в печени и гонадах, Zn – в мышцах, Sr – в жабрах. Концентрации ТМ в мышцах самые низкие [23]. Железо лидировало в тканях южного одноперого терпуга, а его максимальные концентрации выявлены в печени. Уровни содержания Sr были высокими в костях и жабрах, а Cu – в печени. Содержание ТМ в органах и тканях терпуга ниже, чем у палтусовидной камбалы [24].

Таким образом, распределение ТМ в тканях рыб зал. Петра Великого неравномерно и зависит от типа питания. У планктоядных в коже и чешуе накапливается в основном Zn, а у бентоядных – более тяжелые элементы: Mn, Ni, Cd. В гонадах у планктофагов лидирует Zn, у бентофагов – Cu. В костях планктофагов накапливается Mn, а в костях бентофагов – нет. В мышцах у планктоядных много Fe и Cu, а у бентоядных – Zn, Mn и Cu [25]. Рыбы-бентофаги сильнее аккумулируют ТМ, пелагические хищники чаще накапливают биоэлементы, полифаги накапливают меньшие количества всех ТМ [26].

В бухте Северной Славянского залива ранее определено содержание ТМ в мышечной ткани, жабрах и печени камбалы остроголовой и наваги тихоокеанской. В жабрах рыб содержалось значительное количество Fe, Sr и Zn. Цинк, медь и железо отмечены во всех анализируемых тканях рыб. Содержание Zn в жабрах наваги превышало ПДК [27]. Для остроголовой камбалы, дальневосточной наваги, тихоокеанского минтая и дальневосточной краснопёрки из бухты Северной отмечены высокие концентрации Fe, Cu и Zn в жабрах и печени [28].

Нами впервые установлен состав ТМ в жабрах, печени и мышцах темной камбалы *P. obscurus* из трех районов зал. Петра Великого. В жабрах рыб всех районов накапливались Sr, Fe, Mn и Zn. При этом в рыбах района 1 их концентрации были самые низкие. Более высокие концентрации Sr и Fe отмечены в рыбе из района 2, Zn и Mn – из бухты Постовой (рис. 2, А; 3, А). Остальные ТМ содержались в жабрах рыб всех районов в низких количествах.

В печени рыб всех районов в большем количестве аккумулировалось железо, средние концентрации которого изменялись от 265 до 337 мг/кг. Однако при общем доминировании Fe лидирующие группы ТМ включали разные элементы. В особях районов 1 и 3 на 2-м, 3-м и 4-м местах располагались Zn, Cu и Mn, а в камбалах района 2 – Cu, Zn и Sr. Дальнейший порядок ТМ в ряду убывания концентраций различался. В рыбах Амурского и Славянского заливов чаще всего накапливался Ni, Pb и Rb, а в камбалах зал. Посьета – Sr, Pb и Ni. Выход Sr на первое место, очевидно, определяется влиянием разноса угольной пыли в порте Посьет. Концентрации Fe и Cu в печени рыб района 3 были ниже, чем в районах 1 и 2 (рис. 2, Б; 3, Б). Zn в этом органе камбал района 1 накапливался в меньших количествах, чем в рыбах районов 2 и 3. Концентрации Sr, Mn и Ni в печени рыб всех районов были низкими и не превышали 1–3 мг/кг сырой массы.

В мышечной ткани особей из районов 1 и 3 лидировал Zn, а рыб района 2 – Fe. На 3-м месте всегда следовал Mn. Дальнейший порядок ТМ в ряду убывания концентраций несколько различался. В мышцах рыб районов 1 и 3 чаще всего накапливались Rb, Ni и Cu, района 2 – Ni, Cu и Sr; при этом, в общем, концентрации этих элементов были низкими (рис. 2, В; 3, В). Выход Rb на первое место, очевидно, также есть влияние разноса угольной пыли в портах Посьет и Владивосток.

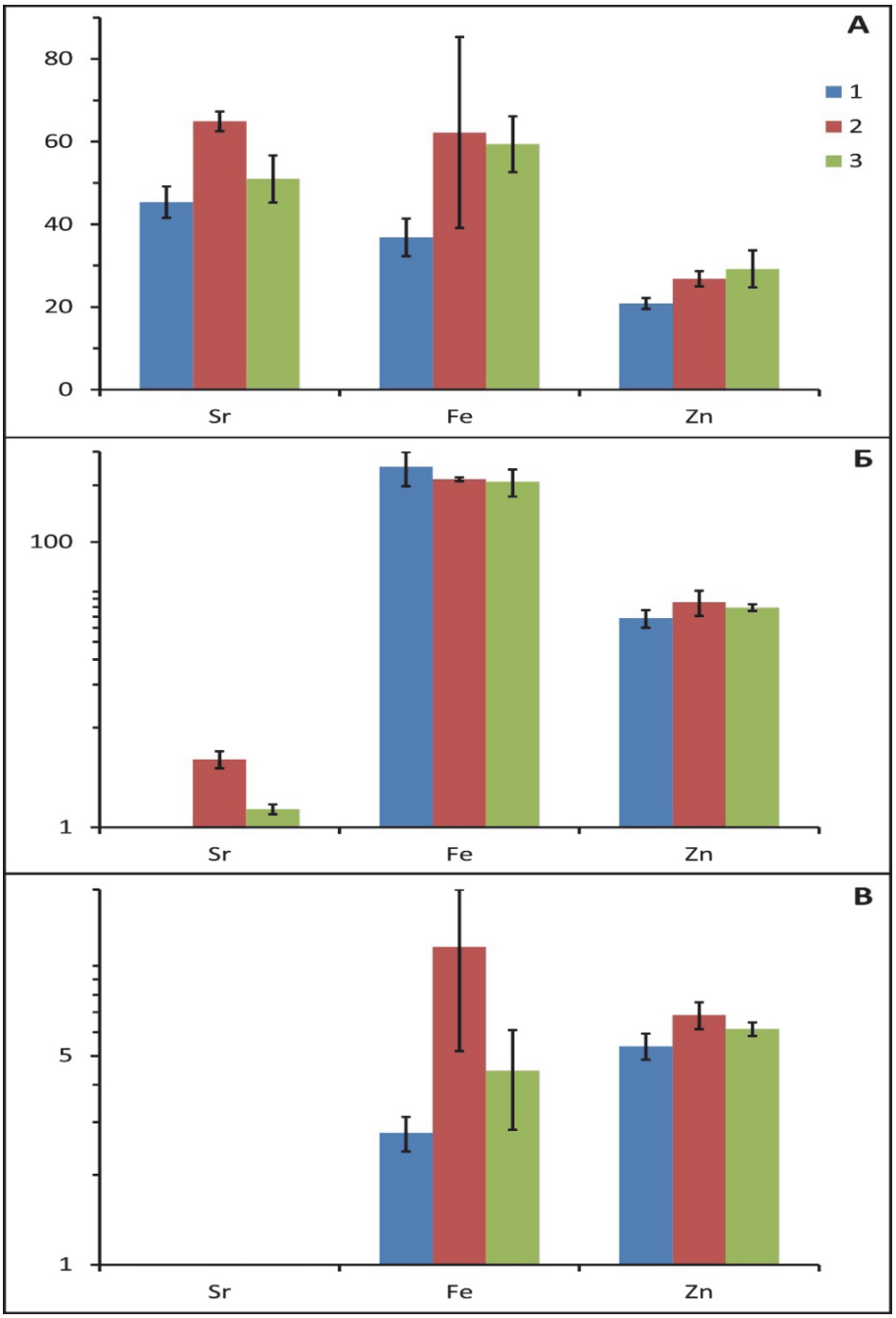


Рис. 2. Средние концентрации Sr, Fe и Zn в жабрах (А), печени (Б) и мышцах (В) темной камбалы *Pseudopleuronectes obscurus,* мг/кг сырой массы; 1, 2, 3 – районы

Fig. 2. Average concentrations of Sr, Fe and Zn in gills (А), liver (Б) and muscular tissue (В) of Black plaice *Pseudopleuronectes obscurus,* mg/kg of wet weight; 1, 2, 3 – districts

По уровню концентрации в тканях темной камбалы бухты Воевода (район 1) ТМ можно расположить следующим образом:

Жабры: Sr > Fe > Zn > Mn > Ni > Cu > Pb > Rb > Cd.

Печень: Fe > Zn > Cu > Mn > Ni > Pb > Rb > Sr > Cd.

Мышцы: Zn > Fe > Mn > Rb > Ni > Cu > Sr > Pb > Cd.

В жабрах камбалы наибольшие концентрации отмечены для Sr, Fe, Zn и Mn. В печени накапливались Fe, Zn, Cu и Mn. В мышцах при низких уровнях преобладали Zn, Fe, Mn и Rb.

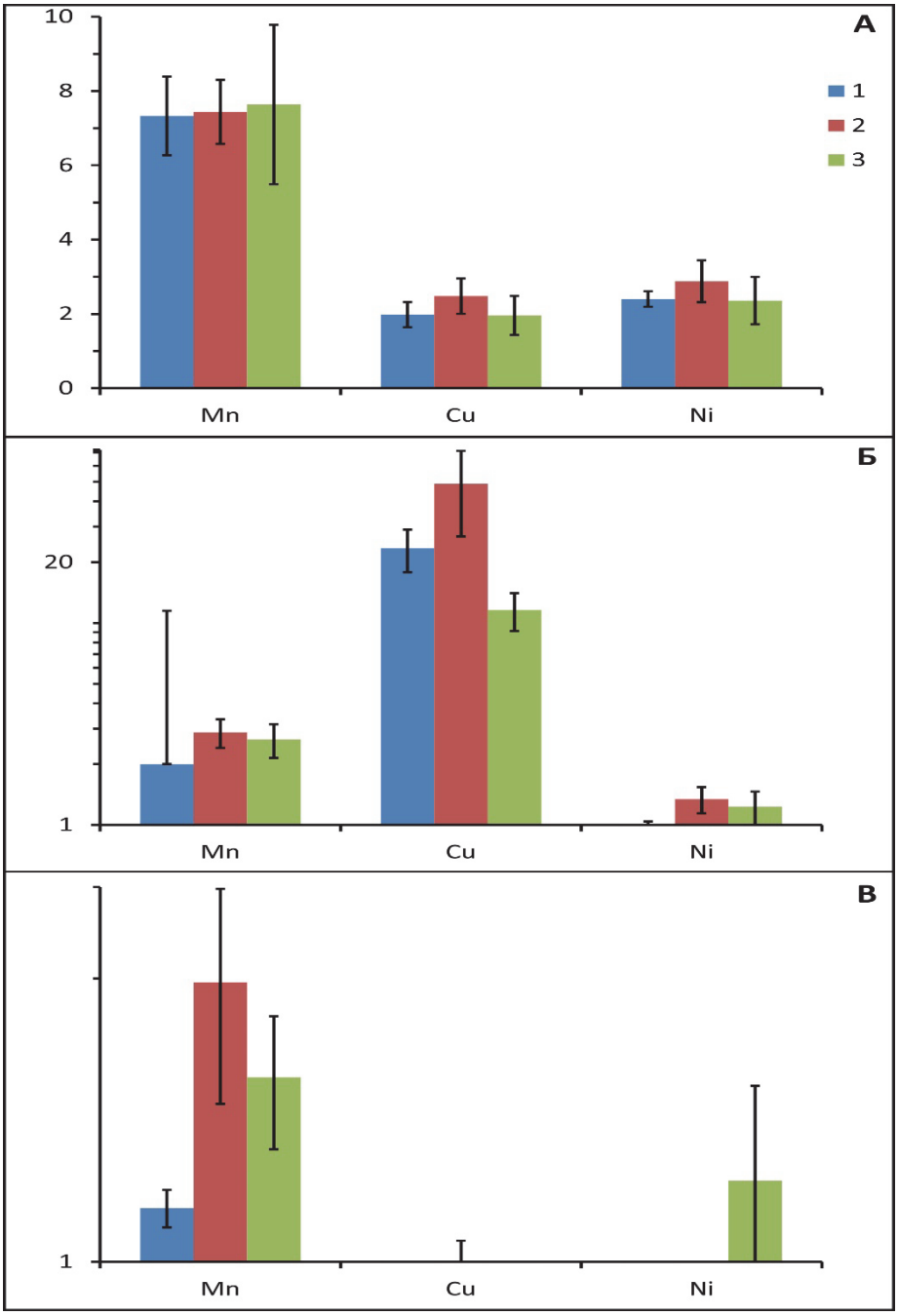


Рис. 3. Средние концентрации Mn, Cu и Ni в жабрах (А), печени (Б) и мышечной ткани (В) темной камбалы *Pseudopleuronectes obscurus,* мг/кг сырой массы; 1, 2, 3 – районы

Fig. 3. Average concentrations of Mn, Cu and Ni in gills (А), liver (Б) and muscular tissue (В) of Black plaice *Pseudopleuronectes obscurus,* mg/kg of wet weight; 1, 2, 3 – districts

По уровню концентрации в тканях темной камбалы бухты Северной (район 2) ТМ можно расположить следующим образом:

Жабры: Sr > Fe > Zn > Mn > Ni > Cu > Pb > Rb > Cd.

Печень: Fe > Cu > Zn > Sr > Mn > Ni > Pb > Rb > Cd.

Мышцы: Fe > Zn > Mn > Ni > Cu > Sr > Rb > Pb > Cd.

В жабрах рыб района 2 лидировали Sr, Fe, Zn и Mn. В печени накапливались Fe, Cu, Zn, Sr и Mn. В мышечной ткани преобладали Fe, Zn, Mn, Ni и Cu.

По уровню концентрации в тканях темной камбалы бухты Постовой (район 3) ТМ можно расположить следующим образом:

Жабры: Fe > Sr > Zn > Mn > Ni > Cu > Pb > Rb > Cd.

Печень: Fe > Zn > Cu > Mn > Sr > Pb > Ni > Cd > Rb.

Мышцы: Zn > Fe > Mn > Ni > Rb > Cu > Sr > Pb > Cd.

В жабрах наибольшие концентрации установлены для Fe, Sr, Zn и Mn. В печени рыб накапливались Fe, Zn, Cu и Mn. В мышечной ткани при общих низких уровнях содержания ТМ преобладали Zn, Fe, Mn и Ni.

В районе 1 концентрации Fe в печени были максимальными, а Sr – минимальными в данном исследовании (см. рис. 2). Они в 9 раз превосходили таковые в жабрах. Жабры, в свою очередь, содержали в 13 раз больше Fe, чем мышцы. Концентрации Sr, Fe и Zn в жабрах у рыб района 1 ниже, чем в районах 2 и 3. Концентрации Mn в целом невысоки и примерно одинаковы для одних и тех же органов во всех изученных районах. Например, в жабрах они в среднем составляли от 7 до 8 мкг/г, в печени – от 2 до 3 мкг/г, а в мышцах – от 1 до 2 мкг/г.

В районе 2 средние концентрации Cu в печени рыб в 2 и 4 раза выше, чем в районах 1 и 3 (см. рис. 3). В жабрах рыб района 2 было в 1,2 раза больше Ni, чем в районах 1 и 3. Количество Fe в жабрах камбал районов 2 и 3 превышало таковое из района 1 в 1,7 и 1,6 раза; Zn – в 1,4 и 1,2 раза; Sr – в 1,4 и 1,1 раза. Концентрации Fe в печени в районе 1 (бухта Воевода) были в 1,2 и 1,3 раза выше, чем в районах 2 и 3. В мышцах рыб района 1 было в 1,7 и 1,4 раза меньше Mn, чем в районах 2 и 3. Итак, рыбы района 3 лидировали по содержанию Zn в жабрах, района 1 – по содержанию Fe в печени. Район 2 характеризовался преобладающими над другими районами количествами Sr и Fe в жабрах, Sr, Zn, Mn и Cu в печени, Fe, Zn и Mn в мышцах.

Для бентоядных видов зал. Петра Великого, южной палтусовидной и остроголовой камбал, ранее было установлено, что по уровню накопления лидируют следующие ТМ: Fe – в жабрах, мышцах, печени, костях, коже; Zn – в гонадах. В печени камбал найдено максимальное количество Fe и Cu. У южной палтусовидной камбалы выявлены более высокие средние показатели содержания Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Sr, однако концентрация токсичных элементов не превышала их ПДК для морепродуктов. Токсичный тяжелый металл Cr обнаружен только в коже и мышцах, а Pb содержался в рыбах в низких количествах [29, 30].

Сравнительный анализ содержания ТМ в тканях темной камбалы из 3 районов показал более высокие значения большинства тяжелых металлов у рыб бухты Северная, что, возможно, определяется геохимическими особенностями района [12]. Лидирование Fe в органах и тканях темной камбалы из всех трех районов, вероятно, связано с современными геохимическими условиями Амурского залива, в водах которого содержание Fe в 2 раза выше ПДК [31].

В целом, по уровню концентрации в органах и тканях темной камбалы ТМ в зал. Петра Великого можно расположить следующим образом:

Жабры: Sr > Fe > Zn > Mn > Ni > Cu > Pb > Rb > Cd.

Печень: Fe > Zn > Cu > Mn > Sr > Ni > Pb > Rb > Cd.

Мышцы: Fe > Zn > Mn > Ni > Cu > Rb > Sr > Pb > Cd.

Средние концентрации ТМ в съедобных тканях темной камбалы в зал. Петра Великого Японского моря не превышали ПДК [32].

Заключение

Впервые с использованием многоэлементного рентгенофлуоресцентного анализа с полным внешним отражением приведены данные о концентрации 9 тяжелых металлов в тканях *Pseudopleuronectes obscurus*, обычного вида прибрежной экосистемы Японского моря, обитающего в районах зал. Петра Великого с различной антропогенной нагрузкой.

