

ISSN 2079-0333

**ВЕСТНИК  
Камчатского  
государственного  
технического  
университета**



**Научный  
журнал**

---

Основан в 2002 г.

---

16+

**ВЫПУСК**

**62**

**2022**

Издательство



КамчатГТУ

Петропавловск-Камчатский

ISSN 2079-0333

**ВЕСТНИК  
Камчатского  
государственного  
технического  
университета**



**Научный  
журнал**

---

Основан в 2002 г.

---

**Bulletin of Kamchatka State Technical University**

**Журнал включен в действующий Перечень рецензируемых научных изданий (ВАК РФ).  
Информация о включении журнала представлена на официальном сайте ВАК  
(<http://vak.ed.gov.ru>)**

**Journal is included in List of peer-reviewed publications (State Commission  
for Academic Degrees and Titles of the Russian Federation).  
Information is available on the official website of State Commission  
for Academic Degrees and Titles (<http://vak.ed.gov.ru>)**

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

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

**ВЫПУСК**

**62**

**2022**

**Петропавловск-Камчатский**

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

<b>Клочкова Т.А.</b> (главный редактор)	доктор биологических наук, доктор философии биологии (Ph.D.), проректор по научной работе и международной деятельности Камчатского государственного технического университета
<b>Царенко С.Н.</b> (научный редактор, технический раздел)	кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологических машин и оборудования Камчатского государственного технического университета
<b>Ольхина О.В.</b> (ответственный секретарь)	заведующий издательством Камчатского государственного технического университета
<b>Белавина О.А.</b> (технический секретарь)	кандидат химических наук, заведующий сектором патентования и научно-квалификационной деятельности отдела науки и инноваций Камчатского государственного технического университета
<b>Артемова Е.Н.</b>	доктор технических наук, профессор кафедры технологии продуктов питания и организации ресторанного дела Орловского государственного университета имени И.С. Тургенева
<b>Богданов В.Д.</b>	доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии продуктов питания Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета
<b>Васильев М.В.</b>	кандидат технических наук, капитан 1 ранга, начальник военного учебного центра при Камчатском государственном техническом университете
<b>Водинчар Г.М.</b>	кандидат физико-математических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Института космофизических исследований и распространения радиоволн Дальневосточного отделения Российской академии наук
<b>Голохваст К.С.</b>	доктор биологических наук, профессор РАН, член-корреспондент РАО, директор Сибирского федерального научного центра агробιοтехнологий Российской академии наук
<b>Йотсукура Н.</b>	доктор философии биологии (Ph.D.), профессор, директор Морской станции Ошоро, научно-исследовательский центр по изучению северной биосферы Университета Хоккайдо (Япония)
<b>Кадникова И.А.</b>	доктор технических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник лаборатории безопасности и качества морского растительного сырья Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра
<b>Ким Г.Х.</b>	доктор философии биологии (Ph.D.), профессор, заведующий лабораторией альгологии Национального университета Конджу (Республика Корея)
<b>Климова А.В.</b>	кандидат биологических наук, заведующий сектором коллективного использования научного оборудования Камчатского государственного технического университета
<b>Клочкова Н.Г.</b>	доктор биологических наук, главный научный сотрудник Камчатского филиала Тихоокеанского института географии Дальневосточного отделения Российской академии наук
<b>Лобков Е.Г.</b>	доктор биологических наук, профессор кафедры водных биоресурсов, рыболовства и аквакультуры Камчатского государственного технического университета
<b>Максимова С. Н.</b>	доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии продуктов питания Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета
<b>Манаков Ю.А.</b>	доктор биологических наук, заместитель директора по научной деятельности Сибирского федерального научного центра агробιοтехнологий Российской академии наук
<b>Потапов В.В.</b>	доктор технических наук, главный научный сотрудник Научно-исследовательского геотехнологического центра Дальневосточного отделения Российской академии наук
<b>Седова Н.А.</b>	доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры водных биологических ресурсов, рыболовства и аквакультуры Камчатского государственного технического университета
<b>Сенкевич Ю.И.</b>	доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Института космофизических исследований и распространения радиоволн Дальневосточного отделения Российской академии наук
<b>Токранов А.М.</b>	доктор биологических наук, главный научный сотрудник Камчатского филиала Тихоокеанского института географии Дальневосточного отделения Российской академии наук
<b>Усов А.И.</b>	доктор химических наук, главный научный сотрудник Института органической химии имени Н.Д. Зелинского Российской академии наук
<b>Швецов В.А.</b>	доктор химических наук, доцент, профессор кафедры энергетических установок и электрооборудования судов Камчатского государственного технического университета

## EDITORIAL BOARD

<b>Klochkova T.A.</b> (Editor-in-Chief)	Doctor of Biological Sciences, Doctor of Philosophy in Biology (Ph.D.), Vice-rector for Scientific Work and International Communications, Kamchatka State Technical University
<b>Tzarenko S.N.</b> (Scientific Editor, technical sciences)	Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Technical Machines and Equipment Chair, Kamchatka State Technical University
<b>Olkhina O.V.</b> (Executive Secretary)	Head of Publishing House, Kamchatka State Technical University
<b>Belavina O.A.</b> (Technical Secretary)	Candidate of Chemical Sciences, Head of the Patenting and Scientific Qualification Activity Sector of Science and Innovation Department, Kamchatka State Technical University
<b>Artemova E.N.</b>	Doctor of Technical Sciences, Professor of Food Technology and Organization of Restaurant Business Chair, Orel State University named after I.S. Turgenev
<b>Bogdanov V.D.</b>	Doctor of Technical Sciences, Professor of Food Technology Chair, Far Eastern State Technical Fisheries University
<b>Vasilev M.V.</b>	Candidate of Technical Sciences, Captain 1st rank, Head of Military Training Center of Kamchatka State Technical University
<b>Vodinchar G.M.</b>	Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Leading Scientific Researcher of Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences
<b>Golokhvast K.S.</b>	Doctor of Biological Sciences, Professor of Russian Academy of Sciences, Corresponding Member of Russian Academy of Education, Director of Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of Russian Academy of Sciences
<b>Yotsukura N.</b>	Doctor of Philosophy in Biology (Ph.D.), Professor, Director of Oshoro Marine Station, Field Science Center for Northern Biosphere, Hokkaido University (Japan)
<b>Kadnikova I.A.</b>	Doctor of Technical Sciences, Leading Scientific Researcher of Pacific Scientific Research Fisheries Center
<b>Kim G.H.</b>	Doctor of Philosophy in Biology (Ph.D.), Professor, Head of Phycology Laboratory, Kongju National University (South Korea)
<b>Klimova A.V.</b>	Candidate of Biological Sciences, Head of Sector of Collective Use of Scientific Equipment, Kamchatka State Technical University
<b>Klochkova N.G.</b>	Doctor of Biological Sciences, Chief Scientific Researcher of Kamchatka Branch of the Pacific Institute of Geography of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences
<b>Lobkov E.G.</b>	Doctor of Biological Sciences, Professor of Water Bioresources, Fishery and Aquaculture Chair, Kamchatka State Technical University
<b>Maksimova S.N.</b>	Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Food Technology Chair of Far Eastern State Technical Fisheries University
<b>Manakov Yu.A.</b>	Doctor of Biological Sciences, Director Deputy for Scientific work of Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of Russian Academy of Sciences
<b>Potapov V.V.</b>	Doctor of Technical Sciences, Chief Scientific Researcher of Research Geotechnological Center of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences
<b>Sedova N.A.</b>	Doctor of Biological Sciences, Professor of Water Bioresources, Fishery and Aquaculture Chair, Kamchatka State Technical University
<b>Senkevich Y.I.</b>	Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Leading Scientific Researcher of Institute of Cosmophysical Research and Radio Waves Propagation of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences
<b>Tokranov A.M.</b>	Doctor of Biological Sciences, Chief Scientific Researcher of Kamchatka Branch of the Pacific Institute of Geography of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences
<b>Usov A.I.</b>	Doctor of Chemical Sciences, Chief Scientific Researcher of N.D. Zelinsky Institute of Organic Chemistry of Russian Academy of Sciences
<b>Shvetsov V.A.</b>	Doctor of Chemical Sciences, Professor of Power Plants and Electrical Equipment of Ships Chair, Kamchatka State Technical University

## Содержание

### РАЗДЕЛ I. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Белов О.А.**

Анализ структуры генерирующей мощности и динамики электропотребления  
в Алеутском изолированном энергоузле Камчатского края .....6

**Ефимова М.В., Ефимов А.А., Мустафаева В.М., Чмыхалов Б.А.**

Минтай тихоокеанский – перспективный сырьевой объект рыбной отрасли России.....18

### РАЗДЕЛ II. БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Клочкова Н.Г., Климова А.В., Клочкова Т.А.**

Лектотипификация названий таксонов *Agarum* (Laminariales, Phaeophyceae),  
описанных А.Ф. Постельсом и Ф.И. Рупрехтом .....36

**Смирнов А.В., Панина Е.Г., Степанов В.Г.**

Морские звезды (Echinodermata: Asteroidea) северо-западной части Берингова моря,  
собранные экспедицией ТИНРО-центра на судне НИС «ТИНРО»  
в июле – августе 2008 года .....49

**Матвеев А.А., Варкентин А.И.**

Доминирующие виды донного и придонного ихтиоцена западнокамчатского шельфа:  
распределение и биомасса .....74

**Литвиненко А.В., Христофорова Н.К., Цыганков В.Ю.**

Влияние мест нагула на содержание тяжелых металлов в горбуше  
(*Oncorhynchus gorbuscha*, Salmonidae) .....98

**Ермак М.В., Мацишина Н.В., Фисенко П.В.**

Фенотипическое разнообразие популяции картофельной коровки .....117

Правила направления, рецензирования и опубликования рукописей статей.....126

## Contents

### SECTION I. TECHNICAL SCIENCES

<b>Belov O.A.</b> Analysis of structure of generating capacity and electricity demand dynamics in the Aleutian isolated power unit of the Kamchatka Territory .....	6
<b>Efimova M.V., Efimov A.A., Mustafaeva V.M., Chmykhalov B.A.</b> Pacific pollock is a promising raw material for Russian fishery industry.....	18

### SECTION II. BIOLOGICAL SCIENCES

<b>Klochkova N.G., Klimova A.V., Klochkova T.A.</b> Lectotypification of the names of <i>Agarum</i> taxa (Laminariales, Phaeophyceae) described by A.F. Postels and F.I. Ruprecht .....	36
<b>Smirnov A.V., Panina E.G., Stepanov V.G.</b> Starfish (Echinodermata: Asteroidea) of the north-western part of the Bering Sea collected by the TINRO-center expedition on the research vessel "TINRO" in July – August 2008.....	49
<b>Matveev A.A., Varkentin A.I.</b> Bottom and near-bottom ichthyocene dominant species of Western Kamchatka shelf: distribution and biomass.....	74
<b>Litvinenko A.V., Khristoforova N.K., Tsygankov V.Yu.</b> Feeding location influence on the heavy metal content in pink salmon ( <i>Oncorhynchus gorbuscha</i> , Salmonidae) .....	98
<b>Ermak M.V., Matsishina N.V., Fisenko P.V.</b> Phenotypic diversity of potato ladybird population .....	117
Regulations for manuscript preparation, review and publication.....	126

## АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ГЕНЕРИРУЮЩЕЙ МОЩНОСТИ И ДИНАМИКИ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ В АЛЕУТСКОМ ИЗОЛИРОВАННОМ ЭНЕРГОУЗЛЕ КАМЧАТСКОГО КРАЯ

Белов О.А.

Камчатский государственный технический университет, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Ключевская, 35

Обеспечение надежного и эффективного электроснабжения удаленных энергетически изолированных территорий является актуальной задачей, так как любой сбой в изолированной системе приводит к возникновению опасных кризисных явлений и существенным экономическим потерям. Представленная комплексная оценка состояния электроэнергетики в Алеутском изолированном энергоузле позволяет прогнозировать перспективы ее развития в рамках электроэнергетического комплекса Камчатского края. В статье рассмотрены вопросы по оптимизации сетевой инфраструктуры и генерирующих мощностей, обеспечению долгосрочного и среднесрочного спроса на электрическую энергию и мощность, формированию стабильных и благоприятных условий для привлечения инвестиций в строительство объектов электроэнергетики Алеутского изолированного энергоузла. На основе анализа энергетической структуры изолированного энергоузла и динамики электропотребления рассчитаны действующий и перспективный балансы электроэнергии и мощности в Алеутском изолированном энергоузле. Рассмотрены варианты развития системы электроснабжения Алеутского энергоузла.

**Ключевые слова:** генерирующие мощности, гидроэнергетика, система электроснабжения, электрический баланс, электроэнергия, энерготариф, энергоузел.

## ANALYSIS OF STRUCTURE OF GENERATING CAPACITY AND ELECTRICITY DEMAND DYNAMICS IN THE ALEUTIAN ISOLATED POWER UNIT OF THE KAMCHATKA TERRITORY

Belov O.A.

Kamchatka State Technical University, Petropavlovsk-Kamchatsky, Klyuchevskaya Str. 35.

Ensuring reliable and efficient electricity supply of remote energy isolated areas is an urgent task, since any failure in an isolated system leads to dangerous crisis phenomena and significant economic losses. The presented comprehensive assessment of the electric power industry state in the Aleutian isolated power unit makes it possible to predict the prospects for its development within the framework of the electric power complex of the Kamchatka Territory. The issues of optimizing the network infrastructure and generating capacities, ensuring long-term and medium-term demand for electric energy and capacity, creating stable and favorable conditions for attracting investments in the construction of electric power facilities of the Aleutian isolated power unit were considered. The current and prospective balances of electricity and capacity in the Aleutian isolated power unit based on the analysis of the energy structure of an isolated power unit and the electricity demand dynamics were calculated. The options for developing the electricity supply system of the Aleutian power unit were considered.

**Key words:** generating capacities, hydropower, electricity supply system, electric balance, electric power, energy tariff, power unit.

## ВВЕДЕНИЕ

На территории Российской Федерации существует большое количество изолированных энергоузлов, не подключенных к Единой национальной электрической сети (ЕНЭС). Введение их в структуру ЕНЭС является технически нерациональным и экономически необоснованным из-за удаленности таких объектов и низкого уровня развития их энергетической инфраструктуры.

Таким энергетически децентрализованным регионом является Камчатский край, который находится на восточной границе России и территориально входит в состав Дальневосточного федерального округа (ДФО). Население региона составляет 313 тыс. человек. Порядка 78% населения Камчатского края проживает в городах, 22% населения находится в сельской местности. В состав края включены 14 муниципальных образований, в том числе три городских округа, один муниципальный округ и 10 муниципальных районов, в состав которых включены городские и сельские поселения.

Энергосистема Камчатского края работает изолированно от ЕНЭС, и в ее состав входят центральный энергоузел и 13 изолированно работающих энергоузлов. Основными компаниями, осуществляющими энергоснабжение изолированных энергоузлов Камчатского края, являются АО «Южные электрические сети Камчатки» (АО «ЮЭСК»), АО «Корякэнерго» и ПАО «Камчатскэнерго» [Белов, 2021а; Белов, 2021б]. Повышение надежности, безопасности и эффективности системы электроснабжения, изолированных энергоузлов Камчатского края, а также снижение уровня экономически обоснованного тарифа на электроэнергию являются важной и актуальной задачей. Экономически

обоснованный тариф на электроэнергию на 01.01.2022 г. по АО «Корякэнерго» составил 42,39 руб/кВт·ч, а по АО «ЮЭСК» достиг 52,97 руб/кВт·ч. Алеутский изолированный энергоузел является наиболее проблемным, поэтому требуется проведение комплексного анализа системы генерации и динамики электропотребления в данном энергоузле.

Алеутский изолированный энергоузел расположен на территории Командорских островов в западной части Берингова моря и обеспечивает электроснабжение потребителей Алеутского муниципального округа. Территориальные границы Алеутского изолированного энергоузла представлены на рисунке 1.

Основной административной единицей Алеутского муниципального округа является село Никольское с населением 676 человек. Общие данные по Алеутскому изолированному энергоузлу представлены в таблице 1.



Рис. 1. Схема территориального расположения Алеутского изолированного энергоузла

Fig. 1. The scheme of the Aleutian isolated power unit location



Таблица 1. Общая характеристика Алеутского изолированного энергоузла

Table 1. General characteristics of the Aleutian isolated power unit

Муниципальное образование	Энергокомпания	Населенный пункт	Энергоисточник	Население, чел.	Расстояние до централизованных сетей, км
Алеутский муниципальный округ в Камчатском крае	АО «ЮЭСК»	с. Никольское	ДЭС-17, ВЭС, котельные, ведомственные котельные	676	775

Вопросы оптимизации объектов генерации в зонах децентрализованного электроснабжения широко освещаются в научных публикациях многих авторов. Так, возможность и перспективы использования нетрадиционных возобновляемых источников электроэнергии рассмотрены в работах П.П. Безруких, М.Г. Тягунова, Н.В. Антонова, Г.Я. Вагина и других авторов. Обоснования о необходимости развития региональной гидроэнергетики представлены в публикациях В.А. Семчева. Вопросам повышения надежности и эффективности отдельных элементов системы электроснабжения посвящены научные исследования Е.И. Грачевой, И.В. Ившина, А.Р. Галяутдиновой. В своих публикациях большинство авторов подчеркивают, что для оптимизации системы электроснабжения конкретного изолированного энергоузла необходимо найти оптимальный баланс между генерацией и потреблением электрической энергии.

Вместе с тем неоднородность структуры генерации и потребления электрической энергии в зонах децентрализованного электроснабжения не позволяет использовать какой-либо универсальный подход в решении задач оптимизации. Требуется учитывать множество дополнительных факторов, связанных с конкретным изолированным энергоузлом.

В этой связи исследование структуры генерации Алеутского изолированного энер-

гоузла в совокупности с анализом существующего электропотребления, а также разработка прогноза электропотребления на перспективу имеют высокую научную и практическую значимость.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Анализ функционирования системы электроснабжения Алеутского изолированного энергоузла проводился на основе математической обработки статистических данных с использованием методов нормативного прогнозирования. Рассматривалась общая структура системы генерации в энергоузле и анализировалась динамика потребления электроэнергии и мощности за прошедший пятилетний период.

### *Структура генерирующей мощности*

Алеутский энергоузел обеспечивает электроснабжение потребителей одного муниципального образования Камчатского края. Он сформирован на базе потребителей села Никольского, поэтому развитое электросетевое хозяйство в данном энергоузле отсутствует. Потребители, находящиеся за административными границами села Никольского, имеют исключительно автономное электроснабжение.

Данные за 2021 г. по установленной мощности и годовой выработке генерации Алеутского изолированного энергоузла по

типам генерирующего оборудования представлены в таблице 2.

Основу генерации в Алеутском изолированном энергоузле составляет электростанция ДЭС-17. Она включает в себя шесть дизель-генераторных установок, пять из которых являются однотипными установками Caterpillar 3406. Ветрогенераторная установка является дополнительной генерацией ДЭС-17. Состав основного генерирующего оборудования электростанции ДЭС-17 Алеутского изолированного энергоузла приведен в таблице 3.

Анализ технического состояния генерирующего оборудования показывает, что из 2,26 МВт установленной мощности почти 65% обеспечивается оборудованием

с фактическим сроком службы более 15 лет. В связи с этим в ближайшей перспективе потребуется масштабная модернизация этих установок либо замена их на новое современное оборудование и строительство объектов генерации на возобновляемых источниках энергии с развитием сетевой инфраструктуры для подключения потребителей [Голубцов, Федоров, 2018; Грачева, Тошходжаева, 2021].

Оценка эксплуатационной эффективности электроснабжения показала, что процент потребления электроэнергии на собственные нужды электростанции и технологические потери электроэнергии в сетях Алеутского изолированного энергоузла находятся в допустимых пределах.

Таблица 2. Установленные мощности (на 01.01.2022 г.) и годовые выработки (за 2021 г.) электростанций Алеутского изолированного энергоузла

Table 2. Installed capacities (on January 1, 2022) and annual outputs (for 2021) of power plants of the Aleutian isolated power unit

Населенный пункт	Наименование ген. источника	Установленная мощность, МВт	Доля, %	Годовая выработка млн кВт·ч	Доля, %
Суммарно по изолированным энергоузлам Камчатского края		106,79	100,0	220,647	100,0
Никольское	ДЭС-17 (ВДК)	2,26	2,12%	3,482	1,6%
	ВЭС (ВДК)	0,55	0,58%	0,414	0,1%
Суммарно по Алеутскому энергоузлу		2,81	2,7%	3,896	1,7%

Таблица 3. Состав генерирующего оборудования электростанций Алеутского изолированного энергоузла

Table 3. The composition of the generating equipment of power plants of the Aleutian isolated power unit

Наименование электростанции	Место расположения объекта	Номер агрегата	Тип оборудования	Год ввода	Вид топлива	Установленная мощность на 01.01.2022 года, МВт	Фактический срок службы, лет
ДЭС-17	с. Никольское, Алеутский муниципальный округ в Камчатском крае	M1	Caterpillar 3406	2007	д/т	2,26	15
		M2	Caterpillar 3406	2007	д/т		15
		M3	Caterpillar 3406	2007	д/т		15
		4	Caterpillar 3406	2014	д/т		8
		5	Caterpillar 3406	2017	д/т		5
		4	22ДГ	2004	д/т		18

*Анализ динамики потребления  
электроэнергии и мощности*

Суммарные показатели электропотребления и средние показатели максимального потребления мощности в Алеутском энергоузле за пятилетний период представлены в таблице 4.

За рассматриваемый пятилетний период с 2017 по 2021 год в Алеутском изолированном энергоузле наблюдается тенденция снижения электропотребления, величина которого на 01.01.2022 г. составила 3,63 млн кВт·ч, что на 0,31 млн кВт·ч ниже аналогичного показателя 2017 г.

В 2021 г. максимальное потребление мощности Алеутского энергоузла было зафиксировано на уровне 0,70 МВт, что на 0,15 МВт ниже максимального потребления мощности в 2017 г.

Динамика потребления электрической энергии и мощности в Алеутском изолированном энергоузле за пятилетний период наглядно представлена на диаграмме (рис. 2).

Основной причиной снижения динамики электропотребления в Алеутском изолированном энергоузле является высокий экономически обоснованный тариф на электроснабжение. Электроснабжение в энергоузле осуществляется в основном за счет ДЭС, работающих на дорогостоящем привозном дизельном топливе. Высокая стоимость обслуживания электроэнергетических объектов обусловлена такими факторами, как сложные климатические условия (циклоны, ветровые нагрузки, гололедообразование), географическая удаленность населенных пунктов, отсутствие развитой транспортной инфраструктуры [Туагупов, Lin, 2018; Вагин, 2021].

Таблица 4. Показатели электропотребления в Алеутском изолированном энергоузле за пятилетний период

Table 4. Electricity demand indicators in the Aleutian isolated power unit for 5 years

Наименование	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Электропотребление, млн кВт·ч	3,94	3,71	3,66	3,77	3,63
Абсолютный прирост электропотребления, млн кВт·ч	0,17	0,23	-0,05	0,11	-0,14
Годовой прирост электропотребления, %	4,51	-5,84	-1,35	2,97	-3,71
Максимальное потребление мощности, МВт	0,85	0,76	0,74	0,66	0,70
Абсолютный прирост максимального потребления мощности, МВт	0,00	-0,09	-0,02	-0,08	0,04
Годовой прирост максимального потребления мощности, %	0,00	-10,06	-2,63	-10,81	6,06

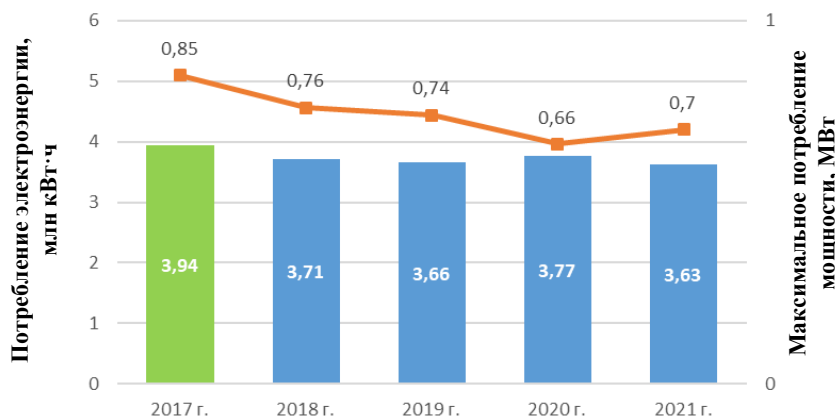


Рис. 2. Динамика потребления электрической энергии и мощности

Fig. 2. The electricity and power demand dynamics

Анализ баланса мощности и электрической энергии показал, что генерирующие источники Алеутского изолированного энергоузла полностью обеспечивали потребность в мощности и электроэнергии в 2021 г.

Фактический баланс мощности и электрической энергии Алеутского изолированного энергоузла за 2021 г. представлен в таблице 5.

За анализируемый период баланс мощности Алеутского изолированного энергоузла складывался избыточно по установленной мощности. При этом величина фактического резерва установленной мощности источников генерации по Алеутскому изолированному энергоузлу составляет более 66%.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На основании проведенного анализа динамики потребления электроэнергии и мощности за прошедший пятилетний период в Алеутском изолированном энергоузле разработан прогноз потребления электроэнергии и мощности.

Прогноз потребления электрической энергии и мощности в Алеутском изолированном энергоузле на пятилетний период сформирован с учетом прогноза полезного отпуска электроэнергии потребителям населенных пунктов в соответствии с информацией, предоставленной АО «ЮЭСК»,

АО «Корякэнерго», ПАО «Камчатскэнерго», а также с учетом изменения потребления электрической энергии и мощности в соответствии с утвержденными техническими условиями на технологическое присоединение.

Анализ динамики электропотребления в Алеутском энергоузле на перспективу 2022–2026 гг. показывает, что в рассматриваемой перспективе значительного роста нагрузки в энергоузле не ожидается. Прогнозируемая динамика основывается в основном на развитии в данном районе туристических объектов и хозяйственной деятельности.

Прогнозируемая динамика потребления электрической энергии и мощности в Алеутском изолированном энергоузле на пятилетнюю перспективу представлена в виде диаграммы на рисунке 3.

Величина годового электропотребления в 2026 г. прогнозируется на уровне 3,57 млн кВт·ч, что на 0,2 млн кВт·ч (–5,60%) ниже электропотребления в 2021 г. Величина максимального потребления мощности в 2026 г. составит 0,76 МВт, что на 0,10 МВт (+15,15%) выше аналогичного показателя 2021 г.

Таким образом, в рассматриваемом перспективном периоде значительного роста потребления электрической энергии и мощности в энергоузле не прогнозируется.

Таблица 5. Фактический баланс мощности и электрической энергии за 2021 г.

Table 5. Actual balance of power and electric energy for 2021

Населенный пункт	Наименование ген. источника	Максимум потребления мощности, МВт	Установленная мощность, МВт	Дефицит (-)/ Избыток (+), МВт	Годовая выработка (электропотребление), млн кВт·ч	ЧЧИ собственного максимума нагрузки
с. Никольское	ДЭС-17	0,95	2,26	1,86	3,48	4 520
	ВЭС		0,55		0,41	3 500
Суммарно по Алеутскому энергоузлу		0,95	2,81	1,86	3,89	8 020

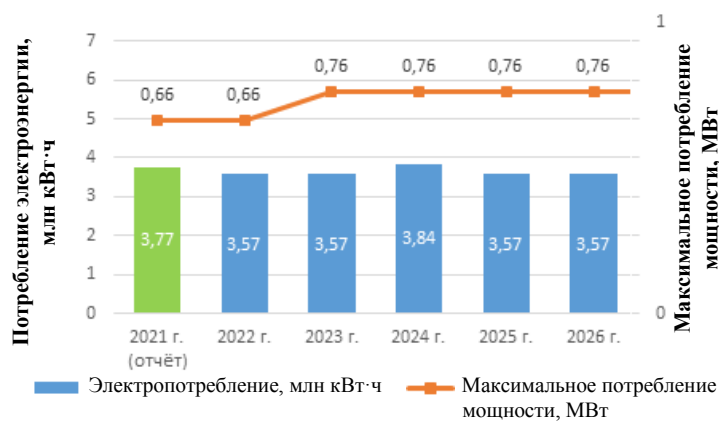


Рис. 3. Прогнозируемая динамика годового электропотребления и максимального потребления мощности на перспективу 2022–2026 гг.

Fig. 3. Projected dynamics of annual electricity demand and maximum power consumption for 2022–2026

На основе представленных прогнозов потребления электроэнергии и мощности, а также с учетом состава генерирующих источников в энергоузле сформированы перспективные балансы мощности и электроэнергии на период 2022–2026 гг. Балансы мощности и электрической энергии по электростанции Алеутского изолированного энергоузла на пятилетний период представлены в таблицах 6 и 7.

Анализ прогнозируемых балансов мощности электростанции Алеутского изолированного энергоузла показал, что баланс мощности складывается с избытком установленной мощности во всем рассматриваемом перспективном периоде.

Балансы электроэнергии всех источников анализируемого энергоузла складываются удовлетворительно. Числа часов использования (ЧЧИ) установленной мощности электрических станций энергоузла находятся в допустимых пределах.

### Варианты развития

Особенностью и основной проблемой функционирования Алеутского изолированного энергоузла являются использование дорогостоящего привозного дизельного топлива и высокая стоимость обслужи-

вания электроэнергетических объектов, вследствие чего энергетический узел имеет высокий экономически обоснованный тариф на электроснабжение [Никитин, Белов, 2017; Кротенко и др., 2020].

Оценка экономической эффективности мероприятий по замене высокозатратных ДЭС на новые с доведением удельного расхода на отпуск электроэнергии до оптимальных значений (до 370 г. у. т/кВт·ч) показала их нецелесообразность. Так, расчеты ежегодного экономического эффекта по ДЭС-17 показали, что срок окупаемости капиталовложений на обновление ДЭС составит более 15 лет.

Одним из вариантов повышения эффективности электроснабжения отдельных изолированных энергоузлов является возможность строительства солнечных электростанций (СЭС). Учитывая данные по параметрам солнечной инсоляции территории Алеутского энергоузла, наиболее оптимальным в этом случае является использование дизель-солнечной электростанции на фотоэлектрических модулях [Безруких, 2002; Semenov et al., 2021].

В соответствии с рекомендациями рассчитаны параметры мощности, выработки и коэффициенты использования установленной мощности (КИУМ) СЭС для населенных

пунктов Алеутского изолированного энергоузла, и полученные значения приведены в таблице 8.

На основе КИУМ и удельных затрат на 1 кВт установленной мощности СЭС рассчитана себестоимость производства электр

троэнергии на СЭС. В таблице 9 приведен расчет экономии стоимости электроэнергии на основе сравнения с существующей топливной составляющей себестоимости производства электроэнергии.

Таблица 6. Прогнозируемый баланс мощности на период 2022–2026 гг.

Table 6. Projected capacity balance for the period of 2022–2026

Населенный пункт	Наименование ген. источника	Наименование показателя	Единица измерения	2021 г. (отчет)	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.	2026 г.
с. Никольское	ДЭС-17	$P_{уст.}$	МВт	2,26	2,26	2,26	2,26	2,26	2,26
	ВЭС	$P_{уст.}$	МВт	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
		$P_{макс.}$	МВт	0,66	0,66	0,76	0,76	0,76	0,76
		Дефицит/избыток	МВт	1,86	1,83	1,79	1,76	1,72	1,68
			%	196	186	176	167	158	149

Таблица 7. Прогнозируемый баланс электрической энергии на период 2022–2026 гг.

Table 7. Projected balance of electric energy for the period of 2022–2026

Населенный пункт	Наименование ген. источника	Наименование показателя	Единица измерения	2021 г. (отчет)	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.	2026 г.
с. Никольское	ДЭС-17	Выработка	млн кВт·ч	3,48	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57
		ЧЧИ	час	1 541	1 583	1 583	1 583	1 583	1 583
	ВЭС	Выработка	млн кВт·ч	0,41	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
		ЧЧИ	час	753	678	678	678	678	678
Суммарный баланс электроэнергии Алеутского энергоузла		Выработка	млн кВт·ч	3,89	3,94	3,94	3,94	3,94	3,94

Таблица 8. Параметры СЭС для населенных пунктов Алеутского изолированного энергоузла

Table 8. SES parameters for the settlements of the Aleutian isolated power unit

Населенный пункт	Мощность СЭС, кВт	Выработка СЭС, млн кВт·ч	Площадь СЭС (м <sup>2</sup> )	КИУМ
с. Никольское	1 918	1,768	10 945	10,5%

Таблица 9. Оценка экономической эффективности использования СЭС в Алеутском изолированном энергоузле

Table 9. Economic efficiency evaluation of solar power plants in the Aleutian isolated power unit

Населенный пункт	Мощность СЭС, кВт	Выработка СЭС, млн кВт·ч	Капиталовложения, тыс. руб.	Себестоимость производства э/э на СЭС, руб/кВт·ч	Топливная составляющая себестоимости э/э, руб/кВт·ч	Удельная экономия стоимости э/э за счет ввода СЭС, руб/кВт·ч
с. Никольское	1 918	1,768	193 924	15,5	14	-1,5

Расчеты по укрупненной оценке экономической эффективности применения СЭС в Алеутском изолированном энергоузле на основе данных о себестоимости производства электроэнергии на СЭС и ее сравнения с существующей топливной составляющей себестоимости производства электроэнергии показали, что на территории рассматриваемого изолированного энергоузла строительство СЭС экономически нецелесообразно, так как себестоимость производства электроэнергии в этом случае выше топливной составляющей.

С целью повышения эффективности электроснабжения Алеутского изолированного энергоузла также целесообразно рассмотреть возможность строительства ветряных электростанций (ВЭС) на его территории [Зайченко и др., 2020]. По данным наблюдений среднегодовая скорость ветра в населенных пунктах Алеутского изолированного энергоузла на высоте 30 метров составляет около 7 м/с.

В соответствии с опытом эксплуатации ВЭС в п. Усть-Камчатск Камчатского края значение КИУМ для ВЭС при расчетах принимается на уровне 15%. Оценка экономической эффективности строительства ВЭС для населенных пунктов с наибольшим ветроэнергетическим потенциалом Алеутского изолированного энергоузла показала, что себестоимость производства электроэнергии на ВЭС составит около 10,9 руб/кВт·ч.

Проведенные расчеты показали, что при стоимости ВЭС на уровне 109 342 руб/кВт (в соответствии с распоряжением Правительства РФ от 08.01.2009 № 1-р (ред. от

24.10.2020) «Об основных направлениях государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2035 года») строительство ВЭС экономически целесообразно в населенных пунктах, находящихся в прибрежной зоне Камчатского края, в которых для выработки электроэнергии используется дизельное топливо.

Результаты расчета удельной экономии стоимости электроэнергии за счет ввода ВЭС на базе сравнения себестоимости электроэнергии ВЭС с существующей топливной составляющей себестоимости производства электроэнергии в Алеутском изолированном энергоузле приведены в таблице 10.

Из данной таблицы видно, что строительство ВЭС в с. Никольском может быть перспективным проектом. Однако опыт эксплуатации ВЭС на территории Камчатского края показывает, что в этом случае также необходимо наличие надежного независимого источника электроснабжения в виде ДЭС. Поэтому затраты на эксплуатацию возрастают, и фактическая удельная экономия стоимости электроэнергии при использовании ВЭС может быть несколько ниже расчетной [Семчев, 2017; Антонов и др., 2020].

Тем не менее, с учетом отсутствия в зоне Алеутского изолированного энергоузла перспективных гидроресурсов, а также низкой эффективности СЭС развитие ветрогенераторной электроэнергетики является наиболее перспективным направлением в данном энергоузле [Bezrukih, 2018; Тягунов, 2018].

Таблица 10. Оценка экономической эффективности использования ВЭС в Алеутском изолированном энергоузле  
Table 10. Economic efficiency evaluation of wind farms in the Aleutian isolated power unit

Населенный пункт	Мощность ВЭС, кВт	Капиталовложения, тыс. руб.	Себестоимость производства э/э на ВЭС, руб/кВт·ч	Топливная составляющая себестоимости э/э, руб/кВт·ч	Удельная экономия стоимости э/э за счет ввода ВЭС, руб/кВт·ч
с. Никольское	2 000	218 648	10,9	14	3

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты, представленные в данной работе, согласуются с результатами исследований российских и зарубежных ученых [Zaroni et al., 2019; Weinand et al., 2020] и подтверждают необходимость поиска оптимального баланса между генерацией и потреблением электроэнергии, а также более широкого использования местных возобновляемых источников электроэнергии. На основании перспективного прогноза электропотребления в энергоузле и данных, представленных энергокомпаниями, разработаны основные направления оптимизации системы электроснабжения.

Алеутский изолированный энергоузел имеет высокие экономически обоснованные тарифы на электроснабжение, что в основном обусловлено тем, что электроснабжение потребителей в населенных пунктах осуществляется преимущественно за счет ДЭС, работающей на дорогостоящем привозном дизельном топливе. Снижение себестоимости производства электроэнергии в энергоузле возможно за счет реализации проектов по освоению потенциала ветроэнергетики.

В настоящее время в системе электроснабжения Алеутского изолированного энергоузла назревает необходимость обновления парка дизельной генерации, так как около 65% оборудования дизельной электростанции отработало более 15 лет. Для повышения экономической эффективности рекомендуется в первую очередь решить проблему снижения расхода топлива на производство электроэнергии.

Таким образом, для повышения эффективности электроснабжения в Алеутском изолированном энергоузле необходимо разработать и реализовать мероприятия по замещению дизельной генерации, а также замене устаревшего оборудования

на ДЭС-17. Кроме того, для повышения надежности электроснабжения необходимо развивать и совершенствовать электросетевое хозяйство энергоузла [Грачева, Алимова, 2019].

Результатом реализации мероприятий развития генерирующих мощностей станет увеличение доли выработки электроэнергии за счет возобновляемых источников энергии и, как следствие, снижение количества сжигаемого углеводородного топлива, что позволит снизить тариф на электрическую энергию в Алеутском энергоузле.

Принимая во внимание высокие капитальные затраты на реализацию инновационных мероприятий развития, необходима поддержка федерального бюджета и включение ряда предлагаемых мероприятий в профильные федеральные программы.

## ЛИТЕРАТУРА

- Антонов Н.В., Евдокимов М.Ю., Шилин В.А. 2020. Возобновляемая энергетика за рубежом и в регионах России. *Географическая среда и живые системы*. № 1. С. 85–99.
- Безруких П.П. 2002. Нетрадиционно возобновляемые источники энергии. Москва: Топливо-энергетический комплекс. 120 с.
- Белов О.А. 2021а. Состояние электроэнергетики Камчатского края и перспективы ее развития. *Вестник Южно-Уральского государственного университета*. Серия: Энергетика. Т. 21. № 4. С. 48–56.
- Белов О.А. 2021б. Анализ структуры генерирующей мощности в изолированных энергоузлах Камчатского края. *Сборник трудов II Всероссийской научно-практической конференции «Энергетика будущего – цифровая трансформация»*. Липецк: Липецкий государственный технический университет. С. 281–286.
- Вагин Г.Я. 2021. Состояние и перспективы развития электроэнергетики в России. *Интеллектуальная электротехника*. № 2. С. 4–14.
- Голубцов Н.В., Федоров О.В. 2018. Энергоэффективность экономики в аспекте инновационного инженерного образования. *Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции «Наука, образование, инновации:*



- пути развития». Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. С. 135–139.
- Грачева Е.И., Тошходжаева М.И. 2021. Моделирование работоспособности электрооборудования систем электроснабжения и электрических сетей. Казань: Казанский государственный энергетический университет. 220 с.
- Грачева Е.И., Алимова А.Н. 2019. Взаимосвязь характеристик силовых трансформаторов и их нагрузочной способности. *Вести высших учебных заведений Черноземья*. № 1 (55). С. 48–55.
- Зайченко В.М., Соловьев Д.А., Чернявский А.А. 2020. Перспективные направления развития энергетики России в условиях перехода к новым энергетическим технологиям. *Окружающая среда и энерговедение*. № 1. С. 33–47.
- Кротенко Д.С., Семчев В.А., Белов О.А. и др. 2020. Анализ перспективного развития энергообеспечения Камчатского края. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. № 51. С. 6–11.
- Никитин А.Т., Белов О.А. 2017. Перспективы развития малой энергетики как экологичной технологии. *Материалы научно-практической конференции «Образование, наука и молодежь – 2017»*. Керчь: Керченский государственный морской технологический университет. С. 268–272.
- Семчев В.А. 2017. О перспективах и проблемах развития гидроэнергетики в Камчатском крае. *Горный вестник Камчатки*. № 2 (38). С. 36–43.
- Тягунов М.Г. 2018. Особенности работы установок на основе возобновляемых источников энергии в изолированных энергосистемах. *Материалы молодежной научной конференции «Альтернативная энергетика в регионах России: АЭР-2018»*. С. 40–44.
- Bezrukikh P.P. 2018. On some issues assessing the efficiency of renewable energy power plant and the share of renewables in the world's electricity generation. *Journal of electrical engineering*. № 6. P. 85–89.
- Semenov A., Volotkovskaya N., Bebikhov Y. et al. 2021. Analysis of the efficiency of development scenarios for the energy complex of the north-east of Russia. *Proceedings of International conference «Sustainable Energy Systems: innovative perspectives»*. St. Petersburg. P. 231–240.
- Тягунов М.Г., Лин З.У. 2018. Determining the optimal placements of renewable power generation systems using regional geographic information system. *Proceedings of International conference «Applications of information technology to renewable energy processes and systems»*. Moscow. P. 1–6.
- Weinand J.M., Scheller F., McKenna R. 2020. Reviewing energy system modelling of decentralized energy autonomy. *Energy*. 203: 117817. DOI:10.1016/j.energy.2020.117817.
- Zaroni H., Maciel L.B., Carvalho D.B., Pampolona E.D.O. 2019. Monte Carlo Simulation approach for economic risk analysis of an emergency energy generation system. *Energy*. Vol. 172 (C). P. 498–508.

## REFERENCES

- Antonov N.V., Evdokimov M.Yu., Shilin V.A. 2020. Renewable energy abroad and in the regions of Russia. *Geograficheskaya sreda i zhivye sistemy (Geographical environment and living systems)*. № 1. P. 85–99 (in Russian).
- Bezrukikh P.P. 2002. Non-traditional renewable energy sources. Moscow: Toplivno-energeticheskij kompleks Publ. 120 p. (in Russian).
- Belov O.A. 2021a. The state of the electric power industry of the Kamchatka Territory and the prospects for its development. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Energetika (Bulletin of South Ural State University. Series "Power Engineering")*. T. 21. № 4. P. 48–56 (in Russian).
- Belov O.A. 2021b. Analysis of the structure of generating capacity in isolated energy centers of the Kamchatka Territory. *Proceedings of Russian scientific conference "Energy of the future – digital transformation"*. Lipetsk: Lipetsk State Technical University. P. 281–286 (in Russian).
- Vagin G.Ya. 2021. Status and prospects for the development of the electric power industry in Russia. *Intellektual'naya elektrotehnika (Smart Electrical Engineering)*. № 2. P. 4–14 (in Russian).
- Golubtsov N.V., Fedorov O.V. 2018. Energy efficiency of the economy in the aspect of innovative engineering education. *Proceedings of IX Russian scientific conference "Science, education, innovation: ways of development"*. Petro-pavlovsk-Kamchatsky: KamchatGTU. P. 135–139 (in Russian).
- Gracheva E.I., Toshkhodzhaeva M.I. 2021. Modeling the performance of electrical equipment of power supply systems and electrical networks. Kазan: Kазan State Power Engineering University Publ. 220 p. (in Russian).
- Gracheva E.I., Alimova A.N. 2019. The relationship between the characteristics of power transformers and their load capacity. *Vesti vysshih uchebnykh zavedenij Chernozem'ya (News of Higher*

- Educational Institutions of the Chernozeem Region*). № 1 (55). P. 48–55 (in Russian).
- Zaichenko V.M., Soloviev D.A., Chernyavsky A.A. 2020. Perspective directions for the development of the Russian energy sector in the context of the transition to new energy technologies. *Okruzhayushchaya sreda i energovedenie (Journal of Environmental Earth and Energy Study)*. № 1. P. 33–47 (in Russian).
- Krotenko D.S., Semchev V.A., Belov O.A. et al. 2020. Analysis of the prospective development of energy supply in the Kamchatka Territory. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 51. P. 6–11 (in Russian).
- Nikitin A.T., Belov O.A. 2017. Prospects for the development of small-scale energy as an environmentally friendly technology. *Proceedings of scientific conference “Education, science and youth – 2017”*. Kerch: Kerch State Marine Technological University. P. 268–272 (in Russian).
- Semchev V.A. 2017. On the prospects and problems of hydropower development in the Kamchatka Territory. *Gornyy vestnik Kamchatki (Mountain Bulletin of Kamchatka)*. № 2 (38). P. 36–43 (in Russian).
- Tyagunov M.G. 2018. Features of the operation of installations based on renewable energy sources in isolated energy systems. *Proceedings of the youth scientific conference “Alternative energy in the regions of Russia: AER-2018”*. P. 40–44 (in Russian).
- Bezrukikh P.P. 2018. On some issues assessing the efficiency of renewable energy power plant and the share of renewables in the world’s electricity generation. *Journal of Electrical Engineering*. № 6. P. 85–89.
- Semenov A., Volotkovskaya N., Bebikhov Y. et al. Analysis of the efficiency of development scenarios for the energy complex of the north-east of Russia. *Proceedings of International conference “Sustainable Energy Systems: innovative perspectives”*. St. Petersburg. P. 231–240.
- Tyagunov M.G., Lin Z.Y. 2018. Determining the optimal placements of renewable power generation systems using regional geographic information system. *Proceedings of International conference “Applications of information technology to renewable energy processes and systems”*. Moscow. P. 1–6.
- Weinand J.M., Scheller F., McKenna R. 2020. Reviewing energy system modelling of decentralized energy autonomy. *Energy*. 203: 117817. DOI:10.1016/j.energy.2020.117817.
- Zaroni H., Maciel L.B., Carvalho D.B., Pampolna E.D.O. 2019. Monte Carlo Simulation approach for economic risk analysis of an emergency energy generation system. *Energy*. Vol. 172 (C). P. 498–508.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Белов Олег Александрович** – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат технических наук, доцент кафедры «Энергетические установки и электрооборудование судов»; boa-1@mail.ru. SPIN-код: 2734-0085, Author ID: 841844.