Для всех исследованных особей темной камбалы *P. obscurus* группу лидирующих по содержанию ТМ составили Fe, Zn, Sr, Mn и Cu. Высокое содержание таких эссенциальных элементов, как Fe, Zn и Cu, связано с их особой ролью в метаболических процессах.

Уровни содержания некоторых ТМ в тканях рыб района 2 (бухта Северная Славянского залива) были выше, чем у рыб районов 1 (бухта Воевода Амурского залива) и 3 (бухта Постовая зал. Посьета). Более высокие концентрации ТМ в тканях *P. obscurus* из бухты Северной, вероятно, связано с локальными геологическими и гидрохимическими особенностями этого района.

Установлено, что концентрации 9 ТМ в органах и тканях темной камбалы зал. Петра Великого ниже ПДК, что свидетельствует о качестве и безопасности рыбного сырья.

Благодарности

Исследования выполнены при финансовой поддержке со стороны Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках выполнения НИР «Микроэлементный состав ценных промысловых и культивируемых гидробионтов залива Петра Великого Японского моря на примере двустворчатого моллюска *Mizuhopecten yessoensis* и темной камбалы *Pleuronectes obscurus*» (код проекта № 728/2019).

Список литературы

1. Ким Г.Н., Лескова С.Е., Матросова И.В. Марикультура: учеб. пособие. М.: МОРКНИГА, 2014. 273 с.

2. Ваганов А.С. Накопление тяжелых металлов тканями и органами промысловых видов рыб различных экологических групп Куйбышевского водохранилища: дис. ... канд. биол. наук: спец. 03.02.08 Экология / А.С. Ваганов. Ульяновск: Нижегор. гос. ун-т им. Н.И. Лобачевского, 2012. 120 с.

3. World Register of Marine Species [Electronic resource]. 2019. Режим доступа: http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxlist (дата обращения 05.09.2019).

4. Линдберг Г.У., Федоров В.В. Рыбы Японского моря и сопредельных частей Охотского и Желтого морей. Л.: Наука, 1993. Ч. 6. 272 с.

5. Новиков Н.П., Соколовский А.С., Соколовская Т.Г., Яковлев Ю.М. Рыбы Приморья. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2002. 552 с.

6. Evseenko S.A. An annotated catalog of Pleuronectiformes Fishes (Order Pleuronectiformes) of the Seas of Russia and Adjacent Countries // Journal of Ichthyology. 2003. Vol. 43, Suppl. 1. P. 557–574.

7. Соколовский А.С., Соколовская Т.Г., Яковлев Ю.М. Рыбы залива Петра Великого. 2-е изд., испр. и доп. Владивосток: Дальнаука, 2011. 431 с.

8. Соколовский А.С., Соколовская Т.Г. Атлас икры личинок и мальков рыб российских вод Японского моря. Владивосток: Дальнаука, 2008. 220 с.

9. Тупоногов В.Н., Кодолов Л.С. Полевой определитель промысловых и массовых видов рыб дальневосточных морей России. Владивосток: Русский остров, 2014. 336 с.

10. Лукьянова О.Н., Черкашин С.А., Симоконь М.В. Обзор современного экологического состояния залива Петра Великого (2000–2010 гг.) // Вестн. ДВО РАН. 2012. № 2. С. 55–63.

11. Шулькин В.М., Семыкина Г.И. Поступление загрязняющих веществ в залив Петра Великого и оценка их вклада в создание экологических проблем // Современное экологическое состояние залива Петра Великого Японского моря. Владивосток: Изд. дом ДВФУ, 2012. С. 252–287.

12. Ростов И.Д., Рудых Н.И., Ростов В.И. Межгодовая динамика уровня загрязненности акваторий залива Петра Великого за последние 40 лет // Вестн. ДВО РАН. 2015. № 6. С. 49–63.

13. Соколовский А.С., Дударев В.А., Соколовская Т.Г., Соломатов С.Ф. Рыбы российских вод Японского моря: аннотированный и иллюстрированный каталог. Владивосток: Дальнаука, 2007. 200 с.

14. Лоция северо-западного берега Японского моря от реки Туманная до мыса Белкина. М.: Управление начальника Гидрографической службы ВМФ, 1984. 314 с.

15. Симоконь М.В. Тяжелые металлы в промысловых рыбах залива Петра Великого в связи с условиями обитания: дис. … канд. биол. наук / М.В. Симоконь. Владивосток: ТИНРО-Центр, 2003. 150 с.

16. Ковековдова Л.Т., Симоконь М.В. Тяжелые металлы в тканях промысловых рыб из Амурского залива Японского моря // Биол. моря. 2002. Т. 28, № 2. С. 125–130.

17. Ковековдова Л.Т., Симоконь М.В. Оценка содержания металлов и мышьяка в донных отложениях и рыбах из рек бассейна залива Петра Великого (Японское море) // Изв. ТИНРО. 2010. Т. 160. С. 223–235.

18. Ковековдова Л.Т., Симоконь М.В., Кику Д.П. Токсичные элементы в промысловых гидробионтах прибрежных акваторий северо-западной части Японского моря // Вопр. рыболовства. 2006. Т. 7, № 1(25). С. 185–190.

19. Ковековдова Л.Т. Микроэлементы в морских промысловых объектах Дальнего Востока России: автореф. дис. … доктора биол. наук / Л.Т. Ковековдова. Владивосток: ТИНРО-Центр, 2011. 40 с.

20. Зорина Л.Г., Гордиенко П.С., Добржанский В.Г. Оценка загрязнения водоемов по содержанию микроэлементов в рыбах // Науч. тр. Дальрыбвтуза. 1999. Т. 124. С. 112–114.

21. Марченко А.Л., Христофорова Н.К. Видовые различия в содержании тяжелых металлов в массовых видах рыб из водоемов южного Приморья // Современное состояние водных биоресурсов: материалы науч. конф., посвященной 70-летию С.М. Коновалова. Владивосток: ТИНРО-Центр, 2008. С. 591–595.

22. Жадько Е.А., Стеблевская Н.И., Полякова Н.В., Чусовитина С.В. Микроэлементы в тканях некоторых видов гидробионтов залива Петра Великого // Науч. тр. Дальрыбвтуза. 2013. Т. 30. С. 19–27.

23. Чусовитина С.В., Жадько Е.А., Стеблевская Н.И., Полякова Н.В. Распределение некоторых макро- и микроэлементов в тканях дальневосточной красноперки *Tribolodon brandtii* залива Петра Великого (Японское море) // Инновации в рыбной отрасли – импульс эффективного использования и сохранения биоресурсов Мирового океана: материалы нац. очно-заоч. науч.-практ. конф. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2018. С. 85–88.

24. Чусовитина С.В., Стеблевская Н.И., Полякова Н. В., Жадько Е.А. Распределение некоторых макро- и микроэлементов в органах и тканях терпуга *Pleurogrammus azonus* и камбалы *Hippoglossoides dubius* (Амурский залив, Японское море) // Вопр. рыболовства. 2019. Т. 20, № 2. С. 233–241.

25. Лебедев Л.Е. Микроэлементный состав промысловых рыб и моллюсков дальневосточных морей и их бассейнов // Рыболовство–аквакультура: материалы IV Междунар.

науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2018. С. 211–217.

26. Лебедев Л.Е. Особенности содержания металлов в органах и тканях дальневосточных видов рыб с различным типом питания // Природа без границ. XII Междунар. экологический форум, 18−19 октября 2018 г. Владивосток [Электронный ресурс]: сборник итоговых материалов / [отв. ред. Т.С. Вшивкова]. Владивосток: Изд-во Дальневост. федерал. ун-та, 2018. С. 152–154.

27. Стеблевская Н.И., Полякова Н.В., Жадько Е.А., Чусовитина С.В. Микроэлементный состав тканей некоторых видов гидробионтов залива Петра Великого (бухта Северная) // Вестн. ДВО РАН. 2013. № 5. С. 127–132.

28. Стеблевская Н.И., Чусовитина С.В., Полякова Н.В., Жадько Е.А. Изучение элементного состава тканей и органов некоторых видов промысловых рыб бухты Северная залива Петра Великого (Японское море) // Вопр. рыболовства. 2016. Т. 17, № 1. С. 96–102.

29. Чусовитина С.В., Жадько Е.А., Стеблевская Н.И., Полякова Н.В. Распределение некоторых макро- и микроэлементов в органах южной палтусовидной камбалы залива Петра Великого (Японское море) // Науч. тр. Дальрыбвтуза. 2017. Т. 42. С. 10–16.

30. Чусовитина С.В., Жадько Е.А., Стеблевская Н.И., Полякова Н.В. Содержание микроэлементов в органах южной палтусовидной и остроголовой камбал залива Петра Великого (Японское море) // Дальневосточные моря и их бассейны: биоразнообразие, ресурсы, экологические проблемы: Вторая Всерос. конф. с международным участием, приуроченная к году экологии в России (Владивосток, 3–4 октября 2017 г.): сб. материалов / ред.: Н.К. Христофорова, В.Ю. Цыганков, Е.В. Журавель. Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т, 2017б. С. 110–112.

31. Черкашин С.А. Биотестирование на ракообразных качества вод Амурского залива Японского моря // Биодиагностика и оценка качества природной среды: подходы, методы, критерии и эталоны сравнения в экотоксикологии: материалы Междунар. симп. М.: ГЕОС, 2016. 434 с.

32. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов». М.: Госкомсанэпиднадзор России, 2002. 156 с.

Сведения об авторах: Лебедев Леонид Евгеньевич, студент, e-mail: drweqweb@mail.ru;

Полякова Наталья Владимировна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, e-mail: polyakova@ich.dvo.ru.

ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО, АКУСТИКА

УДК 539.3

С.М. Балабаев, Н.Ф. Ивина
Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

ВАРИАЦИОННАЯ ФОРМУЛИРОВКА МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ АНАЛИЗА СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ УПРУГИХ ТЕЛ ПРОИЗВОЛЬНЫХ ФОРМ И РАЗМЕРОВ

На основе вариационного принципа Лагранжа получено матричное уравнение метода конечных элементов для анализа собственных колебаний ограниченных упругих тел произвольной формы и размеров. Рассмотрена структура элементных матриц жесткости и массы, которые в общем случае выражаются тройными интегралами по объему конечного элемента. Обсуждена обобщенная матричная задача на собственные значения и указан метод ее решения.

Ключевые слова: *метод конечных элементов, функция Лагранжа, собственные колебания.*

S.M. Balabaev, N.F.Ivina

VARIATION FORMULATION OF FINITE ELEMENT METHOD FOR THE ANALYSIS OF NATURAL VIBRATIONS ELASTIC BODIES OF ARBITRARY SHAPES AND SIZES

On the basis of the Lagrange variational principle, the matrix equation of the finite element method for the analysis of natural oscillations of bounded elastic bodies of arbitrary shape and size is obtained. The structure of element stiffness and mass matrices, which are generally expressed by triple integrals in terms of the finite element volume, is considered. The generalized eigenvalue matrix problem is discussed and the method of its solution is indicated.

Key words*: finite element method, Lagrange function, natural vibrations.*

Введение

Задача анализа собственных колебаний упругих тел произвольных форм и размеров представляет собой типичную краевую задачу математической физики. Для решения подобных задач используются два основных метода: дифференциальный и вариационный. В первом случае применяются дифференциальные уравнения в частных производных, описывающие поведение бесконечно малой области, и краевые условия, налагаемые на искомые функции двух и более переменных и их частные производные. К настоящему времени точные аналитические решения многих краевых задач в дифференциальной постановке получены только для простейших идеализированных случаев. Причем простые аналитические выражения для искомых функций получаются достаточно редко. Обычно же решения сводятся к бесконечным системам уравнений, рядам по специальным функциям (которые также являются бесконечными рядами) и т.п. Поэтому анализ полученных решений представляет определенные трудности и требует разработки специализированных вычислительных программ. Усложнение краевых задач (например, учет анизотропии тела или эле-

ментов конструкции) и попытки их решения для областей сложной формы вызывают значительные и обычно непреодолимые трудности.

Объекты и методы исследований

Другой метод постулирует вариационный принцип, справедливый для некоторой конечной области. Вариационные принципы позволяют определить функционал задачи, решение которой сводится к отысканию функции, минимизирующей полученный функционал. Вариационный метод позволяет получить приближенное аппроксимирующее решение на основе базисных (пробных) функций. Базисные функции зависят от геометрической формы области, в которой ищется решение, и выбираются одинаковыми для всей этой области. Если область, для которой ищется решение, имеет сложную форму или параметры материала изменяются внутри области, то классические вариационные методы неприменимы и решения подобных задач можно получить только методом конечных элементов (МКЭ).

МКЭ, являющийся вариационно-разностным методом, позволяет получить приближенное аппроксимирующее решение на основе кусочно-определенных базисных функций, называемых функциями формы. МКЭ сводится к аппроксимации сплошной среды совокупностью подобластей, называемых конечными элементами. Применение МКЭ предполагает выполнение следующих основных этапов:

1. Разбиение конечной области на конечные элементы, которые связаны друг с другом в узловых точках (узлах).

2. Аппроксимация искомых функций на каждом конечном элементе многочленами невысокого порядка (обычно второго), которые однозначно определяются значениями функции в узловых точках конечного элемента.

3. Формирование системы линейных алгебраических уравнений относительно искомых узловых значений функции (обычно на основе подходящего вариационного принципа) для каждого конечного элемента.

4. Формирование глобальной системы уравнений для всего конечного тела; учет граничных условий и условий симметрии, если она есть.

5. Решение полученной глобальной системы линейных уравнений или глобальной матричной задачи на собственные значения (при изучении собственных колебаний тела).

МКЭ удобен в инженерных приложениях тем, что свойства отдельных конечных элементов могут быть различны. Большим достоинством МКЭ является его универсальность, позволяющая разработать достаточно эффективные пакеты программ. Характерной особенностью этих программ является то, что многие подпрограммы не зависят от геометрической формы тела, поскольку они выполняют одни и те же математические операции, например, численное интегрирование, формирование глобальных матриц массы и жесткости, учет условий симметрии, различные операции с матрицами и т.п. Поэтому при разработке программы для анализа новой конструкции нужно изменять только основную программу и небольшое количество необходимых подпрограмм.

Результаты и их обсуждение

Матричное уравнение, описывающее собственные колебания конечного упругого тела, известно и приведено без вывода в окончательном виде в монографии [1], остающейся и до настоящего времени фактически маленькой энциклопедией МКЭ. Рассмотрим вывод этого уравнения на основе вариационного принципа Лагранжа. Вывод уравнения полезен также тем, что он поясняет появление и структуру элементных матриц массы, жесткости и упругих сил.

В задачах о колебаниях упругих тел произвольной формы и размеров вариационный принцип Лагранжа использует интегральные энергетические соотношения, которые определяют функцию Лагранжа (лагранжиан). Вариационный принцип предполагает, что лагранжиан L должен принимать стационарное значение

$$\delta L = 0, \;\; L = U - W, \tag{1}$$

где U – энергия упругой деформации; W – кинетическая энергия.

Рассмотрим основные соотношения МКЭ при отсутствии начальных деформаций и остаточных напряжений. Пусть конечное упругое тело объемом V ограничено поверхностью S, на части S_1 которой могут быть приложены поверхностные силы, остальная часть поверхности свободна от механических напряжений. При гармонической временной зависимости $(\exp(i\omega t))$ лагранжиан равен

$$L = U - W = 0{,}5\iiint\limits_V \left(\{s\}^T \{\sigma\} - \omega^2 \rho \{u\}^T \{u\} \right) dV - \iint\limits_{S_1} \{u\}^T \{f\}\, dS, \tag{2}$$

где $\{s\}$ – вектор из компонент деформаций; символ T означает транспонирование; $\{\sigma\}$ – вектор-компонент упругих напряжений; ω – круговая частота; ρ – плотность тела; $\{u\}$ – вектор-компонент смещения; $\{f\}$ – вектор плотности узловых сил.

Запишем закон Гука без учета начальных деформаций и остаточных напряжений

$$\{\sigma\} = [c]\{s\}, \tag{3}$$

где $[c]$ – матрица упругих постоянных, ее вид зависит от симметрии материала, а размерность – от вида деформации. Например, для пьезокерамики (симметрия ∞mm) в общем трехмерном случае эта матрица определяется так:

$$[c] = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} & 0 & 0 & 0 \\ c_{12} & c_{11} & c_{13} & 0 & 0 & 0 \\ c_{13} & c_{13} & c_{33} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & c_{44} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & c_{44} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & (c_{11} - c_{12})/2 \end{bmatrix}.$$

Матрица упругих постоянных является симметричной, что является следствием инвариантности энергии относительно пути достижения заданного деформированного состояния. В осесимметричном случае эта матрица содержит четыре первые строки из столбца.

Введем конечно-элементную аппроксимацию смещения

$$\{u\} = [N_u]\{u_i\}, \tag{4}$$

где $\left[N_u\right]$ – интерполяционная матрица для смещений, зависящая от типа конечного элемента; $\left\{u_i\right\}$ – вектор узловых смещений. Если известны смещения во всех точках конечного элемента, то можно определить и деформации

$$\left\{s\right\} = \left[L_S\right]\left\{u\right\}, \tag{5}$$

где $\left[L_S\right]$ – матричный дифференциальный оператор, который зависит от типа деформации и выражается по известным соотношениям линейной теории упругости.

Подставив в (5) выражение (4), получим

$$\left\{s\right\} = \left[L_S\right]\left[N_u\right]\left\{u_i\right\} = \left[B_S\right]\left\{u_i\right\}, \tag{6}$$

где $\left[B_S\right]$ – интерполяционная матрица для деформаций.