**Belov Oleg Alexandrovich** – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Technical Sciences, Docent, Head of the Power Plants and Ships Electrical Equipment Chair; boa-1@mail.ru. SPIN-код: 2734-0085, Author ID: 841844.

УДК 639.2:597.5

DOI: 10.17217/2079-0333-2022-62-18-35

## МИНТАЙ ТИХООКЕАНСКИЙ – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ СЫРЬЕВОЙ ОБЪЕКТ РЫБНОЙ ОТРАСЛИ РОССИИ

Ефимова М.В., Ефимов А.А., Мустафаева В.М., Чмыхалов Б.А.

Камчатский государственный технический университет, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Ключевская, 35.

Авторами проведен анализ литературных данных о массовом и химическом составе минтая тихоокеанского, его технологических особенностях, которые сведены в таблицу достоинств и недостатков. Показана пищевая ценность отдельных его органов и тканей. Рассчитан коэффициент пищевой значимости липидов. Проанализированы требования нормативно-правовых документов к качеству минтая и его безопасности по паразитологическим показателям. Рассмотрены существующие и охарактеризованы перспективные направления использования минтая тихоокеанского в качестве сырьевого объекта рыбной промышленности, составлены схемы распределения ассортимента выпускаемой разными странами продукции. Сделан обзор направлений переработки минтая в пищевые продукты. Кратко представлены результаты разработок технологий продукции из минтая, проводившиеся на протяжении нескольких лет и проводимые в настоящее время на базе кафедры «Технологии пищевых производств» КамчатГТУ. Сделан вывод о высоком технологическом потенциале минтая тихоокеанского.

**Ключевые слова:** минтай, пищевая ценность, показатели безопасности, показатели качества, химический состав.

## PACIFIC POLLOCK IS A PROMISING RAW MATERIAL FOR RUSSIAN FISHERY INDUSTRY

Efimova M.V., Efimov A.A., Mustafaeva V.M., Chmykhalov B.A.

Kamchatka State Technical University, Petropavlovsk-Kamchatsky, Klyuchevskaya Str. 35.

The references about mass and chemical composition of Pacific pollock, its technological features, summarized in a table of advantages and disadvantages, were analyzed. The nutritional value of its individual organs and tissues was shown. The coefficient of nutritional significance of lipids was calculated. The requirements of regulatory documents to the quality of pollock and its safety according to parasitological indicators were analyzed. The existing and promising directions of using Pacific pollock as a raw material object for fishery industry were enumerated. The distribution schemes of products manufactured by different countries were developed. An overview of the ways of pollock processing into food products was made. The results of pollock production technologies that have been developed for several years and are currently being developed by the Food Production Technologies Chair of Kamchatka State Technical University were briefly presented. The conclusion about the high technological potential of Pacific pollock was made.

**Key words:** pollock, nutritional value, safety indicators, quality indicators, chemical composition.

## ВВЕДЕНИЕ

Еще в конце XIX – начале XX веков добыча рыбы в России осуществлялась в основном во внутренних бассейнах. При этом северные и тихоокеанские воды эксплуатировались очень мало. Ассортимент готовой рыбной продукции не отличался разнообразием, что было обусловлено слабым в то время уровнем развития холодильного хозяйства и консервного производства. Основная масса выловленной рыбы реализовывалась на внутреннем рынке. Экспортировалась в основном рыба наиболее ценных видов (лососевые и осетровые), а также рыбный жир, икра [Хуршудян, Зайчик, 2009]. За более чем вековую историю структура рыбной отрасли, объектов промысла и, соответственно, ассортимента выпускаемой продукции претерпела глобальные изменения.

С 70-х годов XX века радикально изменились подходы к использованию водных биологических ресурсов как источника доступного продовольствия. Добыча водных биологических ресурсов, их рациональная переработка являются одним из перспективных путей решения проблемы обеспечения населения необходимыми нутриентами. В последние десятилетия особо выражено обозначились направления рационального, комплексного использования сырьевых ресурсов Мирового океана, совершенствования существующих и разработки новых технологий продукции из традиционного сырья, а также включения в категорию промысловых и освоения новых объектов водного промысла [Лищенко, 2006]. Выбор и обоснование направлений рациональной переработки любого вида водных биологических ресурсов обусловлены особенностями массового состава сырьевого объекта, его биохимическими характеристиками и технологическими свойствами.

Одним из важнейших сырьевых объектов рыбной промышленности Камчатского края, как по массовости распространения в водах Тихого океана, так и по объемам добычи, наряду с лососевыми является тихоокеанский минтай – *Theragra chalcogramma* (Pallas, 1814) [Марти, 1971; Богданов и др., 2005].

Считается, что масштабный промысел минтая впервые начался в Корею около 300 лет назад, а слово «минтай» пришло в русский язык из корейского и его значение связано с понятием праздника [История промысла, 2012].

Интерес советской рыбной отрасли к промыслу минтая возник в конце 40-х годов XX века, когда экспедиция Института океанологии АН СССР на научно-исследовательском судне «Витязь» обнаружила крупные скопления минтая у берегов Камчатки, где масштабный вылов минтая был начат с начала 60-х годов XX века [История промысла, 2012].

В настоящее время, несмотря на обильные уловы минтая и высокий спрос на продукцию из него во многих зарубежных странах, у российского потребителя он не пользуется популярностью. С целью привлечения внимания к продукции из минтая у российского потребителя нами был составлен обзор имеющихся литературных данных о его массовом и химическом составе, технологических особенностях, выявлены достоинства и недостатки сырья, а также выполнен обзор направлений переработки в пищевые продукты.

### *Особенности*

#### *массового состава минтая*

В водах Камчатки эксплуатируется минтай трех популяционных группировок – западно-берингоморской, восточно-камчатской и восточно-охотоморской [Балыкин и др., 2014].

Промысловым является минтай в возрасте четырех лет при длине тела 35 см. В промышленных уловах обычно встречаются особи в возрасте от четырех до семи лет, длина тела которых составляет от 30 до 50 см. Длина тела некоторых представителей вида достигает 85 см при массе порядка 4 кг [Богданов и др., 2005].

Массовый состав рыбы, как известно, является важнейшим показателем при оценке направлений ее переработки и непосредственно обуславливает выход продукта при разделке. На пищевые цели используют мышечную ткань, печень, икру, молоки. Плавники, кости, головы, кожа, как правило, применяются в качестве сырья для производства кормовой и технической продукции. Массовые соотношения частей тела у минтая, как и у рыб других

видов, непостоянны, особенно сильно изменяется относительная масса внутренностей (табл. 1) [Кизеветтер, 1971].

У представителей разных популяционных группировок фактически в массовом составе наблюдаются различия, что находит свое отражение в действующих нормативах. Так, например, выход филе без кожи из минтая, выловленного в зоне Охотского моря, при машинной разделке составляет 28,8% от массы целой рыбы. Для минтая западно-беринговоморской и восточно-камчатской зоны выход филе при разделке икряной рыбы составляет 30,8%, при разделке неикряной рыбы – 24,5% [Единые нормы..., 2004].

Средний массовый состав тела минтая тихоокеанского приведен в таблице 2 [Кизеветтер, 1971; Богданов и др., 2005].

Таблица 1. Изменение массового состава тела минтая в зависимости от района и сезона вылова, % к массе целой рыбы

Table 1. Change in the mass composition of the pollock body depending on the area and season of catching, % to the whole fish weight

Наименование части тела минтая	Район и сезон промысла	
	Залив Петра Великого Февраль – октябрь	Берингово море Май – октябрь
Масса рыбы, г	330–900	640–2400
Голова с жабрами	15,6–29,4	11,5–22,2
Внутренности	8,6–32,4	12,9–29,3
в том числе печень	1,6–10,0	2,4–7,8
гонады	3,1–19,6	1,6–21,1
Тушка	41,3–60,7	50,3–68,9
в том числе плавники, включая хвостовой	1,3–8,9	13,0–24,1
позвоночник	5,6–10,2	–
мясо с кожей	35,4–55,0	38,5–53,2
мясо без кожи	28,9–38,6	–

Таблица 2. Массовый состав тела минтая, %

Table 2. The mass composition of the pollock body, %

Голова	Тушка 48,9–58,2, в том числе								
	мышечная ткань	кожа	кости	плавники	внутренности 5,0–32,1, в том числе				
					печень	половые железы	кишечник с желудком	пилорические придатки	желчный пузырь
15,8–28,9	37,2–46,2	4,1–5,0	6,3–7,0	1,6–4,0	3,0–7,5	1,7–21,1	5,1–7,7	2,4–3,1	0,2–0,3

У представителей вида, относящихся к одному полу с гонадами одной стадии зрелости, не наблюдается прямой зависимости относительной массы мышечной ткани от массы целой особи. В то же время с приближением нерестового периода увеличение абсолютной массы гонад сопровождается уменьшением относительной массы мышечной ткани в среднем до 36,5%. У рыб в возрасте до трех лет не отмечено сезонных колебаний относительной массы внутренних органов, в то время как у половозрелых рыб относительная масса внутренностей максимальна в преднерестовый период и снижается до минимума у отнерестившихся особей [Кизеветтер, 1971, 1973].

Масса ястыков минтая, как и других видов рыб, зависит от стадии зрелости гонад и от возраста рыбы. В преднерестовый период относительная масса ястыков находится в пределах от 19,0 до 25,8%, у отнерестившихся особей относительная масса ястыков снижается до 2,0–0,8%. В общем улове минтая относительная масса ястыков обусловлена соотношением самок и самцов, она варьирует, как правило, от 2,6 до 18,5% [Кизеветтер, 1971]. Среднегодовой выход ястыков икры при разделке икряного минтая, выловленного в зоне Охотского моря, составляет 4,5% от массы целой рыбы. При разделке минтая, добы-

того в западно-беринговоморской и восточно-камчатской зонах, среднегодовой выход ястыков икры – 1,8% [Единые нормы..., 2004].

Колебания относительной массы печени у минтая находятся в обратно пропорциональной зависимости по отношению к массе ястыков икры и молок. Среднегодовой выход печени при разделке икряного минтая, выловленного в зоне Охотского моря, составляет 5,5% от массы целой рыбы. При разделке икряного минтая, добытого в западно-беринговоморской и восточно-камчатской зонах, среднегодовой выход печени – 6,8%, при разделке неикряного минтая – 7,8% [Единые нормы..., 2004].

### *Особенности*

#### *химического состава минтая*

Химический состав минтая, как и других объектов животного происхождения, представлен белками, липидами, водорастворимыми витаминами, минеральными веществами, включающими набор микро- и макроэлементов (табл. 3) [Богданов и др., 2005; Голубев, Кутина, 2005].

Колебания общего химического состава минтая в зависимости от сезона вылова, как видно из данных таблицы 4, незначительны [Богданов и др., 2005; Кизеветтер, 1971, 1973].

Таблица 3. Химический состав минтая, в 100 г

Table 3. Pollock chemical composition, in 100 g

Наименование компонента	Содержание, г	Наименование макроэлемента	Содержание, мг	Наименование микроэлемента	Содержание, мкг	Наименование витамина	Содержание, мг
Вода	81,9	Натрий	120	Железо	800	Витамин А	0,01
Белки	15,9	Калий	420	Йод	150	Витамин В <sub>1</sub>	0,11
Липиды	0,9	Кальций	40	Кобальт	15	Витамин В <sub>2</sub>	0,11
Экстрактивные вещества	0,1	Магний	55	Марганец	100	Витамин В <sub>6</sub>	0,10
		Фосфор	240	Медь	130	Витамин РР	1,00
		Сера	170	Хром	55	Витамин С	1,80
Зола	1,3	Хлор	165	Цинк	1120	Витамин Е	0,26
–	–	–	–	Фтор	700	Фолацин	0,0049

Таблица 4. Общий химический состав минтая в разные сезоны вылова, %

Table 4. Pollock general chemical composition in different catch seasons, %

Месяц вылова	Вода	Белок	Липиды	Минеральные вещества
Январь	82,4–85,2	14,6–15,5	0,7–1,0	1,3–1,4
Июль – август	82,3–83,2	14,5–16,3	0,4–0,7	1,2–1,3
Сентябрь – октябрь	81,1–84,2	14,3–17,4	0,2–0,4	0,8–1,1

Такой показатель, как среднее значение отношения суммы массовых долей белков, липидов и углеводов к массовой доле воды, – коэффициент пищевой насыщенности  $K_{\text{пн}}$  – составляет для минтая 0,21. Этот показатель определяет минтай как низконасыщенный гидробионт, как и большинство видов рыб и беспозвоночных, для которых  $K_{\text{пн}}$  не превышает 0,3 [Мезенова и др., 2013].

Значение белково-водного коэффициента  $BVK$  с учетом колебаний химического состава позволяет отнести минтай к среднебелковым и к белковым рыбам ( $BVK$  0,13–0,18 и 0,21–0,26 соответственно). Такая особенность химического состава минтая обуславливает среднюю плотность термически обработанного (жареного, вареного, печеного) продукта.

Общее содержание аминокислот в 100 г мышечной ткани минтая тихоокеанского составляет в среднем 15 350 мг, в том числе заменимых аминокислот – 7 850 мг и незаменимых – 7 500 мг [Байдалинова, Яржомбек, 2011]. Мышечная ткань минтая характеризуется весьма значительным содержанием свободных аминокислот – от 300 до 470 мг%, из которых незаменимые составляют от 110 до 180 мг%. Преобладающими среди свободных незаменимых аминокислот являются такие, как триптофан (~60 мг%), лейцин (~53 мг%), лизин (~37 мг%), а среди заменимых – глутаминовая кислота (~70 мг%), аланин (~60 мг%), тирозин (~50 мг%), аспарагиновая кислота (~35 мг%), аргинин (~35 мг%) и цистин (~30 мг%) [Кизеветтер, 1971]. По аминокислотному

составу белки минтая являются полноценными (табл. 5) [Голубев, Кутина, 2005; Байдалинова, Яржомбек, 2011].

По содержанию липидов в мышечной ткани (менее 2,0%) минтай относится к маложирным рыбам, что обуславливает высокую технологичность минтая при производстве рыбного белкового концентрата (РБК) и рыбного белкового изолята (РБИ). Серьезный недостаток минтая, как и других маложирных рыб, характеризуется явлением старения белков в процессе хранения в замороженном состоянии (снижается влагоудерживающая способность, уменьшается доля солюбилимых белков, понижаются эластичные свойства мышечной ткани). Липиды мышечной ткани минтая отличаются высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот, в том числе, что важно, биологически активных полиненасыщенных  $\omega$ -3 жирных кислот – эйкозапентаеновой и докозагексаеновой и физиологически необходимых – линолевой, линоленовой как незаменимых факторов питания. Такой показатель, как среднее значение отношения массовой доли  $\omega$ -3 жирных кислот к массовой доле липидов в рыбе, – коэффициент биологической значимости жира  $K_{\text{бзж}}$  – составляет для минтая 0,24 (для сравнения,  $K_{\text{бзж}}$  горбуши и кеты, являющихся так же, как и минтай, массовыми объектами добычи в камчатских водах, составляет 0,27 и 0,20 соответственно [Мезенова и др., 2013]. Содержание основных групп липидов и основных значимых жирных кислот в составе липидов минтая представлено в таблице 6 [Голубев, Кутина, 2005].

Большая часть жира минтая, богатого витамином группы А, содержится в печени [Кизеветтер, 1973]. Биологическая ценность липидов печени минтая в среднем 1,17, что является очень высоким показателем с учетом того, что оптимальная биологическая ценность липидов пищи составляет 0,3 [Мезенова и др., 2013]. Липиды печени минтая содержат полиненасыщенные жирные ки-

слоты, в том числе линолевую ( $\omega_6$ ) и линоленовую ( $\omega_3$ ) – витаминopodobные вещества, или так называемый витамин F.

Общее содержание липидов в печени минтая представлено в таблице 7 [Кизеветтер, 1971, 1973]. Как видно из таблицы, у рыб с большей массой тела в осенне-зимний период наблюдается увеличение их массовой доли.

Таблица 5. Аминокислотный состав белков минтая, мг в 100 г белков

Table 5. Pollock amino acid composition of proteins, mg per 100 g of proteins

Наименование аминокислоты	Содержание	Наименование аминокислоты	Содержание
Незаменимые аминокислоты	7 500	Заменимые аминокислоты	7 850
в том числе валин	900	в том числе аланин	900
изолейцин	1 100	аргинин	1 000
лейцин	1 300	аспарагиновая кислота	1 200
лизин	1 800	гистидин	400
метионин	600	глицин	800
треонин	900	глутаминовая кислота	1 300
триптофан	200	пролин	600
фенилаланин	700	серин	700
–	–	тирозин	600
–	–	цистин	150
–	–	оксипролин	следы

Таблица 6. Липидный состав минтая и жирнокислотный состав липидов минтая, г в 100 г

Table 6. Pollock lipid composition and fatty acid composition of pollock lipids, g per 100 g

Наименование компонента	Содержание	Наименование компонента	Содержание
Сумма липидов	0,90	Мононенасыщенные кислоты	0,16
в том числе фосфолипиды	0,20	в том числе пальмитолеиновая C <sub>16:1</sub>	0,04
холестерин	0,11	олеиновая C <sub>18:1</sub>	0,08
Насыщенные кислоты	0,14	гадолеиновая C <sub>20:1</sub>	0,004
в том числе миристиновая C <sub>14:0</sub>	0,01	Полиненасыщенные кислоты	0,41
пальмитиновая C <sub>16:0</sub>	0,10	в том числе линолевая C <sub>18:2</sub>	0,01
стеариновая C <sub>18:0</sub>	0,03	линоленовая C <sub>18:3</sub>	0,01
–	–	эйкозапентаеновая C <sub>20:5</sub>	0,03
–	–	докозагексаеновая C <sub>22:6</sub>	0,19

Таблица 7. Содержание липидов в печени минтая, %

Table 7. Lipid content in pollock liver, %

Масса рыбы, г	Залив Петра Великого			Берингово море	
	Январь – февраль	Июль	Октябрь – декабрь	Сентябрь	Октябрь
300–400	14,0–61,5	12,7–51,7	10,8–35,1	–	–
100–480	–	32,8–41,3	19,8–48,2	40,5–50,6	44,5–59,6
470–550	31,8–69,2	21,3–43,1	21,2–39,9	–	–
600–780	30,0–53,2	–	29,4–52,7	–	–
1 120–1 260	–	–	–	52,0–53,1	51,2–60,2
1 100–2 050	–	–	–	41,4–47,1	46,3–85,7



Печень является важным источником биологически активных веществ, в том числе ферментов и витаминов. Светло-соломенный цвет, приятный вкус и запах, а также высокое содержание витамина А (420–3000 и. е. в 1 г печени) [Кизеветтер, 1971] обуславливают значимость печеночного жира минтая как природного концентрата ретинола. Общий химический состав печени минтая представлен водой (34,3–61,5%), липидами (11,9–85,7%), белками (10,3–16,7%), минеральными веществами (1,0–1,4%).

Большую ценность представляет икра минтая, в состав которой входит от 11,1 до 16,9% белков, полноценных по аминокислотному составу, и незначительная доля липидов – 0,4–2,5% [Кизеветтер, 1971, 1973]. Более 12% белков икры независимо от стадии зрелости составляет глутаминовая кислота, самые незначительные доли составляют такие аминокислоты, как цис-

тин и метионин. Содержание гистидина и серина в белках икры имеет тенденцию к снижению на V стадии зрелости [Кизеветтер, 1971, 1973; Леванидов и др., 1974; Наседкина, Вусаненко, 1974] (табл. 8).

По мере созревания ястыков минтая наблюдается увеличение массовой доли свободных жирных кислот и холестерина в составе липидов, что влечет некоторое снижение пищевой ценности икры [Леванидов и др., 1974]. Важно отметить, что в состав липидов икры входят полиненасыщенные  $\omega$ -3 жирные кислоты – так называемый хороший холестерин.

Минеральный состав икры представлен в основном фосфором (175–300 мг%), калием (118–172 мг%), кальцием (18–27 мг%), магнием (15–20 мг%), железом (0,4–1,3 мг%), алюминием (0,09–0,17 мг%), марганцем (0,11–0,12 мг%), медью (0,07–0,12 мг%), серебром (0,08–0,10 мг%) [Леванидов и др., 1974].

Таблица 8. Изменение аминокислотного состава икры минтая по стадиям ее зрелости

Table 8. Changes in the amino acid composition of pollock caviar by stages of its maturity

Наименование аминокислоты	Стадия зрелости							
	II		III		IV		V	
	% к общей сумме аминокислот	г на 100 г белка	% к общей сумме аминокислот	г на 100 г белка	% к общей сумме аминокислот	г на 100 г белка	% к общей сумме аминокислот	г на 100 г белка
Аланин	7,51	6,55	7,55	6,43	7,43	6,54	7,43	6,43
Аргинин	5,10	4,52	4,85	4,13	5,21	4,50	5,25	4,54
Аспарагиновая кислота	8,52	7,55	8,42	7,17	8,45	7,34	8,33	7,21
Цистин	1,19	1,05	0,84	0,74	0,94	0,74	1,02	0,89
Глутаминовая кислота	14,33	12,69	14,42	12,29	14,05	12,64	14,04	12,14
Глицин	3,41	3,02	3,31	2,82	3,38	2,80	3,04	2,63
Гистидин	3,87	3,42	3,31	2,82	3,38	2,80	3,04	2,63
Изолейцин	5,20	4,60	5,30	4,52	5,33	4,68	5,06	4,37
Лизин	6,38	5,65	7,17	6,10	7,08	6,18	6,89	5,96
Метионин	1,24	1,10	1,44	1,23	1,83	1,22	1,70	1,47
Фенилаланин	4,34	3,85	4,33	3,69	4,34	3,77	4,53	3,92
Пролин	6,23	5,52	6,34	5,40	6,18	5,40	6,35	5,49
Серин	6,28	5,56	6,25	5,33	6,11	5,54	5,52	4,77
Треонин	5,02	4,45	4,49	4,22	4,91	4,34	5,13	4,44
Тирозин	3,89	3,44	3,74	3,18	4,02	3,48	4,50	3,89
Валин	6,00	5,32	6,21	5,29	5,97	5,23	5,76	5,26

Из жирорастворимых витаминов в икре определены витамин Е в количестве 1,6 мг%, витамин А – 0,04 мг%, β-каротин – 0,01 мг%. Водорастворимые витамины икры минтая представлены фолиевой кислотой – 22,0 мг%, аскорбиновой кислотой – 2,3 мг%, ниацином – 0,7 мг%, тиамином – 0,67 мг%, рибофлавином – 0,22 мг% [Кизеветтер, 1973].

Несмотря на относительно невысокую, по сравнению с икрой многих других видов рыб, рыночную стоимость, икра минтая по таким важным характеристикам, как пищевая ценность, содержание биологически активных и физиологически полезных веществ, почти не уступает икре лососевых или осетровых рыб.

#### *Технологические особенности минтая*

Технологические свойства любого сырьевого объекта обусловлены особенностями его морфологических свойств, биологическими характеристиками, биохимическим составом.

Минтай, направляемый на производство пищевой продукции, по качеству должен соответствовать требованиям ТУ 9240-061-33620410–2005 «Рыбы камбаловые и тресковые-сырец». На основании ГОСТ 1368–2003 «Рыба. Длина и масса» длина тушки минтая должна составлять от 15 см и более. Значения показателей безопасности минтая-сырца должны находиться в пределах, установленных ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбных продуктов» и ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

Особенностью минтая является его достаточно высокая зараженность паразитами – гельминтами и их личинками (рис. 1), что во многом обуславливает негативное восприятие минтая как сырья для приготовления пищевых продуктов потребителями.

Известно, что из всех паразитических организмов, встречающихся в тканях водных объектов промысла, именно личинки гельминтов считаются потенциально опасными для человека. Интересно отметить, что в энциклопедии «Жизнь животных» издания 1971 года указано: «В Японском море минтай часто бывает сильно заражен паразитическими червями, совершенно для человека безвредными, но делающими вид мяса минтая неаппетитным» [Марти, 1971].



Рис. 1. Печень минтая, зараженная личинками гельминтов

Fig. 1. Pollock liver infected with helminth larvae

В минтае в соответствии с требованиями ТР ЕАЭС 040/2016 не допускается присутствие в живом виде личинок цестод (пиримикоцефалусов) и нематод (анизакисов, псевдотерранов). Так, при производстве филе одной из критических контрольных точек является операция инспектирования на экранированном конвейере либо столе. При производстве паштетных консервов из печени важное место отводится технологической операции сепарирования, при которой удаляются гельминты и их личинки.

Важными физическими характеристиками минтая, оказывающими влияние на режимы подготовительных технологических операций при его обработке, являются

удельный вес неразделанной и потрошеной рыбы (соответственно 1,004–1,034 и 1,022–1,068 т/м<sup>3</sup>), насыпная масса неразделанной рыбы (0,800–0,889 т/м<sup>3</sup>). При конструировании транспортного технологического оборудования учитывают угол скольжения рыбы, который для минтая-сырца в среднем составляет: по луженой жести 10°, листовому алюминию – 13°, оцинкованному и черному железу – 32°, гладкой резине – 42°, железному цементу – 45° [Кизеветтер, 1971].

Минтай имеет тело торпедообразной формы, прогонистое, тонкое, что обуславливает довольно низкое значение его коэффициента мясистой – 5–12 г/см. Энергетическая ценность мышечной ткани минтая составляет в среднем 72 ккал/100 г [Голубев, Кутина, 2005], что определяет широкое использование минтая в качестве сырья для производства продуктов пониженной энергетической ценности.

Технологические особенности минтая сведены в таблице 9.

*Характеристика выпускаемой из минтая продукции*

Еще в 70–80-е годы прошлого века минтай покупали в основном на корм кошкам и называли его, соответственно, рыбой для кошек. Такая репутация закрепилась за минтаем весьма прочно и до наших дней. Тем не менее в настоящее время ассортимент продукции, выпускаемой из минтая, весьма разнообразен (рис. 2) [Ефимов и др., 2021].

Минтай в качестве сырьевого ресурса всегда высоко ценился в Корее. В то же время рыбная отрасль других стран с самого начала промысла минтая определяла его как сырьевой объект пониженной пищевой ценности. Первой после Кореи оценила минтай по достоинству Япония, где была разработана технология фарша сурими, а также разнообразных пищевых продуктов из мороженой ястычной икры минтая [Марти, 1971; История промысла, 2012].

Таблица 9. Технологические особенности минтая

Table 9. Technological features of pollock

Свойство	Достоинство	Недостаток
Низкое содержание жира	Возможность приготовления поликомпонентных продуктов без доминирования рыбного вкуса и запаха. Идеален для производства пищевого белка (облегчается процесс экстрагирования жиров)	Умеренно выраженный вкус. Пониженная пищевая и биологическая ценность (относится к белковым рыбам)
Связующая способность	Хорошая формуемость промытого фарша	Слабая формуемость непромытого фарша (крошливость, нарушение целостности изделия)
Гелеобразование	Гелеобразующие свойства тонко измельченной мышечной ткани	Для проявления свойства необходимо использовать только свежую рыбу, белки которой не подверглись денатурации
Стабилизация эмульсий	Эмульгирующие свойства тонко измельченной мышечной ткани	
Выраженная зараженность паразитами	–	Необходимость технологической операции инспектирования при переработке. Некоторые виды гельминтов и их личинки могут представлять опасность для человека

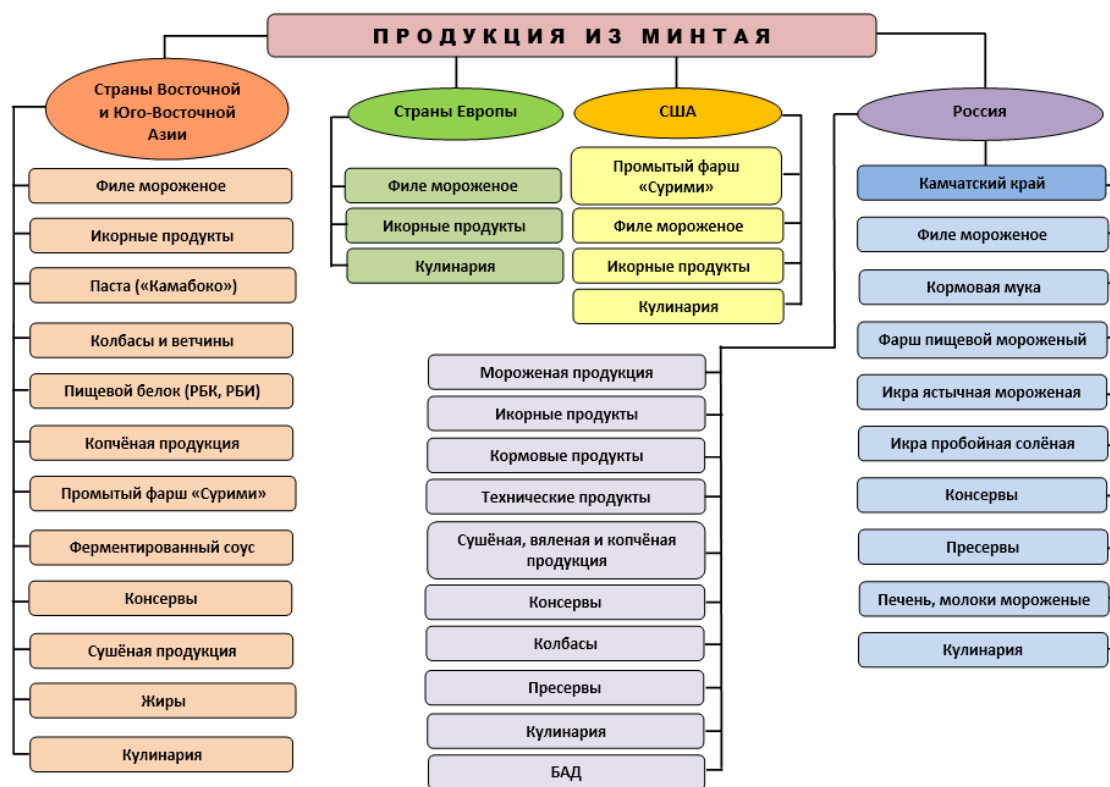


Рис. 2. Ассортимент продукции из минтая, выпускаемой промышленностью разных стран

Fig. 2. The worldwide range of pollock products

Стоит отметить, что в Советском Союзе весьма длительное время практически весь добытый минтай использовали для выработки кормовой муки. Мороженая продукция из минтая не находила спроса в стране, ее направляли на экспорт, в основном в Германию и США. В Германии было разработано и поставлено на широкое производство около 300 (!) видов продукции из филе минтая, что невозможно сравнить ни с каким другим объектом промысла. В США значительный ассортимент блюд из филе минтая готовят в кухнях предприятий общественного питания самого высокого уровня [История промысла, 2012].

В настоящее время продукцию массового потребительского спроса производят из минтая в США, Китае, России и Корее. Примечательно, что потребителями этой продукции являются в основном Япония, страны ЕС и США. В России ассортимент

производимой из минтая продукции заметно расширяется. Отходы, образующиеся при разделке рыбы, направляют в основном на производство кормовой муки.

Фарш сурими в линейке продукции из минтая занимает ведущее место по значимости. В России производят аналогичный продукт – фарш пищевой «Особый». Получение такого фарша предусматривает двукратную промывку измельченной мышечной ткани минтая питьевой водой и внесение пищевых добавок (цитрата натрия и пирофосфата или полифосфата натрия). Фарш сурими содержит до 16,5% белка, до 0,6% липидов, до 3,27% минеральных веществ. Основную долю белков составляют глобулины, относящиеся к солерастворимой фракции, что обеспечивает специфические структурно-механические свойства сурими. По аминокислотному составу и химическому скору белков фарш сурими, относительно шкалы

ФАО/ВОЗ, отличается высокой биологической ценностью. Такой фарш не реализуют через розничную торговую сеть. Он, в свою очередь, служит сырьем для приготовления продуктов детского питания [Абрамова, 2003], структурированных продуктов (например, всем известных и многими любимых «крабовых палочек»), формованных, в том числе колбасных, изделий.

По классификации Л.П. Миндера (соотношению жирности и оводненности мышечной ткани), минтай относится к I категории – категории столовых рыб [Артюхова и др., 2010], то есть рационально использовать его для приготовления кулинарии. Соответственно, из минтая выпускают в широком ассортименте котлеты, биточки, тефтели, оладьи, пельмени, колбасные изделия, готовят минтай отварной, жареный, запеченный с овощами, в сыре и пр.

В связи с тем, что минтай относится к незрелым рыбам, из него не производят готовую к употреблению соленую

продукцию. В то же время в последние годы минтай стали применять в качестве сырья для изготовления пресервов. Для создания вкусоароматического букета в пресервах минтай предварительно подкапчивают, после чего заливают маслом. Пресервы отличаются приятным вкусом и ароматом, нежной, слегка плотной консистенцией.

Из печени минтая выпускают консервы натуральные паштетные – «Печень минтая по-приморски» и «Печень минтая дальневосточная», консервы «Ассорти деликатесное» из печени и икры. Также вырабатывают жир и препарат витамина А в жире. Икру минтая выпускают ястычной замороженной, соленой, солено-сушеной, копченой, вяленой, пробойной соленой, которая, в свою очередь, является полуфабрикатом для приготовления икры деликатесной – в различных соусах, с разными добавками. В России ассортимент выпускаемой из минтая продукции на сегодняшний день весьма значителен (рис. 3).

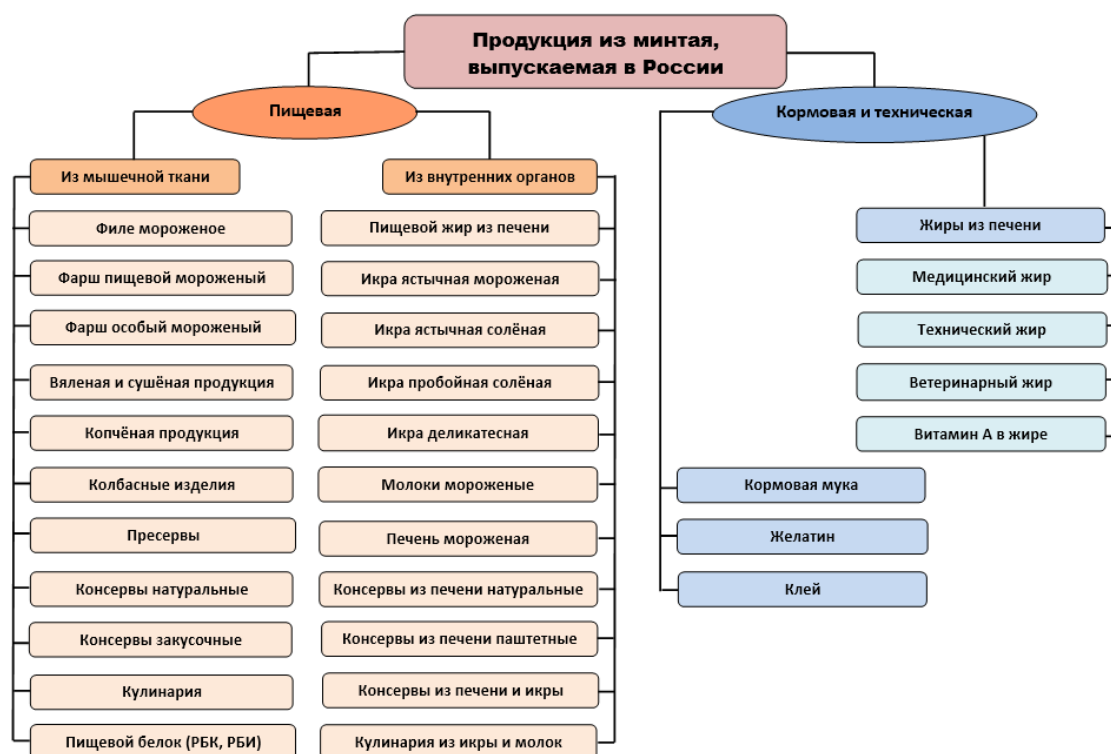


Рис. 3. Ассортимент продукции из минтая, выпускаемой промышленностью России

Fig. 3. The Russian range of pollock products

*Новые направления  
в технологии продукции  
из минтая*

На кафедре «Технологии пищевых производств» ФГБОУ ВО «Камчатский государственный технический университет» на протяжении нескольких лет ведутся исследования, направленные на совершенствование существующих, создание новых технологий и новых видов продукции из минтая.

Так, на основе фарша из минтая разработаны рецептуры колбасных изделий – сосисок (с добавлением ягод брусники – сосиски «Осенние», черной и красной смородины – сосиски «Садовые» и «Летние»), богатых пищевыми волокнами, витаминами, минеральными элементами. Ягоды вносили в виде тонкодисперсного порошка на стадии составления фаршевой композиции в количествах, принятых по результатам органолептической оценки и реологических исследований рациональными: бруснику – 3%, черную смородину – 2,5%, красную смородину – 5%. Сосиски можно употреблять в качестве диетического продукта, в детском питании, так как в рецептурном составе отсутствуют искусственные стабилизаторы консистенции, вкуса и цвета [Мустафаева, Ефимова, 2019].

Технология колбасных изделий с добавлением сухой творожной сыворотки включает внесение в рецептурную смесь сыворотки в виде тонкодисперсного порошка обратноосмотического вакуум-сублимированного концентрата. В состав изделий, помимо фарша из минтая и творожной сыворотки, входят свиной шпик, говядина, яйцо куриное и соль. Рациональным количеством сухой творожной сыворотки было определено 15 кг на 100 кг фаршевой смеси. Внесение сыворотки обусловило «смягчение» выраженности специфического рыбного вкуса и запаха,

а также создало впечатление более высокой сочности продукции в процессе проведения ее дегустационной оценки [Мустафаева и др., 2021, 2022].

Разработана технология колбасы рыбной сырокопченой на основе фарша из минтая «Особого» с добавлением в качестве структурообразователя, антиоксиданта и пищевого красителя красной водоросли рода *Palmaria*, обладающей уникальным составом по содержанию пищевых волокон, витаминов, микроэлементов, полисахаридов, биологически активных веществ (антиоксидантов, антисептиков), что позволяет обогатить традиционную продукцию ценными микро- и макронутриентами и балластными веществами. Наиболее приемлемые органолептические показатели были определены у образцов колбасы с добавлением красных водорослей в количестве 3 и 5%. Предложенные рецептуры колбасы рыбной сырокопченой исключают внесение искусственных добавок для стабилизации консистенции и цвета, что повышает безопасность деликатесного продукта. Срок годности колбасы составляет 30 суток при температуре хранения 0–6°C и относительной влажности воздуха не выше 78% [Ивандюкова, Сутягина, 2013; Ефимова и др., 2014].

Технология белкового творога на основе сурими включает подготовку рецептурных компонентов (фарша сурими, растительного масла, соли, воды), смешивание компонентов до получения грубой эмульсии, эмульгирование, осаждение белка при нагревании, отделение воды. Рациональным соотношением компонентов было определено следующее: сурими – 25%, растительное масло – 15%, соль – 1,5%, вода – 58,5%. Температура осаждения белка составила 75°C. Полученный продукт имеет белый цвет, лишен рыбного запаха и вкуса, имеет структуру и внешний

вид, аналогичные натуральному творогу. Белковый творог на основе сурими можно использовать при изготовлении кулинарии, в том числе сырников, вареников, десертной продукции [Салтанова и др., 2011б].

Из белкового творога, полученного на основе фарша сурими, разработана технология формованных продуктов (сырников) с добавлением чернослива, морской капусты, моркови, гречневой муки. В процессе исследования было установлено, что увеличение количества циклов промывания фарша до двух-трех способствовало улучшению реологических показателей: повышалось предельное напряжение сдвига, липкость, а также возрастала водоудерживающая способность. Оптимальные концентрации стабилизирующих добавок составили для соли – 1–3%, сахара – 1–5%. Выход коагулята белка от массы эмульсии на основе сурими при температуре осаждения 75°C составил 33,42%. Готовые сырники хранились до 36 часов при температуре 2–4°C [Кузьмина, 2012].

На основе сурими разработана технология чипсов. Для их приготовления рецептурные компоненты (фарш сурими, томатную пасту, чеснок, масло подсолнечное, перец черный, перец красный, перец душистый, муку, соль) подготавливали, смешивали в блендере до получения однородной массы, формовали изделия и направляли на термическую обработку в течение 3 минут при температуре 150–160°C в контактном аппарате с использованием кондуктивной сушки. Полученные изделия обладали приятным внешним видом, запахом и вкусом, свойственными входящим в рецептуру компонентам [Салтанова и др., 2011а].

Для приготовления замороженной салатной добавки на основе мышечной ткани минтая были подобраны три варианта рецептуры раствора соли и сахара в молоке, в котором производилась варка филе мин-

тая. Филе минтая варили в растворе в течение 10 минут. Охлажденное филе фасовали в полиэтиленовые пакеты по 250 г и помещали в бытовую морозильную камеру для замораживания до температуры не выше минус 18°C. Готовый продукт оценивали после размораживания: филе имело белый цвет, приятный запах, вкус, схожий со вкусом мяса краба. Срок годности салатной добавки после размораживания составил не более трех суток при температуре 2–6°C [Долгань, Чмыхалова, 2020].

Разработаны рецептуры паштетов в оболочке с добавками геля, приготовленного путем варки богатых коллагеном пищевых рыбных отходов (голов, костей, плавников, кожи), полученных при разделке минтая, а также сушеных и измельченных до состояния тонкодисперсного порошка ягод брусники, шикши, рябины. Срок годности паштетов при температуре хранения 2–6°C составил 72 часа [Лемаева, 2020].

Технология паштета на основе мышечной ткани минтая с добавлением корня одуванчика предусматривает крупное измельчение филе минтая с одновременным просаливанием путем непрерывного внесения соли и последующую промывку смеси. Обрабатываемую массу подвергали отжиму и тонкому измельчению с одновременным введением топленого шпика и растительных добавок (пюре из красной смородины, паприки копченой, имбиря, корня одуванчика). Для снижения уровня активной кислотности, повысившегося за счет органических кислот красной смородины, одновременно с добавками вводили пищевую соду, что способствовало вспениванию массы. Полученная масса характеризовалась нежной мажущей консистенцией, приятным, едва уловимым вкусом и запахом копченостей [Кузнецова, 2021].

Разработана технология икры минтая ястычной соленой с растительными добав-

ками, в качестве которых применяются ягоды брусники в количестве 10% от массы продукта, рябины – 10%, жимолости – 15%. Внесение растительных добавок в икру обеспечивало стабильность качества при хранении, причем для образца с брусникой было отмечено наименьшее развитие микрофлоры при хранении при температуре минус 6°C, что, вероятно, объясняется значительным содержанием в бруснике бензойной кислоты как природного консерванта. Введение в состав икры мятая растительных добавок позволило снизить соленость готового продукта до 3,4–3,6% (для пробойной соленой икры массовая доля поваренной соли составляет 5–8%), исключить применение антисептика натрия бензойнокислого [Андреева, Григорьева, 2014].

Также разработана технология икры мятая деликатесной с добавлением черемши, укропа, ягод брусники и рябины. В качестве рационального количества было определено содержание брусники – 3%, рябины – 3%, укропа – 5%, черемши – 1% от массы готового продукта. Добавки позволили снизить соленость готового продукта, исключить применение антисептика натрия бензойнокислого за счет содержания в растительных добавках природных консервантов (бензойной кислоты в бруснике, сорбиновой кислоты в рябине, эфирных масел в укропе и черемше), расширить ассортимент выпускаемой продукции с привлекательным внешним видом и новыми вкусоароматическими свойствами, обеспечить повышение пищевой ценности продукции за счет обогащения компонентами растительного происхождения [Чмыхалова, Васюкова, 2019].

Обоснована технология макаронных изделий, предусматривающая внесение в их рецептурный состав белкового концентрата из мышечной ткани мятая. Добавку вносили в виде тонкодисперсного

порошка. Готовые изделия характеризовались высокими органолептическими показателями, отсутствием рыбного запаха и вкуса. По результатам оценки органолептических и физико-химических показателей рациональным был определен образец макаронных изделий с добавлением 9,0 г рыбного белкового концентрата на 100,0 г муки – наибольшим приемлемым количеством добавки для достижения эффекта обогащения продукции. При употреблении 100 г макаронных изделий с добавкой белкового концентрата из мятая человек получит 17,5 г белка, что составляет 23,3% от средней суточной физиологической потребности – это соответствует одному из принципов обогащения – потребление обогащенного продукта в общепринятой порции должно покрывать 10–50% суточной физиологической потребности организма в нутриенте [Ефимова и др., 2022].