Рассмотрим конечно-элементную аппроксимацию лагранжиана. Выражения (4) и (6) определяют аппроксимации смещения и деформации в пределах одного конечного элемента. Для всего конечного упругого тела можно записать

$$\left\{u\right\} = \sum_e \left[N_u\right]\left\{u_i\right\}, \quad \left\{s\right\} = \sum_e \left[B_S\right]\left\{u_i\right\}. \tag{7}$$

Суммирование в выражениях (7) предполагается по всем конечным элементам, что обеспечивается специальным выбором функций формы, которые равны нулю вне заданного конечного элемента. Функцию Лагранжа (2) запишем с учетом выражения (3) как сумму вкладов всех конечных элементов объема V и поверхности S_1

$$L = 0,5\sum_e \iiint_{V_e} \left(\left\{s\right\}^T \left[c\right]\left\{s\right\} - \omega^2 \rho \left\{u\right\}^T \left\{u\right\}\right) dV - \sum_{e_1} \iint_{S_e} \left\{u\right\}^T \left\{f\right\} dS. \tag{8}$$

Перепишем выражение (8), учитывая конечно-элементные аппроксимации (4) и (6):

$$L = 0,5\sum_e \iiint_{V_e} \left(\left\{u_i\right\}^T \left[B_S\right]^T \left[c\right]\left[B_S\right]\left\{u_i\right\} - \omega^2 \rho \left\{u_i\right\}^T \left[N_u\right]^T \left[N_u\right]\left\{u_i\right\}\right) dV - \sum_{e_1} \iint_{S_e} \left\{u_i\right\}^T \left[N_u\right]^T \left\{f\right\} dS. \tag{9}$$

Выражение (9) представляет собой конечно-элементную аппроксимацию функции Лагранжа. Стационарное значение лагранжиана определяется условием (1), которое достигается при $\partial L / \partial \left\{u_i\right\} = 0$. Воспользуемся правилами дифференцирования матричных произведений [2]:

$$\begin{gathered} \left[Z\right] = \left\{A\right\}^T \left\{Y\right\}, \quad \partial Z / \partial \left\{Y\right\} = \left\{A\right\}, \\ \left[Z\right] = \left\{Y\right\}^T \left\{A\right\}, \quad \partial Z / \partial \left\{Y\right\} = \left\{A\right\}, \\ \left[Z\right] = \left\{Y\right\}^T \left[B\right]\left\{Y\right\}, \quad \partial Z / \partial \left\{Y\right\} = 2\left[B\right]\left\{Y\right\}. \end{gathered} \tag{10}$$

Условие стационарности (1) с учетом правил (10) дает систему линейных уравнений

$$\sum_{e}\iiint_{V_e}\left(\left[B_S\right]^T\left[c\right]\left[B_S\right]\left\{u_i\right\}-\omega^2\rho\left[N_u\right]^T\left[N_u\right]\left\{u_i\right\}\right)dV-\sum_{e_1}\iint_{S_e}\left[N_u\right]^T\left\{f\right\}dS=0. \quad (11)$$

Система (11) определяет глобальную систему линейных алгебраических уравнений относительно неизвестных узловых смещений $\left\{u_i\right\}$. Она описывает поведение упругого тела конечных размеров; таким образом, вариационная постановка задачи с применением МКЭ приводит к линейной системе уравнений.

Поверхностный интеграл в (11) учитывается только для конечных элементов, выходящих на поверхность S_1, и определяет внешние узловые силы

$$\left\{F\right\}=\sum_{e_1}\iint_{S_e}\left[N_u\right]^T\left\{f\right\}dS. \quad (12)$$

Введем элементные матрицы жесткости и массы

$$\left\{k_{uu}\right\}=\iiint_{V_e}\left[B_S\right]^T\left[c\right]\left[B_S\right]dV, \qquad \left\{m\right\}=\iiint_{V_e}\left[N_u\right]^T\left[N_u\right]dV. \quad (13)$$

Элементные массы жесткости и массы (13) определяются тройными интегралами по объему каждого отдельного конечного элемента, поэтому упругие свойства и плотность могут быть различны для разных конечных элементов. Это обстоятельство позволяет весьма просто формировать глобальные матрицы для сложных конструкций, состоящих из различных материалов, и является важным преимуществом МКЭ.

Перепишем систему (11) с учетом обозначений (12) и (13)

$$\left(\sum_{e}\left[k_{uu}\right]-\omega^2\rho\sum_{e}\left[m\right]\right)\left\{u_i\right\}=\left\{F\right\}. \quad (14)$$

Глобальные матрицы жесткости и массы определяются структурным суммированием соответствующих элементных матриц

$$\left[K_{uu}\right]=\sum_{e}\left[k_{uu}\right], \qquad \left[M\right]=\sum_{e}\left[m\right]. \quad (15)$$

С учетом обозначений (15) запишем в окончательном виде

$$\left(\left[K_{uu}\right]-\omega^2\rho\left[M\right]\right)\left\{u_i\right\}=\left\{F\right\}. \quad (16)$$

Механические граничные условия на свободных поверхностях: отсутствие нормальных и касательных механических напряжений учтены «автоматически» в вариационной постановке задачи при выводе уравнения (16). Часто исследуемое упругое тело имеет плоскости симметрии (или линии симметрии в плоском случае). Это позволяет снизить порядок глобальной системы уравнений, так как в этом случае достаточно аппроксимировать конечными элементами только часть тела. На плоскостях симметрии должны быть заданы механические граничные условия, позволяющие выделить колебания определенного типа. Например, в случае симметричной круглой пластины на ее плоскости симметрии

при выделении симметричных по толщине колебаний должны обращать в нуль осевые компоненты смещения. Следовательно, соответствующие строки и столбцы глобальных матриц должны быть обнулены. Очевидно, что при этом глобальные матрицы становятся сингулярными и не допускают обращения, которое необходимо при анализе собственных колебаний. Поэтому данные строки и столбцы удаляются из глобальных матриц, что также несколько понижает их порядок.

При отсутствии внешних воздействий $\{F\} = 0$ и уравнение (16) принимает вид

$$\left(\left[K_{uu}\right] - \omega^2 \rho \left[M\right]\right)\left\{u_i\right\} = 0. \tag{17}$$

Это равенство возможно только при некоторых значениях ω – собственных частотах системы, если определитель системы равен нулю

$$\det\left[\left[K_{uu}\right] - \omega^2 \rho \left[M\right]\right] = 0. \tag{18}$$

Каждая собственная частота, при которой выполняется условие (18), определяет собственный вектор $\left\{u_i\right\}_n$ (распределение узловых смещений, позволяющее судить о форме колебаний), компоненты его произвольны, а их отношения принимают определенные значения. Такие векторы называются модами системы [1].

При нахождении собственных частот обычно не ищут корни определителя (18), а решают обобщенную матричную задачу на собственные значения. Введем обозначение $\lambda_1 = \omega^2 \rho,$ тогда уравнение (17) примет вид

$$\left[K_{uu}\right]\left\{u_i\right\} = \lambda_1 \left[M\right]\left\{u_i\right\}. \tag{19}$$

Как отмечено в [3], эта задача не тривиальна и почти не рассматривается в обычных учебниках по линейной алгебре. Умножив уравнение (19) на $\left[K_{uu}\right]^{-1}$ и введя обозначение $\lambda = 1/\lambda_1,$ получим

$$\left[H\right]\left\{u_i\right\} = \lambda \left\{u_i\right\}, \tag{20}$$

где $\left[H\right] = \left[K_{uu}\right]^{-1}\left[M\right]$.

Задачи вида (20) решались авторами [4] итерационным методом в сочетании с методом «ловли льва в пустыне» [1] по разработанной программе на языке Фортран.

Выводы

Из условия стационарности лагранжиана получена система линейных алгебраических уравнений метода конечных элементов для описания упругого тела произвольной формы и размеров. Объяснена структура элементных матриц жесткости и массы. Рассмотрено применение полученной системы уравнений для анализа собственных колебаний ограниченных упругих тел. Показано, как можно понизить порядок глобальной системы уравнений для упругого тела, обладающего плоскостями симметрии. Рассмотрена обобщенная матричная задача на собственные значения и указан метод ее решения путем сведения к обычной задаче с использованием обращения глобальной матрицы жесткости.

Список литературы

1. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. М.: Мир, 1975. 544 с.
2. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. М.: Мир, 1979. 392 с.
3. Стренг Г., Фикс Дж. Теория метода конечных элементов. М.: Мир, 1977. 352 с.
4. Балабаев С.М., Ивина Н.Ф. Компьютерное моделирование и анализ собственных колебаний пьезопреобразователей методом конечных элементов. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2007. 242 с.

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 621.431.74.016

Б.И. Руднев, О.В. Повалихина
Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАМЕНИ В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ

Использование математических моделей, в основу которых положен зональный метод расчета теплообмена излучением, применительно к камере сгорания судового дизеля, требует предварительного определения ряда энергетических характеристик. Важнейшей из них является спектральная оптическая толщина племени. Целью данной статьи является разработка расчетного метода для оценки спектральной оптической толщины пламени в камере сгорания судового дизеля 6 ЧН 24/36. Показано, что величина спектральной оптической толщины пламени зависит от трех основных параметров: коэффициента ослабления излучения, концентрации частиц сажи и их оптических характеристик (среднего диаметра и параметра дифракции). Представлены распределение частиц сажи по размерам и значения спектральной оптической толщины пламени в функции угла поворота коленчатого вала для судового дизеля 6 ЧН 24/36 при испытании его по нагрузочной характеристике. Приведены основные подходы, позволяющие определить интегральную степень черноты пламени в камере сгорания с использованием полученных расчетных данных по его спектральной оптической толщине.

Ключевые слова: *судовой дизель, спектральная оптическая толщина пламени, радиационный теплообмен.*

B.I. Rudnev, O.V. Povalikhina

CALCULATION-EXPERIMENTAL METHOD OF DEFINITION POWER DATA OF FLAME IN MARINE DIESEL COMBUSTION CHAMBER

Application of mathematical models in the base of them a zonal method of calculation of radiative transfer is included in additional to marine diesel combustion chamber, it is required first determination the number of power data. Spectral optical thickness of flame is very important. Development of method calculation for the estimation of spectral optical thickness of flame in marine diesel 6 ChN 24/36 combustion chamber is the purpose of this paper. A value of spectral optical thickness of flame depends from three basic data: coefficient of attenuation radiation, concentration of soot particles and its optical data (mean diameter and parameter of diffraction) is given. Distribution of soot particles according to sizes and values of spectral optical thickness of flame in function of crank angle degree for marine diesel 6 ChN 24/36 in its power data is shown. Basic methods per missing to determine integral degree of flame blackness in combustion chamber with application of calculation data on its spectral optical thickness is determined.

Key words: *marine diesel, spectral optical thickness of flame, radiation heat transfer.*

Введение

В структуру математических моделей (ММ), позволяющих определить локальные потоки излучения на поверхностях деталей камеры сгорания (КС) судовых дизелей, в качестве исходных входит ряд энергетических характеристик. Важнейшей из них является спектральная оптическая толщина пламени [1, 2]. Целью данной статьи является разработка расчетного метода для оценки спектральной оптической толщины пламени в КС судового дизеля 6 ЧН 24/36. Как известно [1, 2], величина спектральной оптической толщины пламени в основном определяется тремя параметрами: коэффициентом ослабления излучения, концентрацией частиц сажи и их оптическими характеристиками (средним диаметром и параметром дифракции). В ранее выполненных работах [3] оптические данные по частицам сажи (средний диаметр и параметр дифракции) принимались по опубликованным в научно-технической литературе сведениям и имели приближенный характер. Это вносило существенную (до 15–20 %) неточность в расчетную величину локальных результирующих потоков излучения в КС дизелей. В рамках настоящей статьи впервые в отечественной практике исследований радиационного теплообмена в КС дизельных двигателей рассмотрен метод оценки спектральной оптической толщины пламени с учетом реальных (полученных экспериментальным путем) оптических характеристик частиц сажи применительно к судовому дизелю типа 6 ЧН 24/36 [4,5].

Экспериментально-расчетный метод определения спектральной оптической толщины пламени в КС судового дизеля

Основным излучателем в светящемся пламени судового дизеля являются частицы сажи. Локальная концентрация и оптические характеристики последних в совокупности с коэффициентом поглощения определяют степень черноты пламени [6]. Анализ теоретических решений для области малых значений параметра дифракции, приведенных в [1, 2], показывает, что частицы сажи обладают низкой поглощательной способностью во всей области спектра теплового излучения пламени. Величина и спектральный ход коэффициентов ослабления в значительной степени определяются параметром дифракции ρ и дисперсией оптических параметров $n(\lambda)$ и $\chi(\lambda)$ (показателя преломления n и показателя поглощения χ), n и χ связаны соотношением (1)

$$m = n - i\chi, \tag{1}$$

где $i = -1$.

Таким образом, для расчета излучения частиц сажи (сажистого пламени) наряду с размерами частиц d (средним диаметром) необходимо знать и их количественные показатели преломления $m(\lambda)$ во всех областях спектра теплового излучения пламени. Вопрос об оптических параметрах аморфного углерода (сажи) подробно рассмотрен в [1, 2].

Определение спектрального показателя ослабления K_λ связано с выяснением вопроса, можно ли частицы сажи, образующиеся в КС судового дизеля типа 6 ЧН 24/36, считать малыми или нет, так как выражение для K_λ в области малых и больших частиц не совпадают. В работе [1] показано, что частицы сажи могут быть отнесены к малым, если выполняется условие $\rho \leq 0{,}1$ при $|m|\rho < 1$ для ближней инфракрасной области спектра от $\lambda = 0{,}5$ мкм до $\lambda = 6{,}0$ мкм. Расчеты по параметрам $|m|\rho$ для частиц дизельной сажи были выполнены в [6]. Их результаты показали, что зависимость $|m|\rho$ близка к гиперболе и условие $|m|\rho<1$ выполняется для всей ближней инфракрасной области спектра, а следовательно, частицы сажи в пламени дизеля с полным основанием могут быть отнесены к малым частицам. В силу этого для определения спектрального коэффициента ослабления можно воспользоваться формулой, представленной в [1]

$$K_\lambda = \Phi(m)\rho, \tag{2}$$

где $\Phi(m)$– функция комплексного показателя преломления; $\rho = \pi d/\lambda$ – параметр дифракции; d – средний диаметр частиц сажи; λ – длина волны излучения.

Как установлено в [1], зависимость $\Phi(m) = f(\lambda)$ является линейно убывающей и в диапазоне длин волн от 0,5 мкм до 6,0 мкм с достаточной точностью описывается уравнением

$$\Phi(m) = 1{,}36(1 - 0{,}1\lambda),. \tag{3}$$

Подставляя в (2) значение $\Phi(m)$ из (3), получим выражение для спектрального коэффициента ослабления

$$K_\lambda = 1{,}36(1 - 0{,}1\lambda)\rho. \tag{4}$$

Справедливость зависимости (4) для турбулентного сажистого пламени, каковым является пламя в КС судового дизеля, показана в [7]. Зависимость (4) является приближенной, сопоставление результатов расчета K_λ по (4) и по точным теоретическим формулам выполнено в [1]. При этом показано, что вплоть до $\rho \le 0{,}1$ значения K_λ, рассчитанные на ЭВМ по точным формулам и по зависимости (4), практически совпадают. При $\rho > 0{,}1$ появляются заметные расхождения. Однако даже для $\rho = 0{,}15$ отличие составляет (в среднем по всей области спектра излучения пламени) не более 10 %. В расчетах средний диаметр частиц сажи принимался на основе экспериментальных данных [4, 5] и составлял $d_{ср} = 0{,}035–0{,}045$ мкм. Отмеченное выше позволяет успешно применять формулу (4) для расчетов излучения частиц сажи в светящихся пламенах при значении параметра дифракции $\rho \le 0{,}1$ [1]. Полученные авторами настоящей статьи распределения частиц сажи по размерам при испытании судового дизеля 6 ЧН 24/36 по нагрузочной характеристике для режимов 100 и 75 % от номинальной мощности $N_{e\,ном}$ показано на рис. 1 и 2. На гистограммы, представленные на этих рисунках, специально нанесены кривые нормального распределения, чтобы показать весьма существенное отличие от него экспериментальных данных.

К аналогичным выводам относительно вида распределения частиц сажи по размерам пришли и другие исследователи, изучавшие их оптические характеристики опытным путем [8, 9].

Спектральная оптическая толщина пламени τ_λ связана, как известно [1, 2], со спектральным показателем ослабления K_λ уравнением

$$\tau_\lambda = 1{,}5K_\lambda \mu L/(\gamma d), \tag{5}$$

где μ – концентрация частиц сажи; L – эффективная длина пути луча; γ – удельный вес частиц сажи.