В настоящее время проводятся исследования, направленные на разработку технологии «протеиновой лапши» на основе промытого фарша из мятая с добавлением сухой творожной сыворотки.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, как видно из приведенных литературных данных о массовом и химическом составе мятая тихоокеанского и его технологических свойствах, исходя из существующих и потенциально возможных направлений его переработки в готовую продукцию, можно сделать вывод о том, что мятая как основной промысловый представитель тресковых, характеризующийся высокой ресурсной достаточностью, является перспективным сырьевым объектом рыбной отрасли. Соответственно, задача рыбной промышленности – рациональное и комплексное использование этого объекта, разработка



инновационных технологий, расширение ассортимента продукции из минтая, максимальное сохранение ценных компонентов этого ресурса для потребителей.

### ЛИТЕРАТУРА

- Абрамова Л.С. 2003. Поликомпонентные консервы для питания детей раннего возраста на основе рыбного сырья. Москва: ВНИРО. 176 с.
- Андреева Э.А., Григорьева В.А. 2014. Особенности технологии приготовления икры минтая пробойной соленой. *Материалы Национальной (всероссийской) научно-практической конференции «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование»*. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. С. 26–29.
- Артюхова С.А., Баранов В.В., Бражная Н.Э. и др. 2010. Технология рыбы и рыбных продуктов. Москва: Колос. 1064 с.
- Байдалинова Л.С., Яржомбек А.А. 2011. Биохимия сырья водного происхождения. Москва: Моркнига. 506 с.
- Балыкин П.А., Бонк А.А., Старцев А.А. 2014. Оценка состояния запасов и управление промыслом морских рыб. Петропавловск-Камчатский: Всемирный фонд дикой природы (WWF). 63 с.
- Богданов В.Д., Карпенко В.И., Норин Е.Г. 2005. Водные биологические ресурсы Камчатки: Биология, способы добычи, переработка. Петропавловск-Камчатский: Холдинговая компания «Новая книга». 264 с.
- Голубев В.Н., Кутина О.И. 2005. Справочник технолога по обработке рыбы и морепродуктов. Санкт-Петербург: ГИОРД. 408 с.
- Долгань Д.А., Чмыхалова В.Б. 2020. Разработка технологии замороженной салатной добавки на основе мышечной ткани минтая. *Материалы Национальной (всероссийской) научно-практической конференции «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование»*. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. С. 160–163.
- Единые нормы отходов, потерь, выхода готовой продукции и расхода сырья при производстве охлажденной, мороженой и кормовой продукции из гидробионтов морского промысла и прибрежного лова. 2004. Москва: Государственный комитет Российской Федерации по рыболовству. С. 16–17.
- Ефимов А.А., Мустафаева В.М., Ефимова М.В. и др. 2021. Характеристика минтая как сырьевого объекта рыбной отрасли. *Материалы Национальной (всероссийской) научно-практической конференции «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование»*. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. С. 67–71.
- Ефимова М.В., Ващина Д.Д., Лаженцева Р.А. 2022. Обоснование количества добавки из гидробионтов в рецептурном составе макаронных изделий. *Материалы Национальной (всероссийской) научно-практической конференции «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование»*. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. С. 228–232.
- Ефимова М.В., Ефимов А.А., Сутягина М.В. и др. 2014. Разработка рецептуры колбасы рыбной сырокопченной с красными водорослями. *Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование»*. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. С. 86–92.
- Ивандюкова А.С., Сутягина М.В. 2013. Разработка технологии колбасы рыбной сырокопченной. *Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование»*. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. С. 27–30.
- История промысла. 2012. Русская пелагическая исследовательская компания. URL: [http://rus-pelagic.ru/istoriya\\_promysla](http://rus-pelagic.ru/istoriya_promysla) (дата обращения: 25.04.2021).
- Кизеветтер И.В. 1971. Технологическая и химическая характеристика промысловых рыб тихоокеанского бассейна. Владивосток: Дальиздат. 298 с.
- Кизеветтер И.В. 1973. Биохимия сырья водного происхождения. Москва: Пищевая промышленность. 422 с.
- Кузнецова Е.М. 2021. Разработка технологии паштета на основе минтая с корнем одуванчика. *Материалы Национальной (всероссийской) научно-практической конференции «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование»*. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. С. 77–80.
- Кузьмина И.В. 2012. Разработка технологии формованных рыбных продуктов для диетического

- питания. *Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование»*. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. С. 61–63.
- Леванидов И.П., Никитина И.Н., Орехова Н.В. 1974. Технохимическая характеристика икры минтая. *Исследования по технологии рыбных продуктов*. Вып. 5. Владивосток: ТИНРО. С. 81–93.
- Лемаева В.В. 2020. Технология рациональной переработки рыбного сырья при производстве формованных изделий с обогатителями. *Материалы Национальной (всероссийской) научно-практической конференции «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование»*. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. С. 173–177.
- Лищенко В.Ф. 2006. Мировая продовольственная проблема: белковые ресурсы (1960–2005 гг.). Москва: ДеЛи принт. 272 с.
- Марти Ю.Ю. 1971. Семейство Тресковые (Gadidae). Жизнь животных. Т. 4. Москва: Просвещение. С. 373–387.
- Мезенова О.Я., Сафронова Т.М., Сергеева Н.Т. и др. 2013. Биотехнология рационального использования гидробионтов. Санкт-Петербург: Лань. 416 с.
- Мустафаева В.М., Ефимов А.А., Ефимова М.В. 2022. Качество комбинированных пищевых продуктов на основе рыбного фарша с добавлением творожной сыворотки. *Материалы Национальной (всероссийской) научно-практической конференции «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование»*. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. С. 233–237.
- Мустафаева В.М., Ефимов А.А., Ефимова М.В. и др. 2021. Обоснование рецептуры колбасных изделий на основе рыбного фарша с добавлением сухой творожной сыворотки как полифункциональной добавки. *Материалы Национальной (всероссийской) научно-практической конференции «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование»*. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. С. 81–85.
- Мустафаева В.М., Ефимова М.В. 2019. Обоснование рецептуры сосисок рыбных с ягодами. *Материалы Национальной (всероссийской) научно-практической конференции «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование»*. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. С. 214–218.
- Наседкина Е.А., Вусаненко Л.В. 1974. Характеристика азотистых веществ мяса, икры, молока и печени минтая. *Исследования по технологии рыбных продуктов*. Вып. 5. Владивосток: ТИНРО. С. 7–5.
- Салтанова Н.С., Пысына К.В., Яблочкина Е.К., Илюшина К.И., Кузьмина И.В. 2011а. Технология чипсов на основе сурими. *Материалы Национальной (всероссийской) научно-практической конференции «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование»*. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. С. 142–144.
- Салтанова Н.С., Шульгина А.Г., Кузьмина И.В. и др. 2011б. Обоснование технологии белкового творога на основе сурими. *Материалы Национальной (всероссийской) научно-практической конференции «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование»*. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. С. 144–146.
- Хуршудян С.А., Зайчик Ц.Р. 2009. История производства пищевых продуктов и развития пищевой промышленности России. Москва: ДеЛи принт. 204 с.
- Чмыхалова В.Б., Васюкова Н.В. 2019. Обоснование технологии икры тресковых с растительными добавками. *Материалы Национальной (всероссийской) научно-практической конференции «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование»*. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. С. 238–241.

## REFERENCES

- Abramova L.S. 2003. Multicomponent canned food for young children based on fish raw materials. Moscow: VNIRO. 176 p. (in Russian).
- Andreeva E.A., Grigorieva V.A. 2014. Features of the technology of preparation of Pollock caviar breakdown salted. *Proceedings of Russian scientific conference “Natural resources, their present condition, protection, industrial and technical use”*. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatGTU. P. 26–29 (in Russian).
- Artyukhova S.A., Baranov V.V., Brazhnaya N.E. et al. 2010. Technology of fish and fish products. Moscow: Kolos Publ. 1064 p. (in Russian).
- Baidalinova L.S., Yarzombek A.A. 2011. Biochemistry of raw materials of water origin. Moscow: Morkniga Publ. 506 p. (in Russian).

- Balykin P.A., Bonk A.A., Startsev A.A. 2014. Stock assessment and management of marine fish fisheries. Petropavlovsk-Kamchatsky: World Wildlife Fund (WWF). 63 p. (in Russian).
- Bogdanov V.D., Karpenko V.I., Norinov E.G. 2005. Aquatic biological resources of Kamchatka: Biology, methods of extraction, processing. Petropavlovsk-Kamchatsky: New Book Holding Company Publ. 264 p. (in Russian).
- Golubev V.N., Kutina O.I. 2005. The technologist's guide to fish and seafood processing. Saint-Petersburg: GIORD Publ. 408 p. (in Russian).
- Dolgan D.A., Chmykhalova V.B. 2020. Technology of frozen salad additive based on Pollock muscle tissue. *Proceedings of Russian scientific conference "Natural resources, their present condition, protection, industrial and technical use"*. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatGTU. P. 160–163 (in Russian).
- Uniform standards of waste, losses, output of finished products and consumption of raw materials in the production of chilled, frozen and feed products from marine hydrobionts and coastal fishing. 2004. Moscow: State Committee of the Russian Federation for Fisheries. P. 16–17 (in Russian).
- Efimov A.A., Mustafaeva V.M., Efimova M.V. et al. 2021. Walleye Pollock characteristics as a primary object of fishing industry. *Proceedings of Russian scientific conference "Natural resources, their present condition, protection, industrial and technical use"*. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatGTU. P. 67–71 (in Russian).
- Efimova M.V., Vashina D.D., Lazhentseva R.A. et al. 2022. Justification for the amount of hydrobiont additive in the recipe composition of pasta. *Proceedings of Russian scientific conference "Natural resources, their present condition, protection, industrial and technical use"*. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatGTU. P. 228–232 (in Russian).
- Efimova M.V., Efimov A.A., Sutyagina M.V. et al. 2014. Development of a recipe for smoked fish sausage with red algae. *Proceedings of Russian scientific conference "Natural resources, their present condition, protection, industrial and technical use"*. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatGTU. P. 86–92 (in Russian).
- Ivandyukova A.S., Sutyagina M.V. 2013. Development of technology of smoked fish sausage. *Proceedings of Russian scientific conference "Natural resources, their present condition, protection, industrial and technical use"*. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatGTU. P. 27–30 (in Russian).
- The history of fishing. 2012. Russian Pelagic Research Company. URL: [http://ruspelagic.ru/istoriya\\_promysla](http://ruspelagic.ru/istoriya_promysla) (accessed: 25.04.2021).
- Kiesewetter I.V. 1971. Technological and chemical characteristics of commercial fish of the Pacific basin. Vladivostok: Dalizdat Publ. 298 p. (in Russian).
- Kiesewetter I.V. 1973. Biochemistry of raw materials of water origin. Moscow: Pishchevaya Promyshlennost' Publ. 422 p. (in Russian).
- Kuznetsova E.M. 2021. Development of pate technology based on Pollock with dandelion root. *Proceedings of Russian scientific conference "Natural resources, their present condition, protection, industrial and technical use"*. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatGTU. P. 77–80 (in Russian).
- Kuzmina I.V. 2012. Development of technology of molded fish products for dietary nutrition. *Proceedings of Russian scientific conference "Natural resources, their present condition, protection, industrial and technical use"*. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatGTU. P. 61–63 (in Russian).
- Levanidov I.P., Nikitina I.N., Orekhova N.V. 1974. Technochemical characteristics of pollock caviar. *Issledovaniya po tekhnologii rybnih produktov (Research on the Technology of Fish Products)*. № 5. Vladivostok: TINRO. P. 81–93 (in Russian).
- Lemaeva V.V. 2020. Technology of rational fish raw materials processing in the production of molded products with concentrators. *Proceedings of Russian scientific conference "Natural resources, their present condition, protection, industrial and technical use"*. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatGTU. P. 173–177 (in Russian).
- Lischenko V.F. 2006. The World Food Problem: Protein resources (1960–2005). Moscow: Delhi print Publ. 272 p. (in Russian).
- Marty Y.Y. 1971. The Cod family (Gadidae). Animal life. Vol. 4. Moscow: Enlightenment Publ. P. 373–387 (in Russian).
- Mezenova O.Ya., Safronova T.M., Sergeeva N.T. et al. 2013. Biotechnology of rational use of hydrobionts. Saint-Petersburg: Lan' Publ. 416 p. (in Russian).
- Mustafaeva V.M., Efimov A.A., Efimova M.V. 2022. Quality of combined food based on minced fish with the addition of curd whey. *Proceedings of Russian scientific conference "Natural resources, their present condition, protection, industrial and technical use"*. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatGTU. P. 233–237 (in Russian).

- Mustafaeva V.M., Efimov A.A., Efimova M.V. et al. 2021. Justification of sausage product formulation based on minced fish with dry curd whey addition as a polyfunctional additive. *Proceedings of Russian scientific conference* “Natural resources, their present condition, protection, industrial and technical use”. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatGTU. P. 81–85 (in Russian).
- Mustafaeva V.M., Efimova M.V. 2019. Rationale for fish sausage with berries formulation. *Proceedings of Russian scientific conference* “Natural resources, their present condition, protection, industrial and technical use”. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatGTU. P. 214–218 (in Russian).
- Nasedkina E.A., Vusanenko L.V. 1974. Characteristics of nitrogenous substances of meat, caviar, milk and pollock liver. *Issledovaniya po tekhnologii rybnyh produktov (Research on the Technology of Fish Products)*. № 5. Vladivostok: TINRO. P. 7–5 (in Russian).
- Saltanova N.S., Pysina K.V., Yablochkina E.K. et al. 2011a. Technology of chips based on surimi. *Proceedings of Russian scientific conference* “Natural resources, their present condition, protection, industrial and technical use”. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatGTU. P. 142–144 (in Russian).
- Saltanova N.S., Shulgina A.G., Kuzmina I.V. et al. 2011b. Justification of the technology of protein cottage cheese based on surimi. *Proceedings of Russian scientific conference* “Natural resources, their present condition, protection, industrial and technical use”. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatGTU. P. 144–146 (in Russian).
- Khurshudyan S.A., Zaichik Ts.R. 2009. The history of food production and the development of the food industry in Russia. Moscow: Delhi Print Publ. 204 p. (in Russian).
- Chmykhalova V.B., Vasyukova N.V. 2019. Substantiation of cod caviar with vegetable additives technology. *Proceedings of Russian scientific conference* “Natural resources, their present condition, protection, industrial and technical use”. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatGTU. P. 238–241 (in Russian).

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Ефимова Марина Васильевна** – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры «Технологии пищевых производств»; efimova-ff@mail.ru. SPIN-код: 2046-5520, Author ID: 664258.

**Efimova Marina Vasilyevna** – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Biological Sciences, Docent, Associate Professor of the Food Production Technologies Chair; efimova-ff@mail.ru. SPIN-code: 2046-5520, Author ID: 664258.

**Ефимов Андрей Анатольевич** – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Технологии пищевых производств»; efimoff-a@mail.ru. SPIN-код: 2535-4051, Author ID: 645444.

**Efimov Andrey Anatolyevich** – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Technical Sciences, Docent, Associate Professor of the Food Production Technologies Chair; efimoff-a@mail.ru. SPIN-code: 2535-4051, Author ID: 645444.

**Мустафаева Вероника Михайловна** – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; аспирант кафедры «Технологии пищевых производств»; veroni4ka\_kam@mail.ru. SPIN-code: 3167-1975, Author ID: 1116222.

**Mustafaeva Veronika Mikhailovna** – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Postgraduate of the Food Production Technologies Chair; veroni4ka\_kam@mail.ru. SPIN-code: 3167-1975, Author ID: 1116222.

**Чмыхалов Борис Алексеевич** – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; аспирант кафедры «Технологии пищевых производств»; chmykhalovboris7@yandex.ru.

**Chmykhalov Boris Alexeevich** – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Postgraduate of the Food Production Technologies Chair; chmykhalovboris7@yandex.ru.

**ЛЕКТОТИПИФИКАЦИЯ НАЗВАНИЙ ТАКСОНОВ *AGARUM*  
(LAMINARIALES, PHAEOPHYCEAE), ОПИСАННЫХ А.Ф. ПОСТЕЛЬСОМ  
И Ф.И. РУПРЕХТОМ\***

Клочкова Н.Г.<sup>1</sup>, Климова А.В.<sup>2</sup>, Клочкова Т.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, ул. Партизанская, 6

<sup>2</sup> Камчатский государственный технический университет, Петропавловск-Камчатский, ул. Ключевская, 35

Проанализирована история изучения представителей рода *Agarum*. В прикамчатских водах входящие в него виды в настоящее время принято определять как *A. clathratum* и *A. turneri*. Данные генотипической систематики, результаты собственных молекулярно-филогенетических исследований, анализ описаний и синонимии представителей рода, опубликованные в работах других авторов, а также изучение гербарных образцов, собранных участниками экспедиции Ф.П. Литке и М.Н. Станюковича (1826–1829 гг.), показало, что из-за неправильного понимания объема вида *A. clathratum* и морфологических признаков у *A. turneri* их названия в настоящее время использовались ошибочно. В связи с этим в соответствии с Международным кодексом номенклатуры водорослей, грибов и растений, для агарумов, имеющих широкую плоскую жилку и крупные перфорации, предложено использовать название *A. clathratum*; агарумы с узкой выпуклой жилкой и мелкими перфорациями указывать как *A. pertusum*. Наши таксономические преобразования основываются на изучении в гербарии БИН РАН (LE) образцов, этикетированных Ф.И. Рупрехтом, а также сопоставлении полученных нами последовательностей гDNA и последовательностей образцов *A. clathratum* из базы данных NCBI. Также типифицированы *A. gmelinii*, *A. pertusum* и *A. turneri*, описанные А.Ф. Постельсом и Ф.И. Рупрехтом.

**Ключевые слова:** молекулярная филогения, типификация, *Agarum*, *A. clathratum*, *A. gmelinii*, *A. pertusum*, *A. turneri*, Laminariales.

**LECTOTYPIFICATION OF THE NAMES OF *AGARUM* TAXA  
(LAMINARIALES, PHAEOPHYCEAE) DESCRIBED BY A.F. POSTELS  
AND F.I. RUPRECHT**

Klochkova N.G.<sup>1</sup>, Klimova A.V.<sup>2</sup>, Klochkova T.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Partizanskaya Str. 6

<sup>2</sup> Kamchatka State Technical University, Petropavlovsk-Kamchatsky, Klyuchevskaya Str. 35.

In this paper, we analyzed the history of the genus *Agarum*. In Kamchatka, the species included in this genus are currently identified as *A. clathratum* and *A. turneri*. Currently existing genotypic systematic data, results of our own molecular-phylogenetic research, comparative analysis of descriptions, drawings and synonyms

\* Исследование выполнено при поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-04-00285 А (This study was supported by the grant from Russian Foundation for Basic Research (RFBR) (project № 19-04-00285 А)).

of *Agarum* species provided in references published by different authors, as well as investigation of the herbarium specimens from BIN RAS (LE) collected by members of the expedition by F.B. Lutke and M.N. Stanyukovich (1826–1829) revealed that, due to a misunderstanding of the volume and specific characteristics of *A. clathratum* and *A. turneri*, their species names are currently being used erroneously. Thus, in accordance with the International Code of the Nomenclature of Algae, Fungi and Plants, it is proposed by us to use the name *A. clathratum* for algae with a wide flat midrib and large perforations, whereas algae with a narrow convex midrib and small perforations should be indicated as *A. pertusum*. Our taxonomic changes were based on the investigation of herbarium specimens from the BIN RAS (LE) labeled by F.I. Ruprecht, and also on comparison of rDNA sequences obtained by us and those downloaded from the NCBI database. We also typified *A. gmelinii*, *A. pertusum*, *A. turneri* described by A.F. Postels and F.I. Ruprecht.

**Key words:** molecular phylogeny, typification, *Agarum*, *A. clathratum*, *A. gmelinii*, *A. pertusum*, *A. turneri*, Laminariales.

## ВВЕДЕНИЕ

Первый представитель рода *Agarum* *Fucus agarum* был описан С.Г. Гмелином [Gmelin, 1768] по гербарным образцам, собранным участником Второй Камчатской экспедиции В. Беринга (1733–1743 гг.) Г. Стеллером. Поскольку он не имел ничего общего с типовым видом рода *Fucus*, *F. vesiculosus* Linnaeus, 1753, позднее бельгийский альголог Б.С. Дюмортье [Dumortier, 1822] перевел его в род *Agarum*. Во избежание тавтономии он назвал его *A. clathratum*. Четырьмя годами позже С.В. Бори [Bory, 1826] отнес описанный С.Г. Гмелином *Fucus agarum* также к роду *Agarum*, но назвал его *A. cribrosum*. Именно это название вошло в научный обиход, и его использовали почти до конца прошлого века, пока Р.С. Сильва [Silva, 1991] не вернул этому виду приоритетное название – *A. clathratum* Dumortier, 1822, а *A. cribrosum* Bory, 1826, не отнес к его синонимам.

В 1840 г. по результатам обработки альгологических сборов участников кругосветной экспедиции Ф.П. Литке и М.Н. Станюковича (1826–1829 гг.), К.Г. Мертенса, И. Кастальского и А.Ф. Постельса был опубликован атлас морских водорослей северной Пацифики [Postels, Ruprecht, 1840]. Род *Agarum* в нем представлен тремя видами: *A. gmelinii* Mertens ex Postels et Ruprecht,

*A. turneri* Postels et Ruprecht и *A. pertusum* Postels et Ruprecht, с «разновидностями»  $\beta$  *platyneurum* и  $\gamma$  *brassiciforme*.

Вид *A. gmelinii* ныне считается синонимом *A. clathratum*, а *A. turneri* одни исследователи [Kjellman, 1889; Setchell, Gardner, 1903; Гайл, 1936; Кардакова-Преженцева, 1938; Зинова, 1954] признавали самостоятельным, другие [Myabe, Nagai, 1933; Nagai, 1940; Tokida, 1954] – указывали как синоним *A. cribrosum* (= *A. clathratum*). После публикации работы по бурым водорослям тихоокеанского побережья Северной Америки [Setchell, Gardner, 1925] и таксономической ревизии ламинариевых в морях России [Петров, 1975] *A. turneri* как самостоятельный вид в альгофлоре азиатско-американского побережья не указывали вплоть до публикации монографии Н.Г. Ключковой и В.А. Березовской [1997], которые обосновали его самостоятельность на основе методов фенотипической систематики. Выполненные позже молекулярно-генетические исследования С.М. Бу и Х.С. Юна [Boo, Yoon, 2000] подтвердили сделанные ими выводы.

Что касается третьего из описанных А.Ф. Постельсом и Ф.И. Рупрехтом вида *A. pertusum*, то как самостоятельный он уже достаточно давно не упоминается в альгофлористических работах по северной Пацифике и специальных таксономических

работах по агаровым водорослям, вышедшим в последние десятилетия [Boo, Yoon, 2000; Boo et al., 2011; Kawai et al., 2017]. Между тем в Международной информационной электронной базе по морским водорослям он наряду с *A. turneri*, *A. clathratum* и *A. asiaticum* Bachelot Pylaie, 1830, приводится как таксономически принятый вид (accepted taxonomically) [Guiry, Guiry, 2022].

История описания *A. asiaticum* рассмотрена в нашей работе [Klimova et al., 2020]. В ней отражена номенклатурная путаница, в результате которой образец водоросли, собранный у берегов Камчатки, был описан как новая для науки разновидность под названием *Laminaria agarum* var. *asiaticum* (= *A. asiaticum*). Последнюю на основании современных данных по морфологии и распространению представителей этой группы в Мировом океане предложено рассматривать в качестве синонима *A. clathratum* subsp. *clathratum*. В отношении *A. gmelinii* отметим, что до последнего времени он также считался синонимом *A. clathratum*.

В ходе ревизии дальневосточных ламинариевых нами был описан новый для науки вид рода *Agarum* – *A. undulatum* [Klochko et al., 2021]. В указанной выше статье было показано, что этот вид хорошо отличается от других представителей рода своеобразными морфологическими и генетическими признаками.

Анализ запутанной истории описания известных в научной литературе XVIII и XIX веков видов рода *Agarum* и их протологов, а также изучение их аутентичных образцов, собранных в экспедиции Ф.П. Литке и М.Н. Станюковича, позволили авторам настоящей работы установить для представителей обсуждаемого рода приоритетные видовые названия и типифицировать *A. gmelinii*, *A. pertusum* и *A. turneri*. Настоя-

щая статья посвящена обоснованию предложенных таксономических изменений.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В ходе проведения исследования авторы использовали гербарные образцы водорослей из собственных сборов и образцы, хранящиеся в альгологической коллекции Ботанического института РАН им. В.Л. Комарова (Санкт-Петербург, LE), собранные в позапрошлом веке у берегов Камчатки и Алеутских островов и этикетированные К.Г. Мертенсом и Ф.И. Рупрехтом. Это были достаточно хорошо сохранившиеся образцы, определенные Ф.И. Рупрехтом как *A. gmelinii* (LE A0000444) и *A. turneri* (LE A0000445), один образец, определенный им как *A. pertusum*  $\gamma$  *brassiciforme* (LE A0000442), один – как *A. pertusum*  $\beta$  *platyneurum* (LE A0000443), один гербарный лист с фрагментом пластины, подписанный рукой Ф.И. Рупрехта как *Fucus agarum*, и фрагмент пластины, собранный и названный К.Г. Мертенсом *Fucus pertusum* (LE A0000441).

Поскольку выделение ДНК из ламинариевых водорослей, хранящихся с позапрошлого века, невозможно для определения таксономического статуса *A. pertusum*, мы выбрали в своей коллекции образец, близкий по морфологическим признакам к описанной А.Ф. Постельсом и Ф.И. Рупрехтом разновидности *brassiciforme* и использовали его для молекулярно-филогенетического анализа.

Для выделения ДНК, амплификации, секвенирования и анализа нуклеотидных последовательностей использовали методы, подробно описанные в нашей работе [Klochko et al., 2017]. ДНК экстрагировали с помощью набора Invisorb Spin Plant Mini Kit (Invitek, Берлин-Бух, Германия), незначительно меняя протокол производителя

[Клочкова и др., 2018]. Локусы ITS1 и ITS2 амплифицировали, используя наборы праймеров LB1-BC2 и YB1-LB2 [Saunders, Druehl, 1992; Yoon et al., 2001]. Для амплификации использовали полимеразу TaKaRa Ex Taq (Takara Biomedicals, Оцу, Япония). Секвенирование по Сэнгеру выполнила коммерческая фирма (Cosmogentech Co. Ltd., Сеул, Южная Корея).

Последовательности, использованные для построения филогенетического дерева, автоматически выравнивали с помощью компьютерной программы Geneious Prime (версия 11.0.4, Biomatters, Окленд, Новая Зеландия) и затем уточняли визуально. Дерево строили на основе байесовского филогенетического анализа (MrBayes 3.2.2), используя общую модель обратимого во времени (GTR) замещения, 2 000 000 поколений, субвыборка – каждые 1 000 поколений и продолжительность прожига – 200 000 поколений. Для анализа максимального правдоподобия использовали RAxML 8.2.11 с гамма-моделью GTR. Полученная последовательность зарегистрирована в международном Генбанке NCBI под регистрационным номером MZ603125.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

В отношении *A. pertusum* мы провели специальное исследование. Прежде всего, в гербарной коллекции LE были найдены аутентичные образцы этого вида, а в наших сборах с Курильских островов и Авачинской губы – близкие в морфологическом отношении и соответствующие протологу (рис. 1). Последние были подвергнуты молекулярно-филогенетическому анализу.

Представленный ниже рисунок показывает, что у одного выбранного нами образца (рис. 1, Г) пластина имеет множественные мелкие отверстия неправильной формы, у второго она, как и у *A. pertusum*

*γ brassiciforme* (рис. 1, Б), почти без перфораций (рис. 1, Д), у третьего (рис. 1, Е) она похожа на описанную А.Ф. Постельсом и Ф.И. Рупрехтом [Postels, Ruprecht, 1840] разновидность *A. pertusum β platyneurum* (рис. 1, В).

Образец *A. pertusum*, похожий на аутентичный образец разновидности *γ brassiciforme*, был собран на о. Парамушир (Курильские острова) в 1984 г. Он имел длинный вальковатый черешок, и в большей части его пластины вместо перфораций имелись двусторонние вздутия. Филогенетическое дерево по ITS2 для видов рода *Agarum*, построенное с включением полученных нами данных, показано на рисунке 2.

Основываясь на анализе данных секвенирования участка ядерной ДНК ITS2, образец морфологически близкий к *A. pertusum γ brassiciforme* (MZ603125), не образует отдельной клады, как *A. turneri* (ML = 100, PP = 1), и включен в состав клады *A. clathratum*. Она, в свою очередь, разделена на три подклады. Одна из них объединяет представителей *A. clathratum* subsp. *yakishiriense* (ML = 95, PP = 0,92), другая – представителей типового подвида из холодоумеренных районов Пацифики и третья – тепловодных представителей типового подвида, собранных у Хоккайдо и Курильских островов. Такая внутренняя дифференциация генетического разнообразия у *A. clathratum* представляется нам вполне логичной с фитогеографической точки зрения. Внутригрупповые расстояния в кладе *A. clathratum* составляют доли процента (0,4%), в то время как межгрупповые расстояния между кладами *A. clathratum* и *A. turneri* по ITS2 достигают 4,0%, а между кладами *Agarum* и *Neoagarum* – 21,1%.



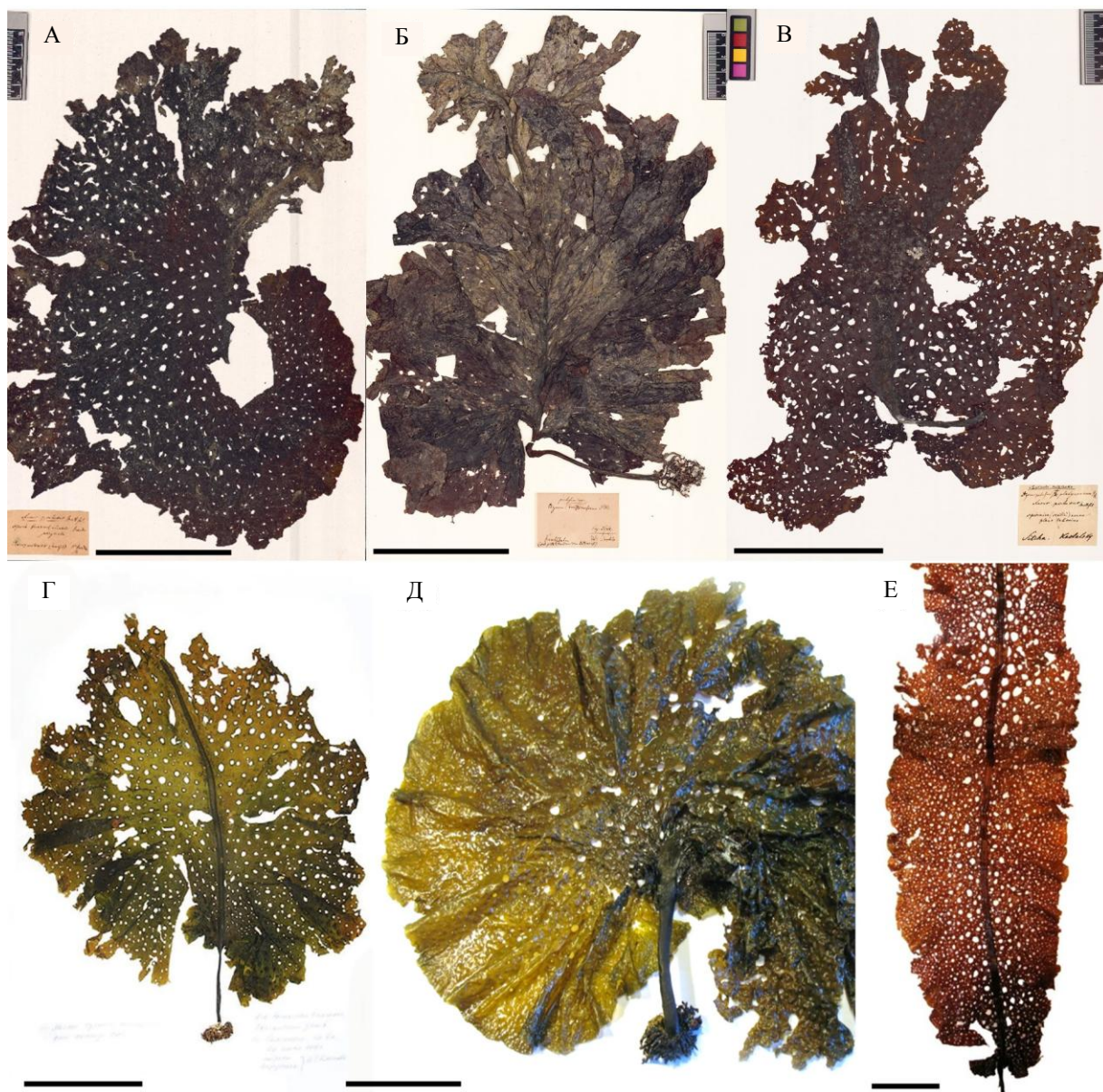


Рис. 1. Образцы из гербарной коллекции водорослей LE (A – B) и близкие к ним по морфологии образцы из коллекции авторов (Г – E). A – лектотип *Agarum pertusum* описанного А.Ф. Постельсом и Ф.И. Рупрехтом [1840] вида, собранный в Авачинской губе К.Г. Мертенсом и определенный им как *Fucus pertusum* (LE A0000441); B – образец, собранный А.Ф. Постельсом у берегов Камчатки и определенный Ф.И. Рупрехтом как *Agarum pertusum* var. *brassiciforme* (LE A0000442); B – образец, собранный И. Кастальским у о. Ситха и определенный Ф.И. Рупрехтом как *Agarum pertusum* var. *platyneurum* (LE A0000443); Г – не-отип *Agarum clathratum* [Boo et al., 2011], собранный Н. Клочковой в Авачинской губе 26.06.2010 г.; Д – курильский образец, похожий на *Agarum pertusum* var. *brassiciforme*, использованный нами для секвенирования; E – образец, собранный у о. Парамушир, похожий на *Agarum pertusum* β *platyneurum*. Масштаб: A – E – 10 см

Fig. 1. Specimens from the LE algal herbarium collection (A – B) and our personal morphologically similar specimens (Г – E). A – lectotype of *Agarum pertusum* described by A.F. Postels and F.I. Ruprecht (1840), collected from the Avacha Bay by K.G. Mertens and identified as *Fucus pertusum* (LE A0000441); B – specimen collected by A.F. Postels on the top of Kamchatka peninsula and identified by F.I. Ruprecht as *Agarum pertusum* var. *brassiciforme* (LE A0000442); B – specimen collected by I. Kastalsky nearby Sitka (Baranof Island) and identified by P.I. Ruprecht as *Agarum pertusum* var. *platyneurum* (LE A0000443); Г – neotype of *Agarum clathratum* [Boo et al., 2011] collected by N. Klochkova from the Avacha Bay on June 26, 2010; Д – specimen from Kuril Islands similar to *Agarum pertusum* var. *brassiciforme* used by us for sequencing; E – specimen collected from Paramushir Island, similar to *Agarum pertusum* β *platyneurum*. Scale bar: A – E – 10 cm

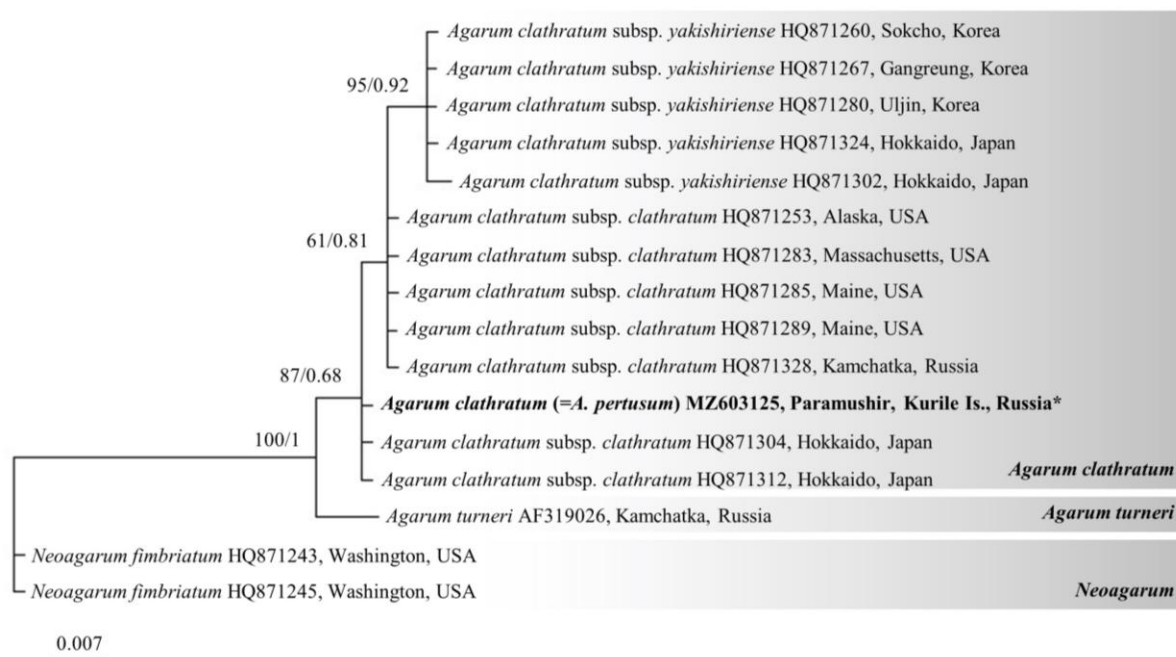


Рис. 2. Филогенетическое дерево представителей семейства Agaraceae по ITS2. Значения напротив ветвей дерева – статистический бутстрэп/апостериорная вероятность сходства. Исследованный нами образец отмечен звездочкой «\*»

Fig. 2. Phylogenetic tree of different species of Agaraceae based on ITS2 analysis. Consensus support and posterior probabilities are shown. Asterisks “\*” indicate our new sequence

## ОБСУЖДЕНИЕ

*Agarum* – один из немногих политипических родов порядка Laminariales. В западной Атлантике и атлантическом секторе Арктики он представлен одним видом – *A. clathratum* Dumortier. В Тихом океане до 2017 г. в его состав прежде включали пять видов: *A. clathratum* (= *A. cribrosum* Bory de Saint-Vincent), *A. fimbriatum* Harvey, *A. oharaense* Y. Yamada, *A. yakishiriense* Y. Yamada и *A. turneri* Postels et Ruprecht. Последняя таксономическая ревизия агаровых водорослей [Kawai et al., 2017], основанная на данных мультигенного анализа хлоропластных (*atpB*, *psaA*, *psaB*, *psbA*, *psbC* and *gbcL*), митохондриальных (*cox1*, *cox3*, *nad2*, *nad4*, *nad5*, and *nad6*) и ядерных (ITS2, 28S rRNA) сиквенсов, показала, что разница между видами *A. oharaense* и *A. fimbriatum* и остальными представителями рода достаточна для выделения их в новый род *Neoagarum*. В роде *Agarum*, таким образом,

остались только *A. clathratum*, *A. turneri* и *A. yakishiriense*.

Таксономический статус последнего вида до последнего времени оставался неопределенным. Разными авторами, изучавшими агаровые водоросли, он указывался как самостоятельный [Y. Yamada, 1962], как форма *A. cribrosum* [I. Yamada, 1974] и как подвид *A. clathratum* [Boo et al., 2011]. В последней таксономической ревизии агаровых [Kawai et al., 2017] *A. yakishiriense* вновь был упомянут как валидный, но при этом было отмечено, что для уточнения его таксономического статуса необходимо проведение дополнительных исследований.

В работе, посвященной описанию нового вида агарумов, *A. undulatum*, N. Klochkova, A. Klimova, T. Klochkova et Yotsukura [Klochkova et al., 2021], было показано, что по конкатенированным участкам ДНК *rbcL* + *cox1* и ITS2 + *rbcL* + *cox1* *A. yakishiriense* из российской части ареала весьма

близок к приазиатским популяциям *A. clathratum*. Это исследование подтвердило мнение Г.Х. Бу с соавторами [Boo et al., 2011], что его следует рассматривать в ранге подвида последнего из указанных выше видов.

Молекулярные данные по роду *Agarum*, история описания его представителей, их синонимия в работах разных авторов и результаты изучения в гербарии LE аутентичных образцов, послуживших А.Ф. Постельсу и Ф.И. Рупрехту [Postels, Ruprecht, 1840] основой для выделения видов и разновидностей агарумов, показывают, что использование видовых эпитетов *A. clathratum* и *A. turneri* в настоящее время некорректно. Основанием для этого утверждения служит следующее.

Образцы, послужившие для первоописания С.Г. Гмелином *Fucus agarum*, в гербарии LE отсутствуют. Их нет и в гербарных фондах других стран. Судить о морфологии этого вида можно только по изображению вида, приведенному в работе С.Г. Гмелина [Gmelin, 1768, p. 210, tab. 32]. На нем у водоросли пластина с широкой плоской жилкой и крупными перфорациями (рис. 3, А). Из-за их слияния вдоль жилки она имеет продольный разрыв. Данный рисунок показывает, что под названием *Fucus agarum* С.Г. Гмелин описал вид, известный в настоящее время как *A. turneri*.

Второе упоминание вида *F. agarum* встречается во флористической сводке Д. Турнера [Turner, 1809, p. 11, tab. 75]. Анализ его иллюстрации, приведенной в таблице 75, с учетом морфологических признаков (расположение и форма перфораций, форма жилки), не вызывает сомнения в том, что на нем изображен вид, определяемый ныне как *A. clathratum* (рис 3, Б). В его описании Д. Турнер в качестве базинима указывает *F. agarum* Gmelin, 1768. Таким образом, мы, так же как Постельс

и Рупрехт, считаем, что два разных биологических вида он объединил в один.

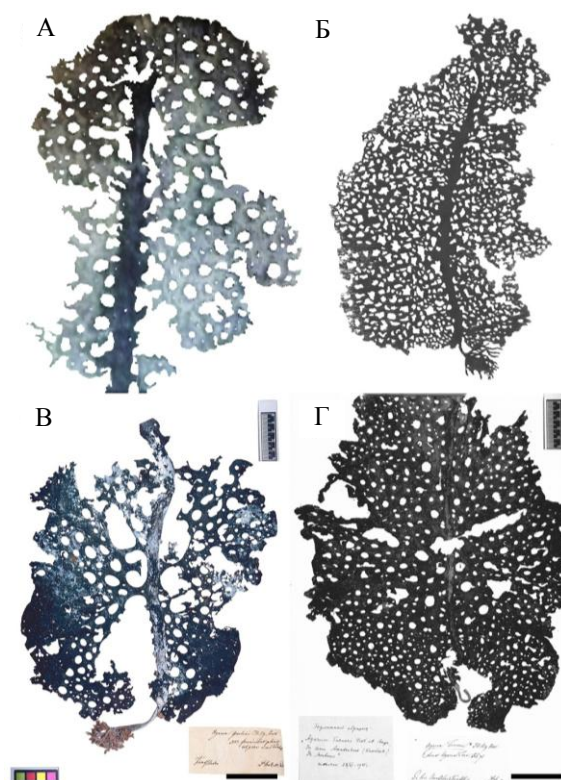


Рис. 3. Иллюстрации агарумов из оригинальных публикаций (А, Б) и фотографии представителей рода *Agarum* из гербарной коллекции водорослей LE (Б, Г). А – рисунок *Fucus agarum* из работы С.Г. Гмелина [Gmelin, 1768, tab. 32]; Б – рисунок *Fucus agarum* из работы Д. Турнера [Turner, 1809, tab. 75]; Б' – образец, собранный К.Г. Мертенсом и А.Ф. Постельсом у берегов Камчатки и определенный Ф.И. Рупрехтом как *Agarum gmelinii* (лектотип, LE A0000444); Г – образец, собранный К.Г. Мертенсом в Авачинском заливе и определенный Ф.И. Рупрехтом как *Agarum turneri* (лектотип, LE A0000445). Масштаб: Б – Г – 5 см

Fig. 3. Illustrations of algae from original publications (A, B) and photographs of specimens from the genus *Agarum* from the LE algal herbarium collection (B, G). A – drawing of *Fucus agarum* from the paper by S.G. Gmelin [Gmelin, 1768, tab. 32]; B – drawing of *Fucus agarum* from the paper by D. Turner [Turner, 1809, tab. 75]; B' – specimen of *Agarum gmelinii* collected by K.G. Mertens and A.F. Postels off the coast of Kamchatka and identified by F.I. Ruprecht (lectotype, LE A0000444); G – specimen of *Agarum turneri* collected by K.G. Mertens in Avachinsky Inlet and identified by F.I. Ruprecht (lectotype, LE A0000445). Scale bar: B – G – 5 cm

В 1822 г. бельгийский альголог Б.С. Дюмортье в своей публикации «Commentationes Botanicae» [Dumortier, 1822] включил вид *F. agarum* в новый род *Agarum*. Во избежание тавтономии он изменил и его видовой эпитет *agarum* на *clathratum*. При этом Б.С. Дюмортье не привел дополнительного описания, изображения и синонимии для этого вида. В работе упоминание о нем занимает всего три строки и ничего не сказано о различиях между *F. agarum sensu Gmelin* и *F. agarum sensu Turner*. Более того, в род *Agarum* Б.С. Дюмортье поместил представителей рода *Laminaria*, имевших жилку. Он указал их как *A. clathratum*, *A. esculentum* и *A. costatum* [Dumortier, 1822, p. 17]. Несмотря на то что какие-либо ссылки на литературные источники в упоминании об *A. clathratum* отсутствуют, следует предположить, что этот вид был основан на комбинации *Laminaria agarum* (S.G. Gmelin) C. Agardh [Agardh, 1817; Silva, 1991, p. 219]. Однако в работе К. Агарда в синонимии *Laminaria agarum* отмечено «... *Fucus Agarum* Gmel. t. 32. – Turn. Hist. t. 74...» [Agardh, 1817, p. 17]. Это указывает на то, что Б.С. Дюмортье, как и Д. Турнер, под одним названием *A. clathratum* указывал два разных биологических вида.