Величина γ для частиц дизельной сажи лежит в узких пределах 1800–2100 кг/м^3 и может быть принята равной 1950 кг/м^3. Подставив выражение (4) в (5) и выполнив преобразование, имеем

$$\tau_\lambda = \frac{6{,}4}{\gamma}\left(\lambda^{-1} - 0{,}1\right)\cdot \mu L. \tag{6}$$

Обозначив постоянную величину 6,4/γ через C, окончательно получим

$$\tau_\lambda = C\left(\lambda^{-1} - 0{,}1\right)\cdot \mu L. \tag{7}$$

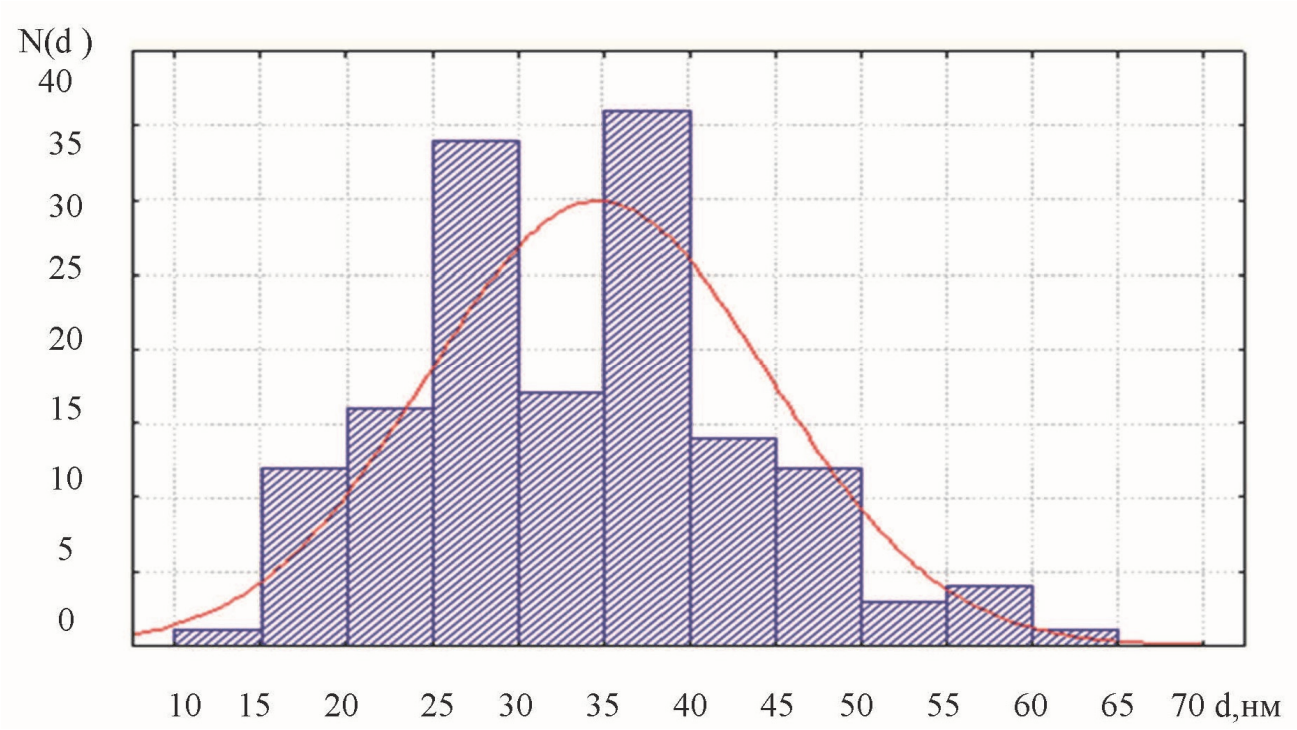


Рис. 1. Распределение частиц сажи по размерам, судовой дизель 6ЧН 24/36, нагрузка 75 % от $Ne_{ном}$.

Fig. 1. Dispensation of soot particles on sizes of marine diesel 6 ChN 24/36 by power 75 % from Ne_{nom}

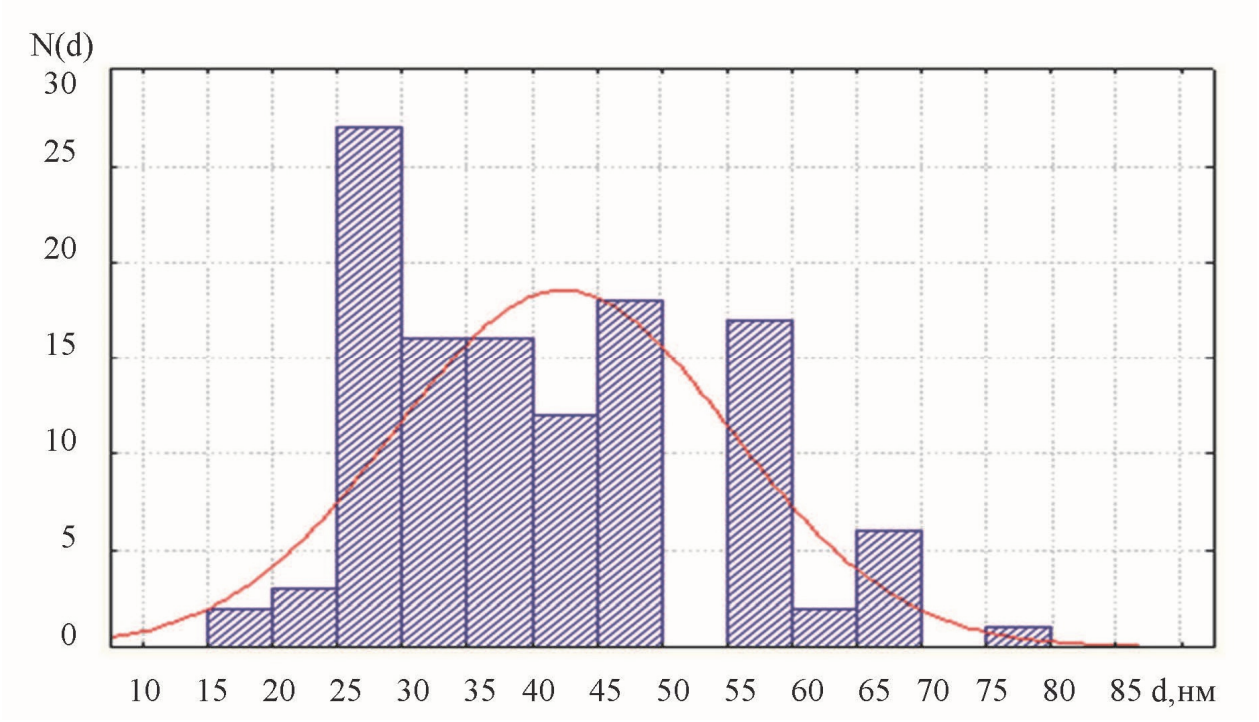


Рис. 2. Распределение частиц сажи по размерам, судовой дизель 6ЧН 24/36, нагрузка 100 % от $Ne_{ном}$.

Fig. 2. Dispensation of soot particles on sizes of marine diesel 6 ChN 24/36 by power 100 % from Ne_{nom}

Результаты расчетов спектральной оптической толщины пламени применительно к КС судового дизеля 6 ЧН 24/36 для режимов 75 и 100 % от $Ne_{ном}$ показаны на рис. 3 и 4. Необходимо отметить весьма сильную зависимость этой величины как от длины волн, так и от угла поворота коленчатого вала (ПКВ). Последнее объясняется характером изменения концентрации частиц сажи в КС судового дизеля 6 ЧН 24/36 в функции угла ПКВ.

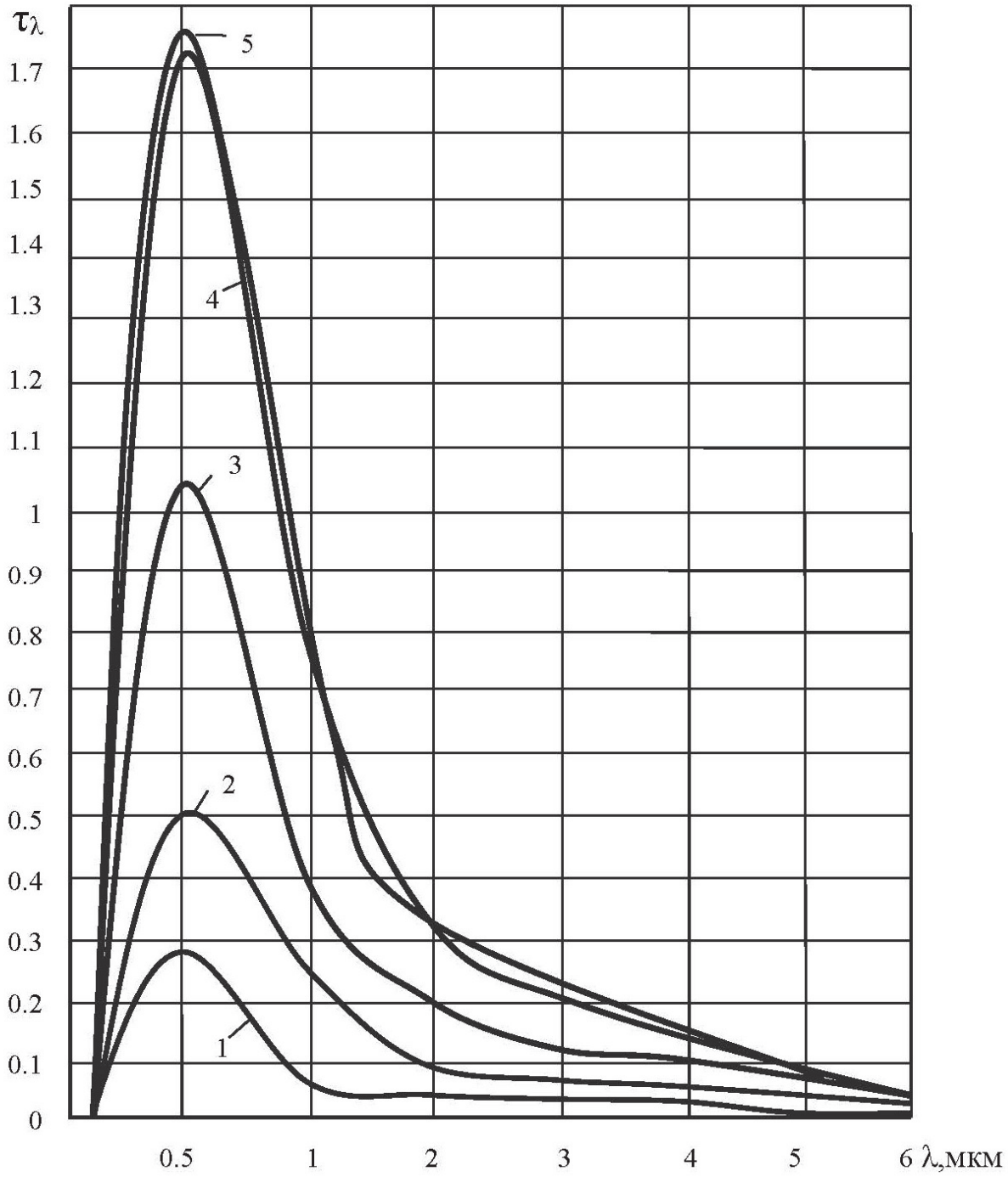


Рис. 3. Изменение спектральной оптической толщины пламени судового дизеля 6ЧН 24/36 при нагрузке 75 % от $Ne_{ном}$: 1 – ВМТ; 2 – 20^0 ПКВ после ВМТ; 3 – 40^0; 4 – 60^0; 5 – 80^0
Fig. 3. Variation of spectral optical thickness of flame in marine diesel 6 ChN 24/36 by power 75 % from Ne_{nom}: 1 – TDC; 2 – 20^0 CAD after TDC; 3 – 40^0; 4 – 60^0; 5 – 80^0

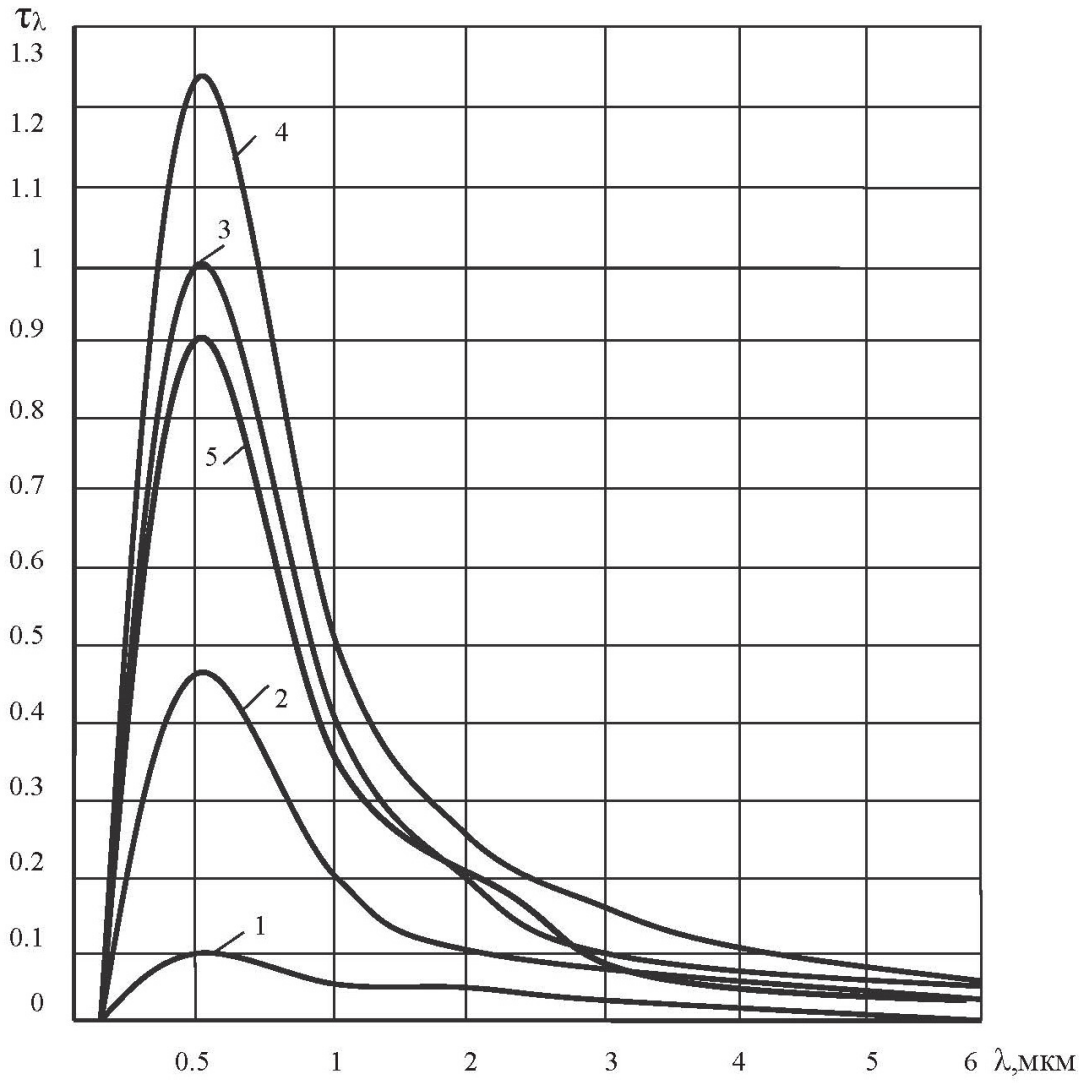


Рис. 4. Изменение спектральной оптической толщины пламени судового дизеля 6ЧН 24/36 при нагрузке 100 % от $Ne_{ном}$: 1 – ВМТ; 2 – 20^0 ПКВ после ВМТ; 3 – 40^0; 4 – 60^0; 5 – 80^0

Fig. 4. Variation of spectral optical thickness of flame in marine diesel 6 ChN 24/36 by power 100% from Ne_{nom}: 1 – TDC; 2 – 20^0 CAD after TDC; 3 – 40^0; 4 – 60^0; 5 – 80^0

Спектральная и интегральная степени черноты пламени в КС судового дизеля

Спектральная оптическая толщина пламени связана с его спектральной степенью черноты законом Бугера:

$$\varepsilon_\lambda = 1 - exp(-\tau_\lambda). \quad (8)$$

Подставляя в (8) выражение (7), получим

$$\varepsilon_\lambda = 1 - exp\left[-C\left(\lambda^{-1} - 0{,}1\right)\cdot \mu L\right]. \quad (9)$$

Переход от спектральной степени черноты пламени к ее интегральной величине может быть осуществлен по зависимости

$$\varepsilon = \frac{\int_{0,5}^{6} \left\{1 - exp\left[-C\left(\lambda^{-1} - 0,1\lambda\right)\cdot \mu L\right]\right\} E_0 d\lambda}{\int_{0,5}^{6} E_0 d\lambda}, \qquad (10)$$

где E_0 – интенсивность излучения абсолютно черного тела при температуре дизельного пламени, определяемая по закону Планка.

Величины интегральной степени черноты пламени для пяти режимов нагрузочной характеристики судового дизеля 6 ЧН 24/36, рассчитанные по зависимости (10), представлены на рис. 5. Из него видно, что с ростом нагрузки дизеля интегральная степень черноты пламени возрастает.