Четырьмя годами позже В.-С. Бори [Boyu, 1826] опубликовал обзор по ламинариевым водорослям. Он также отнес *F. agarum sensu Turner* к роду *Agarum* и назвал его *A. cribrosum*. В синонимии он указал *Laminaria agarum Lamx* и *Fucus agarum Turn*. В описании вида В.-С. Бори отметил, что, вероятно, под этим названием фигурируют два разных вида, и в его гербарной коллекции есть экземпляры с разной морфологией пластины. Название *A. cribrosum*, данное В.-С. Бори, использовалось в морской альгологии до конца прошлого века, пока Р.С. Сильва [Silva, 1991] не заменил его на *A. clathratum* как приоритетное.

А.Ф. Постельс и Ф.И. Рупрехт [Postels, Ruprecht, 1840] после изучения водорослей, собранных у Камчатки и Алеутских островов, выделили в роде *Agarum* три вида на основании их морфологии (табл. 1). Первый вид, похожий на изображение *F. agarum* у С.Г. Гмелина (рис. 3, А; 3, В), был назван ими *A. gmelinii*, а вид, похожий на *F. agarum* Д. Турнера [Turner, 1809] (рис. 3, Б; 3, Г), был назван *A. turneri*. Для названия третьего вида Ф.И. Рупрехт использовал видовое имя *Fucus pertusus*, написанное К.Г. Мертенсом на этикетке агарума, собранного в Авачинской губе (рис. 1, А). К.Г. Мертенс в ботаническом отчете по водорослям Камчатки и Алеутских островов в списке ламинариевых указал *Fucus agarum*, *F. cribrosus* и *F. pertusus* [Mertens, 1829]. В публикации А.Ф. Постельса и Ф.И. Рупрехта в синонимии *A. gmelinii* указано «... *Agarum gmelinii* Mertens pat. mss.» [Postels, Ruprecht, 1840, p. 11].

В XX веке после повторных ревизий рода *Agarum* [Setchell, Gardner, 1925; Петров 1975] все описанные А.Ф. Постельсом и Ф.И. Рупрехтом виды стали считать синонимами *A. cribrosum*, позднее *A. clathratum*. В конце 90-х гг. Н.Г. Ключкова и В.А. Березовская [1997] вновь указали два вида агарумов для альгофлоры Камчатки. К *A. cribrosum* (= *A. clathratum*) они отнесли водоросли с тонкокожистыми пластинами, имеющими мелкие перфорации и тонкую выпуклую жилку, а к *A. turneri* – образцы с толстокожистыми пластинами с крупными перфорациями и широкой плоской жилкой.

Определенные таким образом камчатские образцы были подвергнуты молекулярно-филогенетическому анализу, подтвердившему их принадлежность к разным видам [Boo, Yoon, 2000]. Далее в таксономических обзорах по агаровым водорослям [Boo et al., 2011; Kawai, 2017] и флористических сводках по северо-западной

и северо-восточной Пацифике [Клочкова и др., 2009; Lindeberg, Lindstrom, 2022] эти виды продолжали указывать *A. turneri*

и *A. clathratum*, хотя из приведенной ниже таблицы 2 видно, что они носят некорректные названия.

Таблица 1. Морфологические признаки представителей рода *Agarum*, указанные в работе А.Ф. Постельса и Ф.И. Рупрехта [1840]

Table 1. Morphological characters of *Agarum* taxa indicated in the book by A.F. Postels and F.I. Ruprecht [1840]

Признаки вида	<i>Agarum gmelinii</i>	<i>Agarum turneri</i>	<i>Agarum pertusum</i>		
			Типовая форма	$\beta$ <i>platyneurum</i>	$\gamma$ <i>brassiciforme</i>
Ширина и толщина жилки	Широкая, до 12,7 мм; плоская, более темная и плотная, чем пластина*	Узкая, 4,2 мм; утолщенная или толстая	Узкая, не более 2,1 мм; плоская, обычно утолщенная	Более широкая, до 12,7 мм	Уплощенная, 8,4–10,5 мм ширины
Размеры и форма перфораций, их расположение на пластине	Округлые, до 21 мм в поперечнике, с ровными или приподнимающимися фестончатыми краями. Уменьшаются к краю пластины	Разнообразные, округлые или овальные до 10,5 мм в поперечнике. Их размеры рядом с жилкой более мелкие	Неправильной формы, многочисленные, мелкие, в нижней части у основания пластины имеет углубления на месте будущих перфораций	–	–
Цвет и текстура пластин	«Черноватая, жесткая, кожистая»**	Оливково-зеленая, бурая, «перепончатая»	Бурая с красноватым оттенком, «перепончатобумажная»	«Бумажная, бороздчатая»	–
Районы распространения	Камчатка, о. Уналашка	Авачинская губа, о. Карагинский, Гудзонов залив, Гренландия, Канада	Авачинская губа, о. Уналашка	о. Ситха	Камчатка, о. Кадьяк

\* У отдельных образцов из нашей коллекции жилка достигает 38 мм ширины

\* Some samples from our collection have vein with 38 mm wide

\*\* Признаки, выделенные кавычками, взяты из работы А.Ф. Постельса и Ф.И. Рупрехта [Postels, Ruprecht, 1840]

\*\* The signs highlighted in quotation marks are taken from the book by A.F. Postels and F.I. Ruprecht [Postels, Ruprecht, 1840]

Таблица 2. Хронология изменений названий представителей рода *Agarum* с разными морфологическими признаками и представлениями разных авторов об объеме видов

Table 2. Chronology of changes in the names of species from the genus *Agarum* with different morphological characters and views of different scientists about the volume of certain species

№	Публикация	Водоросли с широкой плоской жилкой и крупными перфорациями	Водоросли с узкой выпуклой жилкой и мелкими перфорациями	
1	Gmelin, 1768	<i>Fucus agarum</i>	–	
2	Turner, 1809	–	<i>Fucus agarum</i>	
3	Dumortier, 1822	<i>Agarum clathratum</i>		
4	Bory, 1826	<i>Agarum cribrosum</i>		
5	Mertens, 1829	<i>Fucus agarum</i>	<i>Fucus cribrosus</i>	<i>Fucus pertusum</i>
6	Postels, Ruprecht, 1840	<i>Agarum gmelinii</i>	<i>Agarum turneri</i>	<i>Agarum pertusum</i>
7	Setchell, Gardner, 1925; Петров, 1975	<i>Agarum cribrosum</i>		
8	Silva, 1991	<i>Agarum clathratum</i>		
9	Клочкова, Березовская, 1997	<i>Agarum turneri</i>	<i>Agarum cribrosum</i>	
10	Boo et al., 2011; Kawai et al., 2017	<i>Agarum turneri</i>	<i>Agarum clathratum</i>	
11	Клочкова и др., наст. исследование	<i>Agarum clathratum</i>	<i>Agarum pertusum</i>	

Название *A. turneri* в современном его понимании неприменимо, потому что признаки относимых к нему водорослей не соответствуют таковым протолога *A. turneri* (см. табл. 1), а укладываются в приведенное А.Ф. Постельсом и Ф.И. Рупрехтом [Postels, Ruprecht, 1840] описание *A. gmelinii*. Однако это название является излишним в отношении названия *F. agarum*, поэтому в рамках ботанического кодекса его следует рассматривать как синоним *A. clathratum*. Использование же названия *A. clathratum* вносит определенную путаницу по причине отнесения к нему разными исследователями двух разных видов, но оно является приоритетным для обозначения водорослей с широкой жилкой и крупными перфорациями. Кроме того, учитывая обнаруженную нами конспецифичность видов *A. pertusum* и *A. turneri* (в понимании А.Ф. Постельса и Ф.И. Рупрехта), вид, определяемый ныне как *A. clathratum* (т. е. водоросли с пластинами, имеющими мелкие перфорации и тонкую выпуклую жилку), мы предлагаем указывать как *A. pertusum*, поскольку этот видовой эпитет был введен в научную литературу К.Г. Мертенсом еще в 1829 г.

Фотография типового образца *A. gmelinii* (LE A0000444) представлена на рис. 3, В. Время его сбора на этикетке не указано. Поскольку входивший в состав экспедиции Ф.П. Литке и М.Н. Станюковича шлюп «Сенявин», в экипаж которого входил К.Г. Мертенс, посещал Камчатку трижды, это мог быть или 1827, или 1828 г. Типовым образцом *A. pertusum* (LE A0000441) следует считать экземпляр, собранный К.Г. Мертенсом в Авачинской губе в ходе той же экспедиции и определенный им как *Fucus pertusus* (см. рис. 1, А).

В соответствии с правилами Международного кодекса номенклатуры водорослей, грибов и растений [Turland et al., 2018],

*A. turneri* также должен быть типифицирован. Лектотипом этого вида следует считать хранящийся в альгологической коллекции LE гербарный образец (LE A0000445), подписанный рукой Ф.И. Рупрехта как *A. turneri* (см. рис. 3, Г).

Ниже представлены номенклатурные изменения, предлагающие рассматривать виды *A. gmelinii*, *A. pertusum* и *A. turneri* в следующем объеме.

**1. *Agarum gmelinii* Mertens ex Postels et Ruprecht emend. N. Klochkova, Klimova, T. Klochkova**

*Description:* Postels, Ruprecht, 1840: 11–12, табл. 20, 21.

*Lectotype* (designated here): LE A0000444! (рис. 3, В), хранится в Ботаническом институте им. В.Л. Комарова РАН (St. Peterburg, LE).

*Type locality:* восточная Камчатка.

*Collector:* К. Мертенс.

*Homotypic synonyms:* *Fucus agarum* Gmelin, 1768: 210, tab. 32; *Laminaria agarum* (S.G. Gmelin) Agardh, 1817: 17; *Agarum clathratum* Dumortier, 1822: 102 pro parte, *A. cribrosum* Bory, 1826: 193 pro parte.

*Notes:* в научной литературе этот вид ошибочно упоминался как *Agarum turneri* auct. non Postels et Ruprecht [Клочкова, Березовская, 1997: 57, рис. 2.21; Klochkova, 1998: 388; Boo, Yoon, 2000: 15; Клочкова и др., 2009: 154, табл. 69; Boo et al., 2011: 834; Kawai et al., 2017: 265; Klochkova et al., 2021: 368; Lindeberg, Lindstrom, 2022].

**2. *Agarum pertusum* (Mertens) Postels et Ruprecht emend. N. Klochkova, Klimova, T. Klochkova**

*Description:* Postels, Ruprecht, 1840: 12, табл. 23.

*Lectotype* (designated here): LE A0000441! (рис. 1А), хранится в Ботаническом институте им. В.Л. Комарова РАН (St. Peterburg, LE).

*Type locality:* юго-восточная Камчатка, Авачинская губа.

*Collector:* К. Мертенс.

*Basionym: Fucus pertusus* Mertens, 1829: 53.  
*Heterotypic synonyms: Fucus agarum* Turner, 1809: 11, tab. 75; *Agarum clathratum* Dumortier, 1822: 102 pro parte, *A. cribrum* Gaillon, 1828: 374; *Fucus cribrum* Mertens, 1829: 52; *Laminaria boryi* Bachelot Pylaie 1830: 28; *Agarum turneri* Postels et Ruprecht, 1840: 12.  
*Notes:* в научной литературе этот вид ранее упоминался как *A. clathratum* [Dumortier, 1822: 102; Петров, 1975; Silva, 1991: 220; Ключкова и др., 2009: 154, табл. 69; Woo, Yoon, 2000: 15; Woo et al., 2011: 834; Kawai et al., 2017: 265; Klochkova et al., 2021: 368] и как *Agarum cribrum* [Bory, 1826: 193 pro parte; Lindstrom 1977: 44; Ключкова, Березовская, 1997: 58, рис. 2.22; Klochkova, 1998: 388].

***Agarum pertusum* var. *brassiciforme***  
**Postels et Ruprecht**

*Description:* Postels, Ruprecht, 1840: 12, табл. 23.

*Lectotype* (designated here): LE A0000442! (рис. 1Б), хранится в Ботаническом институте им В.Л. Комарова РАН (St. Peterburg, LE).

*Type locality:* восточная Камчатка.

*Collector:* А.Ф. Постельс.

***Agarum pertusum* var. *platyneurum***  
**Postels et Ruprecht**

*Description:* Postels, Ruprecht, 1840: 12, табл. 23.

*Lectotype* (designated here): LE A0000443! (рис. 1В), хранится в Ботаническом институте им. В.Л. Комарова РАН (St. Peterburg, LE).

*Type locality:* о. Ситха, Аляска.

*Collector:* Г. Кастальский.

**3. *Agarum turneri* Postels et Ruprecht**

*Description:* Postels, Ruprecht, 1840: 12, табл. 20.

*Lectotype* (designated here): LE A0000445! (рис. 3Г), хранится в Ботаническом институте им. В.Л. Комарова РАН (St. Peterburg, LE).

*Type locality:* Авачинский залив, восточная Камчатка.

*Collector:* К. Мертенс.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность куратору водорослевой коллекции БИН РАН к.б.н. Т.А. Михайловой за оказанную помощь в изучении материалов, собранных в ходе экспедиции Ф.П. Литке и М.Н. Станюковича (1826–1829 гг.).

## ЛИТЕРАТУРА REFERENCES

- Гайл Г.И. 1936. Ламинариевые водоросли дальневосточных морей. *Вестник ДВФ АН СССР*. № 19. С. 31–65.  
 Gail G.I. 1936. *Laminarian algae of the Far Eastern seas. Vestnik Dal'nevostochnogo Filiala Akademii nauk SSSR (Bulletin of the Far Eastern branch of the Academy of sciences of the USSR)*. № 19. P. 31–65 (in Russian).
- Зинова Е.С. 1954. Морские водоросли юго-восточной Камчатки. *Труды Ботанического института АН СССР*. Сер. II. Вып. 9. С. 365–400.  
 Zinova E.S. 1954. *Algae of the Sea of Okhotsk. Trudy Botanicheskogo Instituta AN SSSR (Proceedings of Botanical Institute AS USSR)*. Ser. II. Issue 9. P. 259–307.
- Кардакова-Преженцева Е.А. 1938. Водорослевая растительность Командорских островов *Изв. ТИНРО*. Т. 14. С. 77–108.  
 Kardakova-Prejenzoffa E.A. 1938. *The sea-weeds of Commander Islands. Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. Vol. 14. P. 77–108. (in Russian).
- Ключкова Н.Г., Березовская В.А. 1997. Водоросли камчатского шельфа. Распространение, биология, химический состав. Владивосток: Дальнаука. 153 с.  
 Klochkova N.G., Berezovskaya V.A. 1997. *Algae of the Kamchatka shelf. Distribution, biology, chemical composition. Vladivostok: Dal'nauka Publ.* 153 p. (in Russian).
- Ключкова Н.Г., Королева Т.Н., Кусиди А.Э. 2009. Атлас водорослей-макрофитов прикамчатских вод. Т. 1. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 218 с.  
 Klochkova N.G., Koroleva T.N., Kusidi A.E. 2009. *Marine algae of Kamchatka and surrounding areas. Vol. 1. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO*. 218 p. (in Russian).
- Ключкова Т.А., Ким Г.Х., Климова А.В., Ключкова Н.Г. 2018. Таксономическая значимость

- фенотипических и генотипических признаков при описании новых для науки родов и видов. *Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана*. Вып. 51. С. 60–72. DOI: 10.15853/2072-8212.2018.51.60-72.
- Klochkova T.A., Kim G.H., Klimova A.V., Klochkova N.G. 2018. Taxonomic significance of phenotypic and genotypic characters to describe new genera and species. *Issledovaniya vodnyh biologicheskikh resursov Kamchatki i severo-zapadnoj chasti Tihogo okeana (The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and the North-West Part of the Pacific Ocean)*. Issue. 51. P. 60–72 (in Russian).
- Петров Ю.Е. 1975. Ламинариевые и фукусовые водоросли морей СССР (морфология, экология, филогения, систематика). *Автореферат диссертации ... доктора биол. наук*. Ленинград. 54 с.
- Petrov Ju.E. 1975. *Laminariacean and Fucacean algae of the USSR's seas. Abstract of doctoral dissertation for biological sciences*. Leningrad. 54 p. (in Russian).
- Agardh C.A. 1817. Synopsis algarum Scandinaviae, adjecta dispositione universali algarum. Berling: Lundae. 135 p.
- Bachelot de la Pylaie, A.J.M. 1830. Flora de l'Île Terre-Neuve et des Iles Saint Pierre et Miclon. Livraison [Algae]. Paris: Typographie de A. Firmin Didot, rue Jacob. № 24. P. 1–128.
- Boo G.H., Lindstrom S.C., Klochkova N.G. et al. 2011. Taxonomy and biogeography of *Agarum* and *Thalassiosiphon* (Laminariales, Phaeophyceae) based on sequences of nuclear, mitochondrial, and plastid markers. *Taxon*. Vol. 60. P. 831–840.
- Boo S.M., Yoon H.S. 2000. Molecular relationship of giant kelp (Phaeophyceae). *Algae*. Vol. 15. № 1. P. 13–16.
- Bory de Saint-Vincent J.B.G.M. 1826. Laminarie. *Laminaria*. In: Dictionnaire Classique d'Histoire Naturelle. (Audouin I. et al. Eds). Paris: Rey et Gravier; Baudouin Frères. Vol. 9. P. 187–191.
- Dumortier B.C.J. 1822. Commentationes Botanicae. Casterman, Tournay: Ch. Casterman-Dien. 117 p.
- Gaillon B. 1828. Résumé méthodique des classifications des Thalassiosiphonites. *Dictionnaire des Sciences Naturelles (Levrault)*. Vol. 53. P. 350–406.
- Gmelin S.G. 1768. Historia fucorum. St. Petersburg: Typographia Academiae Scientiarum, Petropoli. 239 p.
- Guiry M.D., Guiry G.M. 2022. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. URL: <http://www.algaebase.org>.
- Kawai H., Hanyuda T., Gao X. et al. 2017. Taxonomic revision of the Agaraceae (Phaeophyceae, Laminaiales) with a description of *Neoagarum* gen. nov. and reinstatement of *Thalassiosiphon*. *Journal of Phycology*. Vol. 53. № 2. P. 261–270. DOI: 10.1111/jpy.12511.
- Kjellman F.R. 1889. Om Beringhafvets algflora. *Kongl. Sven. Vetensk. Akad. Handl.* Vol. 23. № 8. P. 1–58.
- Klimova A.V., Klochkova T.A., Klochkova N.G. 2020. Typification and the current taxonomical status of *Laminaria agarum* var. *asiaticum* and *Laminaria boryi* (Agaraceae, Laminariales). *Botanica Pacifica*. Vol. 9. № 1. P. 165–169. DOI: 10.17581/bp.2020.09110.
- Klochkova N.G. 1998. An annotated bibliography of marine macroalgae on northwest coasts of the Bering Sea and the southeast Kamchatka: the first revision of flora. *Algae*. Vol. 13. № 4. P. 375–418.
- Klochkova T.A., Klochkova N.G., Yotsukura N., Kim G.H. 2017. Morphological, molecular and chromosomal identification of dwarf haploid parthenosporophytes of *Tauya basicrassa* (Phaeophyceae, Laminariales) from the Sea of Okhotsk. *Algae*. Vol. 32. № 1. P. 15–28. DOI: 10.4490/algae.2017.32.1.31.
- Klochkova T.A., Klimova A.V., Yotsukura N., Klochkova N.G. 2021. A revision of the genus *Agarum* (Laminariales, Phaeophyceae) from the Far Eastern seas with a description of *Agarum undulatum* sp. nov. from the Kuril Islands. *Russian Journal of Marine Biology*. Vol. 47. P. 364–372. DOI: 10.1134/S1063074021050059.
- Lindeberg M.R., Lindstrom S.C. 2022. Field guide to the seaweeds of Alaska. URL: <http://www.seaweedsfalaska.com>.
- Lindsotom S.C. 1977. An annotated bibliography of the benthic marina algae of Alaska. Alaska Department of fish and game. Sabport building, jeneau Alaska. 99801. 177 p.
- Linnaeus C. 1753. Species plantarum, exhibentes plantas rite cognitatas, ad genera relatas, cum differentiis specificis, nominibus trivialibus, synonymis selectis, locis natalibus, secundum systema sexuale digestas. Holmiae: Impensis Laurentii Salvii. Vol. 2. P. 561–1200.
- Mertens K.H. 1829. Zwei botanisch-wissenschaftliche Berichte vom Dr. Heinrich Mertens. Erster Bericht über verschiedene Fucus-Arten, an den Vater, Prof. Mertens in Bremen. *Linnaea*. Vol. 4. P. 43–58.
- Myabe K., Nagai M. 1933. Laminariaceae of the Kurile Islands. *Thrans. Sapporo Nat., Hist. Sci.* Vol. 13. № 2. P. 85–102.
- Nagai M. 1940. Marine algae of the Kurile Islands. I. *Journ. Fac. Agr. Hokkaido Imp. Univ.* Vol. 46. P. 1–137.



- Postels A., Ruprecht F. 1840. Illustrationes algarum in itinere circum orbem jussu imperatoris Nicolai I. Atque auspiciis navarchi Friderici Lütke annis 1826, 1827, 1828 et 1829 celoce Seniavin exsecuto in Oceano pacifico, inprimis septemtrionale ad littoral rossica asiatico-americanam collectarum. Petropoli: Typis Eduardi Pratz. 28 p.
- Saunders G.W., Druehl L.D. 1992. Nucleotide sequences of the small-subunit ribosomal RNA genes from selected Laminariales (Phaeophyta): Implications for kelp evolution. *J. Phycol.* Vol. 28. P. 544–549. DOI: 10.1111/j.0022-3646.1992.00544.x.
- Setchell W.A., Gardner N.L. 1903. Algae of north-western America. *Univ. Calif. Publ. in Botany.* Vol. 1. P. 165–418.
- Setchell W.A., Gardner N.L. 1925. The marine algae of the pacific coast of North America. Part III. Melanophyceae. *Univ. of Calif. Publ. in Botany.* Vol. 8. Part 3. P. 383–898.
- Silva P.C. 1991. Nomenclatural remarks on *Agarum* (Laminariaceae, Phaeophyceae). *Jap. Journ. of Phycology.* Vol. 39. № 3. P. 217–221.
- Tokida J. 1954. The marine algae of Southern Saghalien. *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* Vol. 2. № 1. P. 1–264.
- Turland N.J., Wiersma J.H., Barrie F.R. et al. 2018. International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (Shenzhen Code) adopted by the Nineteenth International Botanical Congress Shenzhen, China, July 2018. *Regnum Vegetabile.* Glashütten: Koeltz Botanical Books. Vol. 159. 254 p. DOI: 10.12705/Code.2018.
- Turner D. 1809. Fuci, sive, Plantarum fucorum generi a botanicis ascriptarum icones descriptiones et historia. = Fuci, or, Coloured figures and descriptions of the plants referred by botanists to the genus Fucus. Vol. II. 64 p.
- Yamada I. 1974. Local variation in *Agarum cribratum* Bory (Phaeophyta) on the coasts of Hokkaido and adjacent regions. *J. Fac. Sci. Hokkaido Imp. Univ.* Vol. 10. P. 32–47.
- Yamada Y. 1962. On the species of *Agarum*. *Acta Phytotax. Geobot.* Vol. 20. P. 275–279.
- Yoon H.S., Lee J.Y., Boo S.M., Bhattacharya D. 2001. Phylogeny of the Alariaceae, Laminariaceae, and Lessoniaceae (Phaeophyceae) based on plastid-encoded RuBisCo spacer and nuclear-encoded ITS sequences comparisons. *Mol. Phylogenet. Evol.* Vol. 21. P. 231–243. DOI: 10.1006/mpev.2001.1009.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Клочкова Нина Григорьевна** – Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН; 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский; доктор биологических наук, главный научный сотрудник; ninakl@mail.ru. SPIN-код: 4701-2618, Author ID: 344281, Scopus ID: 6602583957.

**Klochkova Nina Grigorievna** – Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute FEB RAS; 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Biological Sciences; Chief Scientific Researcher; ninakl@mail.ru. SPIN-code: 4701-2618, Author ID: 344281, Scopus ID: 6602583957.

**Климова Анна Валерьевна** – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат биологических наук; заведующий сектором коллективного использования научного оборудования; annaklimovae@mail.ru. SPIN-code: 3188-5428, Author ID: 732623, Scopus ID: 56711736100.

**Klimova Anna Valereevna** – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Biological Sciences; Head of the Center for Collective Use of Scientific Equipment; annaklimovae@mail.ru. SPIN-code: 3188-5428, Author ID: 732623, Scopus ID: 56711736100.

**Клочкова Татьяна Андреевна** – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; доктор биологических наук, проректор по научной работе и международной деятельности, профессор кафедры «Экология и природопользование»; tatyana\_algae@mail.ru. SPIN-код: 7534-7736, Author ID: 664379, Scopus ID: 12792241800.

**Klochkova Tatyana Andreevna** – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Biological Sciences; Vice-rector for Scientific Work and International Communications, Professor of Ecology and nature management chair; tatyana\_algae@mail.ru. SPIN-код: 7534-7736, Author ID: 664379, Scopus ID: 12792241800.

УДК 593.93(265.51)"07-08.2008"

DOI: 10.17217/2079-0333-2022-62-49-73

**МОРСКИЕ ЗВЕЗДЫ (ECHINODERMATA: ASTEROIDEA) СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БЕРИНГОВА МОРЯ, СОБРАННЫЕ ЭКСПЕДИЦИЕЙ ТИПРО-ЦЕНТРА НА СУДНЕ НИС «ТИПРО» В ИЮЛЕ – АВГУСТЕ 2008 ГОДА**

Смирнов А.В.<sup>1</sup>, Панина Е.Г.<sup>2</sup>, Степанов В.Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, Университетская набережная, 1.

<sup>2</sup> Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Партизанская, 6.

В статье приведены данные о морских звездах, обнаруженных в северо-западной части Берингова моря во время проведения траловой съемки на судне НИС «ТИПРО» (ТИПРО-центр) в июле – августе 2008 года на глубинах от 43 до 552 м. Всего было найдено 27 видов морских звезд, принадлежащих к 10 семействам и 6 отрядам. Из них 24 определены до вида (два из них под вопросом) и три – до рода. Три вида – *Solaster spectabilis*, *Hippasteria armata* и *Nearchaster (Nearchaster) pedicellaris pedicellaris* впервые встречены в Беринговом море, а виды *Pteraster tesselatus*, *Diplopteraster multipes* и *Asterias microdiscus* впервые указываются для северо-западной части Берингова моря. Приводятся данные о местонахождении собранных видов, краткие замечания об их прижизненной окраске, размерах и некоторых морфологических признаках. Для каждого вида приведены прижизненные фотографии.

**Ключевые слова:** Берингово море, видовой состав, морские звезды, распределение, Asteroidea.

**STARFISH (ECHINODERMATA: ASTEROIDEA) OF THE NORTH-WESTERN PART OF THE BERING SEA COLLECTED BY THE TINRO-CENTER EXPEDITION ON THE RESEARCH VESSEL “TINRO” IN JULY – AUGUST 2008**

Smirnov A.V.<sup>1</sup>, Panina E.G.<sup>2</sup>, Stepanov V.G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Zoological Institute of RAS, Saint Petersburg, Universitetskaya naberezhnaya 1.

<sup>2</sup> Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute of FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Partizanskaya Str. 17.

The data on starfish found in the north-western part of the Bering Sea during trawl survey aboard the research vessel “TINRO” (TINRO-Center) on the depth 43–552 m in July – August 2008 are presented. 27 species of starfish belonging to 10 families and 6 orders were found. 24 of them were identified to specieslevel (two of them are questionable) and 3 – to the genus level. Three species such as *Solaster spectabilis*, *Hippasteria armata* and *Nearchaster (Nearchaster) pedicellaris pedicellaris* are discovered in the Bering Sea for the first time. *Pteraster tesselatus*, *Diplopteraster multipes* and *Asterias microdiscus* species are recorded for the northwestern part of the Bering Sea for the first time. Data on the location of the collected species, brief remarks on their lifetime coloration, size and some morphological features are given. Life photographs for each species are shown.

**Key words:** the Bering Sea, species composition, starfish, distribution, Asteroidea.

## ВВЕДЕНИЕ

Наиболее полные сведения по морским звездам из морей СССР, и Берингова моря в том числе, были приведены в прошлом столетии в работах Дьяконова [1949; 1950а; 1950б; 1958; 1961] и Барановой [1957].

Последний список достоверных данных о видовом составе морских звезд российских вод Берингова моря был составлен в 2013 году [Smirnov, 2013], в котором сообщается о 44 видах морских звезд, принадлежащих к семи отрядам, 22 семействам и 26 родам.

В беринговоморских водах Аляски обитает около 63 видов морских звезд [Clark, 1999; A Working field guide..., 2002]. В беринговоморских водах Алеутских о-вов обнаружено около 60 видов морских звезд [Clark, 1999; Clark, Jewett, 2010; 2011a, b; 2015; Jewett et al., 2015]. У берегов Британской Колумбии (Канада) было отмечено 50 видов морских звезд [Lambert, Boutillier, 2011].

В нашей статье мы дополняем данные по видовому составу морских звезд из российских вод Берингова моря.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для настоящей работы послужили сборы экспедиции ТИНРО-Центра (июль – август 2008 г.) в северо-западной части Берингова моря на глубинах 43–552 м. Работы проводились одним из авторов (В.Г. Степановым) на судне НИС «ТИНРО». В качестве орудия лова использовался донный трал ДТ-27.1/24.4. Продолжительность тралений составляла от 10 до 40 мин. Средняя скорость траления составляла 3 узла. Фотографии морских звезд сделаны на судне до их фиксации, когда еще была не потеряна прижизненная окраска.

Всего определено 64 экземпляра морских звезд, собранных на 30 станциях (таблица, рис. 1). Размеры морских звезд представлены двумя измерениями: R – расстояние от центра ротового отверстия до кончика луча, r – расстояние от ротового отверстия до интеррадиального края тела между лучами.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В исследованном материале было обнаружено 27 видов морских звезд, относящихся к 6 отрядам, 10 семействам и 16 родам. Ниже приводится краткое описание исследованного материала.

### Отряд *Velatida*

#### Семейство *Pterasteridae*

#### *Pteraster militaris* (O. Müller, 1776)

(рис. 2)

Fisher, 1911: 167, 346, pl. 98 figs 1, 2; Дьяконов, 1950а: 79; Баранова, 1957: 167; 1962: 354; Lambert, 2000: 94, figs 82, 83, C-20; Явнов, 2010: 97, фото с. 97, с. 98; Smirnov, 2013: 193; Jewett et al., 2015: 45, figs p. 44.

Материал: ст. 152 (1 экз.).

Лучей 5. Размеры: R = 150 мм, r = 61 мм, R / r = 2,5. Цвет ярко-оранжевый. Лучи хорошо обособлены и несколько вытянуты, их кончики загибаются на спинную сторону. Тело звезды мясистое, спинная сторона гладкая. Спинная мембрана толстая, содержит шиповатые тельца с отверстиями. Вентролатеральная мембрана неширокая. Перепонка, соединяющая околоротовые иглы, прервана между двумя вершинными иглами челюсти. Суборальная игла толстая со стекловидным кончиком, загнута назад.

Вид найден вблизи Анадырского залива на глубине 56–57 м на скалисто-гравийном грунте.

Список станций экспедиции ТИНРО-Центра в июле – августе 2008 года, на которых были собраны морские звезды

List of stations of the TINRO-Center expedition where starfish were collected in July – August 2008

№ станции	Информация о станции	Вид (кол-во экз.)
51	26.07.2008 г., ТИНРО-Центр, НИС «ТИНРО»; 61°44'6 с. ш., 175°47'5 в. д., 61°44'5 с. ш., 175°45'4 в. д.; орудие лова – трал ДТ-27.1/24.4; гл. 77–78 м; t = 1,7°C; грунт – гравий, скала; сб. В. Г. Степанов	<i>Pteraster ornatus</i> (1 экз.)
		<i>Henricia oculata</i> (2 экз.)
		<i>Crossaster papposus</i> (1 экз.)
52	26.07.2008 г., ТИНРО-Центр, НИС «ТИНРО»; орудие лова – трал ДТ-27.1/24.4; 61°53'1 с. ш., 175°41'7 в. д., 61°53'7 с. ш., 175°43'8 в. д.; гл. 43–44 м; t = 2,2°C; грунт – мелкая галька, гравий, скала; сб. В.Г. Степанов	<i>Pteraster ornatus</i> (1 экз.)
		<i>Pedicellaster magister magister</i> (1 экз.)
53	26.07.2009 г., ТИНРО-Центр, НИС «ТИНРО»; 62°03'4 с. ш., 176°14'3 в. д., 62°03'0 с. ш., 176°12'1 в. д.; орудие лова – трал ДТ-27.1/24.4; гл. 45–46 м; t = 2,5°C, грунт – галька, скала; сб. В.Г. Степанов	<i>Crossaster papposus</i> (1 экз.)
54	26.07.2009 г., ТИНРО-Центр, НИС «ТИНРО»; 61°55'7 с. ш., 176°24'7 в. д., 61°55'1 с. ш., 176°22'6 в. д.; орудие лова – трал ДТ-27.1/24.4; гл. 86 м, t = 3,6°C, грунт – гравий; сб. В.Г. Степанов	<i>Hippasteria</i> sp. (1 экз.)
55	26.07.2008 г., ТИНРО-Центр, НИС «ТИНРО»; орудие лова – трал ДТ-27.1/24.4; 61°37'9 с. ш., 176°37'3 в. д., 61°48'5 с. ш., 176°35'2 в. д.; гл. 152 м; t = 2°C, грунт – галька, скала; сб. В.Г. Степанов	<i>Leptasterias (Hexasterias) polaris acervata</i> (1 экз.)
		<i>Lethasterias nanimensis</i> (1 экз.)
		<i>Crossaster papposus</i> (1 экз.)
		<i>Henricia oculata</i> (1 экз.)
56	26.07.2008 г., ТИНРО-Центр, НИС «ТИНРО»; орудие лова – трал ДТ-27.1/24.4; 61°44'9 с. ш., 176°43'7 в. д., 61°44' с. ш., 176°41' в. д., гл. 352–353 м; грунт – гравий, скала; сб. В.Г. Степанов	<i>Diplopteraster multipes</i> (2 экз.)
		<i>Henricia oculata</i> (1 экз.)
57	27.07.2008 г., ТИНРО-Центр, НИС «ТИНРО»; орудие лова – трал ДТ-27.1/24.4; 61°39'2 с. ш., 176°48'9 в. д., 61°40'6 с. ш., 176°51'3 в. д.; гл. 745–749 м, t = 3,3°C; грунт – гравий, скала; сб. В.Г. Степанов	<i>Hippasteria armata</i> (1 экз.)
		<i>Dipsacaster borealis</i> (1 экз.)
60	27.07.2008 г., ТИНРО-Центр, НИС «ТИНРО»; орудие лова – трал ДТ-27.1/24.4; 61°44'6 с. ш., 176°48 в. д., 61°43'6 с. ш., 176°45'7 в. д.; гл. 452–454 м; t = 3,7°C; грунт – галька, скала; сб. В.Г. Степанов	<i>Diplopteraster multipes</i> (2 экз.)
		<i>Dipsacaster anoplus</i> (1 экз.)
		<i>Nearchaster (Nearchaster) pedicellaris pedicellaris</i> (1 экз.)
62	27.07.2008 г., ТИНРО-Центр, НИС «ТИНРО»; орудие лова – трал ДТ-27.1/24.4; 61°52'3 с. ш., 177°12'3 в. д., 61°52' с. ш., 177°10'1 в. д.; гл. 128–131 м; t = 2,2°C, грунт – гравий, скала; сб. В.Г. Степанов	<i>Diplopteraster multipes</i> (2 экз.)
		<i>Solaster spectabilis</i> (1 экз.)
63	28.07.2008 г., ТИНРО-Центр, НИС «ТИНРО»; орудие лова – трал ДТ-27.1/24.4; 62°02'5 с. ш., 177°06'3 в. д., 62°02'6 с. ш., 177°03'1 в. д.; гл. 89 м; t = 1,9°C; грунт – гравий, скала; сб. В.Г. Степанов	<i>Henricia oculata</i> (3 экз.)
		<i>Crossaster cf. borealis</i> (1 экз.)
		<i>Pedicellaster magister magister</i> (1 экз.)
		<i>Leptasterias (Hexasterias) sp.</i> (2 экз.)
64	28.07.2008 г., ТИНРО-Центр, НИС «ТИНРО»; орудие лова – трал ДТ-27.1/24.4; 62°13'2 с. ш., 176°47'6 в. д., 62°13'5 с. ш., 176°49'9 в. д.; гл. 53 м; t = 3,2°C; грунт – галька, скала; сб. В.Г. Степанов	<i>Leptasterias (Hexasterias) polaris acervata</i> (1 экз.)
		<i>Gephyreaster swifti</i> (1 экз.)
65	28.07.2008 г., ТИНРО-Центр, НИС «ТИНРО»; орудие лова – трал ДТ-27.1/24.4; 62°20'4 с. ш., 177°39'7 в. д., 62°20'7 с. ш., 177°37'3 в. д.; гл. 53 м; t = 3,2°C, грунт – галька, скала; сб. В.Г. Степанов	<i>Aleutihenricia beringiana</i> (1 экз.)
		<i>Leptasterias (Hexasterias) sp.</i> (1 экз.)
73	30.07.2008 г., ТИНРО-Центр, НИС «ТИНРО»; орудие лова – трал ДТ-27.1/24.4; 61°45'5 с. ш., 177°59'8 в. д., 61°45'9 с. ш., 177°58'2 в. д.; гл. 287 м; t = 2,1°C; грунт – гравий, скала; сб. В.Г. Степанов	<i>Pteraster tessellatus</i> (1 экз.)
		<i>Crossaster papposus</i> (1 экз.)
		<i>Solaster endeca</i> (1 экз.)

Окончание табл.

The end of the Table

№ станции	Информация о станции	Вид (кол-во экз.)
74	30.07.2008 г., ТИНРО-Центр, НИС «ТИНРО»; орудие лова – трал ДТ-27.1/24.4; 61°50'5 с. ш., 177°53'1 в. д., 61°50'6 с. ш., 177°51'1 в. д.; гл. 113–114 м; t = 2,6°C; грунт – валуны, песок; сб. В.Г. Степанов	<i>Crossaster papposus</i> (1 экз.)
75	30.07.2008 г., ТИНРО-Центр, НИС «ТИНРО»; орудие лова – трал ДТ-27.1/24.4; 62°00'8 с. ш., 177°43'7 в. д., 62°00'8 с. ш., 177°41'1 в. д.; гл. 92–93 м; t = 2,1°C; грунт – гравий, скала; сб. В.Г. Степанов	<i>Pteraster tessellatus</i> (1 экз.)
		<i>Solaster spectabilis</i> (1 экз.)
76	30.07.2008 г., ТИНРО-Центр, НИС «ТИНРО»; орудие лова – трал ДТ-27.1/24.4; 62°12'5 с. ш., 178°23'1 в. д., 62°12'3 с. ш., 178°20'5 в. д.; гл. 56–57 м; t = 3°C; грунт – мелкие камни; сб. В.Г. Степанов	<i>Leptasterias (Hexasterias) polaris acervata</i> (1 экз.)
98	03.08.2008 г., ТИНРО-Центр, НИС «ТИНРО»; орудие лова – трал ДТ-27.1/24.4; 60°52'8 с. ш., 179°22'9 в. д., 60°52'1 с. ш., 179°24'2 в. д.; гл. 551–552 м; t = 3,5°C; грунт – галька, гравий; сб. В.Г. Степанов	<i>Ctenodiscus crispatus</i> (1 экз.)
102	04.08.2008 г., ТИНРО-Центр, НИС «ТИНРО»; орудие лова – трал ДТ-27.1/24.4; 61°30'3 с. ш., 179°26'7 в. д., 61°30'1 с. ш., 179°24'4 в. д.; гл. 184 м; t = 0,4°C; грунт – галька; сб. В.Г. Степанов	<i>Pteraster tessellatus</i> (1 экз.)
105	04.08.2008 г., ТИНРО-Центр, НИС «ТИНРО»; орудие лова – трал ДТ-27.1/24.4; 62°00'8 с. ш., 179°59'3 з. д., 61°59'9 с. ш., 179°59'9 з. д.; гл. 167–168 м; t = 1,8°C; грунт – галька, гравий; сб. В.Г. Степанов	<i>Henricia sp.</i> (1 экз.)
107	05.08.2008 г., ТИНРО-Центр, НИС «ТИНРО»; орудие лова – трал ДТ-27.1/24.4; 61°21'3 с. ш., 179°58'3 з. д., 61°21'4 с. ш., 179°57' з. д.; гл. 153–154 м; t = 0,5°C; грунт – крупный песок, галька, гравий; сб. В.Г. Степанов	<i>Pteraster ornatus</i> (2 экз.)
		<i>Ctenodiscus crispatus</i> (1 экз.)
117	07.08.2008г., ТИНРО-Центр, НИС «ТИНРО»; орудие лова – трал ДТ-27.1/24.4; 61°40'5 с. ш., 177°50'7 з. д., 61°40'0 с. ш., 177°52'7 з. д.; гл. 137 м; t = 0,6°C; грунт – ил, глыбы; сб. В.Г. Степанов	<i>Lethasterias nanimensis</i> (1 экз.)
122	08.08.2008 г., ТИНРО-Центр, НИС «ТИНРО»; орудие лова – трал ДТ-27.1/24.4; 62°40' с. ш., 179°52'1 з. д., 62°39'4 с. ш., 179°52'9 з. д.; гл. 85–86 м; t = 1,9°C; грунт – песок; сб. В.Г. Степанов	<i>Pteraster ornatus</i> (1 экз.)
		<i>Crossaster papposus</i> (1 экз.)
		<i>Leptasterias (Hexasterias) polaris acervata</i> (1 экз.)
123	08.08.2008 г., ТИНРО-Центр, НИС «ТИНРО»; орудие лова – трал ДТ-27.1/24.4; 64°00'5 с. ш., 179°59'8 з. д., 63°59'4 с. ш., 179°59'6 з. д.; гл. 62 м; t = 2,2°C; грунт – песок, валуны; сб. В.Г. Степанов	<i>Henricia tumida</i> (2 экз.)
129	09.08.2008 г., ТИНРО-Центр, НИС «ТИНРО»; орудие лова – трал ДТ-27.1/24.4; 62°00' с. ш., 177°50'8 з. д., 62°00'1 с. ш., 177°52'9 з. д.; гл. 118 м; t = -0,2°C; грунт – галька, ил; сб. В.Г. Степанов	<i>Leptasterias (Hexasterias) polaris acervata</i> (1 экз.)
135	10.08.2008 г., ТИНРО-Центр, НИС «ТИНРО»; орудие лова – трал ДТ-27.1/24.4; 62°20' с. ш., 175°50'4 з. д., 62°20' с. ш., 175°52'5 з. д.; гл. 88 м; t = -1,4°C; грунт – ил; сб. В.Г. Степанов	<i>Asterias microdiscus</i> (1 экз.)
137	11.08.2008 г., ТИНРО-Центр, НИС «ТИНРО»; орудие лова – трал ДТ-27.1/24.4; 62°40' с. ш., 176°13'7 з. д., 62°40'1 с. ш., 176°15'9 з. д.; гл. 88–89 м; t = -1,6°C; грунт – ил; сб. В.Г. Степанов	<i>Leptasterias (Endogenasterias) groenlandica</i> (1 экз.)
		<i>Pteraster ornatus</i> (1 экз.)
150	13.08.2008 г., ТИНРО-Центр, НИС «ТИНРО»; орудие лова – трал ДТ-27.1/24.4; 63°22'1 с. ш., 173°42'2 з. д., 63°22' с. ш., 173°40' з. д.; гл. 74–75 м; t = 1,4°C; грунт – ил, глыбы; сб. В.Г. Степанов	<i>Asterias microdiscus</i> (1 экз.)
151	13.08.2008 г., ТИНРО-Центр, НИС «ТИНРО»; орудие лова – трал ДТ-27.1/24.4; 63°39'6 с. ш., 173°02'5 з. д., 63°40'5 с. ш., 173°00'8 з. д.; гл. 64 м; t = 0,3°C; грунт – галька, гравий; сб. В.Г. Степанов	<i>Pteraster ornatus</i> (1 экз.)
		<i>Henricia cf. spiculifera</i> (1 экз.)
152	13.08.2008 г., ТИНРО-Центр, НИС «ТИНРО»; орудие лова – трал ДТ-27.1/24.4; 63°59'6 с. ш., 172°23'3 з. д., 64°00'4 с. ш., 172°21'4 з. д.; гл. 56–57 м; t = 1,2°C; грунт – гравий, скала; сб. В.Г. Степанов	<i>Pteraster militaris</i> (1 экз.)
		<i>Solaster paxillatus</i> (1 экз.)
163	16.08.2008 г., ТИНРО-Центр, НИС «ТИНРО»; орудие лова – трал ДТ-27.1/24.4; 64°00'3 с. ш., 172°59'2 з. д., 63°59'7 с. ш., 173°01' з. д.; гл. 58 м; t = 1,5°C; грунт – гравий, песок; сб. В.Г. Степанов	<i>Solaster spectabilis</i> (1 экз.)