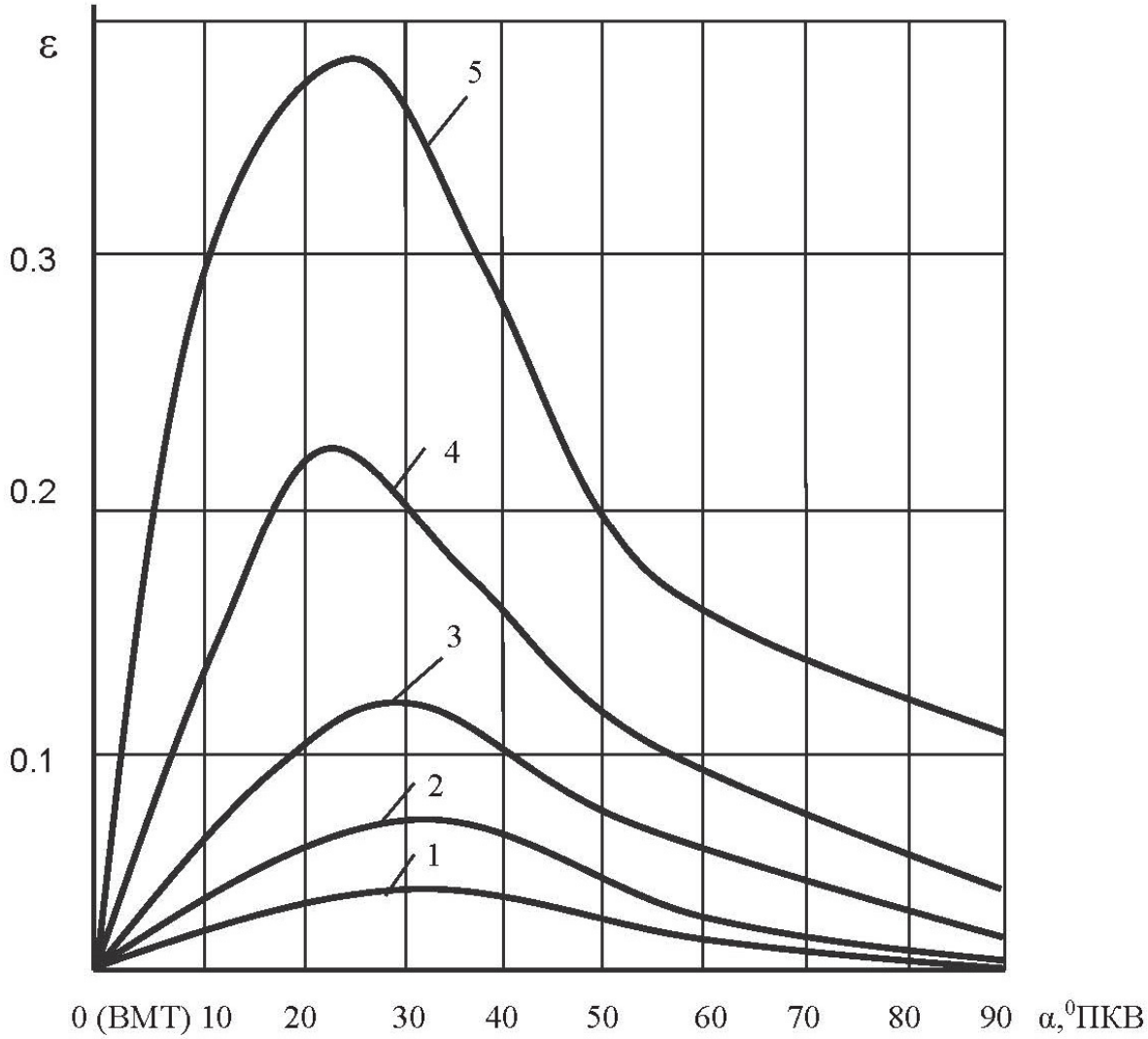


Рис. 5. Изменение интегральной степени черноты пламени при испытании судового дизеля 6 ЧН 24/36 по нагрузочной характеристике: 1 – холостой ход; 2 – 25 % от $Ne_{ном}$; 3 – 50 %; 4 – 75 %; 5 – 100 %

Fig. 5. Variation of integral degree of flame blackness by experience of marine diesel 6 ChN 24/36 from power data: 1 – single motion; 2 – 25 % from Ne_{nom}; 3 – 50 %; 4 – 75 %; 5 – 100 %

Выводы

Предложенные в статье оценки спектральной оптической толщины пламени и его интегральной степени черноты были использованы в зональной ММ для расчета локальных результирующих потоков излучения на поверхностях, образующих КС [10]. Полученные в работе [10] расчетные данные по результирующим потокам излучения позволили установить наиболее нагруженные в тепловом отношении участки поверхностей поршня и крышки цилиндра судового дизеля 6 ЧН 24/36. Это центральная часть сферической выемки на поршне и несколько смещенная от центра часть поверхности крышки цилиндра. Сопоставление расчетных и известных экспериментальных данных по локальным результирующим потокам излучения показало их различие в среднем на 10–15 %, что вполне приемлемо для практики проектирования и доводки современных судовых дизелей.

Список литературы

1. Блох А.Г., Журавлев А.Г., Рыжков Л.Н. Теплообмен излучением: справочник. М.: Энергоатомиздат, 1991. 432 с.

2. Modest M.F. Radiative heat transfer. New York: Academic Press, 2003. 822 p.

3. Петриченко Р.М., Батурин С.А., Исаков Ю.Н. и др. Элементы системы автоматизированного проектирования ДВС: Алгоритмы прикладных программ / под ред. Р.М. Петриченко. Л.: Машиностроение, 1990. 328 с.

4. Израильский Ю.Г., Повалихина О.В., Руднев Б.И. Исследование оптических параметров и наноструктур частиц сажи судового дизеля // Морские интеллектуальные технологии. 2016. Т. 1, № 3(33). С. 159–164.

5. Руднев Б.И., Курявый В.Г., Повалихина О.В. Экспериментальное исследование оптических параметров и наноструктур частиц сажи дизельного двигателя // Тепловые процессы в технике. 2016. Т., № 9. С. 416–422.

6. Руднев Б.И. Определение излучательной способности дизельного пламени // Динамика судовых энергетических установок и их систем. М.: В/О «Мортехинформреклама», 1991. С. 57–62.

7. Кузнецов В.Р. Сабельников В.Р. Турбулентность и горение. М.: Наука, 1988. 288 с.

8. Бакиров Ф.Г., Захаров В.М., Полещук И.З. и др. Образование и выгорание сажи при сжигании углеводородных топлив. М.: Машиностроение, 1989. 128 с.

9. Carpenter K., Johnson J.H. Analysis of the physical characteristics of diesel particulate matter using transmission electron microscope techniques // SAE Preprints. 1979. № 790815.17 p.

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

УДК 621.565.943

В.П. Шайдуллина, Л.В. Дуболазова
Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

АНАЛИЗ ТЕМПЕРАТУРНЫХ НАПОРОВ В КОНДЕНСАТОРАХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН, ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

Показано влияние температурного напора в конденсаторах на энергоэффективность работы холодильной машины. Экономически целесообразному температурному напору в теплообменных аппаратах, в том числе в конденсаторах холодильных машин, соответствует наименьшая сумма расходов на производство единицы холода.
***Ключевые слова**: конденсатор, энергоэффективность, температурный напор.*

V.P. Shaidullina, L.V. Dubolazova

THE ANALYSIS OF REFRIGERATING MACHINE CONDENSER'S TEMPERATURE RANGE, IT'S IMPACT ON THE ENERGY EFFICIENCY

In this article we are looking at how the energy efficiency of refrigeration unit is affected by the temperature pressure in condensers. If the temperature difference in heat interchange apparatus including refrigeration condensers is economically optimized then the cost of producing a unit of refrigeration is the lowest.
***Key words**: condenser, energy efficiency, temperature pressure.*

В конденсаторах холодильных машин происходит передача теплоты от конденсирующегося холодильного агента охлаждающей среде.

Количество теплоты, передаваемое охлаждающей среде, определяется по формуле (1)

$$Q_{\text{кд}} = \text{k} \cdot \text{F} \cdot \theta_m , \qquad (1)$$

где k – коэффициент теплопередачи конденсатора, Вт/(м$^2\cdot{}^0$С); F – площадь теплопередающей поверхности, м^2; θ_m – температурный напор между средами, ^{0}С.

Как и коэффициенты теплоотдачи наружных и внутренних поверхностей, коэффициент теплопередачи зависит от типа конденсатора. Все конденсаторы в большей или меньшей степени склонны к загрязнению, и это является основным недостатком, снижающим интенсивность теплообмена. Конденсаторы с воздушным охлаждением менее подвержены загрязнению, если воздух не содержит различные твердые частицы. Мощность конденсатора резко падает, если приносимые воздухом частицы оседают на ребрах, снижая коэффициент теплоотдачи наружной поверхности, препятствуя движению воздуха. Загрязнение конденсаторов с водяным охлаждением практически неизбежно. Интенсивность загрязнения конденсатора с водяным охлаждением зависит от продолжительности работы конденсатора, типа охлаждающей среды и степени ее чистоты. Испарительные конденсаторы, в которых кроме циркуляции воды имеются воздушные тракты, подвержены дополнительному загрязнению. Значения коэффициентов теплопроводности загрязнений: снега, водного льда, водяного камня, смазочного масла – во много раз ниже коэффициента теплопроводности стальной стенки труб аппарата, поэтому термическое сопротивление стенки заметно увеличивается при наличии на ней загрязнений. Увеличение термического сопротивления стенки трубы приводит к ухудшению теплопередачи, увеличению перепада температур между средами, а для конденсаторов – к повышению температуры конденсации. Наличие воздуха в системе также ухудшает теплоотдачу от конденсирующегося хо-

лодильного агента к стенке трубы в связи с образованием газовой пленки у поверхности конденсата, стекающего по стенке трубы, а следовательно, к снижению коэффициента теплопередачи конденсатора, так как воздух не конденсируется при давлении конденсации холодильного агента.

Температура конденсации всегда устанавливается выше температуры охлаждающей среды в зависимости от площади теплопередающей поверхности и коэффициента теплопередачи конденсатора [1]. Кроме этого, температура конденсации зависит от производительности компрессоров и режима работы холодильной установки. Производительность компрессоров, в свою очередь, зависит от тепловой нагрузки на испарительную систему, площади теплопередающей поверхности, коэффициента теплопередачи испарителей и различного рода сопротивлений теплопередаче в виде снеговой шубы, масла и других загрязнений. Температурный напор – разность между температурой конденсации и температурой охлаждающей среды. Увеличивая температурный напор при подборе конденсаторов, можно уменьшить площадь теплопередающей поверхности конденсаторов, что приводит к большим капитальным и эксплуатационным расходам, так как повышение температуры конденсации увеличивает расход электроэнергии на сжатие холодильного агента в компрессоре.

Регулируя режим работы холодильной установки, обслуживающий персонал стремится поддерживать оптимальный режим, под которым понимают не только наиболее экономичный режим, но и наиболее безопасный и обеспечивающий долговечность оборудования. Достигается оптимальный режим установлением и поддержанием оптимальных перепадов температур (температурных напоров) между средами в теплообменных аппаратах [2, 3], оптимального перегрева на всасывающей стороне компрессора, оптимальной температуры нагнетания. Экономически целесообразному перепаду температур в теплообменных аппаратах соответствует наименьшая сумма расходов на производство единицы холода. Оптимальные перепады температур с течением времени претерпевают изменения в связи с изменением стоимости электроэнергии, воды, металлов и т.д. Оптимальные перепады температур должны быть известны обслуживающему персоналу. Большинство температур, характеризующих работу холодильной установки, самоустанавливаются, но обслуживающий персонал должен добиваться, чтобы это самоустановление соответствовало оптимальному режиму.

На рис. 1 приведена схема холодильной машины и цикл в диаграмме i–lgp, по которому проведены сравнительные расчеты параметров холодильного цикла. Термодинамические процессы цикла: 1–2 – адиабатное сжатие в компрессоре; 2–3 – охлаждение, конденсация и переохлаждение сжатого пара в конденсаторе; 3–4 – дросселирования холодильного агента; 4–1 – кипение хладагента в испарителе.

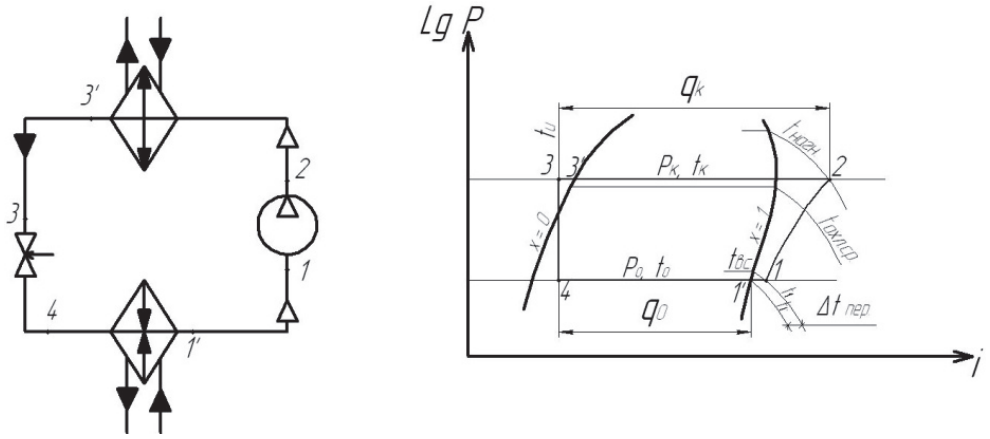


Рис. 1. Схема холодильной машины и цикл в диаграмме i–lgp
Fig. 1. The diagram of refrigeration unit and cycle in diagram i–lgp

Сравнительные расчеты параметров холодильного цикла для R404a, R507, R134a, R410a проведены по формулам (2–7):

Удельная массовая холодопроизводительность, кДж/кг

$$q_o = i_1 - i_4. \quad (2)$$

Работа на сжатие 1 кг хладагента, кДж/кг

$$l = (i_2 - i_1). \quad (3)$$

Холодильный коэффициент

$$\varepsilon = \frac{q_0}{i_2 - i_1}. \quad (4)$$

Удельная объемная холодопроизводительность, кДж/м^3

$$q_v = \frac{q_0}{v_1}. \quad (5)$$

Масса циркулирующего хладагента, кг/с

$$M_a = \frac{Q_0}{q_0}. \quad (6)$$

Объемный расход хладагента, м^3/ч

$$V_д = M_a \cdot v_1. \quad (7)$$

Параметры холодильного цикла при разных температурных напорах приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры холодильного цикла при разных температурных напорах

Table 1

Refrigeration cycle parameters according to different temperature drops

Температура кипения, ^{0}C	Температура конденсации, ^{0}C	Температура нагнетания, ^{0}C	Холодильный коэффициент	Удельная объемная холодопроизводительность, кДж/м^3	Объёмный расход, м^3/ч
1	2	3	4	5	6
–25	R404a				
	30	60	3,25	1529	235
	35	68	2,78	1470	245
	40	70	2,44	1294	278
	45	80	1,88	1176	306
	50	85	1,67	1082	333
	R507				
	30	68	3,14	1629	221
	35	72	2,9	1543	233
	40	78	2,56	1456	247
	45	82	2,29	1358	265
	50	91	1,92	1259	285

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6
–5	R134a				
	30	58	6,8	1863	193
	35	65	5,57	1758	204
	45	75	4	1600	225
	50	80	3,67	1547	232
	55	83	3,18	1442	249
	R410a				
	30	70	6	4488	80,2
	35	75	5,38	4256	84,6
	40	85	4,43	4023	89,4
	45	90	4,07	3790	95,0
	50	100	4,7	3511	102,0

При постоянной температуре охлаждающей среды при использовании конденсаторов с водяным охлаждением снижение температуры конденсации с 35 до 30 ^{0}С, а значит, уменьшение перепада температур между хладагентом и охлаждающей средой приводит к увеличению удельной массовой холодопроизводительности цикла на каждый градус на 0,8 % для R404a и 1,12 % – для R507, табл. 2. Повышение температуры конденсации с 45 до 50 ^{0}С при использовании конденсаторов с воздушным охлаждением, а следовательно, увеличение перепада температур снижает удельную массовую холодопроизводительность на каждый градус для R404a на 1,6 %, R507 – на 1,45 %, табл. 2.

Таблица 2

Параметры холодильного цикла при разных температурных напорах

Table 2

Refrigeration cycle parameters according to different temperature drops

Температура кипения, ^{0}С	Температура конденсации, ^{0}С	Удельная массовая холодопроизводительность, кДж/кг	Процент отклонения на градус, %	Работа на сжатие 1 кг холодильного агента, кДж/кг	Процент отклонения на градус, %
1	2	3	4	5	6
–25	R404a				
	30	130	0,8	40	1,8
	35	125	–	44	–
	40	110	2,4	46	0,9
	45	100	–	53	–
	50	92	1,6	55	0,75
	R507				
	30	132	1,12	42	0,9
	35	125	–	44	–
	40	118	1,45	46	0,9
	45	110	–	50	–
	50	102	1,45	53	1,2

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6
–5	R134a				
	30	177	1,2	26	2,66
	35	167	–	30	–
	45	152	1,8	38	2,66
	50	147	2,4	40	1,05
	55	137	1,0	43	1,31
	R410a				
	30	193	1,09	32	1,17
	35	183	–	34	–
	40	173	1,09	39	2,94
	45	163	–	40	–
	50	151	1,5	47	1,5

Влияние изменения температуры конденсации на холодильный коэффициент и объемный расход хладагента при использовании R404a, R507, R134a, R410a приведено в табл. 3.

Таблица 3

Параметры холодильного цикла при разных температурных напорах

Table 3

Refrigeration cycle parameters according to different temperature drops

Температура кипения, ^{0}C	Температура конденсации, ^{0}C	Холодильный коэффициент	Процент отклонения на градус,%	Объёмный расход, м^3/ч	Процент отклонения на градус, %
–25	R404a				
	30	3,25	3,38	235	0,8
	35	2,78	–	245	–
	40	2,44	2,44	278	2,69
	45	1,88	–	306	–
	50	1,67	1,19	333	1,76
	R507				
	30	3,14	1,65	221	1,0
	35	2,9	–	233	–
	40	2,56	2,34	247	1,2
	45	2,29	–	265	–
	50	1,92	3,23	285	1,5
–5	R134a				
	30	6,8		193	
	35	5,57	1,3	204	0,93
	45	4,0	–	225	–
	50	3,67		232	
	55	3,18	1,06	249	1,06
	R410a				
	30	6,0		80,2	
	35	5,38	3,2	84,6	1,09
	40	4,43		89,47	
	45	4,07	–	95,0	–
	50	3,2		102,0	
	55	2,65	3,5	112,0	1,79

Увеличение объемного расхода хладагента при работе на повышенной температуре конденсации, а значит, при больших температурных перепадах заставляет устанавливать компрессор большего типоразмера при подборе оборудования или варьировать количеством компрессоров при эксплуатации. Изменение удельной массовой, удельной объемной холодопроизводительности и работы на сжатие для наиболее часто применяемых в настоящее время хладагентов показано на рис. 2, 3, 4.

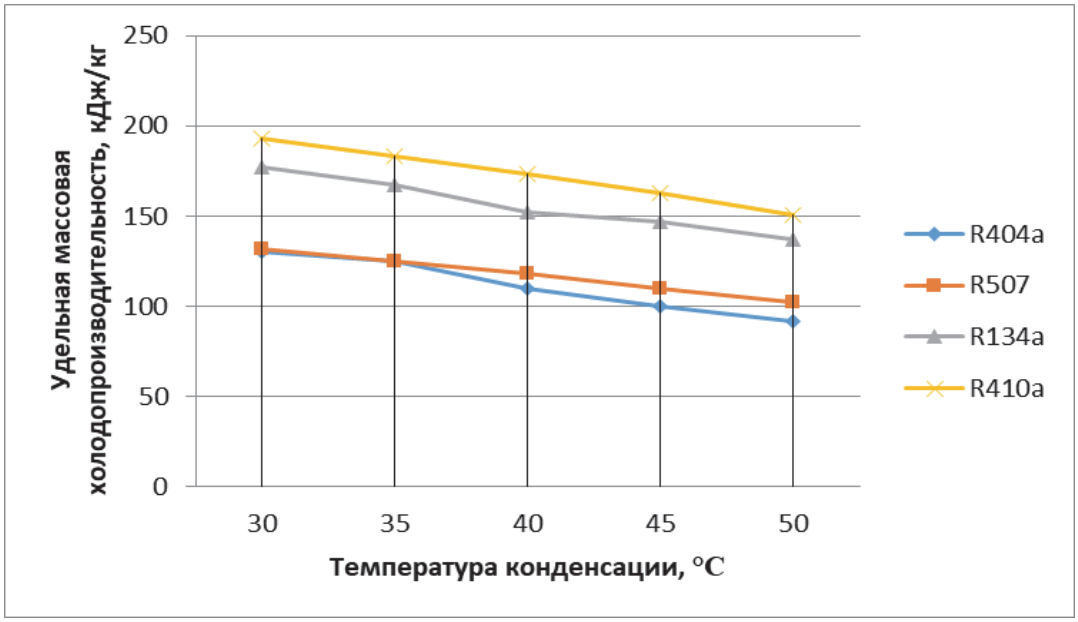


Рис. 2. Изменение удельной массовой холодопроизводительности
Fig. 2. Change in specific mass cooling capacity

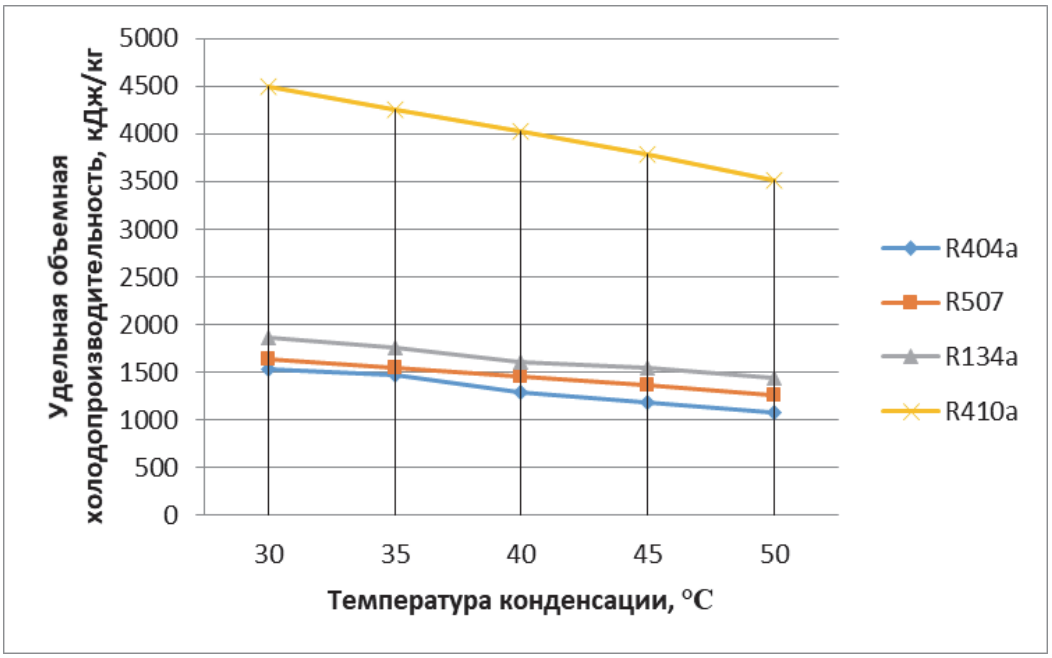


Рис. 3. Изменение удельной объемной холодопроизводительности
Fig. 3. The change of the specific volume of the cooling capacity

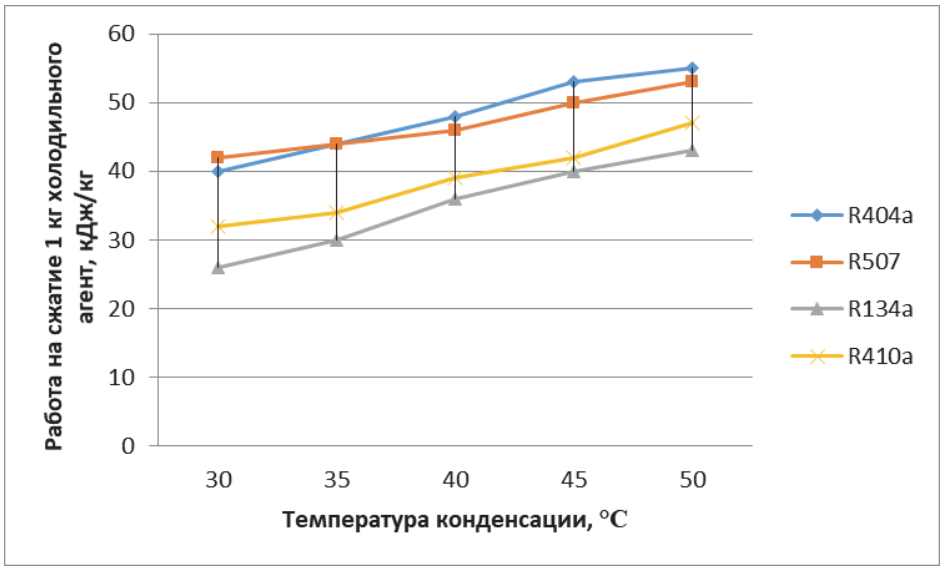


Рис. 4. Изменение работы на сжатие холодильного агента
Fig. 4. The change of the compression of the refrigerant

В эксплуатационных условиях температура конденсации может быть понижена путем запуска дополнительных водяных насосов или вентиляторов секций воздушных конденсаторов. При установившейся в этом случае более низкой температуре конденсации возрастает расход электроэнергии на работу дополнительного вспомогательного оборудования, но потребление электроэнергии на работу компрессора будет снижено.

Регулярное сопоставление фактических перепадов температур с оптимальными для данной установки позволяет выявить отклонения и установить причины ухудшения работы теплообменных аппаратов.

По общепринятым рекомендациям максимальное значение перепада температур в конденсаторах холодильных машин определяет предел безопасной эксплуатации компрессора и ограничено условиями прочности оборудования. В конденсаторах воздушного охлаждения температурный напор составляет 10–20 ^{0}С. Для конденсаторов с водяным охлаждением общепринятая разность температур между средами составляет 5–7 ^{0}С.

При проектировании холодильных установок, подбирая конденсатор с большей теплообменной поверхностью или устанавливая с меньшей, при задании больших перепадов температур между средами следует определить срок окупаемости конденсатора.

Регулярное сопоставление фактических перепадов температур с оптимальными при эксплуатации установки позволяет выявить отклонения и установить причины ухудшения работы теплообменных аппаратов.

Список литературы

1. Курылев Е.С., Оносовский В.В., Румянцев Ю.Д. Холодильные установки. СПб.: Политехника, 2000. 576 с.

2. Шишов В.В. Температурный напор в конденсаторах с воздушным охлаждением // Холодильная техника. 2014. № 9. С. 35–37.

3. Идельт П., Арндт У. Кондиционирование воздуха. Сплит и VRF-мультисплит системы. М.: Техносфера, 2011. 335 с.

Сведения об авторах: Шайдуллина Валентина Павловна, кандидат технических наук, доцент;

Дуболазова Людмила Васильевна, старший преподаватель.

ТЕХНОЛОГИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

УДК 664.951.65

Н.В. Дементьева, В.Д. Богданов
Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ КРЕМ-ПАШТЕТОВ ИЗ ИКРЫ МИНТАЯ, ФЕРМЕНТИРОВАННЫХ МИКРОБИАЛЬНЫМ РЕНИНОМ «MEITO»

В настоящее время перед пищевой промышленностью стоит задача создания продуктов, обладающих лечебно-профилактическими свойствами. Эту задачу можно решить путем разработки технологий комбинированных продуктов питания с использованием функциональных ингредиентов, благодаря которым продукт приобретает полезные, оздоровительные свойства. К таким компонентам относят пробиотики – живые микроорганизмы, которые проявляют высокую антагонистическую активность к патогенной микрофлоре, обитающей в желудочно-кишечном тракте, участвуют в регулировании обменных процессов в организме и обладают способностью синтезировать витамины. В Дальрыбвтузе разработана технология крем-паштетов из икры минтая. При их производстве применяют микробиальный ренин «Meito», который получен посредством ферментации чистой культуры пищевого гриба Rhizomucor Miehei и молокосвертывающего фермента Mucorpepsin. Целью работы являлось исследование химического состава, органолептических свойств и показателей безопасности крем-паштетов.

В процессе исследований установлено, что крем-паштеты являются высокобелковыми кулинарными продуктами с низким содержанием липидов. Изделия обладают высокими органолептическими показателями: имеют приятный, икорно-белковый вкус и запах, с оттенком вносимых пряностей и овощей, однородную, нежную консистенцию. По показателям санитарно-гигиенической безопасности кулинарные изделия соответствуют требованиям и нормам действующего технического регламента.

Ключевые слова: *икра минтая, крем-паштеты, химический состав, органолептические показатели, санитарно-гигиенические нормативы.*

N.V. Dementeva, V.D. Bogdanov

ASSESSMENT OF THE QUALITY AND SAFETY OF THE CREAM PIES FROM THE EGGS OF POLLOCK, FERMENTED MICROBIALLY RENIN «MEITO»

Currently, the food industry is faced with the task of creating products with therapeutic and preventive properties. This task can be solved by developing technologies of combined food products using functional ingredients, through which the product acquires useful, health-improving properties. Such components include probiotics-living microorganisms that exhibit high antagonistic activity to pathogenic microflora living in the gastrointestinal tract, participate in the regulation of metabolic processes in the body and have the ability to synthesize vitamins. In Dalrybvtyz developed technology of cream pies, from the eggs of Alaska Pollock. Their production is used microbially renin "Meito," which is obtained by fermentation of a pure culture of edible fungus and enzyme Mucorpepsin. The aim of the work was to study the chemical composition, organoleptic properties and safety indicators of cream pates.

In the process of research, it was found that cream pates are high-protein culinary products with a low lipid content. The products have high organoleptic characteristics: they have a pleasant, caviar-protein taste and smell, with a touch of spices and vegetables, a homogeneous, delicate consistency. In terms of sanitary and hygienic safety culinary products meet the requirements and norms of the current technical regulations.

Key words: *pollock caviar, cream pies, chemical composition, organoleptic, sanitary-hygienic standards.*

Введение

Важной задачей современного общества является сохранение и укрепление здоровья людей. Научно установлено, что здоровье людей только на 15 % зависит от генетических особенностей, от образа жизни и системы здравоохранения, тогда как рацион питания определяет состояние здоровья на 75 %.

Исследования, проводимые Институтом питания РАМН в последние годы в России, показывают значительные нарушения в питании российских граждан. К ним относят избыточное потребления животных жиров и углеводов, что способствует увеличению числа людей с избыточной массой тела; недостаток полноценных белков и полиненасыщенных жирных кислот; дефицит витаминов и минеральных веществ [1, 2].

В настоящее время перед пищевой промышленностью стоит задача создания продуктов, обладающих лечебно-профилактическими свойствами. Эту задачу можно решить путем разработки технологий комбинированных продуктов питания с использованием функциональных ингредиентов, благодаря которым продукт приобретает полезные, оздоровительные свойства. К таким компонентам относят пробиотики – живые микроорганизмы (лактобактерии, бифидобактерии и др.), которые проявляют высокую антагонистическую активность к патогенной микрофлоре, обитающей в желудочно-кишечном тракте, участвуют в регулировании обменных процессов в организме и обладают способностью синтезировать витамины [3, 4, 5, 6].

К востребованной группе пищевых продуктов можно отнести эмульсионные (рыбные пасты, паштеты, соусы и др.), технологии которых позволяют разрабатывать широкий ассортимент продукции с требуемыми структурно-механическими, органолептическими характеристиками и заданной пищевой и биологической ценностью [7, 8]. В Дальрыбвтузе разработана технология крем-паштетов из икры минтая с использованием бактериальных культур микроорганизмов. При их производстве применяют микробиальный ренин «Meito», который получен посредством ферментации чистой культуры пищевого гриба Rhizomucor Miehei и молокосвертывающего фермента Mucorpepsin.

Целью работы являлось исследование химического состава, органолептических свойств и показателей безопасности крем-паштетов из икры минтая с использованием бактериальных культур микроорганизмов.

Объекты и методы исследований

Объектом исследования служили крем-паштеты из икры минтая (табл. 1).

Основным сырьем являлась икра минтая ТУ 9264-022-33620410-2004 «Икра минтая ястычная мороженая».

При производстве крем-паштетов использовали микробиальный ренин «Meito» ГОСТ Р 52686-2006 «Сыры. Общие технические условия», поваренную соль ГОСТ Р 51574-2000 «Соль поваренная пищевая. Технические условия», яйцо ГОСТ 31654-2012«Яйца куриные пищевые. Технические условия», молоко ГОСТ Р 52054-2003 «Молоко натуральное коровье – сырье. Технические условия», сухой концентрат трепанга СТО 00471515-052-2017 «Сухой концентрат трепанга». Требования к качеству и безопасности. Требования к производству, хранению, реализации; приправу смесь болгарских перцев ТУ 9199-001-

44605098-99 «Смесь болгарских перцев», морковь ГОСТ 32284-2013 «Морковь столовая свежая, реализуемая в торговой розничной сети. Технические условия», тыкву ГОСТ 7975-2013 «Тыква продовольственная свежая. Технические условия».

Отбор проб сырья проводили по ГОСТ 31339-2006. Органолептическую оценку качества кулинарной продукции с использованием икры минтая производили по ГОСТ 7631-2008 в соответствии с терминологией описания признаков, получившей наибольшее распространение в практике, и результатам дегустационных совещаний.

Определение азота общего, содержание воды, липидов, минеральных веществ осуществляли по ГОСТ 7636-85 «Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа». Энергетическую ценность продукции рассчитывали по методике А.А. Покровского.

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

Определение бактерий группы кишечных палочек (БГКП) осуществляли согласно ГОСТ 31747-2012 «Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий)».

Таблица 1

Рецептуры крем-паштетов из икры минтая, в кг на 100 кг сырьевого набора

Table 1

Formulations of cream pates from Pollock caviar, in kg per 100 kg of raw material set

Наименование компонентов	Крем-паштет «Классический»	Крем-паштет «Трепанг»	Крем-паштет «Гурман»	Крем-паштет «Тыквенный»	Крем-паштет «Солнечный»
Икра минтая	54,5	54	51,75	50	50
Яйцо столовое	14,75	14,75	14,2	11,25	11,25
Молоко	30	30	30	30	30
Соль	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Микробиальный ренин «Meito»	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Трепанг сушеный	-	0,5	-	-	-
Смесь болгарских перцев (сух.)	-	-	2,3	-	-
Тыква	-	-	-	8	-
Морковь	-	-	-	-	8

Результаты и обсуждения

Результаты исследования химического состава крем-паштетов из икры минтая показали, что они содержат белка от 18,35 до 19,55 %, углеводов – от 0,02 до 2,64 %, липидов – от 1,31 до 4,29 %, воды – от 74,8 до 75,87 %, минеральных веществ – от 1,87 до 1,96 % в зависимости от рецептуры. Энергетическая ценность крем-паштетов составила 94,83–113,61 ккал (табл. 2).

Приведенные данные свидетельствуют, что разработанные крем-паштеты из икры минтая являются высокобелковыми кулинарными продуктами с низким содержанием липидов и невысокой калорийностью.

Таблица 2

Химический состав и энергетическая ценность крем-паштетов из икры минтая

Table 2

Chemical composition and energy value of cream pies from the eggs of Alaska Pollock

Наименование продукта	Содержание, г/100 г					Энергетическая ценность, ккал/100 г
	воды	белка	липидов	углеводов	минеральных веществ	
Крем-паштет «Классический»	74,8	19,55	1,77	2,01	1,87	101,67
Крем-паштет «Трепанг»	75	18,73	4,29	0,02	1,96	113,61
Крем-паштет «Гурман»	74,98	19,31	1,66	2,17	1,88	100,32
Крем-паштет «Тыквенный»	75,77	18,35	1,33	2,64	1,91	95,27
Крем-паштет «Солнечный»	75,87	18,35	1,31	2,57	1,90	94,83

Органолептические показатели крем-паштетов из икры минтая представлены в табл. 3.