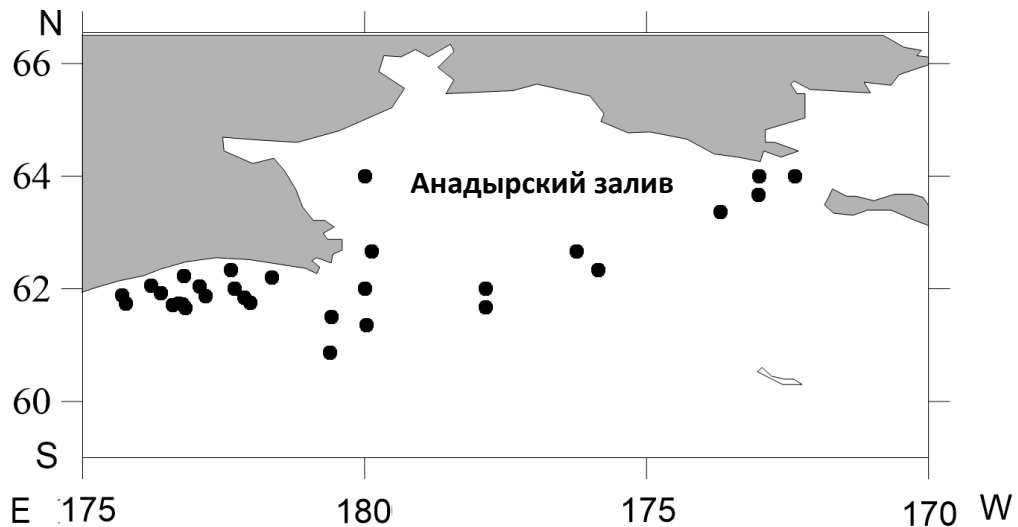


Рис. 1. Схема станций обнаружения морских звезд в экспедиции ТИНРО-Центра в июле – августе 2008 года

Fig. 1. Stations of the TINRO-Center expedition where starfish were discovered in July – August 2008

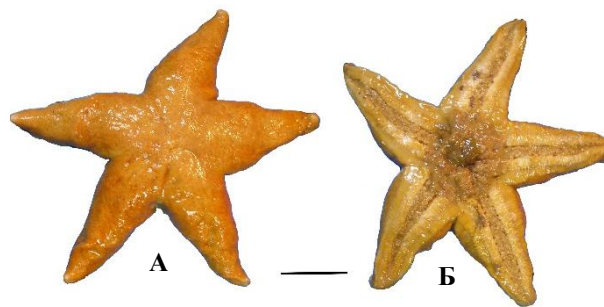


Рис. 2. *Pteraster militaris* (фото В.Г. Степанова): А – вид сверху, Б – вид снизу. Длина размерной линии 2 см

Fig. 2. *Pteraster militaris* (photo by V.G. Stepanov): A – top view, B – bottom view. Scale: 2 cm

***Pteraster ornatus* A. Smirnov, 1982**

(рис. 3)

Смирнов, 1982: 106, рис. 1, 3 (вкладка), 4 (вкладка) (*P. obscurus ornatus*); Fisher, 1911: 363 (part.), pl. 105 figs 2–4, pl. 106 fig. 2 (*P. obscurus* Perrier, 1891); Дьяконов, 1950a: 81 (*P. obscurus* Perrier, 1891, part.); Баранова, 1957: 169 (*P. obscurus* Perrier, 1891, part.); 1962: 354 (*P. obscurus* Perrier, 1891, part.); Явнов, 2010: 89 (*P. obscurus* Perrier, 1891, part., фото с. 91, с. 92 (верхнее), с. 94 (нижнее), с. 95); Smirnov, 2013: 193.

Материал: ст. 51 (1 экз.), ст. 52 (1 экз.), ст. 107 (2 экз.), ст. 122 (1 экз.), ст. 137 (1 экз.), ст. 151 (1 экз.).

Лучей 6. Размеры:  $R = 26–115$  мм,  $r = 20–85$  мм,  $R / r = 1,2–1,6$ . Окраска в центральной части диска от темно-коричневой до светло-коричневой, концы лучей светло-бежевого цвета. У берингоморских экземпляров окраска имеет фиолетовый оттенок, тогда как у охотоморских и северо-япономорских она красноватая. Иногда центральная часть диска на спинной стороне имеет более светлую окраску с темными полосами по интеррадиусам. Тело звезды мясистое, слегка ослизненное. Лучи очень короткие и широкие. Спинная мембрана плотная, без известковых включений. Вентролатеральная мембрана хорошо развита, треугольной формы, наибольшей

ширины достигает на стыке соседних лучей. Оральные иглы связаны плотной мембраной, не прерванной на вершине ротового угла. Суборальные иглы грубые, массивные, обычно с хорошо развитым стекловидным кончиком.

Вид найден на коряжском шельфе на глубинах 43–78 м на скалисто-гравийных грунтах, иногда с примесью мелкой гальки и близ Анадырского залива на глубинах 64–154 м на песчаном и илистом грунтах, иногда с галькой и гравием (см. табл).

*Замечание.* Вид был описан в качестве подвида *Pterater obscurus ornatus* A. Smirnov, 1982. Однако морфологические и биологические отличия позволяют с уверенностью считать его самостоятельным видом. *Pterater ornatus* имеет большие размеры: R достигает 83 мм, тогда как у *P. obscurus* R не превышает 35 мм. В то же время молодь *P. ornatus* покидает материнский организм и переходит к самостоятельной жизни, достигнув 4–6 мм в диаметре, тогда как у *P. obscurus* молодь остается на материнском организме, пока не достигнет величины 12–18 мм в диаметре. Кроме того, эти виды различаются строением суборальных игл. У *P. ornatus* суборальные иглы грубые, толстые, с хорошо развитым стекловидным кончиком, и по размеру меньше, чем вершинные оральные иглы, тогда как у *P. obscurus* суборальные иглы вытянутые, тонкие, без или с небольшим стекловидным кончиком, и в длину больше, чем вершинные оральные иглы [Смирнов, 1982].

### ***Pteraster tessellatus* Ives, 1888**

(рис. 4)

Fisher, 1911: 359, 363, pl. 103 fig. 1, pl. 104 figs 1–5; Verrill, 1914: 268, 269, 270, pl. 32 figs 1, 2, pl. 86 figs 4–4 с, pl. 96 figs 1, 2, pl. 97 fig. 1; Дьяконов, 1950а: 80; Баранова, 1957:

168; 1962: 354; Lambert, 2000: 96, figs 84, 85, С-21; Явнов, 2010: 101, фото с. 102, с. 103, с. 104; Smirnov, 2013: 193; Jewett et al., 2015: 51, figs. 50.

Материал: ст. 73 (1 экз.), ст. 75 (1 экз.), ст. 102 (1 экз.).

Лучей 5. Размеры: R = 44–93 мм; r = 32–73 мм; R / r = 1,27–1,37. Крупная морская звезда. Обычно цвет спинной поверхности звезды бежевый (рис. 4, А), иногда встречаются экземпляры с оранжевым рисунком в центре диска (рис. 4, В). Тело звезды вздутое, массивное, спинная сторона гладкая. Живые экземпляры звезд покрыты слоем слизи. Диск широкий. Лучи короткие тупые, концы лучей слегка загнуты на спинную сторону. Спинная мембрана толстая, не содержит известковых спикул. Вентролатеральная мембрана очень узкая. Оральные иглы связаны мембраной, не прерванной на вершине ротового угла. Суборальные иглы тонкие.

Вид найден на коряжском шельфе и континентальном склоне на глубинах 92–287 м на скалисто-гравийном грунте и близ Анадырского залива на глубине 184 м на галечном грунте (см. табл.). Ранее в Беринговом море вид был отмечен в районах Командорских о-вов, о-вов Прибылова и Алеутских о-вов. В западной части Берингова моря встречен впервые.

### ***Diplopteraster multipes* (M. Sars, 1877)**

(рис. 5)

Fisher, 1911: 371, pl. 107 figs 1, 2; Дьяконов, 1950а: 77; Баранова, 1957: 167; 1962: 354; Lambert, 2000: 92 figs 79–81; Явнов, 2010: 87, фото с. 87, фото с. 88; Smirnov, 2013: 193.

Материал: ст. 56 (2 экз.), ст. 60 (2 экз.), ст. 62 (2 экз.).

Лучей 5. Размеры: R = 22–92 мм; r = 16–67 мм; R / r = 1,3–2. Тело звезды очень мясистое, толстое, выпуклое на спине. Диск

широкий. Спинная мембрана грубая, толстая. Сквозь мембрану торчат многочисленные центральные иглы паксилл. Лучи короткие и широкие. Кончики лучей слегка загнуты на спинную сторону. Вентролатеральная мембрана узкая. Оральные иглы связаны мембраной, не прерванной на вершине ротового угла. Суборальные иглы тонкие.

*Diplopteraster multipes* найден на коряжском шельфе и континентальном склоне на глубинах 128–454 м на скалисто-галечном и скалисто-гравийном грунтах (см. табл.). Ранее в Беринговом море был отмечен только у м. Олюторского, о-вов Прибылова и Алеутских о-вов.

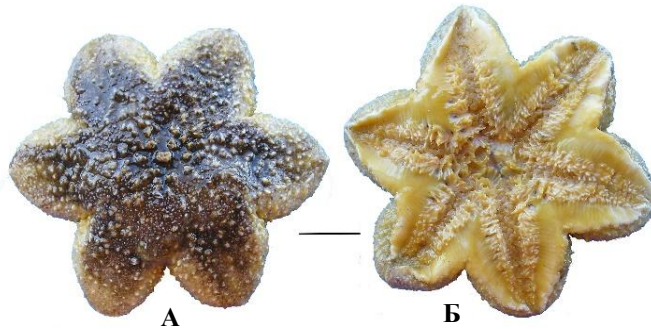


Рис. 3. *Pteraster ornatus* (фото В.Г. Степанова): А – вид сверху, Б – вид снизу. Длина размерной линии 3 см

Fig. 3. *Pteraster ornatus* (photo by Stepanov V.G.): A – top view, B – bottom view. Scale: 3 cm

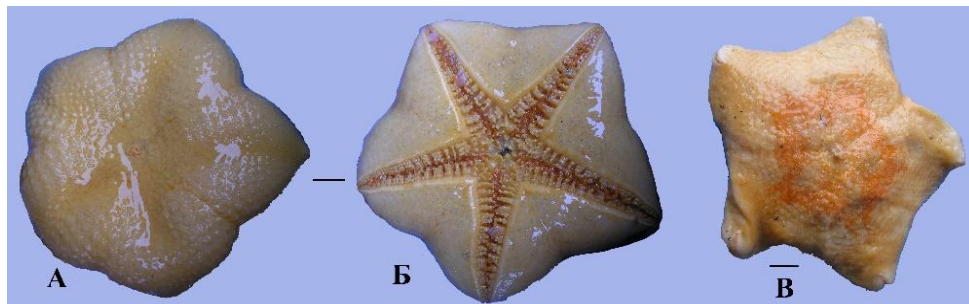


Рис. 4. *Pteraster tessellatus* (фото В.Г. Степанова): А – вид сверху, Б – вид снизу, Б' – экземпляр с оранжевым рисунком в центре диска (вид сверху). Длина размерной линии: А, Б – 2 см, Б' – 1 см

Fig. 4. *Pteraster tessellatus* (photo by V.G. Stepanov): A – top view, B – bottom view, B' – the specimen with orange pattern in center of disk (top view). Scale: A, B – 2 cm, B' – 1 cm

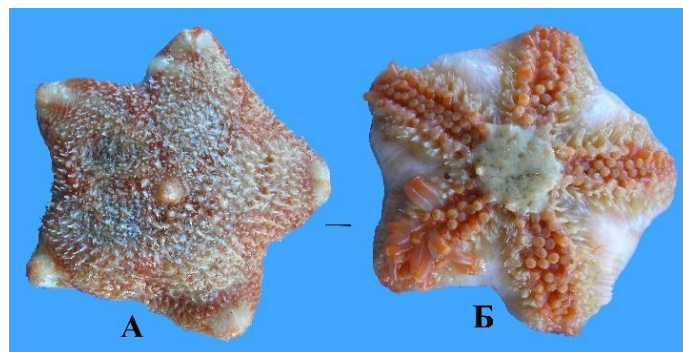


Рис. 5. *Diplopteraster multipes* (фото В.Г. Степанова): А – вид сверху, Б – вид снизу. Длина размерной линии 1 см

Fig. 5. *Diplopteraster multipes* (photo by V.G. Stepanov): A – top view, B – bottom view. Scale: 1 cm



**Отряд Spinulosida**  
**Семейство Echinasteridae**  
***Henricia oculata* (Pennant, 1777)**

(рис. 6)

Hayashi, 1940: 154, pl. 7 figs 9, 10 (*H. aspera*); Дьяконов, 1949: 30 (*H. aspera*, part., *H. aspera robusta*, *nomen nudum*); Дьяконов, 1950а: 99 (*H. aspera*, part.); Дьяконов, 1958: 310 (*H. aspera robusta*); Дьяконов, 1961: 24 (*H. aspera*, part.), 25; табл. 15, рис. 62 (*H. aspera robusta*); Madsen, 1987: 254, figs. 44, 45; Jewett et al., 2015: 77, figs p. 76; Явнов, 2010: 133 (*H. aspera*, part.), фото с. 136; 137, фото с. 137, фото с. 138 (*H. aspera robusta*); Chichvarkhin, 2019: 2087, figs 1–4, 6.

Материал: ст. 51 (2 экз.), 55 (1 экз.), 56 (1 экз.), 63 (3 экз.).

Лучей 5. Размеры:  $R = 27–150$  мм;  $r = 7–29$  мм;  $R/r = 3–5,1$ . Диск неширокий. Вид имеет очень разнообразную окраску: от светло-бежевой (иногда с оранжевыми или темно-красными пятнами) до ярко-оранжевой. Хорошо просматривается массивный сетчатый скелет с перекладинами, образующие довольно глубокие ячеи.

Вид встречен на коряжском шельфе и континентальном склоне на глубинах 77–353 м на скалисто-гравийном и скалисто-галечном грунтах (см. табл.).

*Замечание.* Недавно А. Чичваркиным [Chichvarkhin, 2019] было выяснено, что морские звезды из северо-восточной части Тихого океана, которые определялись как *Henricia aspera*, частично относятся к виду *H. oculata*, а описанный Дьяконовым подвид *H. aspera robusta* является синонимом *H. oculata*.

***Henricia tumida* Verrill, 1909**

(рис. 7)

Fisher, 1911: 276, pl. 67 figs 1–3, pl. 68 figs 1, 2 (*H. sanguinolenta eschrichtii*); Verrill,

1914: 234, 236, pl. 12 figs 1–4, pl. 86 figs 6, 6a, pl. 87 figs 1, 1a, pl. 88 figs 5, 5b; Fisher, 1930: 194 (*H. sanguinolenta tumida*); Hayashi, 1940: 149, pl. 8 figs 5–13; Дьяконов, 1950а: 98, рис. 62, 75–78, 85, 86; Баранова, 1957: 170; Дьяконов, 1958: 308, рис. 18; Дьяконов, 1961: 28, табл. 3, рис. 13; табл. 4, рис. 14–16; табл. 23, рис. 73, 74; Баранова, 1962: 353; Явнов, 2010: 131, фото с. 131, с. 132; Smirnov, 2013: 193; Jewett et al., 2015: 83, figs p. 82; Санамян, Санамян, 2020: 259, фото с. 258, с. 259.

Материал: ст. 123 (2 экз.).

Лучей 5. Размеры одного из собранных экземпляров –  $R = 32$  мм,  $r = 10$  мм,  $R/r = 3,2$ . Спинная сторона бордового цвета. Тело звезды немного вздутое, хорошо видны грубые скелетные сетчатые структуры, имеющие глубокие ячеи. Лучи толстые, грубые и короткие. Диск широкий. Брюшная сторона звезды немного выпуклая.

*Henricia tumida* найдена в Анадырском заливе на глубине 62 м на песчаном грунте с валунами (см. табл.).

***Henricia cf. spiculifera* (Clark, 1901)**

(рис. 8)

Fisher, 1911: 286, pl. 72 figs 1–4, pl. 73 figs 1, 2 (*H. leviuscula multispina*); Fisher, 1930: 195 (*H. leviuscula spiculifera*); Hayashi, 1940: 130, pl. 9 figs 3, 4 (*H. leviuscula spiculifera*); Дьяконов, 1950а: 95, рис. 55, 56, 65, 66; Баранова, 1957: 171; Дьяконов, 1958: 303, рис. 13; Дьяконов, 1961: 28, табл. 3, рис. 13; табл. 4, рис. 14–16; табл. 23, рис. 73, 74; Баранова, 1962: 353; Явнов, 2010: 109, фото с. 109, с. 110; Smirnov, 2013: 193.

Материал: ст. 151 (1 экз.).

Лучей 5. Размеры:  $R = 24$  мм,  $r = 9$  мм,  $R/r = 2,6$ . Цвет ярко-оранжевый или красный. Диск относительно маленький. Лучи длинные полуцилиндрической формы, концы тупые, немного загибаются на спинную сторону.

Мы с некотором сомнением отнесли данный экземпляр к этому виду. Материал был собран близ Анадырского залива на

глубине 64–137 м на илистом грунте с глыбами и галечно-гравийном грунте (см. табл.).

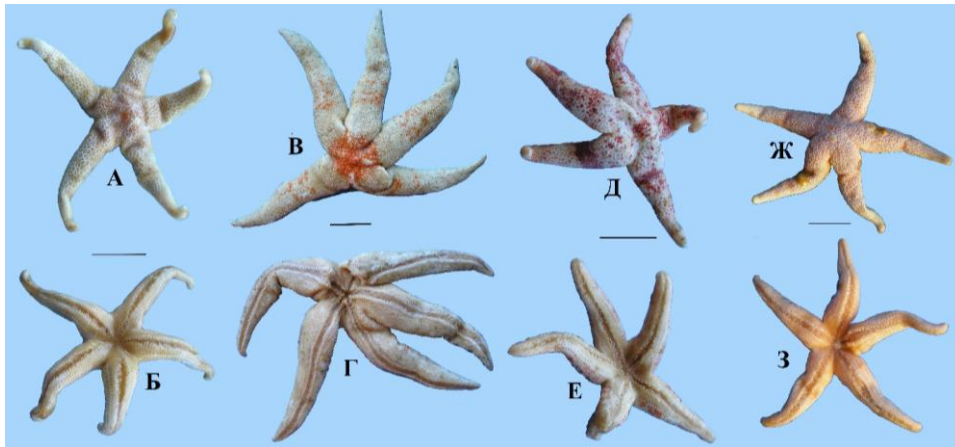


Рис. 6. *Henricia oculata* с разным типом окраски (фото В.Г. Степанова). Бежевая окраска без пятен (А – вид сверху, Б – вид снизу), бежевая окраска с оранжевыми пятнами (В – вид сверху, Г – вид снизу), бежевая окраска с темно-красными пятнами (Д – вид сверху, Е – вид снизу), оранжевая окраска (Ж – вид сверху, З – вид снизу). Длина размерной линии 2 см

Fig. 6. *Henricia oculata* with different type of coloring (photo by V.G. Stepanov) Beige color without spots (А – top view, Б – bottom view), beige color with orange spots (В – top view, Г – bottom view), beige color with dark red spots (Д – top view, Е – bottom view), orange color (Ж – top view, З – bottom view). Scale: 2 cm

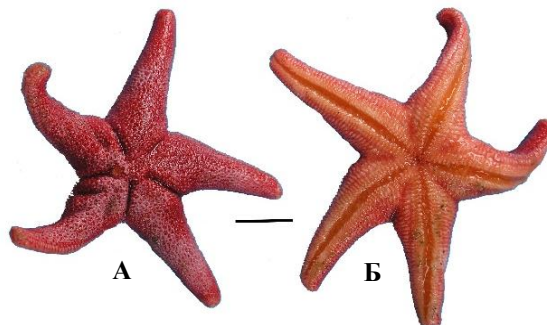


Рис. 7. *Henricia tumida* (фото В.Г. Степанова): А – вид сверху, Б – вид снизу. Длина размерной линии 1 см

Fig. 7. *Henricia tumida* (photo by V.G. Stepanov): А – top view, Б – bottom view. Scale: 1 cm

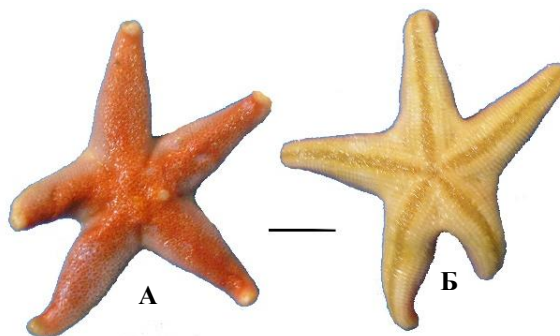


Рис. 8. *Henricia* cf. *spiculifera* (фото В.Г. Степанова): А – вид сверху, Б – вид снизу. Длина размерной линии 1 см

Fig. 8. *Henricia* cf. *spiculifera* (photo by V.G. Stepanov): А – top view, Б – bottom view. Scale: 1 cm

***Henricia* sp.**

(рис. 9)

Материал: ст. 105 (1 экз.).

Лучей 5. Размеры:  $R = 66$  мм,  $r = 21$  мм,  $R/r = 3,1$ . Окраска спинной поверхности данного экземпляра равномерная бурокрасная. Диск неширокий. Лучи немного вздутые, относительно короткие, концы лучей слегка загибаются на спинную сторону и закруглены.

Внешне собранный экземпляр напоминает вид *Henricia granulifera* Djakonov, 1958, обитающий у южных Курильских о-вов, в Татарском проливе и в зал. Петра Великого.

Экземпляр найден близ Анадырского залива на глубине 167–168 м на галечно-гравийном грунте (см. табл.).

***Aleuthenricia beringiana*****(Djakonov, 1949)**

(рис. 10)

Дьяконов, 1949: 31, рис. 32 (*Henricia*); 1950a: 100, рис. 58, 59 (*Henricia*); Баранова, 1957: 172; Дьяконов, 1961: 34, табл. 7, рис. 29, 30; табл. 20 рис. 83; табл. 21, рис. 85 (*Henricia*); Явнов, 2010: 127, фото с. 127, фото с. 128 (*Henricia*); Smirnov, 2013: 193; Clark, Jewett, 2010: 7.

Материал: ст. 65 (1 экз.).

Лучей 5. Размеры:  $R = 31$  мм,  $r = 13$  мм,  $R/r = 2,4$ . Цвет звезды ярко-красный. Тело мясистое, немного вздутое, лучи широкие, концы слегка загнуты на спинную сторону. Диск широкий. На спинной поверхности хорошо видна скелетная сеть в виде крупных ячеек.

Вид найден на коряжском шельфе на глубине 53 м на скалисто-галечном грунте (см. табл.).

**Отряд Valvatida****Семейство Solasteridae*****Crossaster cf. borealis* Fisher, 1906**

(рис. 11)

Fisher, 1911: 320, pl. 91 figs 1–3, pl. 92 figs 1, 2, pl. 113 figs 2, 2a; Hayashi, 1939: 305, pl. 24 figs 1, 2 (*Solaster*); Дьяконов, 1950a: 72; Баранова, 1957: 165; Явнов, 2010: 81, фото с. 81, с. 82; Smirnov, 2013: 192.

Материал: ст. 63 (1 экз.).

Лучей 10. Размеры:  $R = 20$  мм,  $r = 9$  мм,  $R/r = 2,2$ . Окраска спинной поверхности звезды оранжевая, кончики лучей светлые. Диск неширокий, лучи узкие и длинные. Мы с некоторым сомнением отнесли данный экземпляр к этому виду.

Материал был собран на коряжском шельфе на глубинах 89–287 м на скалисто-гравийном грунте (см. табл.).

***Crossaster papposus* (Linnaeus, 1768)**

(рис. 12)

Fisher, 1911: 325, pl. 94 (*Solaster*); Verrill, 1914: 259, pl. 5 fig. 2, pl. 8, pl. 9 fig. 4, pl. 49 fig. 4; Hayashi, 1939: 308, pl. 23 figs 1–4; Дьяконов, 1950a: 73, рис. 18, 196; Баранова, 1957: 166; 1962: 354; Lambert, 2000: 76, figs 67, 68 C-14; Явнов, 2010: 75, фото с. 75, с. 76, с. 77, с. 78; Smirnov, 2013: 192; Jewett et al., 2015: 29, figs p. 28.

Материал: ст. 51 (1 экз.), ст. 53 (1 экз.), ст. 55 (1 экз.), ст. 73 (1 экз.), ст. 74 (1 экз.), ст. 122 (1 экз.).

У собранных нами экземпляров от 9 до 11 лучей. Размеры пойманных экземпляров  $R = 27$ –50 мм,  $r = 16$ –26 мм,  $R/r = 1,6$ –2,4. Окраска спинной стороны очень разнообразная: темно-бордовая (рис. 12, А), оранжевая с центральным красным пятном и красными полосами (рис. 12, В), бежевый диск с бордовым центральным пятном

и бордовыми пятнами в основании лучей и серыми лучами с бордовыми концами лучей (рис. 12, Г). Диск широкий. Лучи относительно короткие. Спинные паксиллы крупные, различной величины, широко расставленные. Маргинальные паксиллы очень крупные с длинными иглами, расположены в один ряд.

*Crossaster papposus* найден на коряжском шельфе и континентальном склоне на глубинах 45–287 м на скалисто-гравийных грунтах (иногда с примесью гальки), и песчаных грунтах с валунами; а также близ Анадырского залива на глубине 85–86 м на песчаном грунте (см. табл.).



Рис. 9. *Henricia* sp. (фото В.Г. Степанова): А – вид сверху, Б – вид снизу. Длина размерной линии 2 см  
Fig. 9. *Henricia* sp. (photo by V.G. Stepanov): A – top view, Б – bottom view. Scale: 2 cm

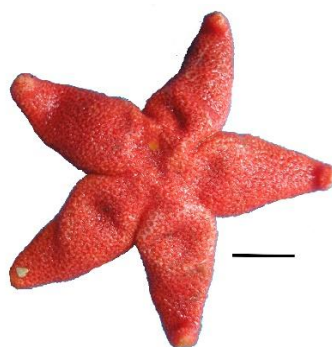


Рис. 10. *Aleutihenricia beringiana* (фото В.Г. Степанова) Длина размерной линии 1 см  
Fig. 10. *Aleutihenricia beringiana* (photo by V.G. Stepanov). Scale: 1 cm



Рис. 11. *Crossaster* cf. *borealis* (фото В.Г. Степанова): А – вид сверху, Б – вид снизу. Длина размерной линии 0,5 см  
Fig. 11. *Crossaster* cf. *Borealis* (photo by V.G. Stepanov): A – top view, Б – bottom view. Scale: 0,5 cm

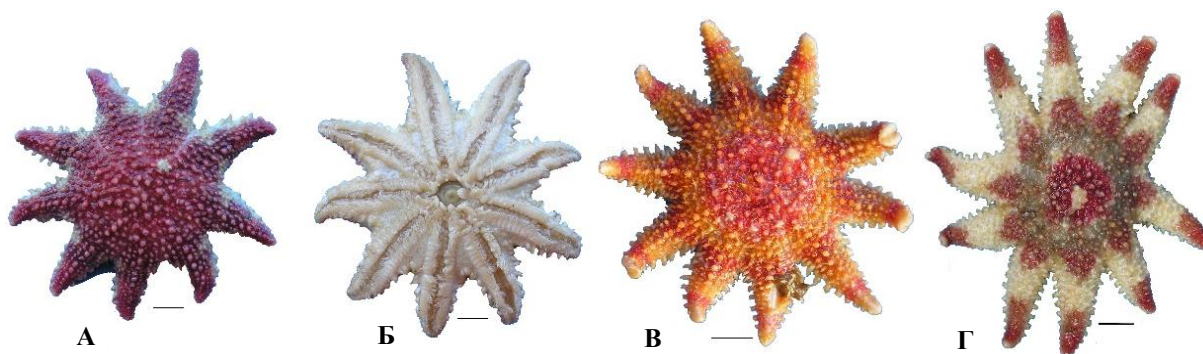


Рис. 12. *Crossaster papposus* (фото В.Г. Степанова): А – вид сверху, Б – вид снизу. А, В, Г – различные цветовые вариации. Длина размерной линии 1 см

Fig. 12. *Crossaster papposus* (photo by V.G. Stepanov): А – topview, Б – bottom view. А, В, Г – different color variations. Scale: 1 cm

***Solaster endeca* (Linneus, 1771)**

(рис. 13)

Fisher, 1911: 307, pl. 81, pl. 82, figs 1, 2, 4; Verrill, 1914: 244, pl. 9, figs 2, 3; pl. 87 figs 4, 4a, 4b; pl. 89 fig. 1; Verrill, 1914: 248, pl. 46 figs 2, 2a, pl. 87 fig. 5a – c, pl. 89 fig. 2 (*S. galaxides*); Hayashi, 1939: 297, pl. 23 figs 5–7; Дьяконов, 1950а: 67; Баранова, 1957: 163; Баранова, 1962: 354; Lambert, 2000: 84, figs 73, 74, C-17; Явнов, 2010: 57, фото с. 57, фото с. 58; Smirnov, 2013: 192; Jewett et al., 2015: 35, figs p. 34.

Материал: ст. 73. (1 экз.).

Лучей 8. Размеры: R = 81 мм, r = 31 мм, R / r = 2,6. Окраска лучей бежевая, диск ярко-красный. Красная окраска распространяется по центру луча примерно до его середины. Лучи у основания широкие, диск очень широкий.

*Solaster endeca* найден близ Анадырского залива на глубине 56–57 м на скалисто-гравийном грунте (см. табл.).

***Solaster spectabilis***

**Clark R.N. et Jewett, 2011**

(рис. 14)

Явнов, 2010: фото с. 61, 62 (*S. stimpsoni*), фото с. 170 (звезда из Берингова моря); фото с. 73, с. 74 (*S. hypothrissus*); Clark, Jewett,

2011b: 5, figs 7–12; Jewett et al., 2015: 39, figs p. 38.

Материал. ст. 62 (1 экз.), ст. 75 (1 экз.), ст. 163 (1 экз.).

Размеры: R = 21–210 мм, r = 9–81 мм, R / r = 2,3–2,5. Окраска у пойманных экземпляров различная. Два экземпляра были со светло-оранжевым диском и бежевыми лучами (рис. 14, А), а один экземпляр был с ярко-оранжевый диск и фиолетовыми лучами (рис. 14, В). Экземпляры со светло-оранжевым диском имели по 10 лучей, а экземпляр с ярко-оранжевым диском и фиолетовыми лучами имел девять лучей. Лучи длинные и узкие, диск очень широкий.

Вид был описан из района центральных Алеутских островов [Clark, Jewett, 2011b]. Нами обнаружен в Беринговом море у Анадырского залива и на коряжском шельфе на глубинах 58–131 м на песчано-гравийном и скалисто-гравийном грунте (см. табл.).

*Замечание.* При описании *Solaster spectabilis* авторы отметили, что большинство исследованных экземпляров имело 10 лучей и два экземпляра – 11. Из трех наших экземпляров два имели 10 лучей, а один, с «типичной» по определению Роджера Кларка и Джеветта для *S. spectabilis* окраской (с желтым или оранжевым диском и фиолетовыми лучами), имел девять лучей.

Таким образом, в диагноз *S. spectabilis* следует внести небольшое изменение – число лучей – 9–11, обычно 10. *Solaster spectabilis* внешне сходен с видом *S. dawsoni* Verrill, 1880, имеющим 12–14 лучей. Возможно,

что переисследование хранящегося в коллекциях материала, определенного как *S. dawsoni*, приведет к изменению наших представлений о распространении обоих видов.

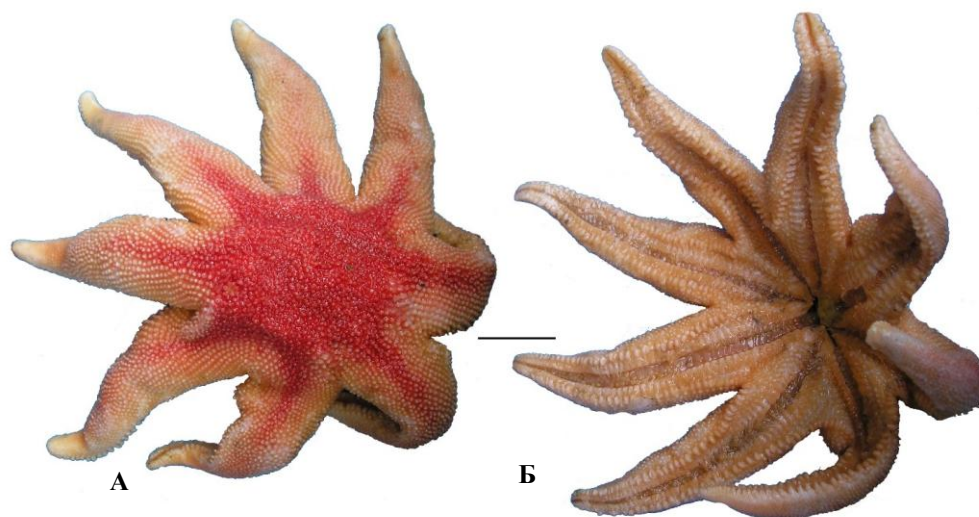


Рис. 13. *Solaster endeca* (фото В.Г. Степанова): А – вид сверху, Б – вид снизу. Длина размерной линии 2 см  
 Fig. 13. *Solaster endeca* (photo by V.G. Stepanov): А – top view, Б – bottom view. Scale: 2 cm

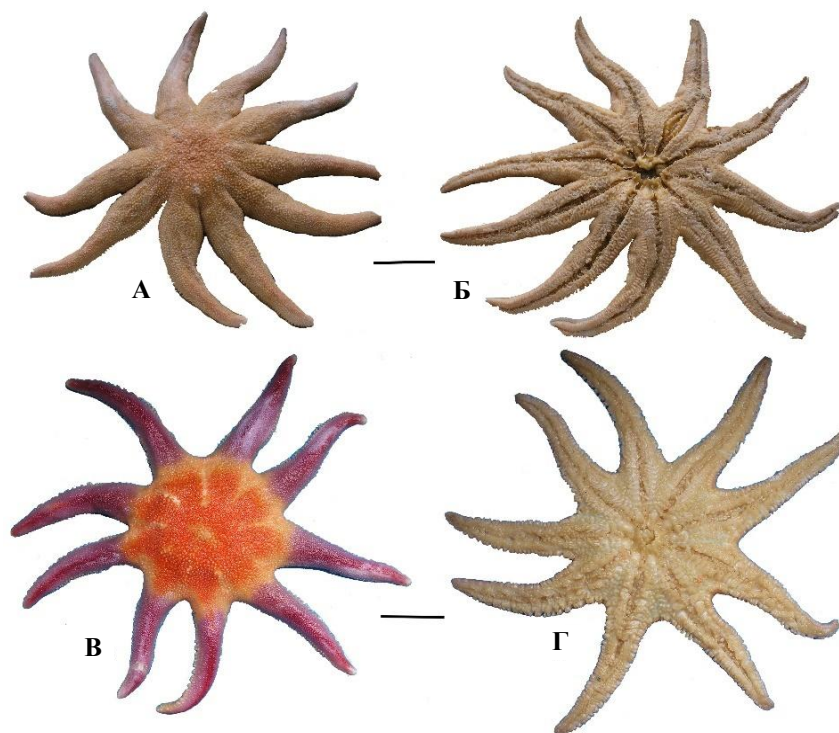


Рис. 14. *Solasters pectabilis* (фото В.Г. Степанова): А, Б – экземпляр со ст. 75: А – вид сверху, Б – вид снизу; В, Г – экземпляр со ст. 163: В – вид сверху, Г – вид снизу. Длина размерной линии 5 см  
 Fig. 14. *Solasters pectabilis* (photo by V.G. Stepanov): А, Б – specimen from the station 75: А – top view, Б – bottom view; В, Г – specimen from the station 163: В – top view, Г – bottom view. Scale: 5 cm

***Solaster paxillatus* Verrill, 1880**

(рис. 15)

Fisher, 1911: 315, pl. 87 figs 1, 2, pl. 88, pl. 89 figs 1, 2, pl. 113, fig. 3; Hayashi, 1939: 303, pl. 24 figs 5, 6; Дьяконов, 1950а: 70, рис. 24; Баранова, 1957: 164; Баранова, 1962: 354; Lambert, 2000: 87, figs 75, 76, C-19; Smirnov, 2013: 192.

Материал. ст. 152 (1 экз.).

Размеры: R = 50 мм, r = 20 мм, R / r = 2,5. У пойманного нами экземпляра 10 лучей. Лучи узкие, диск относительно широкий. Окраска спинной стороны почти полностью ярко-оранжевая, за исключением узких участков в интеррадиусах, имеющих светло-оранжевый цвет. Маргинальные пластинки широкие и расположены в один ряд.

Нами обнаружен в Анадырском заливе (в Беринговом море) на глубинах 56–57 м на скалисто-гравийном грунте (см. табл.).

**Семейство Goniasteridae*****Hippasteria* sp.**

(рис. 16)

Явнов, 2010: 49, фото с. 49, с. 50 (*H. kurilensis*).

Материал: ст. 54 (1 экз.).

Лучей 5. Размеры: R = 108 мм, r = 58 мм, R / r = 1,9. Диск очень широкий. Лучи широкие и короткие. Концы лучей закруглены. Тело звезды немного выпуклое. По всей спинной поверхности звезды расположены цилиндрические иглы. Окраска спинной стороны красная, брюшной стороны – серо-бежевая. Характерным признаком нашего экземпляра является наличие расположенных в срединной части интеррадиусов двух белых маргинальных пластинок и игл, резко отличающихся по цвету от соседних красных игл и общей красной окраской спинной поверхности. На ней расположены многочисленные

крупные цилиндрические иглы красного цвета длиной до 7 мм. На маргинальных пластинках расположено по 1–2 крупных иглы. Амбулакральная борозда с двумя рядами амбулакральных ножек, заканчивающихся крупной присоской. Амбулакральные иглы обращены к борозде, а на концах иглы лучей полностью закрывают борозду. Имеются две толстые сжатые с боков краевые иглы и одна амбулакральная игла.

Вид обнаружен на коряжском шельфе на глубине 86 м на гравийном грунте (см. табл.). Вид впервые отмечен в Беринговом море.

*Замечание.* Наш экземпляр по строению игл и ряду других морфологических признаков очень схож с *H. aleutica* [Clark, Jewett, 2011a]. В настоящее время на основании исследования молекулярных данных [Foltz et al., 2013] *H. aleutica* рассматривается как синоним вида *H. phrygiana* (Parelius, 1768) [Mah et al., 2014]. Последний вид, по данным авторов, имеет космополитическое распространение.

***Hippasteria armata* Fisher, 1911**

(рис. 17)

Fisher, 1911: 230, pl. 121 fig. 2, 122 figs 1, 2 (*Hippasteria leiopelta armata*).

Материал: ст. 57 (1 экз.).

Лучей 5. Размеры: R = 110 мм, r = 60 мм, R / r = 1,8. Окраска спинной стороны оранжевая, брюшная сторона светло-коричневая. Диск чрезвычайно широкий. На маргинальных пластинках расположены высокие острые иглы. На спинной стороне немногочисленные иглы. Вся поверхность спинной стороны буквально усеяна небольшими педицелляриями квадратной формы. Маргинальные пластинки несут по одной небольшой игле длиной около 3–4 мм. Каждая пластинка брюшной стороны несет педицеллярию.

*Hippasteria armata* впервые обнаружена в Беринговом море на коряжском континентальном склоне на глубине 745–749 м на скалисто-гравийном грунте (см. табл.).

*Замечание.* Этот вид был описан Фишером [Fisher, 1911] как подвида *Hippasteria leiopelta armata*. До сих пор был известен по пяти экземплярам, собранным в 1906 г. исследовательским судном «Albatross» у о. Симушир с глубины 417 м. Исследованный нами экземпляр очень близок к типовому экземпляру вида (USNM 27887). В настоящее время *H. armata* рассматривается как синоним вида *H. leiopelta*, что, на наш взгляд, неверно. Морфологические различия между видами подробно рассмот-

рены у Фишера [Fisher, 1911]. В отличие от *H. armata*, у *H. leiopelta* спинные пластинки, как правило, голые, а маргинальные пластинки также голые или несут небольшую иглу по краю пластинки. Два вида также отличаются размерами – у *H. leiopelta* R не превышает 50 мм, тогда как у *H. armata* он достигает 110 мм (у голотипа R = 73 мм). *Hippasteria leiopelta* обитает на глубинах 27–248 м, а *H. armata* встречается на глубинах 417 и 745 м. *Hippasteria leiopelta* является массовым видом, обитающим главным образом в Охотском море, и лишь один раз была встречена в заливе Петра Великого и у юго-восточной Камчатки.

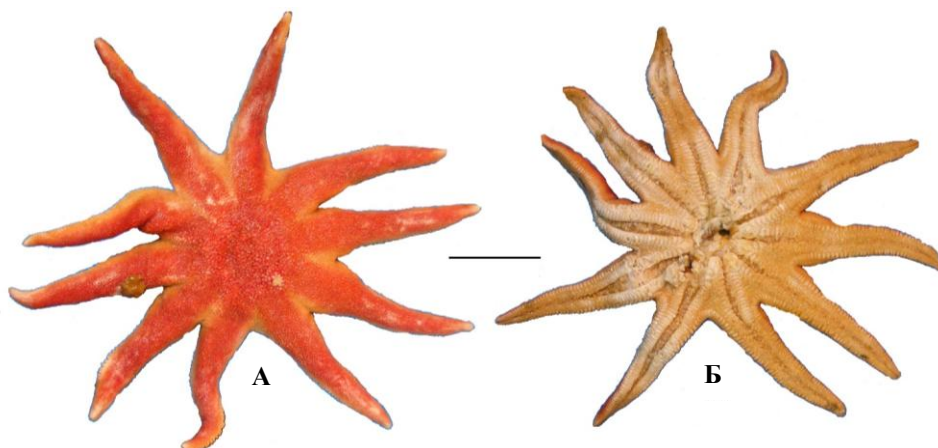


Рис. 15. *Solaster paxillatus* (фото В.Г. Степанова): А – вид сверху, Б – вид снизу. Длина размерной линии 2 см  
Fig. 15. *Solaster paxillatus* (photo by V.G. Stepanov): А – top view, Б – bottom view. Scale: 2 cm

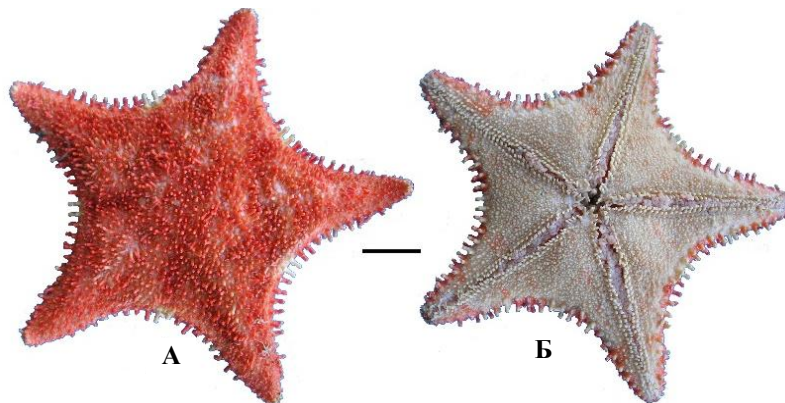


Рис. 16. *Hippasteria* sp. (фото В.Г. Степанова): А – вид сверху, Б – вид снизу. Длина размерной линии 3 см  
Fig. 16. *Hippasteria* sp. (photo by V.G. Stepanov): А – top view, Б – bottom view. Scale: 3 cm



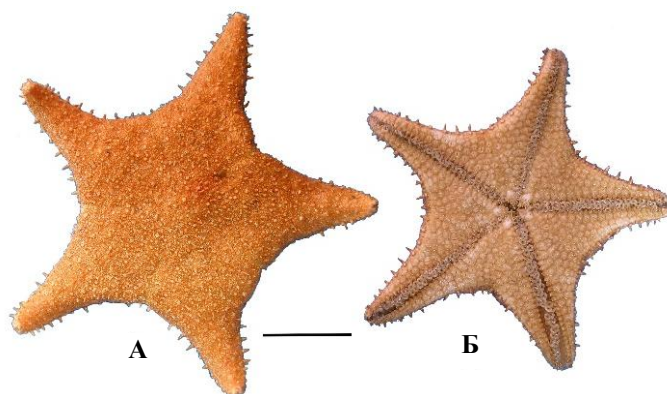


Рис. 17. *Hippasteria armata* (фото В.Г. Степанова.): А – вид сверху, Б – вид снизу. Длина размерной линии 5 см  
 Fig. 17. *Hippasteria armata* (photo by V.G. Stepanov): А – top view, Б – bottom view. Scale: 5 cm

**Отряд Forcipulatida**  
**Семейство Pedicellasteridae**  
*Pedicellaster magister magister*  
**Fisher, 1928**  
 (рис. 18)

Fisher, 1928: 59, pl. 16 fig. 3, pl. 26 fig. 2, 2a – f, pl. 27, fig. 2, 2a – d, 6, 6a, 6b, pl. 28, fig. 1, 1a, 1b, pl. 33, pl. 34 fig. 1, pl. 36 fig. 2; Дьяконов, 1950а: 108; Баранова, 1957: 176; 1962: 354; Явнов, 2010: 143, фото с. 143, с. 144; Smirnov, 2013: 194; Jewett et al., 2015: 147, figs p. 146.

Материал: ст. 52 (1 экз.), ст. 63 (1 экз.).

Лучей 5. Размеры: R = 50–111 мм, r = 12–26 мм, R / r = 4,1–4,2. Нами было встречено два экземпляра: один – грязно-желтый с темно-бордовыми пятнами с преобладанием пятен бордового цвета в центре диска, другой – светло-желтый с ярко-бордовыми пятнами по всей поверхности звезды. Диск маленький, лучи длинные и узкие, почти цилиндрические, концы загибаются на спинную сторону. Поверхность звезды почти гладкая, кроме центральной части диска. В центральной части диска хорошо просматривается скопление игл, которые возвышаются над поверхностью звезды. Адамбулакральные иглы высокие и направлены к амбулакальной борозде.

*Pedicellaster magister magister* встречен на коряжском шельфе на глубинах 43–89 м на скалисто-гравийных грунтах, иногда с примесью мелкой гальки (см. табл.).

**Семейство Asteriidae**  
*Asterias microdiscus* Djakonov, 1950  
 (рис. 19)

Дьяконов, 1949: 42 (nomen nudum); 1949: 42 (*A. microdiscus* f. *brandti* nomen nudum); Дьяконов, 1950а: 127, рис. 182, 201; 1950б: 120, фиг. 41, 42; 1950б: 123, фиг. 43–44 (*A. microdiscus* f. *brandti*); Баранова, 1957: 178; Явнов, 2010: 181, фото с. 181, с. 182 (верх), с. 183 (низ); Smirnov, 2013: 194.

Материал: ст. 135 (1 экз.), ст. 150 (1 экз.).

Лучей 5. Размеры: R = 31–44 мм, r = 8–12 мм, R / r = 3,7–3,9. Окраска звезд бурая и светло-коричневая. Диск маленький, обособленный. Лучи длинные, конической формы, к концам заостренные и слегка загибаются на спинную сторону, у основания диска немного вздутые.

Вид встречен близ Анадырского залива на глубине 74–89 м на илистом грунте, иногда с глыбами (см. табл.). Ранее вид был отмечен из Авачинской губе и у о. Карагинского. В статье Смирнова [Smirnov, 2013] вид ошибочно указан для северных Курильских и Командорских о-вов.

***Lethasterias nanimensis* (Verrill, 1914)**

(рис. 20)

Verrill, 1914: 185, pl. 81 figs 1, 1a, 1b (*Distolasteria*); Fisher, 1928: 132, pl. 60 figs 5, 5a, pl. 61 figs 2, 2a – e, pl. 62 fig. 3, pl. 64 fig. 1; 134, pl. 60 figs 4, 4a – c, pl. 61 figs 1, 1a – g, pl. 62 figs 1, 1a, 2, 2a, pl. 63, pl. 64 fig. 2 (*L. nanimensis chelifera*); Дьяконов, 1950a: 117 (*L. nanimensis chelifera*, *L. nanimensis beringiana*); Баранова, 1957: 177 (*L. nanimensis chelifera*); 1962: 354 (*L. nanimensis chelifera*); Lambert, 2000: 127, figs 108, C-32; Явнов, 2010: 163, фото с. 163, с. 164; 165, фото с. 165, фото с. 166 (*L. nanimensis beringiana*); Smirnov, 2013: 195; 194 (*L. nani-*

*mensis beringiana*); Jewett et al., 2015: 141, figs p. 140.

Материал: ст. 55 (1 экз.), ст. 117 (1 экз.).

Лучей 5. Размеры: R = 42–60 мм, r = = 11–12 мм, R / r = 3,8–5. Окраска спинной стороны бежевая с темно-коричневыми или черными иглами. Брюшная поверхность бежевая. Звезда с очень маленьким диском и длинными гибкими лучами, суживающимися к концу. Острые короткие иглы расположены равномерно по всей спинной поверхности.

Вид был найден на коряжском шельфе на глубине 152 м на скалисто-галечном грунте и близ Анадырского залива на глубине 137 м на илистом грунте с глыбами (см. табл.).

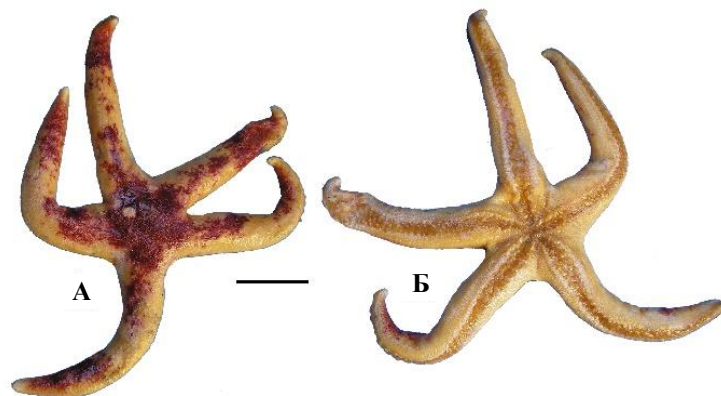


Рис. 18. *Pedicellaster magister magister* (фото В.Г. Степанова): А – вид сверху, Б – вид снизу. Длина размерной линии 3 см

Fig. 18. *Pedicellaster magister magister* (photo by V.G. Stepanov): А – top view, Б – bottom view. Scale: 3 cm



Рис. 19. *Asterias microdiscus* (фото В.Г. Степанова): А – вид сверху, Б – вид снизу. Длина размерной линии 1 см

Fig. 19. *Asterias microdiscus* (photo by V.G. Stepanov): А – top view, Б – bottom view. Scale: 1 cm

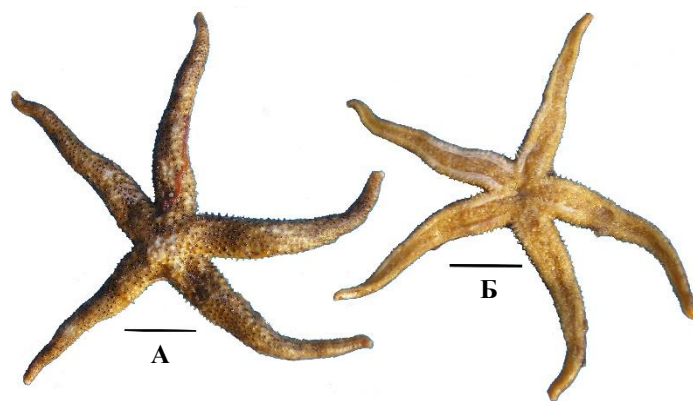


Рис. 20. *Lethasterias nanimensis* (фото В.Г. Степанова): А – вид сверху, Б – вид снизу. Длина размерной линии 2 см

Fig. 20. *Lethasterias nanimensis* (photo by V.G. Stepanov): A – top view, Б – bottom view. Scale: 2 cm

***Leptasterias (Hexasterias) polaris acervata*  
(Stimpson, 1862)**

(рис. 21)

Verrill, 1914: 107, pl. 27 figs 1, 2 (*Asterias acervata*); 104, pl. 55 figs 1, 2, pl. 70 fig. 8, pl. 72 fig. 2, pl. 79 figs 1, 2, 84 figs 3, 4 (*Asterias polythela*); Fisher, 1930: 66, pl. 30 figs 3, 4, 32 fig. 2, pl. 37, pl. 38 fig. 1 (f. *acervata*); 71, pl. 30 figs 5, pl. 31 fig. 1, pl. 38 fig. 3, pl. 39, pl. 40 (f. *polythela*); Djakonov, 1938: 857 (f. *acervata*), 862, Tafl. 17 Fig. 107 (f. *polythela*), 867, Tafl. 7 Figs 55–59 (f. *intermedia*); Дьяконов, 1950а: 147, рис. 170, 200; Баранова, 1957: 182; Баранова, 1962: 355; Явнов, 2010: 211, фото с. 211, с. 212; Smirnov, 2013: 194; Jewett et al., 2015: 137, figs p. 136.

Материал: ст. 55 (1 экз.), 64 (1 экз.), 76 (1 экз.), 122 (1 экз.), 129 (1 экз.).

Лучей 6. Размеры: R = 39–121 мм, r = 12–28 мм, R / r = 3,2–4,3. Окраска спинной стороны очень разнообразная: бежевая или розовая с темно-бурым и бордовым оттенком, желтая с красными и бордовыми пятнами, цвет игл спинной поверхности белый или темно-бордовый. Очень изменчивый подвид. Для него характерны крупные размеры, толстые, недлинные лучи, заостренные на концах, грубые иглы на спинной поверхности, расположенные

вдоль центральной части лучей зигзагообразным рядом. Диск у всех представителей подвида крупный.

Подвид *L. polaris acervata* широко распространен в Беринговом море. Нами встречен на коряжском шельфе на глубинах 53–93 м на скалисто-гравийном, скалисто-галечном и каменистых грунтах и близ Анадырского залива на глубинах 62–86 м на песчаном (иногда с валунами), илистом с галькой и галечно-гравийном грунтах (см. табл.).

***Leptasterias (Hexasterias) sp.***

(рис. 22)

К сожалению, три экземпляра, относящиеся к подроду *Hexasterias* рода *Leptasterias*, не удалось определить до вида.

Материал: ст. 63 (2 экз.), 65 (1 экз.).

Лучей 6. Размеры: R = 46–66 мм, r = 15–16 мм, R / r = 2,9–4,1. Окраска спинной стороны – от светло-коричневой с темно-бордовыми пятнами до темно-коричневой с более темными пятнами. По центру лучей спинной поверхности расположены крупные светлые, немного заостренные иглы. Этот вид имеет довольно широкий уплощенный диск. Брюшная сторона светло-бежевого цвета, амбулакральная борозда

неузкая, по бокам лучей довольно длинные иглы в два-три параллельных ряда.

Собранные экземпляры были обнаружены в Беринговом море на коряжском шельфе на глубинах 53–89 м на скалисто-гравийном и скалисто-галечном грунтах (см. табл.).

***Leptasterias (Endogenasterias) groenlandica (Steenstrup, 1857)***  
(рис. 23)

Verrill, 1914: 148, pl. 25 figs 3, 4 (*Ctenasterias cribraria*); Fisher, 1930: 45, pl. 8 figs 1–3,

pls 21–23, pl. 24 figs 1, 2; Djakonov, 1938: 844, Tafl. 6, Figs 51–53, Tafl. 7 Fig. 54, Tafl. 17 Fig. 105; Дьяконов, 1950а: 146, рис. 10, 166–169; Баранова, 1957: 181; Явнов, 2010: 207, фото с. 207, с. 208; Smirnov, 2013: 194.

Материал: ст. 137 (1 экз.).

Лучей 5. Размеры:  $R = 32$  мм,  $r = 8$  мм,  $R / r = 4$ . Окраска спинной стороны светло-фиолетовая. Диск небольшой, слегка выпуклый. Лучи не очень длинные, у основания слегка вздутые, с округлыми концами.

Вид встречен близ Анадырского залива на глубинах 88–89 м на илистом грунте (см. табл.).

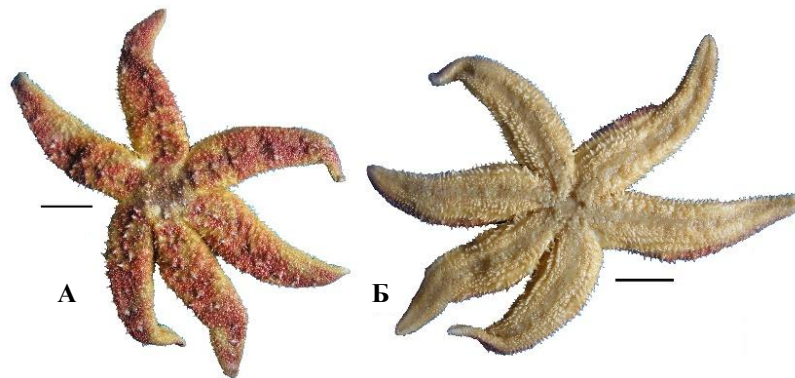


Рис. 21. *Leptasterias (Hexasterias) polaris acervata* (фото В.Г. Степанова): А – вид сверху, Б – вид снизу. Длина размерной линии 3 см

Fig. 21. *Leptasterias (Hexasterias) polaris acervata* (photo by V.G. Stepanov): А – top view, Б – bottom view. Scale: 3 cm

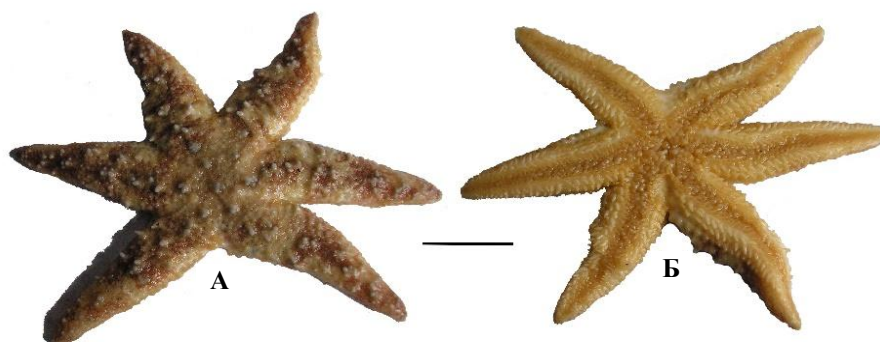


Рис. 22. *Leptasterias (Hexasterias) sp.* (фото В.Г. Степанова): А – вид сверху, Б – вид снизу. Длина размерной линии 2 см

Fig. 22. *Leptasterias (Hexasterias) sp.* (photo by V.G. Stepanov): А – top view, Б – bottom view. Scale: 2 cm

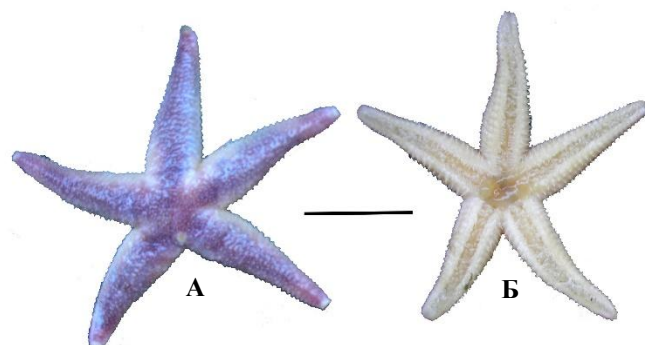


Рис. 23. *Leptasterias (Endogenasterias) groenlandica* (фото В.Г. Степанова): А – вид сверху, Б – вид снизу. Длина размерной линии 2 см

Fig. 23. *Leptasterias (Endogenasterias) groenlandica* (photo by V.G. Stepanov): A – top view, B – bottom view. Scale: 2 cm

### Отряд Paxillosida

#### Семейство Astropectinidae

#### *Dipsacaster anoplus* Fisher, 1910

(рис. 24)

Fisher, 1911: 97, pl. 16 figs 1, 2, pl. 52 figs 4, 4a; Дьяконов, 1950a: 27; Баранова, 1957: 156; 1962: 352; Явнов, 2010: 21, фото с. 21, с. 22; Smirnov, 2013: 191.

Материал: ст. 60 (1 экз.).

Лучей 5. Размеры: R = 29 мм, r = 14 мм, R / r = 2. Окраска спинной стороны светло-оранжевая, центральная часть диска имеет более яркий оттенок оранжевого цвета. Тело уплощенное, диск широкий, лучи короткие.

Вид встречается на коряжском континентальном склоне на глубине 452–454 м на скалисто-гравийном грунте (см. табл.).

#### *Dipsacaster borealis* Fisher, 1910

(рис. 25)

Fisher, 1911: 91, pl. 12 figs 1, 2, pl. 13 fig. 1, pl. 14 fig. 2, pl. 52 figs 2, 2a, b; Дьяконов, 1950a: 28; Баранова, 1957: 157; Явнов, 2010: 19, фото с. 19, с. 20; Smirnov, 2013: 191.

Материал: ст. 57 (1 экз.).

Лучей 5. Размеры: R = 133 мм, r = 55 мм, R / r = 2,4. Спинная сторона ярко-оранжевого цвета.

Вид встречается на коряжском континентальном склоне на глубине 745–749 м на скалисто-гравийном грунте (см. табл.).

#### Семейство Ctenodiscidae

#### *Ctenodiscus crispatus* (Bruzelius, 1805)

(рис. 26)

Fisher, 1911: 31, pl. 3 figs 1–4, pl. 4 figs 1–6; Verrill, 1914: 330; Дьяконов, 1950a: 20, рис. 5, 87, 88; Баранова, 1957: 153; 1962: 352; Lambert, 2000: 45, figs 37, 38, C-4; Явнов, 2010: 7, фото с. 7, с. 8; Smirnov, 2013: 192.

Материал: ст. 98 (1 экз.), ст. 107 (1 экз.).

Лучей 5. Размеры: R = 23–34 мм, r = 10–12 мм, R / r = 1,7–2,3. Окраска – охристая с желтоватым оттенком. Тело немного вздутое, диск широкий, в центре диска небольшой приподнятый конус. Маргинальные пластинки несут по одной игле конической формы. Каждая адамбулакральная пластина несет 3–5 коротких тонких иглолок.

Вид встречается близ Анадырского залива на глубине 153–154 м на песчаном, галечном и гравийном грунтах и на коряжском континентальном склоне на глубине 551–552 м на галечном и гравийном грунтах (см. табл.).

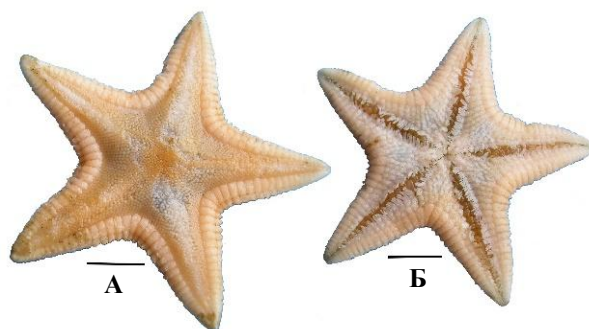


Рис. 24. *Dipsacaster anoplus* (фото В.Г. Степанова): А – вид сверху, Б – вид снизу. Длина размерной линии 1 см  
 Fig. 24. *Dipsacaster anoplus* (photo by V.G. Stepanov): А – top view, Б – bottom view. Scale: 1 cm



Рис. 25. *Dipsacaster borealis* (фото В.Г. Степанова): А – вид сверху, Б – вид снизу. Длина размерной линии 3 см  
 Fig. 25. *Dipsacaster borealis* (photo by V.G. Stepanov): А – top view, Б – bottom view. Scale: 3 cm

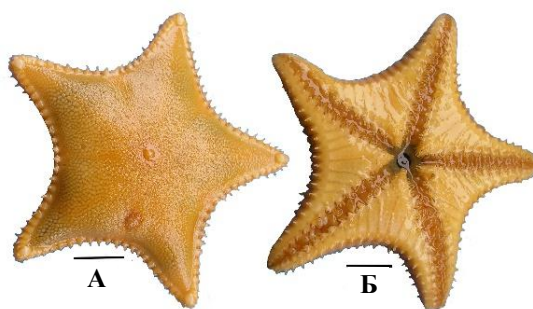


Рис. 26. *Ctenodiscus crispatus* (фото В.Г. Степанова): А – вид сверху, Б – вид снизу. Длина размерной линии 4 см  
 Fig. 26. *Ctenodiscus crispatus* (photo by V.G. Stepanov): А – top view, Б – bottom view. Scale: 4 cm

**Семейство Pseudarchasteridae**  
***Gephyreaster swifti* (Fisher, 1905)**  
 (рис. 27)

Fisher, 1911: 175, pl. 30 figs 1–4, pl. 57 figs 2, 2a – c, pl. 59 figs 5, 5a; Дьяконов, 1950a: 43, рис. 189; 159; Баранова, 1957: Явнов, 2010: 33, фото с. 33, с. 34; Smirnov, 2013: 192.  
 Материал: ст. 64 (1 экз.).

Лучей 5. Размеры:  $R = 175$  мм,  $r = 81$  мм,  $R/r = 2,7$ . Окраска светло-оранжевая с белесым оттенком. Морская звезда крупных размеров. Спинная поверхность покрыта группами из крупных гранул. Каждая группа гранул имеет вид резко очерченного шестигранника.

Вид обнаружен на коряжском шельфе на глубине 53 м на галечном грунте (см. табл.).

**Отряд Notomyotida**  
**Семейство Benthopectinidae**  
*Nearchaster (Nearchaster)*  
*pedicellaris pedicellaris* (Fisher, 1910)

(рис. 28)

Fisher, 1911: 138, pl. 23 fig. 4, pl. 25 fig. 1, pl. 27 fig. 3, pl. 118 fig. 2; Баранова, 1957: 158; Явнов, 2010: 29, фото с. 29, с. 30.

Материал: ст. 60 (1 экз.).

Лучей 5. Размеры: R = 92 мм, r = 13 мм, R / r = 7. Тело уплощенное, диск крупный. Лучи длинные, тонкие и очень ломкие, с заостренными концами. На поверхности спинной стороны диска и на проксимальной 1/3 лучей располагаются многочисленные длинные острые иглы. Верхние и нижние маргинальные пластинки с двумя-тремя длинными иглами.

*Nearchaster (Nearchaster) pedicellaris pedicellaris* обнаружен на коряжском континентальном склоне на глубине 452–454 м на скалисто-галечном грунте (см. табл.). Ра-

нее вид был описан из района юго-восточной части Алеутской гряды. В Охотском море обитает близкий подвид *Nearchaster (Nearchaster) pedicellaris geminus*.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Нами в Беринговом море найдено 27 видов морских звезд, из которых до вида было определено 24 (из них два под вопросом). Три вида – *Solaster spectabilis*, *Hippasteria armata* и *Nearchaster (Nearchaster) pedicellaris pedicellaris* впервые встречены в Беринговом море, а виды *Pteraster tessellatus*, *Diplopterasrer multiples* и *Asterias microdiscus* впервые указываются для северо-западной части Берингова моря.

В наших сборах было обнаружено пять видов общих с берингоморскими водами Аляски – *Gephyreaster swifti*, *Henricia oculata*, *Crossaster papposus*, *Pteraster tessellatus* и *Solaster endeca*.

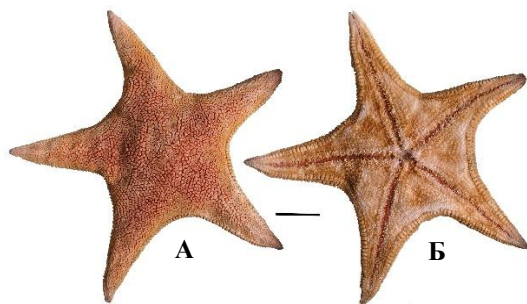


Рис. 27. *Gephyreaster swifti* (фото В.Г. Степанова): А – вид сверху, Б – вид снизу. Длина размерной линии 5 см  
 Fig. 27. *Gephyreaster swifti* (photo by V.G. Stepanov): A – top view, Б – bottom view. Scale: 5 cm

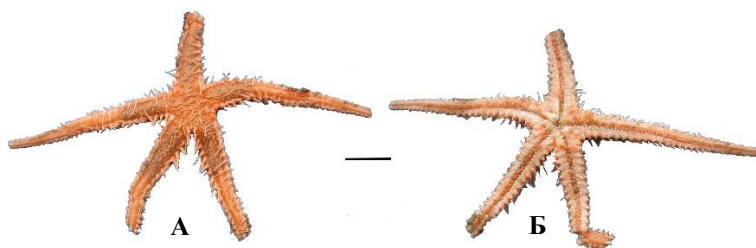


Рис. 28. *Nearchaster (Nearchaster) pedicellaris pedicellaris* (фото В.Г. Степанова): А – вид сверху, Б – вид снизу. Длина размерной линии 2 см  
 Fig. 28. *Nearchaster (Nearchaster) pedicellaris pedicellaris* (photo by V.G. Stepanov): A – top view, Б – bottom view. Scale: 2 cm

## БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарят А.Н. Миронова (ИО РАН) и А.Б. Дильман (ИО РАН) за ценные замечания, советы и исправления.

## ЛИТЕРАТУРА

- Баранова З.И. 1957. Иголкожие Берингова моря. *Исследования дальневосточных морей СССР*. Вып. 4. С. 149–266.
- Баранова З.И. 1962. Иголкожие Курильских островов. *Исследования дальневосточных морей СССР*. Вып. 8. С. 347–363.
- Дьяконов А.М. 1949. Определитель иглокожих дальневосточных морей (Берингова, Охотского и Японского). *Известия ТИНРО*. Т. 30. 132 с.
- Дьяконов А.М. 1950а. Морские звезды морей СССР. В кн.: Определители по фауне СССР, издаваемые Зоологическим институтом Академии наук СССР. Вып. 8. Москва – Ленинград: Издательство Академии наук СССР. 264 с.
- Дьяконов А.М. 1950б. Морфологический очерк морских звезд северо-западной части Тихого океана. (Echinodermata, Asteroidea). II–IV. *Исследования дальневосточных морей СССР*. Вып. 2. С. 58–139.
- Дьяконов А.М. 1958. Иголкожие (Echinodermata), кроме голотурий, собранные Курило-Сахалинской экспедицией 1947–1949 годов. *Исследования дальневосточных морей СССР*. Вып. 5. С. 271–357.
- Дьяконов А.М. 1961. Обзор видов морских звезд рода *Henricia* из северо-западных частей Тихого океана. *Исследования дальневосточных морей СССР*. Вып. 7. С. 5–39 (табл. 1–12).
- Санамян К.Э., Санамян Н.П. 2020. Морские звезды и офиуры. Том 1. Море. Атлас-определитель «Флора и фауна острова Матуа (средние Курильские острова)». Череповец: ООО «Интрон». С. 254–275.
- Смирнов А.В. 1982. Виды *Pteraster obscurus* (Perrier, 1891) и *P. octaster* Verrill, 1909 (Asteroidea: Pterasteridae). *Исследования фауны морей*. Вып. 29 (37). С. 102–113 (рис. 3–5, вклейки).
- Явнов С.В. 2010. Атлас морских звезд дальневосточных морей России. Владивосток: Русский остров. 240 с.
- A working field guide to trawl-caught animals based on D.W. Kessler's Alaska's saltwater fishes and other sea life. 2002. Vol. 2. (Miscellaneous Invertebrates). Sea stars. Updated and maintained by staff of the Resource Assessment and Conservation Engineering Division, Alaska Fisheries Science Center, National Marine Fisheries Service. P. 43–52.
- Chichvarkhin A. 2019. Sea star from the northwestern Pacific referred to as *Henricia aspera* Fisher and *H. a. robusta* Djakonov (Echinodermata, Echinasteridae) is amphiboreal *H. oculata* (Pennant). *Polar Biology*. Т. 42. № 11. P. 2087–2096.
- Clark R.N. 1999. Gulf of Alaska invertebrates 100–1000 m. 179 p.
- Clark R.N., Jewett S.C. 2010. A new genus and thirteen new species of sea stars (Asteroidea: Echinasteridae) from the Aleutian Island Archipelago. *Zootaxa*. Vol. 2571. P. 1–36.
- Clark R.N., Jewett S.C. 2011a. A new sea star of the genus *Hippasteria* (Asteroidea: Goniasteridae) from the Aleutian Islands. *Zootaxa*. Vol. 2963. P. 48–54.
- Clark R.N., Jewett S.C. 2011b. Three new sea stars (Asteroidea: Solasteridae & Pterasteridae) from the Aleutian Islands. *Zootaxa*. Vol. 3051. P. 1–13.
- Clark R.N., Jewett S.C. 2015. A new sea star of the genus *Leptasterias* (Asteroidea: Asteroidea) from the Aleutian Islands. *Zootaxa*. Vol. 3941. № 4. P. 579–584.
- Djakonov A.M. 1938. Monographische Bearbeitung der Asteriden des westlichen Nordpazifik. *Travaux de l'Institut Zoologique de l'Académie des Sciences de l'URSS*. Т. 4. Livr. 5. P. 749–914. Tafl. 1–20.
- Fisher W.K. 1911. Asteroidea of the North Pacific and adjacent waters. Part 1. Phanerozoia and Spinulosa. *Bulletin of the United States National Museum*. Vol. 76. Part 1. 419 p. 122 pls.
- Fisher W.K. 1928. Asteroidea of the North Pacific and adjacent waters. Part 2. Forcipulata (Part). *Bulletin of the United States National Museum*. Vol. 76. Part 2. 245 p. 81 pls.
- Fisher W.K. 1930. Asteroidea of the North Pacific and adjacent waters. Part 3. Forcipulata (Concluded). *Bulletin of the United States National Museum*. Vol. 76. Part 3. 356 p. 93 pls.
- Foltz D.W., Fatland S.D., Eléaume M. et al. 2013. Global population divergence of the sea star *Hippasteria phrygiana* corresponds to the onset of the last glacial period of the Pleistocene. *Marine Biology*. Vol. 160. P. 1285–1296. DOI 10.1007/s00227-013-2180-1.
- Hayashi R. 1939. Solasterids in Japanese waters. *Journal of the Faculty of Sciences. Ser. 6 Zoology*. Hokkaido Imperial University. Vol. 6. № 4. P. 297–311, pls. 23, 24.
- Hayashi R. 1940. Contribution to the classification of the sea-stars of Japan. I. *spinulosa*. *Journal of the Faculty of Sciences. Ser. 6 Zoology*. Hokkaido



- Imperial University. Vol. 7. № 3. P. 107–204, pls. 7–13.
- Jewett S.C., Clark R.N., Chenelot H. et al. 2015. Field guide to sea stars of the Aleutian Island. University of Alaska Fairbanks: Alaska Sea Grant. viii+. 165 p.
- Lambert P. 2000. Sea stars of British Columbia, Southeast Alaska and Puget Sound. Vancouver, Toronto: UBC Press. 186 p.
- Lambert P., Boutillier J. 2011. Deep-sea Echinodermata of British Columbia, Canada. *Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences*. 143 p.
- Mah C., Neill K., Eléaume M., Foltz D. 2014. New species and global revision of *Hippasteria* (Hippasterinae: Goniasteridae; Asteroidea; Echinodermata). *Zoological Journal of the Linnean Society*. Vol. 171. P. 422–456.
- Madsen F.J. 1987. The *Henricia sanguinolenta* complex (Echinodermata, Asteroidea) of the Norwegian Sea and adjacent waters. A re-evaluation, with notes on related species. *Steenstrupia*. Vol. 13. P. 201–267.
- Smirnov A.V. 2013. Check-list of species of free-living invertebrates of the Russian Far Eastern seas. Asteroidea. *Explorations of the fauna of the seas*. Issue 75 (83). P. 191–195.
- Verrill A.E. 1914. Monograph of the shallow-water starfishes of the North Pacific Coast from the Arctic Ocean to California. City of Washington: Published by the Smithsonian Institution. Part 1. Text. 408 p. Part 2. Plates. 110 pls.
- Diakonov A.M. 1958. Echinoderms (Echinodermata), except holothurians, collected by the Kuril-Sakhalin expedition of 1947–1949. *The researches of Far Eastern Seas of USSR*. Issue 5. P. 271–357 (in Russian).
- Diakonov A.M. 1961. A review of the species of starfish of the genus *Henricia* from the northwestern Pacific Ocean. *The Researches of Far Eastern Seas of USSR*. Issue 7. P. 5–39, tabl. 1–12 (in Russian).
- Sanamyan K.E., Sanamyan N.P. 2020. Starfish and ophiura. Vol. 1. The Sea. Atlas-determinant “Flora and fauna of Matua Island (Middle Kuril Islands)”. Cherepovets: Intron LLC Publ. P. 254–275 (in Russian).
- Smirnov A.V. 1982. Species *Pteraster obscurus* (Perrier, 1891) and *P. octaster* Verrill, 1909 (Asteroidea: Pterasteridae). *Issledovanie fauny morej (Explorations of the Fauna of the Seas)*. Issue 29 (37). P. 102–113, pls. 3–5 (in Russian).
- Yavnov S.V. 2010. Atlas of starfish of the Far Eastern seas of Russia. Vladivostok: Russian Island Publ. 240 p. (in Russian).
- A working field guide to trawl-caught animals based on D.W. Kessler’s Alaska’s saltwater fishes and other sea life. 2002. Vol. 2. (Miscellaneous Invertebrates). Sea stars. Updated and maintained by staff of the Resource Assessment and Conservation Engineering Division, Alaska Fisheries Science Center, National Marine Fisheries Service. P. 43–52.
- Chichvarkhin A. 2019. Sea star from the northwestern Pacific referred to as *Henricia aspera* Fisher and *H. a. robusta* Djakonov (Echinodermata, Echinasteridae) is amphiboreal *H. oculata* (Pennant). *Polar Biology*. T. 42. № 11. P. 2087–2096.
- Clark R.N. 1999. Gulf of Alaska invertebrates 100–1000 m. 179 p.
- Clark R.N., Jewett S.C. 2010. A new genus and thirteen new species of sea stars (Asteroidea: Echinasteridae) from the Aleutian Island Archipelago. *Zootaxa*. Vol. 2571. P. 1–36.
- Clark R.N., Jewett S.C. 2011a. A new sea star of the genus *Hippasteria* (Asteroidea: Goniasteridae) from the Aleutian Islands. *Zootaxa*. Vol. 2963. P. 48–54.
- Clark R.N., Jewett S.C. 2011b. Three new sea stars (Asteroidea: Solasteridae & Pterasteridae) from the Aleutian Islands. *Zootaxa*. Vol. 3051. P. 1–13.
- Clark R.N., Jewett S.C. 2015. A new sea star of the genus *Leptasterias* (Asteroidea: Asteroidea) from the Aleutian Islands. *Zootaxa*. Vol. 3941. № 4. P. 579–584.
- Djakonov A.M. 1938. Monographische Bearbeitung der Asteriden des westlichen Nordpazifik. *Travaux de l’Institut Zoologique de l’Académie*

## REFERENCES

- Baranova Z.I. 1957. Echinoderms of the Bering Sea. *The researches of Far Eastern Seas of USSR*. Issue 4. P. 149–266 (in Russian).
- Baranova Z.I. 1962. Echinoderms of the Kuril Islands. *The researches of Far Eastern Seas of USSR*. Issue 8. P. 347–363 (in Russian).
- Diakonov A.M. 1949. Determinant of echinoderms of the Far Eastern seas (Bering, Okhotsk and Japanese). *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. Vol. 30. 132 p. (in Russian).
- Diakonov A.M. 1950a. Sea stars of the seas of the USSR. In: Determinants of the fauna of the USSR, published by the Zoological Institute of the Academy of Sciences of the USSR. Issue 8. Moscow, Leningrad: Akad. Nauk SSSR Publ. 264 p. (in Russian).
- Dyakonov A.M. 1950b. Morphological sketch of the starfish of the northwestern Pacific Ocean. (Echinodermata, Asteroidea). II–IV. *The Researches of Far Eastern Seas of USSR*. Vol. 2. P. 58–139 (in Russian).

- des Sciences de l'URSS. T. 4. Livr. 5. P. 749–914. Tafl. 1–20.
- Fisher W.K. 1911. Asteroidea of the North Pacific and adjacent waters. Part 1. Phanerozoia and Spinulosa. *Bulletin of the United States National Museum*. Vol. 76. Part 1. 419 p. 122 pls.
- Fisher W.K. 1928. Asteroidea of the North Pacific and adjacent waters. Part 2. Forcipulata (Part). *Bulletin of the United States National Museum*. Vol. 76. Part 2. 245 p. 81 pls.
- Fisher W.K. 1930. Asteroidea of the North Pacific and adjacent waters. Part 3. Forcipulata (Concluded). *Bulletin of the United States National Museum*. Vol. 76. Part 3. 356 p. 93 pls.
- Foltz D.W., Fatland S.D., Eléaume M. et al. 2013. Global population divergence of the sea star *Hippasteria phrygiana* corresponds to the onset of the last glacial period of the Pleistocene. *Marine Biology*. Vol. 160. P. 1285–1296. DOI 10.1007/s00227-013-2180-1.
- Hayashi R. 1939. Solasterids in Japanese waters. *Journal of the Faculty of Sciences. Ser. 6 Zoology*. Hokkaido Imperial University. Vol. 6. № 4. P. 297–311, pls. 23, 24.
- Hayashi R. 1940. Contribution to the classification of the sea-stars of Japan. *I. spinulosa*. *Journal of the Faculty of Sciences. Ser. 6 Zoology*. Hokkaido Imperial University. Vol. 7. № 3. P. 107–204, pls. 7–13.
- Jewett S.C., Clark R.N., Chenelot H. et al. 2015. Field guide to sea stars of the Aleutian Island. University of Alaska Fairbanks: Alaska Sea Grant. viii+. 165 p.
- Lamber P. 2000. Sea stars of British Columbia, Southeast Alaska and Puget Sound. Vancouver, Toronto: UBC Press. 186 p.
- Lambert P., Boutillier J. 2011. Deep-sea Echinodermata of British Columbia, Canada. *Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences*. 143 p.
- Mah C., Neill K., Eléaume M., Foltz D. 2014. New species and global revision of *Hippasteria* (Hippasterinae: Goniasteridae; Asteroidea; Echinodermata). *Zoological Journal of the Linnean Society*. Vol. 171. P. 422–456.
- Madsen F.J. 1987. The *Henricia sanguinolenta* complex (Echinodermata, Asteroidea) of the Norwegian Sea and adjacent waters. A re-evaluation, with notes on related species. *Steenstrupia*. Vol. 13. P. 201–267.
- Smirnov A.V. 2013. Check-list of species of free-living invertebrates of the Russian Far Eastern seas. Asteroidea. *Explorations of the Fauna of the Seas*. Issue 75 (83). P. 191–195.
- Verrill A.E. 1914. Monograph of the shallow-water starfishes of the North Pacific Coast from the Arctic Ocean to California. City of Washington: Published by the Smithsonian Institution. Part 1. Text. 408 p. Part 2. Plates. 110 pls.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Смирнов Алексей Владимирович** – Зоологический институт РАН; 199034, Россия, Санкт-Петербург; кандидат биологических наук, куратор коллекции иглокожих и туникат, старший научный сотрудник лаборатории морских исследований; sav\_11@inbox.ru. SPIN-код: 8990-0506, Author ID: 85029, Scopus ID: 7403687505.

**Smirnov Alexey Vladimirovich** – Zoological Institute of Russian Academy of Sciences; 199034, Russia, Saint Petersburg; Candidate of Biological Sciences, Curator of the Echinoderm and Tunicate Collection, Senior Researcher of Marine Research Laboratory; sav\_11@inbox.ru. SPIN-код: 8990-0506, Author ID: 85029, Scopus ID: 7403687505.

**Панина Елена Григорьевна** – Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН; 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории гидробиологии; panina1968@mail.ru. SPIN-код: 5207-4420, Author ID: 949482.

**Panina Elena Grigorievna** – Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute of FEB RAS; 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of Hydrobiology Laboratory; panina1968@mail.ru. SPIN-код: 5207-4420, Author ID: 949482.

**Степанов Вадим Георгиевич** – Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН, 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории гидробиологии; vgstepanov@inbox.ru. SPIN-код: 7334-3703, Author ID: 214458.

**Stepanov Vadim Georgievich** – Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute of FEB RAS; 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of Hydrobiology Laboratory; vgstepanov@inbox.ru. SPIN-код: 7334-3703, Author ID: 214458.

УДК 639.2.053:597.3(265.53)

DOI: 10.17217/2079-0333-2022-62-74-97

## ДОМИНИРУЮЩИЕ ВИДЫ ДОННОГО И ПРИДОННОГО ИХТИОЦЕНА ЗАПАДНОКАМЧАТСКОГО ШЕЛЬФА: РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И БИОМАССА

Матвеев А.А., Варкентин А.И.

Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО), г. Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18.

Работа является продолжением серии периодических исследований, посвященных многолетней динамике состояния запасов рыб, обитающих в Охотском море на шельфе у западного побережья Камчатки. По результатам восьми научных экспедиций, выполненных в летний период, приведены оценки биомасс донных и придонных видов рыб. Определены доминирующие, с точки зрения величины запасов, виды исследуемого района. Показана значительная вариабельность их учтенной биомассы. По осредненным данным продемонстрировано распределение массовых представителей ихтиоцены.

**Ключевые слова:** биомасса, донные траловые съемки, западная Камчатка, западнокамчатский шельф, запас, Охотское море, распределение.

## BOTTOM AND NEAR-BOTTOM ICHTHIOCENE DOMINANT SPECIES OF WESTERN KAMCHATKA SHELF: DISTRIBUTION AND BIOMASS

Matveev A.A., Varkentin A.I.

Kamchatka Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO), Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya Str. 18.

This work continues studies devoted to the long-term dynamics of the Okhotsk Sea fish stocks state on the shelf near the western coast of Kamchatka. The estimates of the bottom and near-bottom fish species biomass based on the results of 8 scientific expeditions during summer period were given. The dominant species (by the biomass) of the study area were determined. Significant variability of their accounted biomass was shown. The distribution of mass ichthyocene representatives according to the average data was demonstrated.

**Key words:** biomass, bottom trawl surveys, Western Kamchatka, Western Kamchatka shelf, stock, the Sea of Okhotsk, distribution.

### ВВЕДЕНИЕ

Среди дальневосточных морей России шельф у западного побережья Камчатки занимает особое место. Благодаря довольно мягкому климато-океанологическому режиму, он относится к одному из наиболее

рыбопродуктивных районов дальневосточных вод России [Борец, 1997; Ильинский, Четвергов, 2001; Четвергов и др., 2003; Савин и др., 2011; Горбатенко, Савин, 2012]. Из-за высокой численности многих ценных видов рыб и беспозвоночных западнокамчатский шельф уже многие

десятилетия лидирует по промысловым показателям на российском Дальнем Востоке [Шунтов, Волвенко, 2020].

В этой связи неудивительно, что указанный район относится к наиболее исследованным среди дальневосточных морей России. Данные, накопленные за более чем 60-летнюю историю проведения здесь донных траловых съемок, являются уникальными для северной Пацифики. Сотрудниками дальневосточных филиалов ФГБНУ «ВНИРО» собраны обширные сведения о динамике донных и придонных ихтиоценов у западного побережья Камчатки. На эту тему опубликовано большое количество работ [Борец, 1985, 1997; Ильинский, Четвергов, 2001; Четвергов и др., 2003; Савин и др., 2011; Горбатенко, Савин, 2012; Золотов и др., 2013; Терентьев и др., 2013; Матвеев, Терентьев, 2016; Шунтов, Темных, 2018; и многие другие].

Несмотря на то что в работах вышеуказанных исследователей содержатся оценки биомасс наиболее многочисленных видов рыб у западной Камчатки, современные сведения о величине их запасов в этом районе ограничены 2010–2012 гг. [Савин и др., 2011; Горбатенко, Савин, 2012; Золотов и др., 2013; Терентьев и др., 2013]. В недавно опубликованной работе В.П. Шунтова и И.В. Волвенко [2020] приведены сведения о плотности концентраций рыб в донных и придонных биотопах западной Камчатки для периода 2011–2018 гг. Однако для снижения влияния фактора случайности и лучшей сопоставимости данных авторы выполнили сравнение плотностных показателей не по годам, а по периодам лет.

Помимо этого, в своем исследовании В.П. Шунтов и И.В. Волвенко [2020] задаются вопросом о многолетних тенденциях в численности и соотношении видов рыб, а также о причинах кратных различий оценок в смежные годы. Авторы указывают на

необходимость анализа качества или дефектов наработанных методик траловых съемок, и с этим нельзя не согласиться. В этой связи дополнительным аспектом настоящего исследования является альтернативный подход при анализе результатов последних экспедиций. Важным аргументом служит и то, что один из авторов принимал непосредственное участие во всех экспедициях, обсуждаемых в данной работе.