Таблица 3

Органолептические показатели качества крем-паштетов из икры минтая

Table 3

Organoleptic quality of the cream pies from the eggs of Alaska Pollock

Наименование показателя	Номер варианта				
	Крем-паштет «Классический»	Крем-паштет «Трепанг»	Крем-паштет «Гурман»	Крем-паштет «Тыквенный»	Крем-паштет «Солнечный»
1	2	3	4	5	6
Внешний вид	Однородная, гомогенная смесь	Однородная, гомогенная смесь	Однородная, гомогенная смесь	Однородная, гомогенная смесь	Однородная, гомогенная смесь
Консистенция	Кремовая, нежная, однородная, без расслоений	Однородная, нежная, мажущая	Мажущая, нежная, сочная, без расслоений	Кремовая, сочная, очень нежная	Кремовая, нежная, очень сочная
Вкус	Приятный, слабосоленый, икорный	Приятный, слабосоленый, рыбный	Пикантный, пряный, сладкий	Молочно-сливочный, сладкий	Приятный, белковый, сладкий, с привкусом моркови

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6
Запах	Рыбный, белковый	Рыбный	Белковый, ярко ощутимый запах болгарского перца	Сливочный	Рыбный
Цвет	Желто-бежевый	Бежевый	Темно-оранжевый	Желтый	Морковный

Крем-паштеты из икры минтая в зависимости от рецептуры имеют цвет от бежевого до темно-оранжевого, приятный, икорно-белковый вкус и запах, с оттенком вносимых пряностей и овощей, однородную, нежную, тонкоизмельченную консистенцию.

Согласно разработанной нами нормативной документации по органолептическим и физико-химическим показателям крем-паштеты должны соответствовать требованиям, указанным в табл. 4.

Таблица 4

Органолептические и физико-химические показатели крем-паштетов из икры минтая

Table 4

Organoleptic and physico-chemical characteristics of cream pies from the eggs of Alaska Pollock

Наименование показателя	Характеристика
Внешний вид	Однородная, гомогенная смесь
Консистенция	Кремовая, нежная, без расслоений
Цвет	От бежевого до темно-оранжевого
Запах	Рыбный, белковый, с ароматом овощей и пряностей
Вкус	Слабосоленый, икорный, с привкусом овощей и пряностей
Массовая доля жира, %	От 1,0 до 5,0
Массовая доля соли, %	От 1,0 до 2,0
Наличие посторонних примесей	Не допускается

Проведенные исследования показали, что по микробиологическим показателям и содержанию токсичных элементов, пестицидов, полихлорированных бифенилов крем-паштеты из икры минтая соответствуют требованиям для кулинарных многокомпонентных изделий с термической обработкой, указанным в Техническом регламенте таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

Результаты исследований микробиологических показателей крем-паштетов приведены в табл. 5. Они показывают, что КМАФАнМ разработанных крем-паштетов в течение заявленного срока их хранения (96 ч) соответствует $4{,}9 \cdot 10^3$, что не превышает допустимые значения для этого показателя – $1 \cdot 10^4$. БГКП (колиформы), палочка из рода *Salmonella*, золотистый стафилококк *(Staphylococcus aureus*), сульфитредуцирующие клостридии, плесени и дрожжи в объемах, требуемых нормативной документацией, не были обнаружены.

Таблица 5

Микробиологические показатели качества крем-паштетов из икры минтая

Table 5

Microbiological indicators of the quality of the cream pies from the eggs of Alaska Pollock

Наименование показателя	Допустимые значения показателей	Фактические значения показателей
кМАФАнМ, КОЕ/г, не более	$1 \cdot 10^4$	$4{,}9 \cdot 10^3$
БГКП (колиформы), не допускаются в 1,0 г	1,0	Не обнаружено
S.aureusв, не допускаются в 1,0 г	1,0	Не обнаружено
Споры сульфитредуцирующих клостридий, не допускаются 1 г	1,0	Не обнаружено
Плесени и дрожжи, КОЕ/г (см^3), не более	100	Не обнаружено

В табл. 6 приведены результаты исследований показателей безопасности крем-паштетов из икры минтая. Как показывают данные табл. 6, фактический уровень содержания свинца, мышьяка, кадмия, ртути, гистамина, полихлорированных бифенилов и нитрозаминов ниже допустимых уровней содержания установленных нормативной документацией для подобного ряда пищевых продуктов.

Таблица 6

Показатели безопасности крем-паштетов из икры минтая

Table 6

The safety performance of the cream pies from the eggs of Alaska Pollock

Наименование показателя	Допустимый уровень содержания	Фактический уровень содержания
Токсичные элементы, мг/кг:		
Свинец	1,0	Ниже предела обнаружения
Мышьяк	1,0	Ниже предела обнаружения
Кадмий	1,0	Ниже предела обнаружения
Ртуть	0,2	0,098±0,002
Гистамин	100	Ниже предела обнаружения
Полихлорированные бифенилы	2,0	Ниже предела обнаружения
Нитрозамины: сумма НДАМ и НДЭА	0,003	Ниже предела обнаружения

Выводы

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что крем- паштеты из икры минтая, ферментированные микробиальным ренином «Meito», являются высокобелковыми кулинарными продуктами с низким содержанием липидов. Крем-паштеты обладают высокими органолептическими показателями: имеют приятный, икорно-белковый вкус и запах, с оттенком вносимых пряностей и овощей, однородную, нежную, тонкоизмельченную консистенцию. По показателям санитарно-гигиенической безопасности кулинарные изделия соответствуют требованиям и нормам действующего технического регламента. Разработанные новые виды рыбных продуктов могут быть рекомендованы для диетического и геральдического питания.

Список литературы

1. Студенцова Н.А. Функциональные продукты питания из гидробионтов // Пищ. пром-сть. 2003. № 11. С. 80–81.

2. Khani S., Hosseini H.M., Taheri M., Nourani M.R., Imani A.A. Fooladi Probiotics as an alternative strategy for prevention and treatment of human diseases // A review Inflamm Allergy Drug Targets. 2012. Vol. 11 (2) P. 79–89.

3. Azam R., Ghafouri-Fard S., Tabrizi M., Modarressi M.N., Ebrahimzadeh-Vesal R., Daneshvar M. *et al. Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus crispatus* culture supernatants downregulate expression of cancer-testis genes in the MDA-MB-231 cell line //Asian Pac J Cancer Prev. 2014. Vol. 15 (10). P. 4255–4259.

4. Yang S.J., Lee J.E., Lim S.M. et al. Antioxidant and immune-enhancing effects of probiotic *Lactobacillus plantarum* 200655 isolated from kimchi // Food Sci Biotechnol. 2019. Vol. 28. P. 491–499. https://doi.org/10.1007/s10068-018-0473-3.

5. Foligné B., Dewulf J., Breton J, Claisse O., Lonvaud-Funel A., Pot B. Probiotic properties of non-conventional lactic acid bacteria: immunomodulation by *Oenococcus oeni* // Int J Food Microbiol. 2010. Vol. 140 (2–3). P. 136–145.

6. Осипова И.Г., Михайлова Н.А., Сорокулова И.Б., Васильева Е.А., Гайдеров А.А. Споровые пробиотики // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2003. № 3. С. 113–119.

7. Радыгина А.Ф. Обоснование и разработка технологии эмульсионных продуктов питания на основе икорного сырья // Изв. ВНИРО. 2004. Т. 198. С. 3–5.

8. Ким Г.Н., Дементьева Н.В., Богданов В.Д. Сравнительное исследование пищевой ценности икры рыб тихоокеанского бассейна // Рыб. хоз-во. 2016. № 3. С. 102–107.

Сведения об авторах: Дементьева Наталья Валерьевна, кандидат технических наук, доцент, e-mail: dnvdd@mail.ru;

Богданов Валерий Дмитриевич, доктор технических наук, профессор, e-mail: bogdanovvd@dgtru.ru.

УДК 658.1

Е.П. Лаптева, А.В. Ивашкина
Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственной университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИЧЕСКОГО ПОДХОДА ФОРМИРОВАНИЯ СТРАТЕГИИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

Рассматривается процесс совершенствования методического подхода формирования стратегии конкурентоспособности предприятий общественного питания. Проанализированы факторы, влияющие на конкурентоспособность предприятий, предложен алгоритм действий по формированию стратегии в виде блок-схемы. Обоснованы и сформированы принципы, подходы и методы для разработки стратегии предприятий общественного питания.

Ключевые слова: *стратегия, конкурентоспособность, факторы, методы, алгоритм.*

E.P. Lapteva, A.V. Ivashkina

IMPROVEMENT OF THE METHODICAL APPROACH OF FORMATION OF THE STRATEGY OF COMPETITIVENESS OF ENTERPRISES OF PUBLIC CATERING

The process of improving the methodological approach of forming the strategy of competitiveness of public catering enterprises is considered. The factors influencing competitiveness of the enterprises are analyzed, the algorithm of actions on formation of strategy in the form of the block diagram is offered. The principles, approaches and methods for developing the strategy of catering enterprises are substantiated and formed.

Key words*: strategy, competitiveness, factors, methods, algorithm.*

Одной из наиболее важных, стратегически и социально значимых отраслей экономики страны является общественное питание. Питание как процесс употребления пищи удовлетворяет потребность человека и выступает одной из главных составляющих его существования. В современных условиях развития все более актуальной становится потребность в формировании стратегических ориентиров данных предприятий.

Целью разработки стратегии любого предприятия является установление основных направлений ее деятельности на данный момент и перспективу, а также обеспечение ресурсами для выполнения выбранных направлений. Формирование стратегии предприятиями общественного питания является важным процессом, так как от правильно сформированной стратегии зависит качество предоставляемых услуг, а также технический и технологический уровень предприятия.

В условиях конкуренции большинство предприятий общественного питания стремятся к необходимому качеству приготовления пищи и обслуживания посетителей. Присутствие на рынке большого числа предприятий общественного питания формирует высокий уровень конкурентной борьбы в этой сфере экономической деятельности. В этом смысле примечательно понятие, предложенное Г.Я. Беляковой, базирующееся на определениях классиков конкурентоспособности стран. «Конкурентоспособность – это способность реализовать основную целевую задачу функционирования предприятия – устойчивое социально-экономическое развитие региона с обеспечением высокого качества жизни его населения» [1].

Поэтому понятно, что деятельность по повышению качества в условиях конкурентных рыночных отношений является приоритетной в рамках предприятий общественного питания, но для того, чтобы повысить свою конкурентоспособность, предприятия должны правильно формировать свою стратегию.

Несмотря на то, что разработано достаточно большое количество методов формирования стратегии предприятий, вопросы разработки и реализации стратегии повышения конкурентоспособности предприятий общественного питания освещены недостаточно, отсутствует четкость в определении последовательности действий по разработке стратегии повышения конкурентоспособности, нет полного понимания необходимых для ее разработки принципов, подходов и методов. В связи с этим существует потребность в формировании методического подхода, который бы учитывал сложность структуры предприятий общественного питания и динамичность задач, обусловленных нестабильностью внешней и внутренней среды организации для реализации тактических и стратегических целей предприятия. Кроме этого, выбор и актуальность данной темы основаны на объективной необходимости разработки механизмов повышения конкурентоспособности предприятий общественного питания путем формирования эффективной стратегии развития предприятий в современных рыночных условиях.

Исходя из актуальности рассматриваемой проблемы, целью научного исследования является совершенствование методического подхода формирования стратегии конкурентоспособности предприятий общественного питания.

Для достижения поставленной цели необходимо было решать следующие задачи:

- исследовать тенденции теории и практики развития стратегического менеджмента в рыночных условиях;
- исследовать и выявить основные факторы, влияющие на конкурентоспособность предприятий общественного питания;
- обосновать и сформировать алгоритм разработки стратегии предприятия общественного питания;
- обосновать и сформировать принципы, подходы и методы для разработки стратегии предприятий общественного питания.

В литературе, посвященной проблеме формирования стратегии предприятия, определение термина «стратегия», как правило, начинается со слов о том, что термин исходит из военного лексикона и означает «искусство развертывания войск в бою». В широком значении под стратегией понимают интегрированную модель действий, предназначенных для достижения целей компании. Так, по мнению профессора Гарвардской школы бизнеса А. Чадлера, стратегия – «это определение основных долгосрочных задач и целей предприятия и утверждение курса дальнейших действий, распределение ресурсов, необходимых для достижения данных целей» [2].

Приведенное выше определение является классическим и, по мнению многих ученных, нет ничего более деструктивного, чем колебания высшего руководства в определении будущей ориентации или регулярное изменение целей развития. Частая и быстрая смена целей развития предприятия может окончиться весьма плачевно для предприятия, так как действия станут непонятны как партнерам и потребителям, так и работникам самого предприятия. Долгосрочные цели не должны быть подвержены пересмотру до внесения изменений во внутренние или внешние условия среды функционирования предприятий.

В связи с этим проведенные исследования тенденции теории и практики развития стратегического менеджмента в рыночных условиях показали, что разработка стратегии является одной из основных задач и функций менеджмента. Но одной из самых главных целей стратегического управления и менеджмента в целом является повышение конкурен-

тоспособности предприятий. Эффективность стратегического управления определяет, будет ли предприятие жизнеспособным или потеряет свои позиции под давлением конкурентов. Стратегия позволяет сформировать свой вектор развития на конкурентном рынке, оценить свои конкурентные преимущества и угрозы со стороны рынка. Успешная реализация эффективного стратегического менеджмента на предприятии может обеспечить повышение конкурентоспособности как произведенных им товаров и оказываемых услуг, так и самого предприятия.

На следующем этапе проводимых исследований проводилась работа по анализу факторов, которые влияют на конкурентоспособность предприятия.

Факторы конкурентоспособности – причины или движущая сила какого-либо процесса, определяющая сильные и слабые стороны как в деятельности самого предприятия, так и в работе его конкурентов. Факторы, влияющие на конкурентоспособность предприятия, условно можно разделить на внешние и внутренние.

К числу внешних факторов относятся:

- политические – это общая политическая ситуация в стране, принимаемые нормативно-правовые документы;
- экономические – это изменение курса валюты, инфляция, уровень дохода населения, налоги;
- социальные – это демографическая ситуация в стране, уровень занятости населения, особенности менталитета, вкусы и предпочтения потребителей;
- фактор спроса – это объемы рынка, динамика его развития;
- технологические – это уровень развития науки, отраслевые технологии, инновации;
- природно-экологические – это климатическая зона, экология.

Внутренние факторы, влияющие на конкурентоспособность предприятий общественного питания, проанализированы и представлены в таблице.

Внутренние факторы, влияющие на конкурентоспособность предприятий

Internal factors affecting the competitiveness of enterprises

Факторы	Направления воздействия
1	2
Структурные	- Воздействие, направленное на прогрессивность взглядов высшего руководства; - воздействие, направленное на разработку миссии предприятия в части установления оригинальной идеи повышения конкурентоспособности товаров; - воздействие, направленное на совершенство организационной структуры предприятия, переход от функционального подхода к процессному
Ресурсные	- Людские ресурсы – достаточность, квалификация и мотивация; - денежные ресурсы – количество и стоимость капитала, который может быть использован на финансирование предприятия; - информационные ресурсы – сведения, сообщения, материалы, данные, определяющие меру потенциальных знаний о процессах и их взаимосвязи

Окончание таблицы

1	2
Технические	- Воздействие направлено на удельный вес патентованных технологий, оборудования; - воздействие направлено на уровень использования современных средств измерений, - воздействие направлено на инновации (частота внедрения инноваций, степень новизны, срок окупаемости вложенных средств)
Управленческие	- Воздействие направлено на уровень конкурентной стратегии предприятия; - воздействие направлено на уровень взаимодействия с заинтересованными сторонами; - воздействие направлено на действующие системы управления качеством на предприятии
Экономические	- Воздействие направлено на показатели рентабельности производства; - воздействие направлено на скорость оборачиваемости всех видов материальных ресурсов; - воздействие направлено на финансовую устойчивость функционирования предприятия; - доля экспорта наукоемких товаров; - воздействие направлено на маркетинг (эффективность рекламы, отклик потребителей услуг, ассортимент, уровень цен, дополнительные услуги, обслуживание клиентов)

Проведенный анализ основных факторов, влияющих на конкурентоспособность предприятий общественного питания, показал, что они условно делятся на внешние и внутренние. Отсюда можно сделать вывод, что между внешней и внутренней средой предприятия существует тесная взаимосвязь. Внешнее окружение предприятия, безусловно, оказывает влияние на внутреннюю структуру и на все предприятия в целом. Важнейшими факторами, на которые в первую очередь должны направлять воздействие предприятия, являются ресурсные факторы (людские ресурсы, денежные ресурсы, информационные ресурсы) и управленческие факторы (уровень конкурентной стратегии предприятия, уровень взаимодействия с заинтересованными сторонами, уровень действующей системы управления качеством на предприятии). Для того чтобы предприятие могло учесть все эти факторы и проводить работу по их минимизации, необходимо разрабатывать и выстраивать стратегию своей деятельности. Только проведя анализ и внешней, и внутренней среды предприятия, хорошо изучив все факторы и учтя все нюансы, можно выработать правильную конкурентоспособную стратегию.

Разработку стратегии предприятиями общественного питания можно считать не только важным, но и необходимым условием дальнейшего их развития. Стратегия нужна предприятию для определения направления, в котором будет функционировать предприятие, она помогает владельцу иметь представление о развитии предприятия и его сотрудниках, позволяет составить эффективную структуру организации и сделать предприятие конкурентоспособным на рынке. В настоящее время существует много видов стратегий управления предприятием, но не все они подходят предприятию, так как каждое предприятие уникально и должно формировать стратегию под себя, под свою концепцию, под свои возможности, т.е. стратегия должна быть индивидуальна.

В результате проведенных исследований был обоснован и сформирован алгоритм для успешного формирования стратегии развития предприятий общественного питания с целью повышения его конкурентоспособности (рисунок). Данный алгоритм позволяет наглядно увидеть все этапы и их взаимодействия, необходимые для установления стратегических целей деятельности предприятия, и регулируется через формализацию и отладку процессов, связанных с анализом внешней и внутренней среды предприятия; анализом факторов, влияющих на устойчивое развитие предприятия; установления сильных и слабых сторон организации; выбора подхода для разработки стратегии и ее проектирования.

Для предприятий общественного питания процесс разработки стратегии уникален и формировать стратегию предприятие должно под себя, под свою концепцию, под свои возможности, следовательно, стратегия должна быть индивидуальна.

На следующем этапе исследований нами проводилась работа, направленная на формирование методов, принципов и подходов для реализации каждого этапа сформированного алгоритма разработки стратегии повышения конкурентоспособности предприятия общественного питания.

При разработке эффективной стратегии предприятий общественного питания должны быть:

- учтены правильно выбранные долгосрочные цели;
- проведена оценка собственных ресурсов и возможностей предприятия;
- проведен анализ внешней среды предприятия с целью определения основных возможностей и угроз.

Для того чтобы учесть вышеперечисленные позиции, предприятие должно оценивать внешнюю и внутреннюю среду, рассмотреть сильные и слабые стороны и на основе выявленных факторов определить разработку своей долгосрочной цели. Все это возможно сделать, используя метод SWOT-анализа.

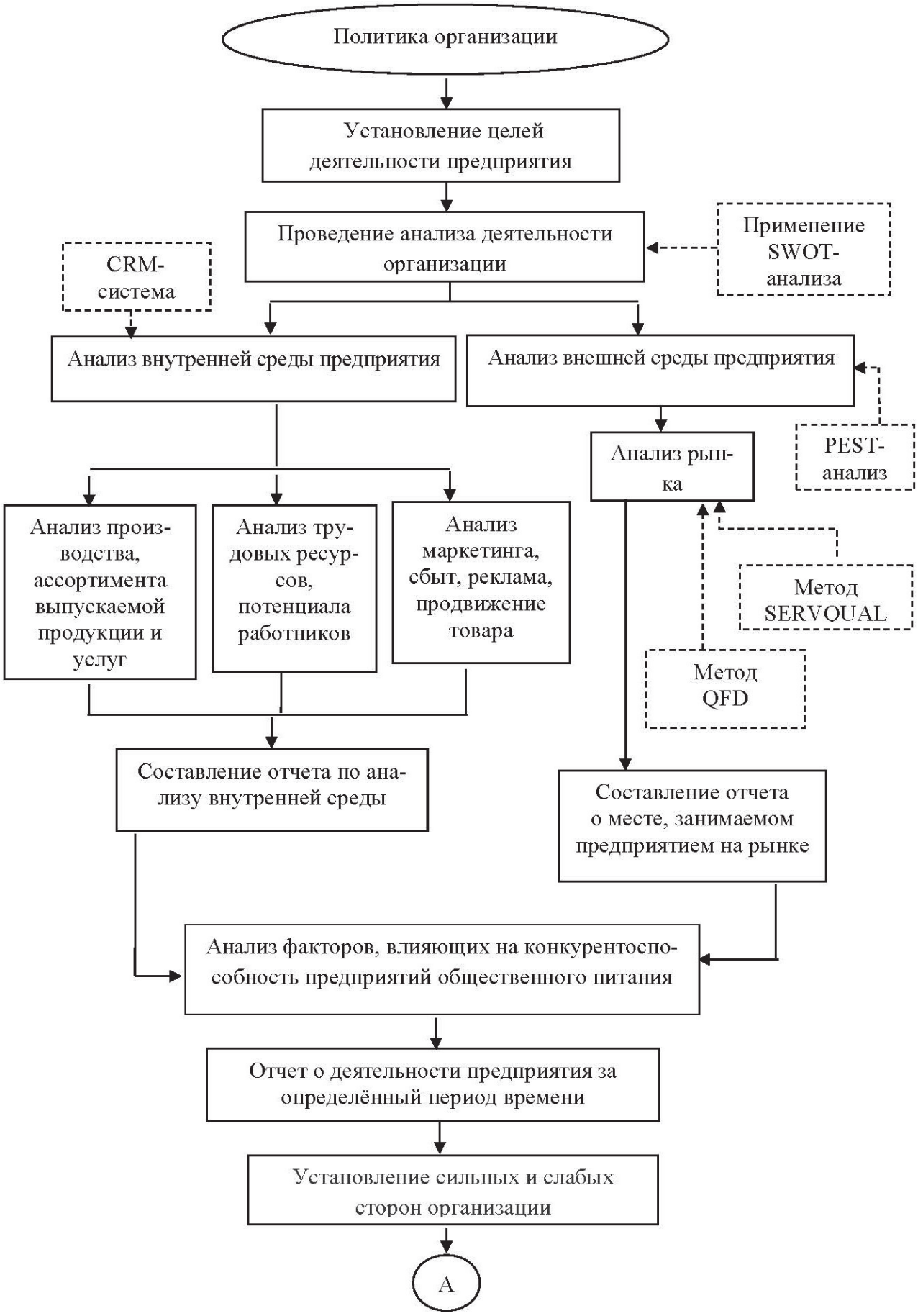
Данные SWOT-анализа позволяют увидеть сильные и слабые стороны организации, а также ее возможности и угрозы, что позволит выбрать правильное решение при формировании стратегии предприятия.

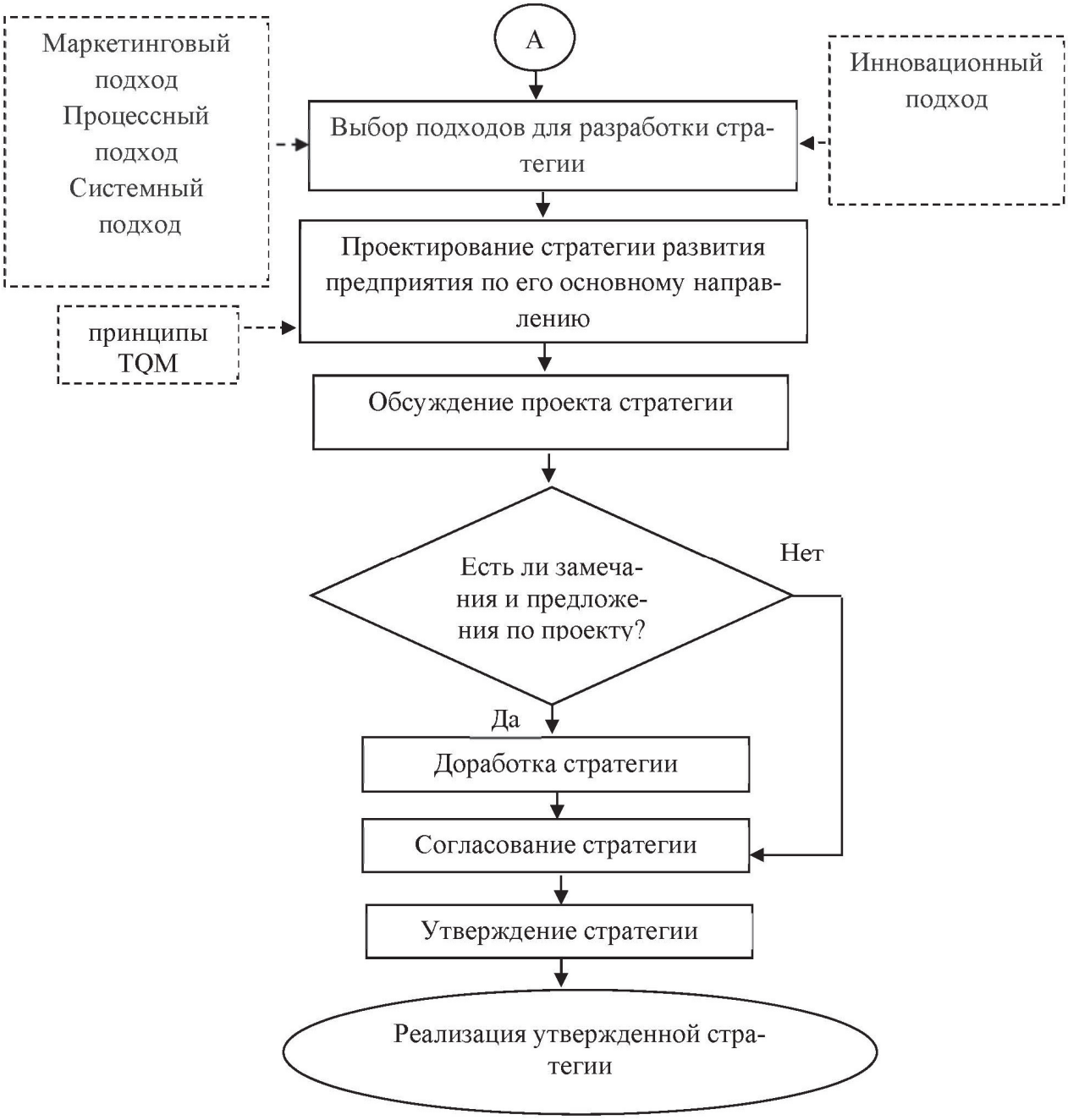
Для анализа внутренней среды предприятия также можно применить CRM-метод (система управления взаимоотношениями с клиентами) – прикладное программное обеспечение для организаций, предназначенное для повышения качественного взаимодействия с поставщиками и обслуживания клиентов путём сохранения информации о клиентах и истории взаимоотношений с ними. Данная система позволит предприятию общественного питания улучшить взаимодействие с потребителями, понять вкусы и предпочтения посетителей, а также понять, нравится ли данное заведение и то, как обслуживают в нем.

Для анализа внешней среды предприятие также может воспользоваться PEST-анализом, который является простым и удобным методом оценки внешнего окружения предприятия.

Кроме данного метода при анализе внешней среды необходимо проводить оценку потребителей. Оценка потребителей является основным показателем качества предоставляемой услуги, что в конечном итоге влияет на эффективность работы предприятия и соответственно на его устойчивость. Одним из методов оценки удовлетворенности потребителей является модель с учетом методики SERVQUAL [3].

Стратегическое развитие предприятий общественного питания в первую очередь должно быть направлено на повышение конкурентоспособности предприятия. Предприятие общественного питания будет конкурентоспособным только в том случаи, если потребители будут удовлетворены оказываемыми услугами. В связи с этим предлагаем использовать метод QFD, адаптированный для сферы услуг. Прогрессивность и актуальность использования адаптированной технологии QFD подтверждается тем, что данную технологию возможно применять для того, чтобы повысить эффективность деятельности организации в целом и в результате достичь максимальной удовлетворенности потребителя.


Политика организации
Установление целей деятельности предприятия
Проведение анализа деятельности организации
Применение SWOT-анализа
CRM-система
Анализ внутренней среды предприятия
Анализ внешней среды предприятия
Анализ рынка
PEST-анализ
Анализ производства, ассортимента выпускаемой продукции и услуг
Анализ трудовых ресурсов, потенциала работников
Анализ маркетинга, сбыт, реклама, продвижение товара
Метод SERVQUAL
Метод QFD
Составление отчета по анализу внутренней среды
Составление отчета о месте, занимаемом предприятием на рынке
Анализ факторов, влияющих на конкурентоспособность предприятий общественного питания
Отчет о деятельности предприятия за определённый период времени
Установление сильных и слабых сторон организации
A



Алгоритм формирования стратегии предприятия общественного питания
The Algorithm of formation of strategy of the enterprise of public catering

Таким образом, в результате проведенных исследований были обоснованы и сформированы принципы, подходы и методы, позволяющие сформировать стратегию устойчивого развития предприятия общественного питания с целью повышения его конкурентоспособности. Данные принципы, подходы и методы позволят учесть специфику предприятия, четко определить его сильные и слабые стороны, угрозы и возможности. Спроектировать стратегию предприятия по его основному направлению, используя маркетинговый, процессный, системный, инновационный подходы. Применяя совместно методику SERVQUAL и QFD, предприятие общественного питания сможет оценить качество своих

услуг и определить желание и потребности своих потребителей, что послужит основой для установления стратегических целей и задач.

Список литературы

1. Конкурентоспособность региональной экономики: концепция опережающего развития: монография / Г.Я. Белякова; Мин-во образования Российской Федерации. Сиб. гос. технол. ун-т. Красноярск: СибГТУ, 2001. 230 с.

2. Гурков И.Б. Стратегический менеджмент организации. М.: Бизнес-школа «Интел-Синтез», 2001. 208 с.

3. Федоськина Л.А. Методика «SERVQUAL» как инструмент повышения инновационной активности в организациях сферы услуг // Креативная экономика. 2008. Т. 2. № 3. С. 73–83.

***Сведения об авторах*:** Лаптева Евгения Петровна, кандидат технических наук, доцент, e-mail: Laptevaep@mail.ru;

Ивашкина Анастасия Владимировна, магистрант, e-mail: anast_iv10@mail.ru.

СВЕДЕНИЯ О ЖУРНАЛЕ

Научный журнал «Научные труды Дальрыбвтуза» издается с 1996 года.

Тематика статей, публикуемых в журнале, соответствует следующим отраслям науки согласно рубрикатору специальностей ВАК:

- 03.01.04 – Биохимия
- 03.01.06 – Биотехнология (в том числе бионанотехнологии)
- 03.02.08 – Экология (по отраслям)
- 03.02.14 – Биологические ресурсы
- 05.18.04 – Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств
- 05.18.07 – Биотехнология пищевых продуктов и биологических активных веществ
- 05.18.15 – Технология и товароведение пищевых продуктов и функционального и специализированного назначения и общественного питания
- 06.04.01 – Рыбное хозяйство и аквакультура
- 08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством (по отраслям и сферам деятельности)

В журнале публикуются научные статьи сотрудников и аспирантов ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз», а также ученых и преподавателей других учебных и научных организаций Российской Федерации.

В одном номере журнала может быть опубликовано не более двух статей одного автора, в том числе в соавторстве.

Статьи в научном журнале «Научные труды Дальрыбвтуза» публикуются бесплатно.

Материал, предлагаемый для публикации, должен соответствовать научным требованиям, быть интересным достаточно широкому кругу российской научной общественности, оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях, написан в контексте современной научной литературы и содержать очевидный элемент создания нового знания.

При цитировании и копировании публикаций ссылка в журнал обязательна.

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

Редакция журнала в своей деятельности руководствуется положениями гл. 70 «Авторское право» Гражданского кодекса Российской Федерации и рекомендациями Международного комитета по публикационной этике (cope) – http://publicationethics.org/resources/ flowcharts.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЬИ

Объем статьи (включая список литературы, таблицы и подрисуночные подписи) 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, междустрочный 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 и химические формулы должны набираться одним объектом в редакторе формул Equation (MathType) или в Редакторе MS Word кеглем 12.

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. Таблицы должны иметь заголовки и порядковые номера. В тексте статьи должны присутствовать ссылки на каждую таблицу.

В связи с тем, что электронные версии публикаций обрабатываются в специальных программах для размещения в различных электронных библиотечных системах, математические символы, формулы с надстрочными и подстрочными индексами и буквы греческого алфавита в заголовках статей, аннотациях и ключевых словах отображаются некорректно. Убедительная просьба избегать употребления таких символов в указанных частях публикации!

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.

- Биохимия и биотехнология.

- Рыбное хозяйство и аквакультура.

- Экономика рыбохозяйственной отрасли.

5. Заголовок. Название статьи должно быть кратким (не более 10 слов). Заголовок набирают полужирными прописными буквами. В заглавии не допускается употребление сокращений, кроме общепризнанных.
6. Аннотацию (не менее 150–250 слов) набирают курсивом.
7. Ключевые слова (10–12).
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 составляется 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: Фамилию, имя, отчество (полностью), научную степень, звание, должность, e-mail.

В редакцию предоставляются:

1. Электронная версия статьи в программе MS Word 7–10 на флэш-носителе или отправляется на электронный адрес редакции (nauch-tr@dgtru.ru). Файл статьи следует назвать по фамилии первого автора – Петров А.А.doc.
2. Распечатанный экземпляр статьи, строго соответствующий электронной версии.
3. Сопроводительное письмо на имя главного редактора научного журнала на бланке направляющей организации о возможности опубликовать научную статью в журнале, с подписью руководителя учреждения (заверенной печатью), в котором выполнена работа, или его заместителя (сотрудникам Дальрыбвтуза сопроводительное письмо не требуется).
4. Экспертное заключение о возможности публикации статьи в открытой печати с гербовой печатью организации.

Пример оформления статьи

УДК 123

Ихтиология. Экология

А.А. Иванов[1], И.Б. Петров[2]

[1] Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б
[2] 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).

Список литературы

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

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

Адрес: Россия, 690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б
Тел.: (423) 244-21-91, e-mail: nauch-tr@dgtru.ru
сайт: http://nauch-tr.dgtru.ru

Научное издание

НАУЧНЫЕ ТРУДЫ ДАЛЬРЫБВТУЗА

Научный журнал

№ 3 2019
Том 49

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

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

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций
Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС77-72402 от 05.03.2018

Подписной индекс 64553
(каталог агентства «Роспечать»)

Издание не подлежит маркировке в соответствии с гл. 3, ст. 11, п. 4 ФЗ № 436-ФЗ «О защите детей от информации, причиняющей вред их здоровью и развитию»

Редактор Т.В. Ломакина
Верстка, макет, обложка О.В. Нечипорук

Подписано в печать 14.10.2019. Дата выхода в свет 30.10.2019.
Формат 60x84/8. Усл. печ. л. 9,30. Уч.-изд. л. 9,12.
Заказ 0748. Тираж 100 экз. Цена свободная.

Оригинал-макет подготовлен
Центром публикационной деятельности
«Издательство Дальрыбвтуза»
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52Б

Отпечатано в ООО «Типография «Африка»
690105, г. Владивосток, ул. Русская, 94А
e-mail: info@africa-print.ru