Кроме того, по результатам последних восьми научных экспедиций был накоплен значительный первичный материал по размерным характеристикам массовых видов рыб. Эти данные позволяют в значительной степени расширить и дополнить сведения, опубликованные ранее [Терентьев и др., 2013].

Таким образом, цель настоящей работы – оценить современное состояние запасов, распределение и размерный состав массовых видов рыб по результатам донных траловых съемок, выполненных у западной Камчатки в 2014–2021 гг.

Задачи:

- определить величину биомассы рыб по результатам учетных работ;
- описать распределение и размерные характеристики доминирующих и субдоминирующих представителей ихтиофауны исследуемого района.

В связи с большим объемом анализируемого материала статья подразделена на два сообщения: в первом приведено ранжирование доминирующих видов по величине запасов, а также описано их распределение. Второе сообщение содержит сведения по размерным характеристикам 20 первых по биомассе видов.

Предпринятая нами попытка интерпретации результатов траловых экспедиций, конечно, не позволяет в полной мере ответить на многие важные вопросы, которые затрагивали в своем исследовании

В.П. Шунтов и И.В. Волвенко [2020]. В настоящей работе мы не ставили перед собой такую задачу. Хотелось бы надеяться, что представленные результаты лягут в основу дальнейших дискуссий по методикам проведения траловых съемок и интерпретации их результатов.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Одной из причин, оказывающих влияние на точность учетных работ, является профессионализм участников экспедиций (в том числе траловых бригад) [Шунтов, Волвенко, 2020]. Это непосредственно влияет на настройку орудия лова, соблюдение рекомендованной скорости тралений с учетом направления и силы подводных и поверхностных течений и т. д. Помимо этого, вышеуказанные авторы отмечали, что «...при разборке уловов бывают трудности в идентификации прилова, на долю которого приходится значительная часть видового состава рыб и беспозвоночных» [цит. Шунтов, Волвенко, 2020, с. 362]. Главной же причиной низкой точности оценок, по мнению ряда авторов, является недостаточность величины выборки [Волвенко, 1998, 2009; Шунтов, Волвенко, 2020].

Как было указано ранее, современные данные о величине запасов ограничены 2010–2012 гг. [Савин и др., 2011; Горбатенко, Савин, 2012; Золотов и др., 2013;

Терентьев и др., 2013]. И логично было бы рассмотреть динамику биомассы с 2012–2013 гг. Однако учитывая вышеупомянутые «факторы съемки», в данном исследовании для наиболее репрезентативного анализа исключили экспедиции, выполненные в 2011–2013 гг. В этот период учетные работы проведены в более поздние сроки (июль – август) и разными типами судов (и их экипажами).

Таким образом, для исследования отобрали рейсы, выполненные в июне – июле 2014–2021 гг. однотипными судами (за исключением НИС «Дмитрий Песков» в 2021 г.), в которых штурманский и палубный состав экипажа практически не менялся, и у специалистов имелся опыт выполнения подобных экспедиций. Основные сведения об этих экспедициях приведены в таблице 1.

На протяжении всего периода исследований для осуществления учетных работ использовали 27,1-метровые донные тралы, оснащенные мягким грунтропом по нижней подборе. В кутцевой части трала была установлена вставка из дели с размером ячеи 10×10 мм. Траления продолжительностью 30 минут (в редких случаях – 10–20 минут) выполняли в светлое время суток со средней скоростью судна около 3 узлов. Разбор уловов и ихтиологические исследования выполнены согласно общепринятой методике [Борец, 1997].

Таблица 1. Сведения о донных траловых съемках, выполненных у западного побережья Камчатки в 2014–2021 гг.

Table 1. Data on bottom trawl surveys off western Kamchatka in 2014–2021

№	Название судна	Период работ	Количество тралений
1	НИС «ТИНРО»	09.06.2014–18.07.2014	221
2	НИС «Профессор Кизиветтер»	06.06.2015–13.07.2015	220
3	НИС «ТИНРО»	02.06.2016–06.07.2016	239
4	НИС «ТИНРО»	22.06.2017–03.08.2017	259
5	НИС «ТИНРО»	28.05.2018–03.07.2018	220
6	НИС «Профессор Кагановский»	11.06.2019–12.07.2019	218
7	НИС «ТИНРО»	04.06.2020–06.07.2020	224
8	НИС «Дмитрий Песков»	01.06.2021–05.07.2021	139

Все донные траловые съемки, начиная с 2014 г., стандартизировали по полигону общей площадью 57,8 тыс. км<sup>2</sup> (рис. 1). Размеры полигона определяли таким образом, чтобы в него вошло максимальное количество станций. По причине того, что учетные работы проводятся не только в пределах шельфовой зоны, но и охватывают верхнюю зону материкового склона, использовали все траления, выполненные в диапазоне глубин 12–300 м. Плотность рыб и величину запасов на полигоне оценивали методом зональных средних [Аксютина, 1968], предварительно разбив его на полигоны Тиссена (Thiessen). Для построения использовали программное обеспечение ArcGIS PRO. В качестве базовой картографической проекции выбрали Lambert Azimuthal Equal-Area (Азимутальная равновеликая проекция Ламберта), адаптированную для северо-западной части Тихого океана. Эта проекция сохраняет площадь полигонов, одновременно под-

держивая истинное направление от центра. Для расчетов принимали только безаварийные траления (или с незначительными неполадками). При оценке запаса коэффициент уловистости принимали за 1.

В настоящем исследовании осознанно не использовали коэффициенты уловистости трала. Как ранее было отмечено, «... на результаты оценок большое влияние оказывают принимаемые коэффициенты уловистости орудий лова» [цит. Шунтов, Темных, 2018, с. 4]. Причем коэффициенты уловистости основываются преимущественно на экспертных оценках и в некоторых случаях недостаточно объективны. Аналогичное мнение ранее высказал и Ю.В. Кадильников [1987]. Используемый нами подход позволил продемонстрировать «чистые» показатели биомассы всех видов, отмеченных в уловах донным тралом. В последующем любой специалист будет иметь возможность пересчитать биомассу исследуемого вида, применив подходящий КУ.

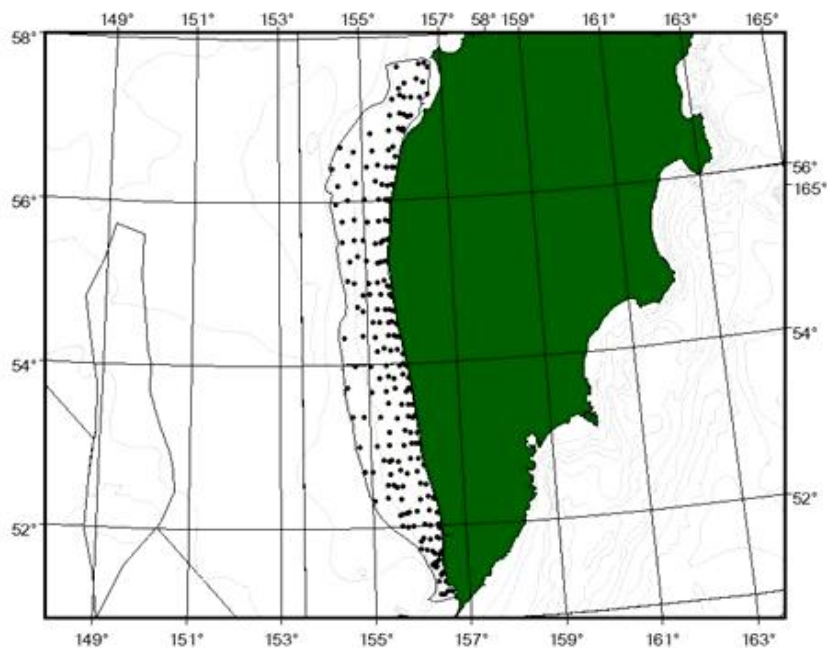


Рис. 1. Схема сетки станций со стандартным полигоном при проведении донной траловой съемки на шельфе западной Камчатки

Fig. 1. Scheme of a grid of stations with a standard polygon during bottom trawl survey on the shelf of Western Kamchatka

У многих видов в отдельные годы можно наблюдать кратные изменения величины биомассы. В связи с этим, чтобы исключить технические ошибки, которые могли возникнуть при занесении исходных сведений в базу данных (БД) и, в свою очередь, повлиять на расчеты запасов, провели тестирование средней массы особей во всех траловых карточках. Выполненная проверка не выявила значительных отклонений этого показателя. Таким образом, нет оснований полагать, что резкое увеличение или снижение биомассы видов предопределены ошибками в первичных данных.

Для построения среднесуточных карт распределения видов использовали программное обеспечение ArcGIS PRO. Всю исследуемую акваторию от 50°50' до 58°00' с. ш. и от 154°00' до 157°00' в. д. условно разбили на квадраты размером 15×15 морских миль (27 780 м<sup>2</sup> каждый). В рамках этих квадратов осреднили результаты тралений, которые предварительно стандартизировали согласно СРУЕ (кг/ч траления). В результате для всех экспедиций в пределах стандартной сетки квадратов получили набор средних значений, для которых выполнили передискретизацию при отображении с помощью метода кубической свертки.

При выполнении массового промера (МП) у рыб измеряли длину по Смитту (от кончика рыла до конца средних лучей хвостового плавника). В последующем полученный размерный состав рыб пересчитали взвешенно к улову на 1 час траления в количественном выражении. К сожалению, первичные данные (МП) удается собрать не каждый год, количество массовых промеров по видам указано в приложении.

Названия гидробионтов приведены в соответствии с современной классификацией согласно международному регистру морских видов [World Register of Marine

Species (WoRMS), 2022], а также глобальной информационной системе по биоразнообразию рыб [www.fishbase.org].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Во многих исследованиях отдельно выделяют наиболее массовые или значимые, с точки зрения промысла, виды гидробионтов. При ранжировании их обычно разделяют на донных и пелагических рыб. По нашему мнению и исходя из задач данного исследования, для шельфовых вод (особенно верхней части) классификация рыб на экологические группы не всегда оправдана и иногда носит условный характер. Известно, что некоторые виды на разных этапах жизненного цикла ведут активный образ жизни как в верхних слоях водной толщи, так и у дна. Некоторые примеры таких животных описаны в работе В.П. Шунтова и О.С. Темных [2018].

По аналогии с вышеуказанным исследованием в данной работе представлены 20 первых по биомассе видов рыб (осредненные данные). Дополнительно продемонстрирована динамика их биомассы в 2014–2021 гг. (табл. 2).

В составе уловов всего было зарегистрировано 137 видов (в том числе групп видов) рыб из 26 семейств. Основу биоразнообразия составляли четыре семейства: рогатковые представлены 25 видами, бельдюговые – 19, камбаловые и стихеевые – по 12 видов. Полный перечень видов (и оценки их запасов), которые были отмечены в экспедициях в исследуемый период, приведен в приложении.

Следует отметить, что донные траловые съемки ориентированы прежде всего на оценку запасов демерсальных видов рыб (камбал, трески, наваги и др.), обитающих либо непосредственно на дне, либо в придонном слое высотой до 1 м, и промысловых беспозвоночных (крабов).

Таблица 2. Ранжирование по биомассе 20 доминирующих видов рыб у западного побережья Камчатки и многолетняя динамика их запасов

Table 2. Biomass ranking of 20 dominant fish species off the western coast of Kamchatka and long-term dynamics of their stocks

№	Вид/группа видов	Биомасса		
		тонн	%	2014–2021 гг.
1	<i>Gadus chalcogrammus</i>	1 064 389	54,5	
2	<i>Limanda sakhalinensis</i>	162 596	8,33	
3	<i>Limanda aspera</i>	114 347	5,86	
4	<i>Eleginus gracilis</i>	103 893	5,32	
5	<i>Myoxocephalus polyacanthocephalus</i>	73 253	3,75	
6	<i>Hippoglossoides spp.*</i>	72 991	3,74	
7	<i>Pleuronectes quadrituberculatus</i>	61 188	3,13	
8	<i>Clupea pallasii</i>	49 061	2,51	
9	<i>Limanda proboscidea</i>	46 772	2,40	
10	<i>Gadus macrocephalus</i>	35 710	1,83	
11	<i>Gymnocanthus detrisus</i>	29 666	1,52	
12	<i>Lepidopsetta polyxystra</i>	27 211	1,39	
13	<i>Myoxocephalus jaok</i>	25 929	1,33	
14	<i>Podothecus sturiooides</i>	14 120	0,72	
15	<i>Hemitripterus villosus</i>	8 014	0,41	
16	<i>Mallotus villosus catervarius</i>	7 020	0,36	
17	<i>Platichthys stellatus</i>	6 853	0,35	
18	<i>Hemilepidotus jordani</i>	5 974	0,31	
19	<i>Gymnocanthus pistilliger</i>	5 079	0,26	
20	<i>Lumpenus sagitta</i>	3 835	0,20	
Биомасса доминирующих видов		1 917 899	98,3	
Биомасса всех рыб		1 951 878	100,0	

\* Группа близкородственных видов (с высокой вероятностью можно констатировать, что в уловах встречается узкозубая палтусовидная камбала *Hippoglossoides elassodon*. Однако поскольку в практике траловых экспедиций принято использовать сборное название *Hippoglossoides spp.*, то в данной работе мы будем придерживаться именно его)

\* A group of closely related species (it can be stated with high probability that the flat-headed sole *Hippoglossoides elassodon* is found in catches. However, since in the practice of trawling expeditions a genus *Hippoglossoides spp.* is traditionally used, we will use it in this work)

В расчетах вертикальное раскрытие трала принимается равным 1 м, тогда как на самом деле оно достигает 3–4 м. По литературным данным, молодь минтая, как правило, обитает в пелагиали, а средне- и крупноразмерные особи больше тяго-

теют к придонным слоям воды [Шунтов и др., 1993]. Судя по эхозаписям, высота придонного слоя, в котором отмечается этот вид, может достигать 5–10 м. Учитывая вышеизложенное, с одной стороны, полученные только по донным съемкам оценки



ресурсов минтай характеризуют лишь часть запаса, поэтому они заведомо занижены. С другой стороны, напротив, результаты донных траловых съемок по описанным выше причинам могут быть завышены, поскольку фактически минтай облавливаются тралом не в слое 1 м от дна, а в слое высотой до 3–4 м. Кроме того, какая-то часть рыб облавливается в толще воды во время поднятия трала на борт судна. Поэтому в целом к абсолютным оценкам запаса пелагических рыб (минтай, сельдь, мойва и др.) следует относиться критически.

Первую пятерку видов традиционно возглавлял минтай *Gadus chalcogrammus*. Осредненная величина его запасов превышала 1 млн т, а доля от общей биомассы всех рыб составляла 54,5%. Как видно в приложении, в последние четыре года отмечаются скачки биомассы данного вида и, по современным оценкам, его запас в 2021 г. снизился.

Наиболее крупные скопления минтая были отмечены к югу от 54° с. ш., где уловы достигали 20–30 т/ч траления (рис. 2, А). Примечательно, что повышенные концентрации вида в этой части шельфа приурочены в основном к глубинам до 100 м. Максимальный вылов минтая, более 29 т, отмечен в 2016 г. на глубине около 70 м. К северу от 54° с. ш. крупные скопления были характерны для больших глубин (130–200 м).

На втором месте расположилась сахалинская камбала *Limanda sakhalinensis*, среднемноголетняя биомасса которой составляла около 163 тыс. т (8,3%), причем в последние годы (2020–2021 гг.) отмечалось снижение ее запасов (см. табл. 2; прил.). Отметим, что в работе В.П. Шунтова и О.С. Темных [2018] этот вид занимал лишь 5-ю позицию в рейтинге. Такая смена доминант, по всей видимости, объясняется высокими оценками по результатам учетных работ в 2014 и 2019 гг., когда

биомасса сахалинской камбалы была близка к 350 тыс. т (см. прил.). Анализ первичных данных показал, что в указанные годы уловы вида достигали 7–10 т/ч траления.

Наиболее крупные скопления сахалинская камбала традиционно образует в центральной части шельфа от 53° до 55° с. ш. (рис. 2, Б). Здесь уловы вида достигали 10 т за часовое траление. Высокие концентрации рыб отмечались на глубинах около 70 м при температуре воды у дна близкой к 0,5°C.

Желтоперая камбала *Limanda aspera* занимала 3-е место. Ее осредненная величина запаса была близка к 115 тыс. т, а доля от общей биомассы всех рыб составляла 5,9%. В работе В.П. Шунтова и О.С. Темных [2018] вклад вида составлял 7,6%. По всей видимости, это связано с тем, что в 2017–2020 гг. отмечался стабильно высокий уровень биомассы желтоперой камбалы, но, по последним оценкам, ее запас в 2021 г. заметно снизился (см. прил.). Крупные скопления вышеуказанного вида были отмечены к северу от 55° и до 57° с. ш., где уловы достигали 2–3 т/ч траления (рис. 3, А). В этом районе наиболее высокие промысловые показатели отмечены в батиметрическом диапазоне 20–50 м. Дополнительно стоит отметить, что в отдельные годы относительно плотные скопления (1,5–2,0 т) формировались и на юге исследованного полигона (около 53° с. ш.).

Четвертое место занимала тихоокеанская навага *Eleginus gracilis*, среднемноголетняя биомасса которой составляла около 104 тыс. т (5,3%). По данным В.П. Шунтова и О.С. Темных [2018], относительный вклад этого вида был ниже (3,8%), а место в рейтинге 20 доминирующих видов оказалось таким же. Увеличение доли вида в общей биомассе рыб обусловлено тем, что в 2018–2020 гг. отмечался высокий уровень ее запаса (см. прил.).

Скопления наваги повышенной плотности наблюдали вдоль всего исследованного района от 52° до 57° с. ш. преимущественно в диапазоне глубин около 20–30 м

(рис. 3, Б). Уловы вида достигали 7–9 т/ч траления. Относительно высокие показатели вылова (до 3–5 т) были характерны и для глубин до 60 м.

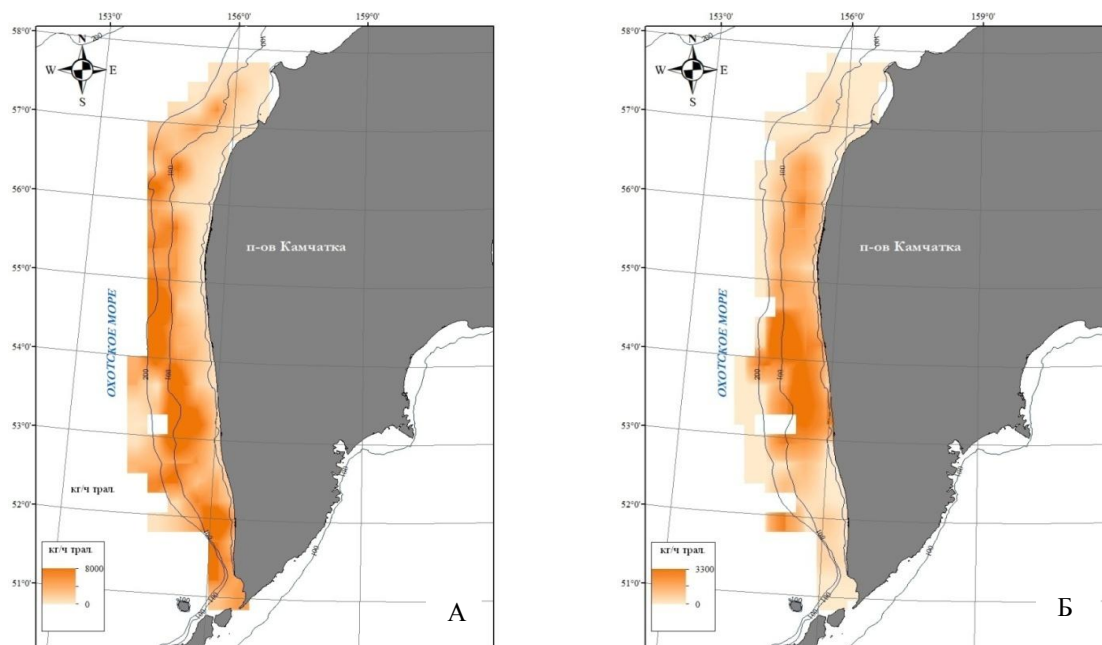


Рис. 2. Среднегодолетнее распределение уловов минтая *Gadus chalcogrammus* (А) и сахалинской камбалы *Limanda sakhalinensis* (Б) у западного побережья Камчатки в 2014–2021 гг.

Fig. 2. Average long-term distribution of walleye pollock *Gadus chalcogrammus* (A) and sakhalin sole *Limanda sakhalinensis* (B) catches off the western coast of Kamchatka in 2014–2021

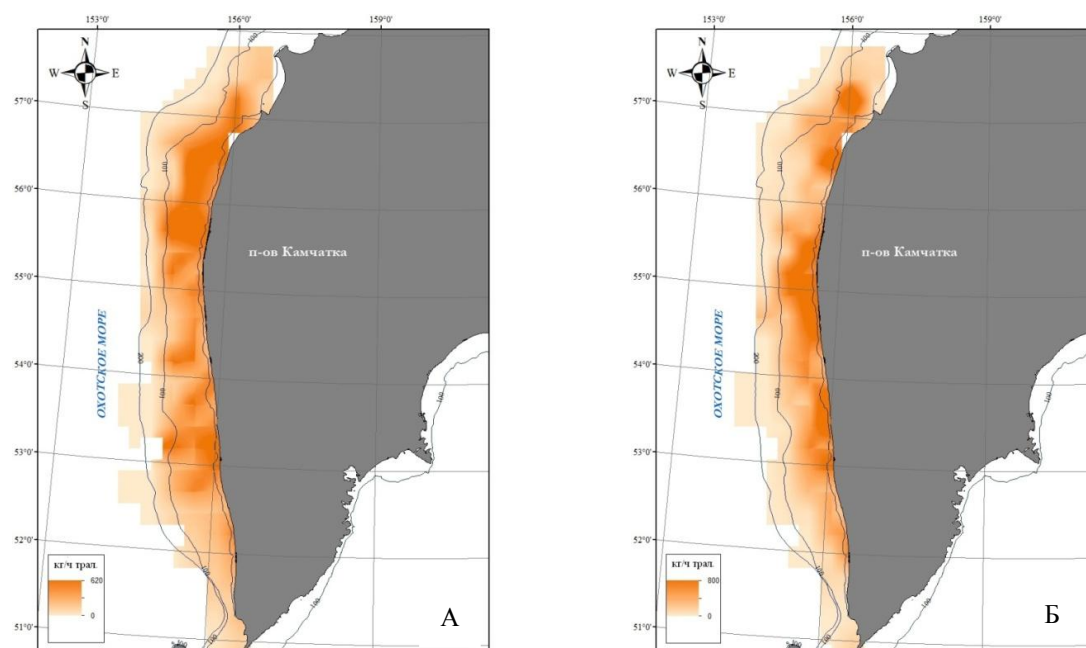


Рис. 3. Среднегодолетнее распределение уловов желтоперой камбалы *Limanda aspera* (А) и наваги *Eleginus gracilis* (Б) у западного побережья Камчатки в 2014–2021 гг.

Fig. 3. Average long-term distribution of yellowfin sole *Limanda aspera* (A) and saffron cod *Eleginus gracilis* (B) catches off the western coast of Kamchatka in 2014–2021

В первую пятерку доминирующих видов попал и многоиглый керчак *Muchocephalus polyacanthocephalus*, доля которого составляла около 3,8% (73,3 тыс. т) от общей биомассы рыб на шельфе западной Камчатки (см. табл. 2). Этот вид демонстрирует стабильно высокие (за исключением 2016 и 2019 гг.) показатели запаса. Если говорить о резких скачках биомассы, как это можно было наблюдать в 2016 и 2017 гг. (см. прил.), отметим, что керчак относится к группе рыб, которая изымается тотально (в 95% случаев) при разборе улова. Это обстоятельство указывает на то, что переоценить или недооценить количество пойманных особей при разборе тралового улова на палубе научного судна, а также по причине недостаточной выборки, невозможно. По нашему мнению, основными факторами, которые позволяют объяснить подобные изменения биомассы, являются разные сроки проведения работ и гидрологические условия в районе исследований.

Многоиглый керчак повсеместно встречался в траловых уловах, однако наиболее крупные концентрации отмечены в южной и средней частях шельфа, от 52° до 55° с. ш. (рис. 4, А). Высокие показатели встречаемости были характерны для широкого батиметрического диапазона – от 20 до 320 м. Наиболее плотные скопления отмечены на глубинах от 20–40 до 100 м при температуре воды у дна в среднем от 1,0 до 3,6°С. Отдельно стоит отметить наличие на севере района исследований между 57° и 58° с. ш. относительно высоких уловов мелкоразмерных особей рассматриваемого вида.

Палтусовидные камбалы *Hippoglossoides* spp. – типичные обитатели западнокамчатских вод. Осредненная величина их запасов составляет около 73 тыс. т, а доля от общей биомассы всех рыб – 3,7%. В последние несколько лет (2018–2020 гг.) отмечено незначительное увеличение биомассы этих камбал (см. прил.). Наиболее

часто скопления повышенной плотности формировались в южной и средней частях шельфа, от 51° до 54° с. ш., где уловы достигали 1,5–2 т/ч траления (рис. 4, Б). Примечательно, что повышенные концентрации этих рыб в южной части шельфа приурочены в основном к глубинам 70–80 (редко 100) м, тогда как к северу от 55° с. ш. относительно крупные скопления (до 1–1,5 т) были характерны для больших глубин (140–200 м).

Среднегодовалая биомасса желтобрюхой камбалы *Pleuronectes quadrituberculatus* составляла около 61 тыс. т, или 3,1%, от общей величины запаса рыб исследованного района. По данным В.П. Шунтова и О.С. Темных [2018], относительный вклад этого вида в общую биомассу был равен 2,8%, что хорошо согласуется с полученным нами результатом. В рассматриваемый период максимальная величина биомассы вида зарегистрирована в 2020 г. и составляла около 115 тыс. т (см. прил.).

Крупные скопления вида были характерны для северной части шельфа в относительно узком диапазоне широт от 56° до 57° с. ш., где уловы достигали 1,5–2,5 т/ч траления (рис. 5, А). Подобные скопления отмечены на глубинах 100–120 м при температуре воды у дна в среднем 0,6°С. В средней части шельфа, где также наблюдались повышенные концентрации рыб, уловы достигали 0,9–1,0 т при схожем батиметрическом диапазоне и придонной температуре.

Тихоокеанская сельдь *Clupea pallasii* встречалась в учетных уловах повсеместно, ее среднегодовалая биомасса составляла чуть более 49 тыс. т, или 2,5% (см. табл. 2). Близкие значения приводят В.П. Шунтов и О.С. Темных [2018] (2,2%). Скопления повышенной плотности отмечались преимущественно к северу от 54° с. ш., где уловы достигали 10–12 т/ч траления (рис. 5, Б). Наиболее крупные концентрации зарегистрированы на глубинах 60–70 м.

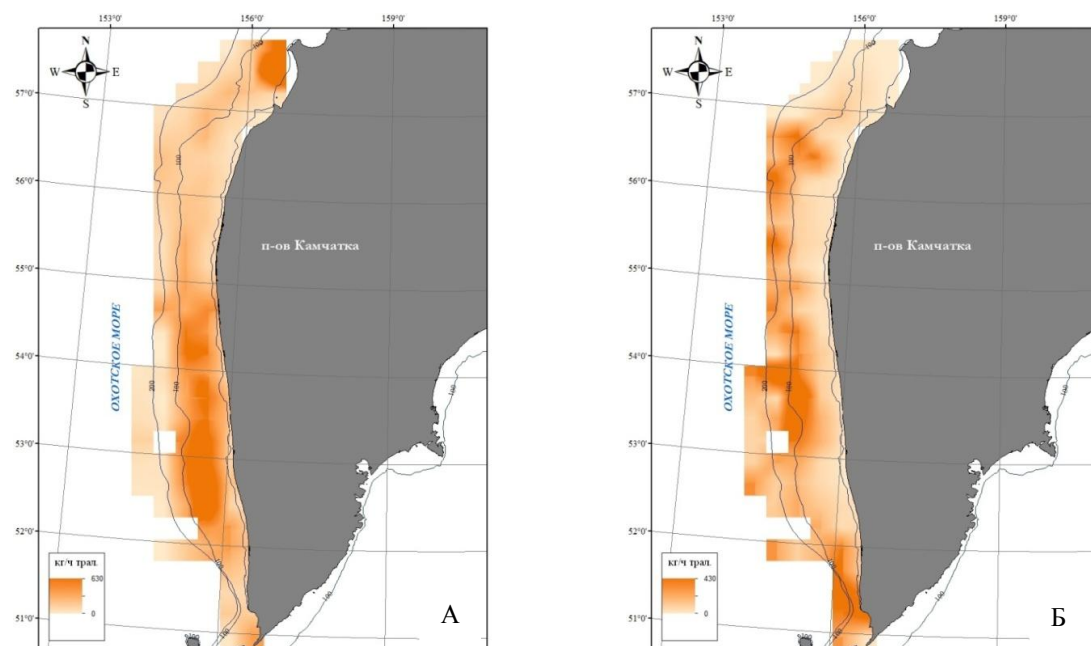


Рис. 4. Среднегодовое распределение уловов многоиглового керчака *Myoxocephalus polyacanthocephalus* (А) и палтусовидных камбал *Hippoglossoides* spp. (Б) у западного побережья Камчатки в 2014–2021 гг.

Fig. 4. Average long-term distribution of great sculpin *Myoxocephalus polyacanthocephalus* (A) and flathead *Hippoglossoides* spp. (B) catches off the western coast of Kamchatka in 2014–2021

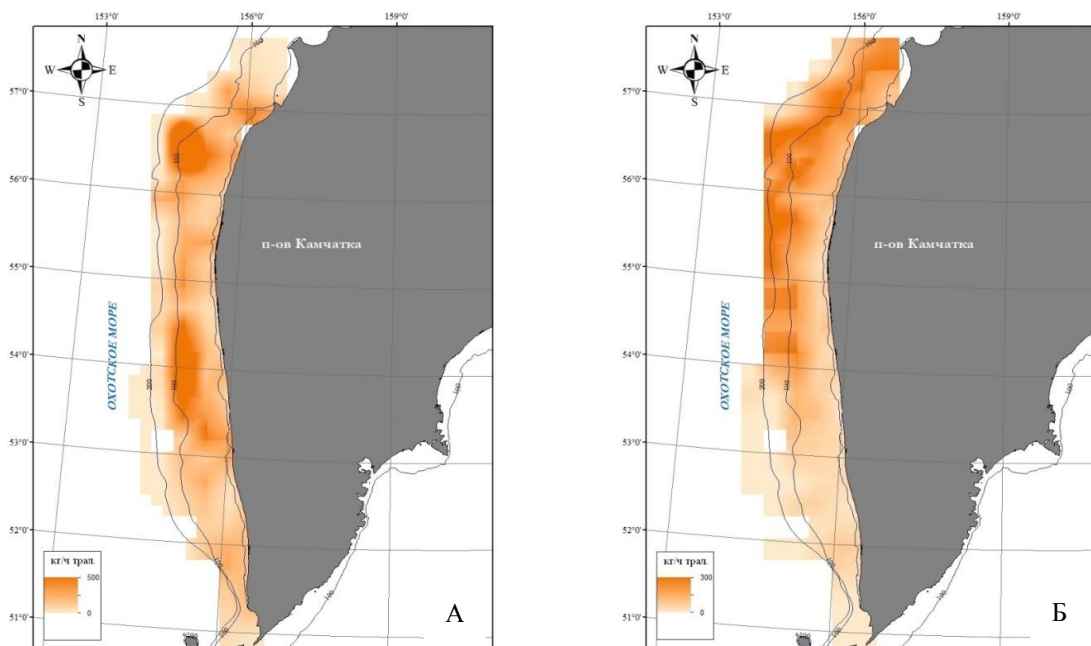


Рис. 5. Среднегодовое распределение уловов желтобрюхой камбалы *Pleuronectes quadrituberculatus* (А) и тихоокеанской сельди *Clupea pallasii* (Б) у западного побережья Камчатки в 2014–2021 гг.

Fig. 5. Average long-term distribution of Alaska plaice *Pleuronectes quadrituberculatus* (A) and Pacific herring *Clupea pallasii* (B) catches off the western coast of Kamchatka in 2014–2021

Еще одним доминирующим представителем семейства Pleuronectidae была хоботная камбала *Limanda proboscidea*, вклад которой в общую биомассу рыб составлял 2,4%, или около 47 тыс. т (см. табл. 2).

По сведениям В.П. Шунтова и О.С. Темных [2018], доля этого вида составляла 1,1% (в упомянутой работе этот вид указан как *Myzopsetta proboscidea*). Расхождение в оценках относительного вклада связано с тем,

что пик численности этой камбалы пришелся на более поздний период (2020–2021 гг.), чем рассматривали вышеупомянутые авторы (см. прил.).

Высокие концентрации вида были характерны для средней части шельфа от 53° до 56° с. ш., где уловы достигали 0,5–1,0 т/ч траления (рис. 6, А). Предпочитаемый батиметрический диапазон, где отмечены наиболее плотные скопления, – 15–25 м при температуре воды у дна в среднем около 3,7°C.

Среднемноголетняя биомасса тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* составляла около 36 тыс. т, или 1,8% от общей величины запаса рыб исследуемого района (см. табл. 2). Пик численности отмечен в 2020 г. – около 63 тыс. т (см. прил.). Стоит отметить, что согласно ранее опубликованной работе В.П. Шунтова и О.С. Темных [2018], треска занимала 3-е место по вкладу в общую биомассу рыб на западнокамчатском шельфе, тогда как по нашим данным – лишь 10-е.

Треска, так же как и многоиглый керчак, относится к группе рыб, которые изымаются тотально при разборе улова. Таким образом, переоценить или недооценить количество пойманных рыб при разборе тралового улова на палубе научного судна возможно только в том случае, если улов представлен преимущественно молодью этого вида, что бывает редко. Иногда она встречается совместно с молодью наваги и/или минтая, а в связи с их внешним сходством целенаправленная выборка крайне проблематична и трудоемка.

Высокие уловы (до 3–6 т) трески были характерны для южной и средней частях шельфа от 52° до 56° с. ш. в относительно широком диапазоне глубин от 15 до 85 м (рис. 6, Б). Отдельные скопления повышенной плотности отмечены и к северу от 57° с. ш., уловы там достигали 0,5–1,0 т на глубинах около 50 м. На самом юге исследованного полигона, в районе 51° с. ш.,

высокие концентрации (около 0,5–1,0 т) были характерны для глубин 120–150 м.

Среднемноголетняя биомасса охотского (широколобого) шлемоносца *Gymnocanthus detrisus* составляла около 30 тыс. т, или 1,5% от общей величины запаса рыб исследуемого района (см. табл. 2). Максимальной величины она достигла в 2018 г. (около 46 тыс. т). В последние несколько лет отмечается снижение его запасов (см. прил.). Скопления повышенной плотности традиционно формируются в южной и средней частях шельфа от 51° до 55° с. ш. в относительно широком батиметрическом диапазоне от 60 до 150 м (рис. 7, А). В отдельные годы (2014 и 2017 гг.) уловы вида превышали 1 т за часовое траление. Согласно проведенному ранее исследованию, высокие концентрации шлемоносца приурочены к температурному фону 0,5–1,7°C [Матвеев, 2021].

Среднемноголетняя биомасса северной двухлинейной камбалы *Lepidopsetta polyxustra* составляла около 27 тыс. т, или 1,4% от общей величины запаса рыб исследуемого района (см. табл. 2). Пик биомассы вида зарегистрирован в 2014–2015 гг. – около 36 тыс. т (см. прил.). Отметим, что согласно ранее опубликованной работе В.П. Шунтова и О.С. Темных [2018], северная двухлинейная камбала занимала 13-е место по вкладу в общую биомассу рыб на западнокамчатском шельфе, тогда как по нашим данным – 12-е, что в целом указывает на хорошую сопоставимость результатов.

Крупные скопления вида были характерны для южной части шельфа в относительно узком диапазоне широт от 52° до 54° с. ш., где уловы достигали 0,8–1,3 т/ч траления (рис. 7, Б). Подобные скопления отмечены на глубинах 20–70 м (в среднем – 53 м) при температуре воды у дна в среднем 2,1°C. На самом юге исследованного полигона также наблюдались повышенные концентрации рыб, уловы достигали 0,5–0,7 т на глубинах около 30–40 м.

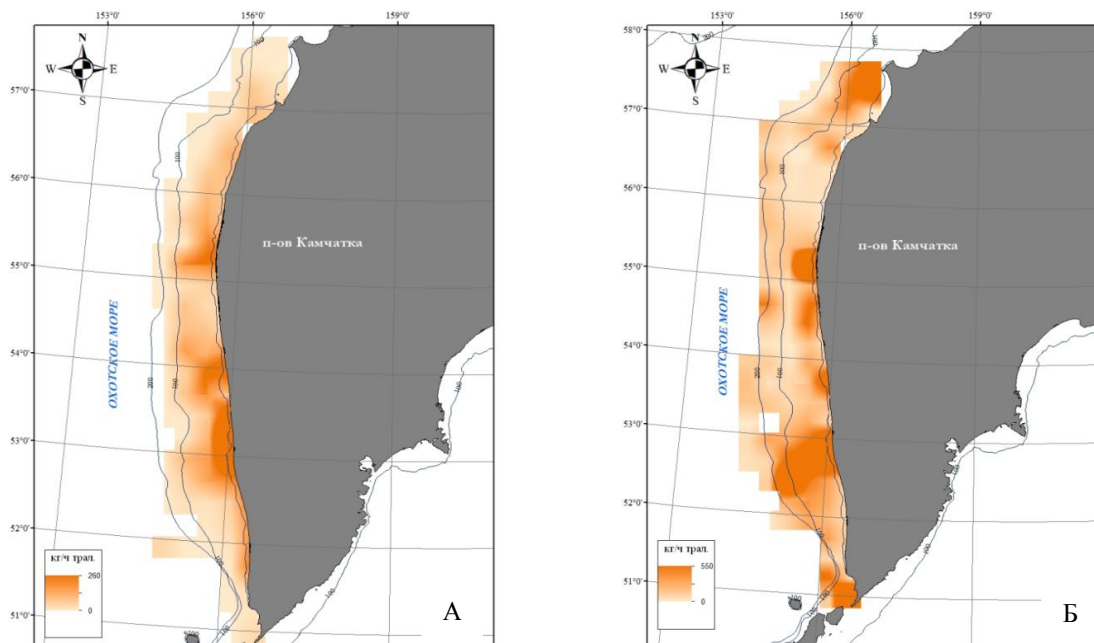


Рис. 6. Среднеголетнее распределение уловов хоботной камбалы *Limanda proboscidea* (А) и тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* (Б) у западного побережья Камчатки в 2014–2021 гг.

Fig. 6. Average long-term distribution of longhead dab *Limanda proboscidea* (A) and Pacific cod *Gadus macrocephalus* (B) catches off the western coast of Kamchatka in 2014–2021

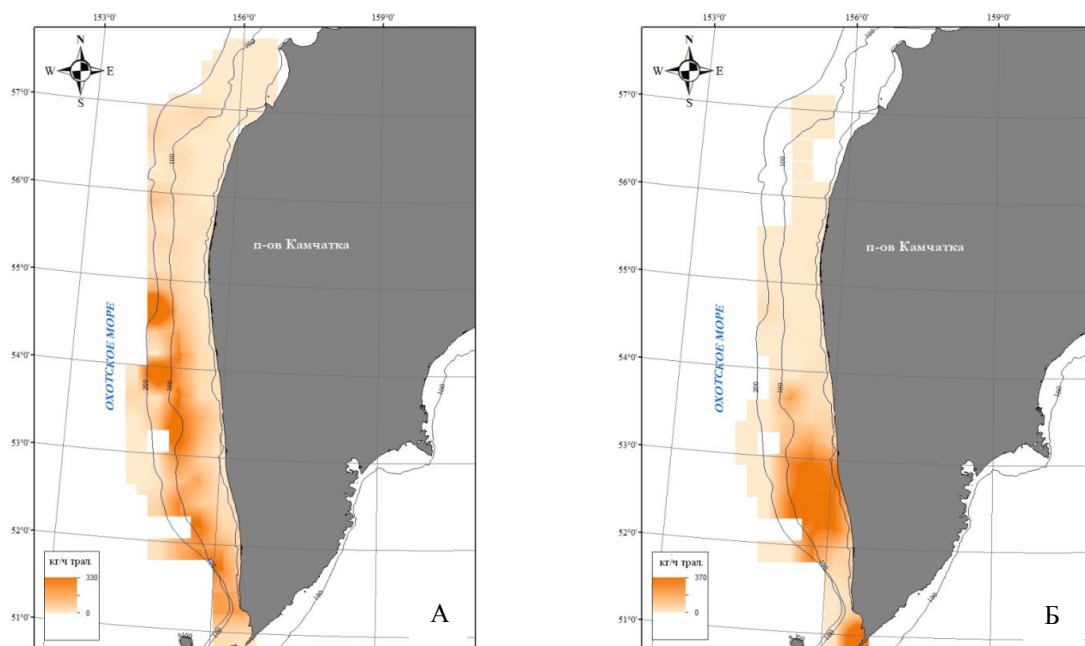


Рис. 7. Среднеголетнее распределение уловов охотского шлемоносца *Gymnocanthus detrisus* (А) и северной двухлинейной камбалы *Lepidopsetta polyxystra* (Б) у западного побережья Камчатки в 2014–2021 гг.

Fig. 7. Average long-term distribution of purplegray sculpin *Gymnocanthus detrisus* (A) and northern rock sole *Lepidopsetta polyxystra* (B) catches off the western coast of Kamchatka in 2014–2021

Среднеголетняя доля в уловах керчака-яока *Myoxocephalus jaok* составляла около 1,3% от общей биомассы рыб на шельфе западной Камчатки, или около 26 тыс. т

(см. табл. 2). Отметим, что керчак-яок, так же как и многоиглый керчак, относится к группе объектов, которые изымаются totally при разборе улова. Высокие

показатели вылова (до 2–8 т) вида характерны для средней части шельфа от 54° до 56° с. ш. в диапазоне глубин от 30 до 60 м (рис. 8, А). Отдельные локальные скопления повышенной плотности отмечены к северу от 52° с. ш., уловы там достигали 3,0–3,5 т/ч траления.

Дальневосточная лисичка *Podothecus sturioides* имела долю в уловах в среднем около 0,7% (около 14 тыс. т) от общей биомассы рыб на шельфе западной Камчатки (см. табл. 2). Близкие оценки приводят В.П. Шунтов и О.С. Темных [2018] (0,6%). Крупные скопления (0,3–0,8 т) вида были характерны для средней части шельфа от 53° до 56° с. ш. в диапазоне глубин от 15 до 70 м (рис. 8, Б). Повышенные концентрации этих рыб отмечены в районе 57° с. ш., но уловы там были значительно меньше и достигали 0,1–0,3 т/ч траления.

Бычок-ворон *Hemitripterus villosus* – типичный обитатель западнокамчатских вод. Осредненная величина запасов – около 8 тыс. т, а доля от общей биомассы рыб – 0,4%. Как видно на представленном графике (см. табл. 2), в последние несколько лет (2019–2021 гг.) отмечалось снижение биомассы данного вида. Максимальная за рассматриваемый период величина запаса отмечена в 2014 г. (около 14 тыс. т) (см. прил.). Наиболее часто скопления повышенной плотности формировались в средней и северной частях шельфа, от 54° до 58° с. ш., где уловы достигали 0,5–0,6 т/ч траления (рис. 9, А). Повышенные концентрации бычка-ворона в северной части шельфа приурочены в основном к глубинам 15–30 м.

Тихоокеанская (дальневосточная) мойва *Mallotus villosus catervarius* – промысловый вид с высокими колебаниями численности [Наумова, 2021]. Ее доля в уловах составляла менее 0,4% (около 7 тыс. т) от общей биомассы рыб у западной Камчатки (см. табл. 2). Пик численности зафиксиро-

ван в 2016 г., когда биомасса достигала 23 тыс. т. В последние годы (2020–2021 гг.) запасы мойвы заметно снизились (см. прил.). Важно понимать, что донные траловые съемки не позволяют в полной мере оценить численность этого вида. Тем не менее с учетом описанных ранее допущений, мы не стали исключать мойву из общего рейтинга видов. В небольших количествах она встречается повсеместно, вдоль всего западного побережья. Однако в отдельные годы (2015, 2016 и 2018 гг.) локальные скопления высокой плотности наблюдались в районе 53° и 56° с. ш., уловы там достигали 2–5 т за часовое траление (рис. 9, Б). Наличие крупных концентраций мойвы в этом районе ранее было отмечено и Т.Н. Наумовой [2021].

Среднегодовалая доля звездчатой камбалы (тихоокеанская речная) *Platichthys stellatus* в уловах составляла менее 0,4% (около 7 тыс. т) от общей биомассы рыб на шельфе западной Камчатки (см. табл. 2). В последующие годы биомасса вида заметно снизилась (см. прил.). Крупные скопления (0,5–0,9 т) звездчатой камбалы были характерны для южной части шельфа от 51° до 54° с. ш. в диапазоне глубин от 15 до 30 (редко 50) м (рис. 10, А). Повышенные концентрации этих рыб отмечены и в районе 57 с. ш., но уловы там были значительно меньше и достигали 0,5 т/ч траления.

Схожую картину распределения имеет и белобрюхий получешуйник *Hemilepidotus jordani*, основные концентрации которого отмечены в южной части шельфа от 51° до 54° с. ш. в диапазоне глубин от 30 до 70 м (рис. 10, Б). Уловы здесь достигали 0,5–0,7 т за часовое траление. Повышенные концентрации получешуйника отмечены и к северу от 57° с. ш. в узком диапазоне глубин 45–50 м. В целом доля этого вида в уловах была невелика и составляла около 0,3% (менее 6 тыс. т) от общей биомассы рыб на шельфе западной Камчатки

(см. табл. 2). Пик численности зафиксирован в 2017 г., когда биомасса превышала 8 тыс. т. В последние годы (2020–2021 гг.) запасы получешуйника снизились (см. прил.).

Также отметим, что в рейтинге 20 доминирующих видов рыб, согласно работе В.П. Шунтова и О.С. Темных [2018], этот вид отсутствует.

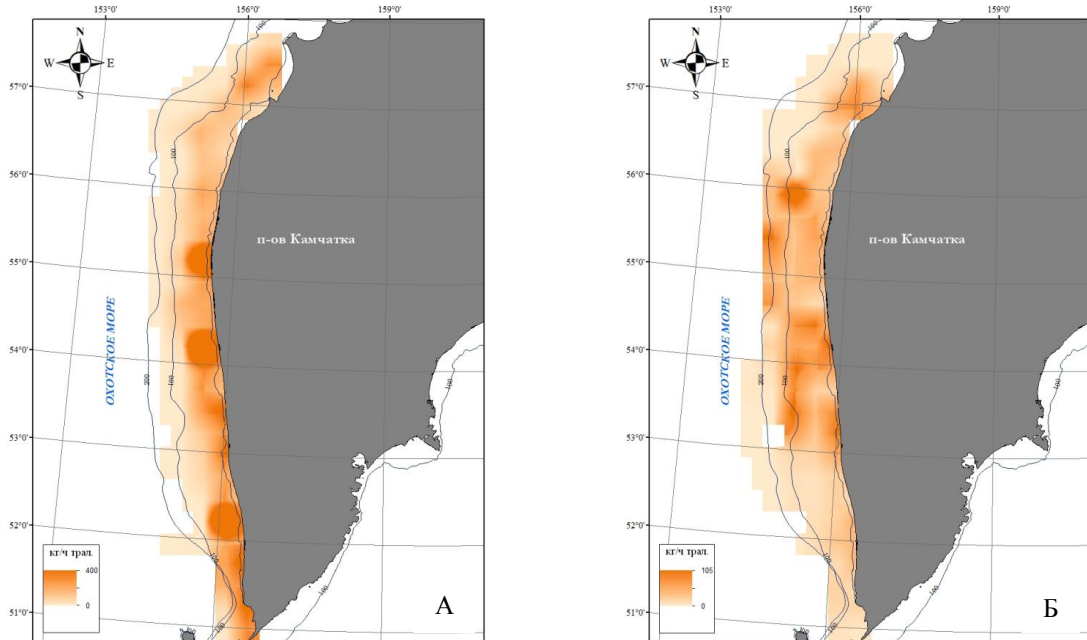


Рис. 8. Среднегодовое распределение уловов керчака-яока *Myoxocephalus jaok* (А) и дальневосточной лисички *Podothecus sturioides* (Б) у западного побережья Камчатки в 2014–2021 гг.

Fig. 8. Average long-term distribution of plain sculpin *Myoxocephalus jaok* (A) and hawk poacher *Podothecus sturioides* (B) catches off the western coast of Kamchatka in 2014–2021

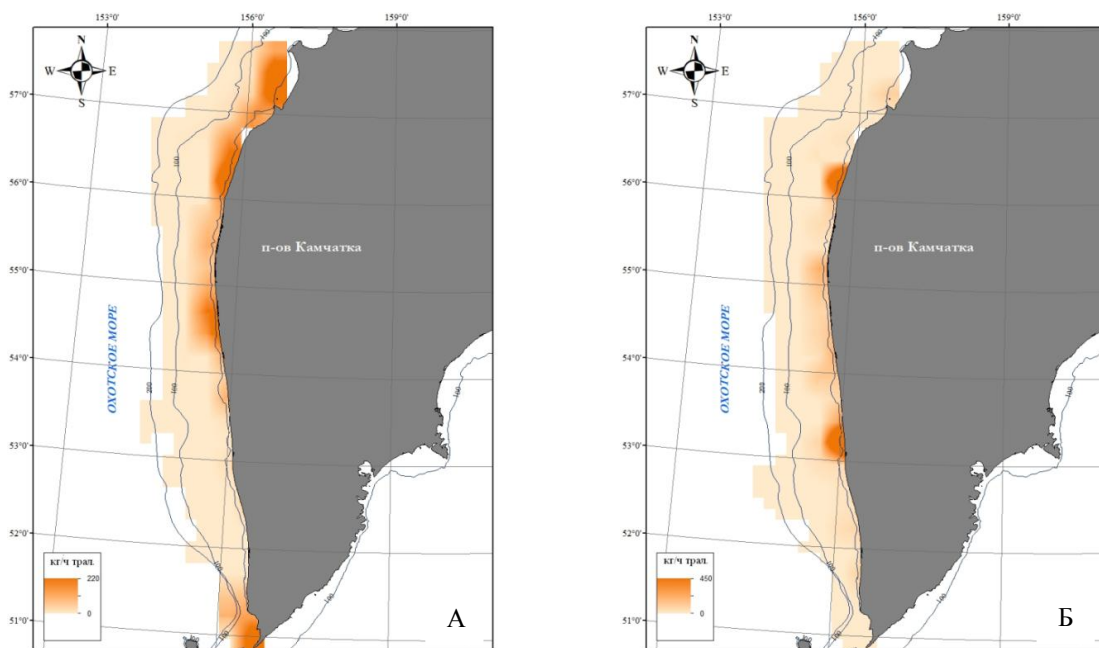


Рис. 9. Среднегодовое распределение уловов бычка-ворона *Hemitripteris villosus* (А) и тихоокеанской мойвы *Mallotus villosus catervarius* (Б) у западного побережья Камчатки в 2014–2021 гг.

Fig. 9. Average long-term distribution of shaggy sea raven *Hemitripteris villosus* (A) and Pacific capelin *Mallotus villosus catervarius* (B) catches off the western coast of Kamchatka in 2014–2021



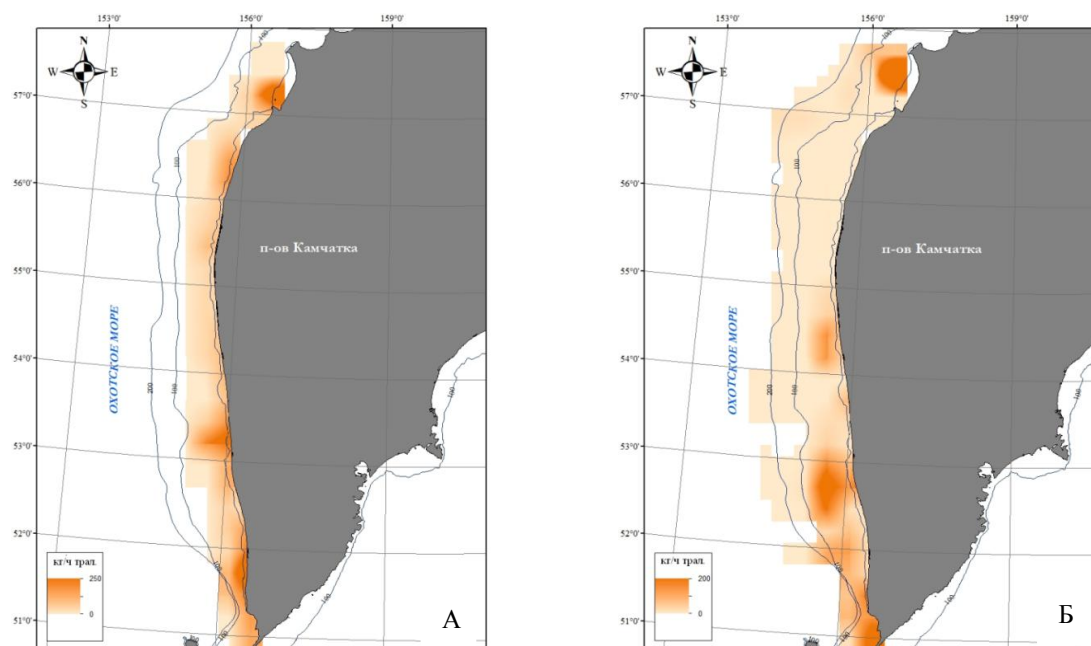


Рис. 10. Среднегодовое распределение уловов звездчатой камбалы *Platichthys stellatus* (А) и белобрюхого полчешуйника *Hemilepidotus jordani* (Б) у западного побережья Камчатки в 2014–2021 гг.

Fig. 10. Average long-term distribution of starry flounder *Platichthys stellatus* (A) and yellow irish lord *Hemilepidotus jordani* (B) catches off the western coast of Kamchatka in 2014–2021

Нитчатый шлемоносец *Gymnocanthus pistilliger* – арктическо-бореальный вид, широко распространенный в северо-западной Пацифике [Линдберг, Красюкова, 1987; Yamazaki et al., 2013]. Наибольшей численности этот вид достигает у западного побережья Камчатки [Токранов, 2017]. Считается промысловым видом, однако промыслом практически не используется, оставаясь перспективным объектом рыболовства [Токранов, 1987; Панченко, 2013]. По результатам проведенного исследования доля в уловах составляла менее 0,3% (около 5 тыс. т) от общей биомассы рыб на шельфе западной Камчатки (см. табл. 2). Пик численности зафиксирован в 2018 г., когда биомасса достигала 9 тыс. т (см. прил.).

Нитчатый шлемоносец встречается вдоль всей исследованной акватории западнокамчатского шельфа [Матвеев и др., 2021]. За исключением южных и северных участков (между 51–52° с. ш. и 57–58° с. ш.), частота встречаемости вида была высока

во всех исследуемых широтных диапазонах. Наиболее крупные скопления (0,3–0,8 т) были зарегистрированы в центральной части шельфа от 52° до 55° с. ш. в диапазоне глубин от 15 до 30 м (рис. 11, А).

Стреловидный люмпен *Lumpenus sagitta* замыкает рейтинг 20 доминирующих видов. Его доля в уловах составляла 0,2% (менее 4 тыс. т) от общего запаса рыб на шельфе западной Камчатки (см. табл. 2). Пик численности зафиксирован в 2021 г., когда биомасса превышала 5,5 тыс. т (см. прил.). По оценкам В.П. Шунтова и О.С. Темных [2018], этот вид занимал 18-ю позицию в рейтинге (0,5%). Традиционно высокие уловы (до 0,5–1 т) стреловидного люмпена характерны для южной части шельфа от 51° до 52° с. ш. в диапазоне глубин от 30 до 70 м (рис. 11, Б). Отдельные локальные скопления повышенной плотности отмечены и на севере исследованного полигона (56–57° с. ш.), но уловы там были значительно меньше.

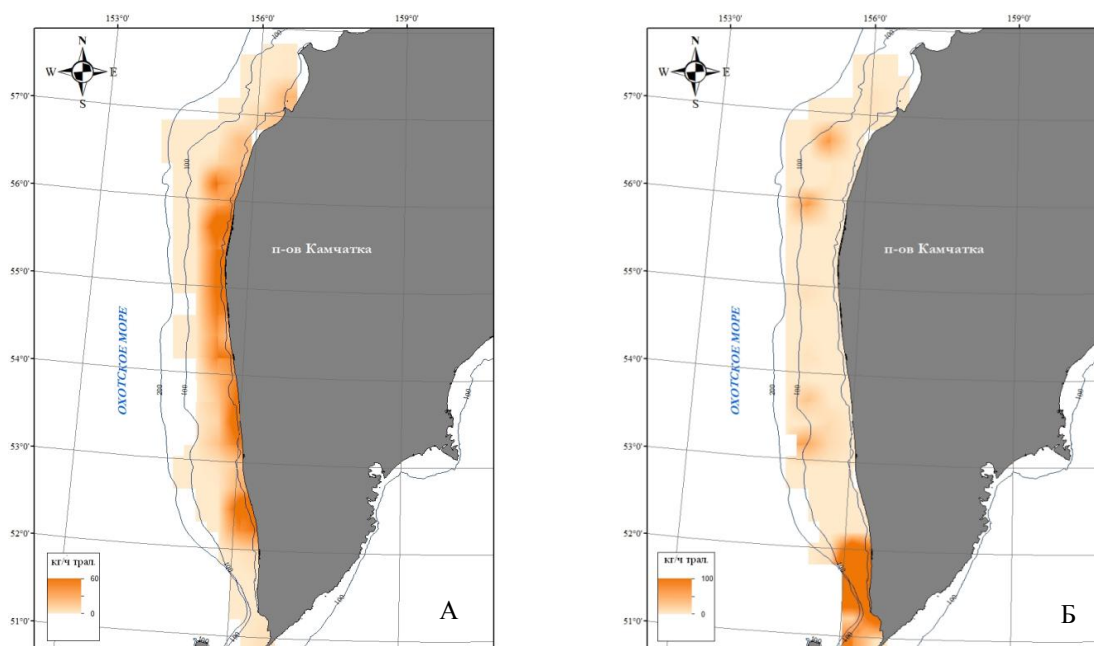


Рис. 11. Среднемноголетнее распределение уловов нитчатого шлемоносца *Gymnocanthus pistilliger* (А) и стреловидного люмпена *Lumpenus sagitta* (Б) у западного побережья Камчатки в 2014–2021 гг.

Fig. 11. Average long-term distribution of thread sculpin *Gymnocanthus pistilliger* (A) and Pacific snake *Lumpenus sagitta* (B) catches off the western coast of Kamchatka in 2014–2021

По нашему мнению, многолетнюю биомассу стреловидного люмпена стоит рассматривать в паре с пятнистым люмпеном *Leptoclinus maculatus*. У западной Камчатки запасы последнего невелики, тем не менее имеют место кратные различия в смежные годы по оценкам численности этого вида (см. прил.). По всей видимости, это связано с неверной видовой идентификацией двух внешне довольно схожих видов.

Дополнительно, в качестве примера, помимо вышеупомянутых видов люмпенов, стоит отметить северную мохоголовую *Chirolophis snyderi* и длинноперую мшанковую *Bryozoichthys lysimus* собачек. Первый представитель встречался в уловах практически ежегодно, за исключением 2016 и 2017 гг. В указанные годы в траловых уловах отмечался исключительно *Bryozoichthys lysimus*. Причем ни в одной из рассматриваемых экспедиций оба вида не зарегистрированы совместно (см. прил.). Этот факт указывает на необходимость

проведения дополнительных исследований с целью исключить ошибки в идентификации собачек в будущем.

Внимания заслуживают и некоторые другие виды, которые за весь период исследований отмечены в уловах лишь единожды. Их поимки могут объясняться как фактором случайности (например, для глубоководной фауны), так и неверной видовой идентификацией. Интересным выглядит и тот факт, что тихоокеанская полярная акула *Somniosus pacificus* после 2015 г. ни разу не попадалась, хотя известно, что в экспедициях 2012 и 2013 гг. этот вид встречался. Естественно, что остаться незаметными при разборе улова такие рыбы вряд ли могли бы.

Ярким примером резкого изменения межгодовых оценок запаса является голубой морской окунь *Sebastes glaucus*, биомасса которого обычно не превышает 0,4 тыс. т. Однако в 2014 г. эта величина составляла около 2 тыс. т, а в 2018 г. – превысила

6 тыс. т. Проверка первичных данных не выявила технических ошибок. Если в 2014 г. уловы достигали 0,3–0,4 т за часовое траление, то в 2018 г. максимальный зарегистрированный вылов составил около 4 т. Для участников той экспедиции это траление было запоминающимся, поскольку основную долю улова составлял голубой морской окунь, что бывает крайне редко. К тому же был выполнен массовый промер этих рыб, что косвенно подтверждает доминирование вида в улове. Исходя из вышесказанного, можно предположить, что голубой морской окунь в водах у западной Камчатки в отдельные годы формирует довольно плотные локальные скопления, которые иногда регистрируются при проведении учетных работ. А.М. Токранов [2016] отмечал наличие повышенных концентраций преимущественно на каменистых участках шельфа, где осуществить донное траление затруднительно в связи с особенностями рельефа. Вероятно, ситуацию усугубляет и высокая агрегированность в пространственном распределении этих рыб. Поскольку результат оценки их обилия зависит от попадания (или непадения) тралений на участки с высокими концентрациями.

Вполне оправданным и очевидным решением является введение в практику подобных экспедиций обязательную фотофиксацию улова. В будущем это позволит исключить подобные спорные ситуации. Еще одним вопросом остается – стоит ли включать подобные «редкие» уловы в расчет численности и биомассы?

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенного исследования по материалам учетных работ на шельфе западного побережья Камчатки в составе уловов было зарегистрировано 137 видов

(в том числе групп видов) рыб из 26 семейств. Основу биоразнообразия составляли четыре семейства: рогатковые представлены 25 видами, бельдюговые – 19, камбаловые и стихеевые – по 12 видов. За рассматриваемый период среднемноголетняя биомасса всех рыб у западного побережья Камчатки составляла около 1 951 т. Из этой величины 98,3% приходится на 20 первых по биомассе видов рыб (осредненные данные). Дополнительно представлены оценки запасов для всех видов рыб, отмеченных в траловых уловах в исследуемый период.

Резюмируя вышесказанное, отметим, что полные списки видов с оценками их запасов в многолетнем аспекте редко встречаются в современной литературе. Пожалуй, исключение составляет опубликованные пять томов табличных справочников, в том числе по Охотскому морю [Шунтов и др., 2014]. Многие авторы с целью нивелировать негативные аспекты траловых экспедиций идут путем осреднения расчетных данных по периодам лет, что, очевидно, оправданно в контексте поставленных ими целей. Однако с другой стороны, такой метод приводит к «замыливанию» первичных данных. Используемый нами подход позволил выявить перечень видов, на которые стоит обратить внимание как ихтиологам, выполняющим идентификацию рыб при разборе улова, так и специалистам, осуществляющим оценки их запасов.

К примеру, череда изменений в систематике, когда за относительно короткий промежуток времени происходит объединение разных видов в один, а спустя некоторое время их снова разделяют. Подобные «новшества» в некоторых случаях могут объяснять резкие скачки запасов. Даже элементарная смена правописания *Gymnacanthus* и *Gymnacanthus* может служить причиной формального «исчезновения» данных из

траловых карточек в базах данных, и в последующем – падения величины запаса.

Анализ распределения видов позволил определить районы повышенных концентраций рыб на шельфе и верхней части материкового склона у западного побережья Камчатки. Большая часть из рассмотренных видов широко распространены вдоль всего побережья, однако некоторые виды (например, *Lumpenus sagitta*, *Lepidopsetta polyxustra* и *Hemilepidotus jordani*) формируют наиболее плотные скопления преимущественно на юге исследованного полигона. Другие, напротив, образуют высокие концентрации лишь в северной части шельфа (например, *Hemitripterus villosus*). Эти факторы необходимо учитывать в случае вынужденного сокращения стандартной сетки траловых станций и последующего анализа результатов экспедиций.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Аксютин З.М. 1968. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях. Москва: Пищевая промышленность. 288 с.
- Борец Л.А. 1985. Состав и биомасса донных рыб на шельфе Охотского моря. *Биология моря*. № 4. С. 54–59.
- Борец Л.А. 1997. Донные ихтиоцены российского шельфа дальневосточных морей: состав, структура, элементы функционирования и промысловое значение. Владивосток: ТИНРО-Центр. 217 с.
- Волвенко И.В. 1998. Проблемы количественной оценки обилия рыб по данным траловых съемок. *Известия ТИНРО*. Т. 124. С. 473–500.
- Волвенко И.В. 2009. Обилие макрофауны пелагиали северо-западной Пацифики: 1. Численность. *Известия ТИНРО*. Т. 158. С. 3–39.
- Горбатенко К.М., Савин А.Б. 2012. Состав, биомасса и трофические характеристики рыб на западнокамчатском шельфе. *Известия ТИНРО*. Т. 171. С. 40–61.
- Золотов А.О., Терентьев Д.А., Новикова О.В., Ильин О.И. 2013. Многолетняя динамика запасов донных рыб на шельфе западной Камчатки. *Известия ТИНРО*. Т. 173. С. 30–45.
- Ильинский Е.Н., Четвергов А.В. 2001. Состав и современный статус донного ихтиоцена западнокамчатского шельфа. *Вопросы рыболовства*. Т. 2. № 3 (7). С. 504–517.
- Кадильников Ю.В. 1987. Об оценке запасов промысловых объектов методом траловой съемки. *Труды АтлантНИРО «Доступность морских промысловых объектов для орудий лова и технических средств наблюдений»*. С. 30–43.
- Линдберг Г.У., Красюкова З.В. 1987. Рыбы Японского моря и сопредельных частей Охотского и Желтого морей. Ч. 5. Ленинград: Наука. 526 с.
- Матвеев А.А. 2021. Многолетняя динамика биомассы, распределение, промысел и некоторые аспекты биологии массовых видов рогатковых у Западной Камчатки: *Автореферат диссертации ... канд. биол. наук*. Петропавловск-Камчатский. 23 с.
- Матвеев А.А., Баланов А.А., Панченко В.В. 2021. Распределение, размерно-половой состав и состояние запасов *Gymnocanthus pistilliger* (Cottidae) у западного побережья Камчатки в летний период. *Вопросы ихтиологии*. Т. 61. № 2. С. 167–176.
- Матвеев А.А., Терентьев Д.А. 2016. Промысел, многолетняя динамика биомассы, распределение и размерный состав массовых видов рогатковых Cottidae у западного побережья Камчатки. *Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана*. № 41. С. 17–42. DOI:10.15853/2072-8212.2016.41.17–42.
- Наумова Т.Н. 2021. Распределение мойвы *Mallotus villosus catervarius* в восточной части Охотского моря в весенний период. *Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана*. Вып. 60. С. 43–52.
- Панченко В.В. 2013. Размерно-возрастной состав и динамика численности нитчатого шлемоносца *Gymnocanthus pistilliger* (Cottidae) в заливе Петра Великого (Японское море). *Вопросы рыболовства*. Т. 14. № 2 (54). С. 208–218.
- Савин А.Б., Ильинский Е.Н., Асеева Н.Л. 2011. Многолетняя динамика в составе донных и придонных рыб на западнокамчатском шельфе в 1982–2010 гг. *Известия ТИНРО*. Т. 166. С. 149–165.
- Терентьев Д.А., Михалютин Е.А., Матвеев А.А. 2013. Современное состояние запасов, многолетняя динамика распределения и размерной структуры массовых промысловых видов рыб на шельфе западного побережья Камчатки в летний период. *Исследования водных биологических ресурсов Камчатки*

- и северо-западной части Тихого океана. Вып. 30. С. 5–27.
- Токранов А.М. 1987. О размножении рогатковых рыб рода *Gymnocanthus* (Cottidae) в прибрежных водах Камчатки. *Вопросы ихтиологии*. Т. 27. Вып. 6. С. 1026–1030.
- Токранов А.М. 2016. Особенности распределения и размерный состав широколобого окуня *Sebastes glaucus* (Sebastidae) в прикамчатских водах Охотского моря. *Материалы Всероссийской конференции «Геология, география, биологическое разнообразие и ресурсы Северо-Востока России»*. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН. С. 289–291.
- Токранов А.М. 2017. Рогатковые рыбы рода *Gymnocanthus* (Cottidae) прикамчатских вод и проблемы использования их ресурсов. *Материалы Национальной (всероссийской) научно-практической конференции «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование»*. С. 176–180.
- Четвергов А.В., Архандеев М.В., Ильинский Е.Н. 2003. Состав, распределение и состояние запасов донных рыб у Западной Камчатки в 2000 г. *Труды КФ ТИГ ДВО РАН*. Вып. IV. Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор. С. 227–256.
- Шунтов В.П., Волвенко И.В. 2020. К вопросу о перестройках в донных и придонных иктиоценозах российских дальневосточных морей под влиянием промыслового пресса. *Вопросы рыболовства*. Том 21. № 4. С. 359–378.
- Шунтов В.П., Волвенко И.В., Кулик В.В., Бочаров Л.Н. 2014. Макрофауна бентали Охотского моря: таблицы встречаемости, численности и биомассы. 1977–2010. – Владивосток: ТИНРО-центр. 1052 с.
- Шунтов В.П., Волков А.Ф., Темных О.С., Дулепова Е.П. 1993. Минтай в экосистемах дальневосточных морей. Владивосток: ТИНРО. 426 с.
- Шунтов В.П., Темных О.С. 2018. Среднемноголетняя биомасса и доминирующие виды рыб в донных и придонных биотопах Охотского моря. Сообщение 1. Состав и количественное соотношение видов на шельфе разных районов моря. *Известия ТИНРО*. Т. 193. С. 3–19.
- Fishbase. URL: [www.fishbase.org/identification/SpeciesList.php](http://www.fishbase.org/identification/SpeciesList.php) (дата обращения: 28.10.2022).
- WoRMS Editorial Board. World Register of Marine Species. 2022. URL: <http://www.marine-species.org> at VLIZ. Accessed 2022-02-28. DOI:10.14284/170.
- Yamazaki A., Markevich A., Munehara H. 2013. Molecular phylogeny and zoogeography of marine sculpins in the genus *Gymnocanthus* (Teleostei; Cottidae) based on mitochondrial DNA sequences. *Marine Biology*. Vol. 160. P. 2581–2589. DOI: 10.1007/s00227-013-2250-4.

## REFERENCES

- Aksyutina Z.M. 1968. Elements of mathematical evaluation of the results of observations in biological and fishery research. Moscow: Pishchevaya Promyshlennost' Publ. 288 p. (in Russian).
- Borets L.A. 1985. Composition and biomass of bottom fish on the shelf of the Sea of Okhotsk. *Biologiya morya (Russian Journal of Marine Biology)*. № 4. P. 54–59 (in Russian).
- Borets L.A. 1997. Bottom ichthyocenes of the Russian shelf of the Far Eastern seas: composition, structure, functional elements and commercial value. Vladivostok: TINRO-Center. 217 p. (in Russian).
- Volvenko I.V. 1998. Problems of quantitative assessment of the abundance of fish according to trawl surveys. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. Vol. 124. P. 473–500 (in Russian).
- Volvenko I.V. 2009. Abundance of macrofauna in the pelagic zone of the northwestern Pacific: 1. Abundance. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. V. 158. P. 3–39 (in Russian).
- Gorbatenko K.M., Savin A.B. 2012. Composition, biomass and trophic characteristics of fish on the West Kamchatka shelf. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. Т. 171. P. 40–61 (in Russian).
- Zolotov A.O., Terentiev D.A., Novikova O.V., Ilyin O.I. 2013. Long-term dynamics of bottom fish stocks on the shelf of Western Kamchatka. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. Vol. 173. P. 30–45 (in Russian).
- Ilyinsky E.N., Chetvergov A.V. 2001. Composition and current status of the benthic ichthyocene of the West Kamchatka shelf. *Voprosy rybolovstva (Problems of Fisheries)*. Vol. 2. № 3 (7). P. 504–517 (in Russian).
- Kadilnikov Yu.V. 1987. On the assessment of stocks of commercial objects by the method of trawl shooting. *Proceedings of AtlantNIRO* “Accessibility of marine commercial objects for

- fishing gear and technical means of observation". P. 30–43 (in Russian).
- Lindberg G.U., Krasnyukova Z.V. 1987. Fishes of the Sea of Japan and adjacent parts of the Sea of Okhotsk and the Yellow Sea. Part 5. Leningrad: Nauka Publ. 526 p. (in Russian).
- Matveev A.A. 2021. Long-term dynamics of biomass, distribution, fishing and some aspects of the biology of mass species of sculpins near Western Kamchatka. *Abstract of the candidacy dissertation for biological sciences*. Petropavlovsk-Kamchatsky. 23 p. (in Russian).
- Matveev A.A., Balanov A.A., Panchenko V.V. 2021. Distribution, size-sex composition and stock status of *Gymnocanthus pistilliger* (Cottidae) off the western coast of Kamchatka in summer. *Voprosy ichtiologii (Journal of Ichthyology)*. Vol. 61. № 2. P. 167–176 (in Russian).
- Matveev A.A., Terentiev D.A. 2016. Fishery, long-term dynamics of biomass, distribution and size composition of mass species of sculpins Cottidae near the western coast of Kamchatka. *Issledovaniya vodnykh biologicheskikh resursov Kamchatki i severo-zapadnoj chasti Tihogo okeana (The Research of water biological resources of Kamchatka and of the northwestern part of Pacific Ocean)*. № 41. P. 17–42. DOI:10.15853/2072-8212.41.17-42 (in Russian).
- Naumova T.N. 2021. Distribution of capelin *Mallotus villosus catervarius* in the eastern part of the Sea of Okhotsk in spring. *Issledovaniya vodnykh biologicheskikh resursov Kamchatki i severo-zapadnoj chasti Tihogo okeana (The Research of Water Biological Resources of Kamchatka and of the Northwestern Part of Pacific Ocean)*. Issue 60. P. 43–52 (in Russian).
- Panchenko V.V. 2013. Size-age composition and population dynamics of the filamentous helmet *Gymnocanthus pistilliger* (Cottidae) in Peter the Great Bay (Sea of Japan). *Voprosy rybolovstva (Problems of Fisheries)*. Vol. 14. № 2 (54). P. 208–218 (in Russian).
- Savin A.B., Ilyinsky E.N., Aseeva N.L. 2011. Long-term dynamics in the composition of benthic and demersal fish on the Western Kamchatka shelf in 1982–2010. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. Vol. 166. P. 149–165 (in Russian).
- Terentiev D.A., Mikhalyutin E.A., Matveev A.A. 2013. The current state of stocks, long-term dynamics of distribution and size structure of mass commercial fish species on the shelf of the western coast of Kamchatka in the summer period. *Issledovaniya vodnykh biologicheskikh resursov Kamchatki i severo-zapadnoj chasti Tihogo okeana (The Research of Water Biological Resources of Kamchatka and of the Northwestern Part of Pacific Ocean)*. Issue 30. P. 5–27 (in Russian).
- Tokranov A.M. 1987. On the reproduction of horned fish of the genus *Gymnocanthus* (Cottidae) in the coastal waters of Kamchatka. *Voprosy ichtiologii (Journal of Ichthyology)*. Vol. 27. Issue. 6. P. 1026–1030 (in Russian).
- Tokranov A.M. 2016. Features of the distribution and size composition of the broad-fronted perch *Sebastes glaucus* (Sebastidae) in the Kamchatka waters of the Sea of Okhotsk. *Proceedings of Russian scientific conference "Geology, geography, biological diversity and resources of the North-East of Russia"*. Magadan: SVKNII FEB RAS. P. 289–291 (in Russian).
- Tokranov A.M. 2017. Horned fish of the genus *Gymnocanthus* (Cottidae) of Kamchatka waters and problems of their resources use. *Proceedings of Russian scientific conference "Natural resources, their present condition, protection, industrial and technical use"*. P. 176–180 (in Russian).
- Chetvergov A.V., Arkhandeev M.V., Ilyinsky E.N. 2003. Composition, distribution and state of stocks of bottom fish near Western Kamchatka in 2000. *Trudy KF TIG DVO RAN (Proceedings of Kamchatka branch of Pacific Institute of Geography, Far Eastern Branch, Russian Academy of Science)*. Issue IV. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatsky Pechatny Dvor. P. 227–256 (in Russian).
- Shuntov V.P., Volvenko I.V. 2020. On the issue of rearrangements in the bottom and near-bottom ichthyocenes of the Russian Far Eastern seas under the influence of fishing pressure. *Voprosy rybolovstva (Problems of Fisheries)*. Vol. 21. № 4. P. 359–378 (in Russian).
- Shuntov V.P., Volvenko I.V., Kulik V.V., Bocharov L.N. 2014. Macrofauna of the benthic Sea of Okhotsk: tables of occurrence, abundance and biomass. 1977–2010. Vladivostok: TINRO-Center. 1052 p. (in Russian).
- Shuntov V.P., Volkov A.F., Temnykh O.S., Dulepova E.P. 1993. Pollock in the ecosystems of the Far Eastern seas. Vladivostok: TINRO. 426 p. (in Russian).
- Shuntov V.P., Temnykh O.S. 2018. Average long-term biomass and dominant fish species in bottom and benthic biotopes of the Sea of Okhotsk. Message 1. Composition and quantitative ratio of species on the shelf in different areas of the sea. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute*

*of Fisheries and Oceanography*). Vol. 193. P. 3–19 (in Russian).  
Fishbase. URL: [www.fishbase.org/identification/SpeciesList.php](http://www.fishbase.org/identification/SpeciesList.php) (accessed: 28.10.2022).  
WoRMS Editorial Board. World Register of Marine Species. 2022. URL: <http://www.marine-species.org> at VLIZ. Accessed 2022-02-28. DOI:10.14284/170.

Yamazaki A., Markevich A., Munehara H. 2013. Molecular phylogeny and zoogeography of marine sculpins in the genus *Gymnocanthus* (Teleostei; Cottidae) based on mitochondrial DNA sequences. *Marine Biology*. Vol. 160. P. 2581–2589. DOI: 10.1007/s00227-013-2250-4.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Матвеев Андрей Анатольевич** – Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО); 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат биологических наук; старший научный сотрудник; [matveev.a.a@kamniro.ru](mailto:matveev.a.a@kamniro.ru). SPIN-код: 3492-0814, Author ID: 803665, Scopus ID: 57204554430, ORCID: 0000-0003-2101-6207.

**Matveev Andrey Anatolyevich** – Kamchatka Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO); 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Biological Sciences; Senior Researcher; [matveev.a.a@kamniro.ru](mailto:matveev.a.a@kamniro.ru). SPIN-code: 3492-0814, Author ID: 803665, Scopus ID: 57204554430, ORCID: 0000-0003-2101-6207.

**Варкентин Александр Иванович** – Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО); 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат биологических наук; заместитель руководителя; [varkentin.a.i@kamniro.ru](mailto:varkentin.a.i@kamniro.ru). SPIN-код: 6126-6033, Author ID: 748558, ORCID: 0000-0002-1735-0088.

**Varkentin Alexander Ivanovich** – Kamchatka Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO); 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Biological Sciences; Deputy Director; [varkentin.a.i@kamniro.ru](mailto:varkentin.a.i@kamniro.ru). SPIN-code: 6126-6033, Author ID: 748558, ORCID: 0000-0002-1735-0088.

Приложение. Видовой состав и биомасса (т) рыб по годам проведения донных траловых съемок у западного побережья Камчатки

Attachment. Species composition and fish biomass (t) by years of bottom trawl surveys near the western coast of Kamchatka

Семейство / виды	Годы								Среднее
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
<b>Somniosidae</b>									
<i>Somniosus pacificus</i>		320							<b>320</b>
<b>Arhynchobaridae</b>	<b>4031</b>	<b>4639</b>	<b>2772</b>	<b>3242</b>	<b>2993</b>	<b>1834</b>	<b>4375</b>	<b>2405</b>	<b>3286</b>
<i>Bathyraja aleutica</i>		243					290		267
<i>Bathyraja isotrachys</i>		20							20
<i>Bathyraja maculata</i>	361	565	172	80	342	347	177	231	284
<i>Bathyraja matsubarae</i>		32		297	83		0,4		103
<i>Bathyraja minispinosa</i>		54							54
<i>Bathyraja parmifera</i>	1952	1515	1399	1327	1132	437	1641	848	1281
<i>Bathyraja violacea</i>	1717	2209	1202	1538	1437	1050	2267	1326	1593
<b>Clupeidae</b>									
<i>Clupea pallasii</i>	29323	23627	129508	19862	52903	63428	59742	14093	<b>49061</b>
<b>Osmeridae</b>	<b>5652</b>	<b>20349</b>	<b>25943</b>	<b>3755</b>	<b>10805</b>	<b>4030</b>	<b>2091</b>	<b>878</b>	<b>9188</b>
<i>Mallotus villosus catervarius</i>	3814	17345	22911	460	8549	2007	790	282	7020
<i>Osmerus dentex</i>	1838	3004	3032	3295	2256	2023	1301	596	2168
<b>Salmonidae</b>	<b>69</b>	<b>146</b>	<b>47</b>	<b>153</b>	<b>47</b>	<b>53</b>	<b>38</b>	<b>69</b>	<b>78</b>
<i>Oncorhynchus gorbuscha</i> (мол.)		37				13		30	27
<i>Oncorhynchus keta</i>	28	33		6,6			22		22
<i>Oncorhynchus kisutch</i>			0,05	2,1		0,1			0,8
<i>Oncorhynchus kisutch</i> (мол.)						9,6	0,02		4,8
<i>Oncorhynchus nerka</i>		9,7							9,7
<i>Oncorhynchus nerka</i> (мол.)				0,4					0,4
<i>Oncorhynchus tshawytscha</i> (мол.)				5,9					5,9
<i>Oncorhynchus masou</i>	3,2				7,7	1,2	12		6,0
<i>Oncorhynchus masou</i> (мол.)	30						0,1		15
<i>Salvelinus leucomaenis</i>	7,8	67	41	135	39	28	4,8	39	45
<i>Salvelinus malma</i>			6,2	3,4					4,8
<b>Gadidae</b>	<b>1069006</b>	<b>1143842</b>	<b>1133521</b>	<b>818030</b>	<b>1816949</b>	<b>878052</b>	<b>1936531</b>	<b>835998</b>	<b>1203991</b>
<i>Eleginus gracilis</i>	57001	115467	74649	61537	167932	157131	153619	43808	103893
<i>Gadus macrocephalus</i>	52136	30566	12533	25967	49569	34061	62685	18160	35710
<i>Gadus chalcogrammus</i>	959869	997808	1046339	730527	1599449	686860	1720227	774031	1064389
<b>Gasterosteidae</b>									
<i>Gasterosteus aculeatus</i>			0,03				1,8	0,06	0,62
<b>Sebastidae</b>	<b>1917</b>	<b>289</b>	<b>150</b>	<b>365</b>	<b>6060</b>	<b>373</b>	<b>382</b>	<b>329</b>	<b>1233</b>
<i>Sebastes aleutianus</i>				0,1					0,1
<i>Sebastes alutus</i>			3,8	2,1		0,4		14	5,0
<i>Sebastes borealis</i>							0,9		0,9
<i>Sebastes glaucus</i>	1917	289	146	363	6056	373	381	315	1230
<i>Sebastes minor</i>						0,1		0,04	0,1
<i>Sebastolobus alascanus</i>					3,9				3,9
<b>Anoplopomatidae</b>									
<i>Anoplopoma fimbria</i>	0,8	3,2		0,5	5,5	0,5	9,3		<b>3,3</b>
<b>Hexagrammidae</b>	<b>4110</b>	<b>2950</b>	<b>1643</b>	<b>3507</b>	<b>2945</b>	<b>2842</b>	<b>2218</b>	<b>1355</b>	<b>2696</b>
<i>Hexagrammos lagocephalus</i>					11			19	15
<i>Hexagrammos stelleri</i>	4092	2875	1631	3331	2819	2829	2206	1330	2639
<i>Pleurogrammus azonus</i>	1,6	7,3	3,5	0,2	26	5,7	4,7	5,7	6,9
<i>Pleurogrammus monopterygius</i>	16	68	7,7	176	88	6,8	7,3		53
<b>Cottidae</b>	<b>172216</b>	<b>141239</b>	<b>116624</b>	<b>157718</b>	<b>185271</b>	<b>126000</b>	<b>143574</b>	<b>125462</b>	<b>146013</b>
<i>Arteidiellus camchaticus</i>	134	10	22	15	14	89	28	36	44
<i>Arteidiellus ochotensis</i>	21	4,5	24	26	2,9	3,4	4,9	0,1	11
<i>Enophris diceraus</i>	59	24	13	71	43	57	7,3	14	36
<i>Gymnocanthus detrisus</i>	31596	19099	38574	33035	45769	20318	25711	23226	29666
<i>Gymnocanthus pistilliger</i>	4085	2498	2778	5839	9016	4974	8063	3376	5079
<i>Hemilepidotus gilberti</i>	3235	4396	2196	2351	1828	3447	3778	4829	3258



Продолжение табл.

Continuation of Table

Семейство / виды	Годы								Сред- нее
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
<i>Hemilepidotus jordani</i>	4049	3221	4749	8529	7932	7272	6582	5457	5974
<i>Hemilepidotus papilio</i>	875	578	1332	574	306	448	115	26	532
<i>Icelus canaliculatus</i>	2,9								2,9
<i>Icelus ochotensis</i>				0,04					0,04
<i>Icelus spatula</i>	0,3	0,9	1,6	0,9	17	56			13
<i>Icelus spiniger</i>	1285	570	614	696	1022	774	341	777	760
<i>Megalocottus platycephalus</i>	12	1,8	5,9	7,2	3,6	21	3,5	11	7,7
<i>Microcottus sellaris</i>	19	15	10	47	42	3,7	45	4,3	26
<i>Myoxocephalus jaok</i>	28377	36784	12655	20549	40153	27205	25307	16399	25929
<i>Myoxocephalus ochotensis</i>	0,02		1,4		35				12
<i>Myoxocephalus polyacanthocephalus</i>	95152	72752	52703	83787	78029	60187	72578	70836	73253
<i>Myoxocephalus stelleri</i>	248	510	254	669	209	190	133	13	278
<i>Myoxocephalus tuberculatus</i>	64	47		39	145	4,3	63		60
<i>Stelgistrum stejnegeri</i>		0,7	7,5	2,8	0,2		0,6	6,2	3,0
<i>Trichocottus brashnikovi</i>	17	2,1	1,3				2,1		5,7
<i>Triglops forficatus</i>	2315	405	313	1005	320	578	330	56	665
<i>Triglops jordani</i>	26	7,9	221	252	13	34	105	8,4	83
<i>Triglops pingelii</i>	625	123	78	61	234	166	46	55	174
<i>Triglops scepticus</i>	22	189	71	162	138	172	332	332	177
<b>Hemitripterae</b>	<b>13806</b>	<b>8499</b>	<b>6695</b>	<b>7098</b>	<b>9214</b>	<b>8550</b>	<b>6194</b>	<b>4085</b>	
<i>Blepsias bilobus</i>	4,2	0,3	4,7	5,4	2,7	2,5	2,7	5,1	3,5
<i>Hemitripteris villosus</i>	13801	8499	6690	7092	9212	8547	6191	4080	8014
<i>Nautichthys pribilovius</i>	0,5		0,3	0,1	0,03		0,01		0,2
<b>Psychrolutidae</b>	<b>1238</b>	<b>1735</b>	<b>3065</b>	<b>1964</b>	<b>1308</b>	<b>333</b>	<b>1571</b>	<b>2261</b>	
<i>Dasycottus setiger</i>	358	1196	927	567	323	109	598	1101	647
<i>Eurymen gyrinus</i>	1,9		4,6	34	9,8	0,3	1,9	1,5	7,7
<i>Malacocottus zonurus</i>	878	539	2134	1364	975	223	971	1158	1030
<b>Agonidae</b>	<b>12741</b>	<b>9682</b>	<b>7426</b>	<b>16468</b>	<b>22442</b>	<b>23074</b>	<b>16925</b>	<b>9646</b>	
<i>Aspidophoroides monopterygius</i>	13	14	22	18	59	16	20	12	22
<i>Hypsagonus quadricornis</i>				0,1		0,1	0,3	0,1	0,1
<i>Ocella dodecaedron</i>	83	13	44	63	50	44	155	104	69
<i>Pallasina barbata</i>	0,3	0,1	0,8	2,3	1,1	0,5	1,3		0,9
<i>Percis japonica</i>	278	480	489	309	595	139	383	388	383
<i>Podothecus accipenserinus</i>	1,0	96	41				12	3,2	31
<i>Podothecus sturioides</i>	12117	8805	6635	15984	21550	22717	16256	8893	14120
<i>Podothecus veterinus</i>	205	247	154	68	167	149	69	186	156
<i>Sarritor frenatus</i>	6	12	17	9,5	16	0,2	7,0	6,3	9
<i>Sarritor leptorhynchus</i>	39	15	23	14	5,9	8,3	22	53	23
<b>Cyclopteridae</b>	<b>48</b>	<b>29</b>	<b>33</b>	<b>51</b>	<b>43</b>	<b>9</b>	<b>63</b>	<b>140</b>	
<i>Aptocyclus ventricosus</i>	2,0		1,9	5,3	2,6	6,7	14	29	8,8
<i>Eumicrotremus spp.</i>	46	29	31	46	40	2,0	49	111	44
<b>Liparidae</b>	<b>2969</b>	<b>3885</b>	<b>2615</b>	<b>3512</b>	<b>4747</b>	<b>2661</b>	<b>5054</b>	<b>7442</b>	
<i>Careproctus colletti</i>	4,2	49	9,9	66	104		13	35	40
<i>Careproctus cypselurus</i>		175	1,7		21		304		125
<i>Careproctus furcellus</i>	40	377	322	142	251	39	192	1206	321
<i>Careproctus macrodiscus</i>	0,3	131		0,8		28			40
<i>Careproctus rastrinus</i>	223	1093	875	636	1829	1218	1596	3602	1384
<i>Careproctus roseofuscus</i>	11					13	14	389	107
<i>Crystallichthys mirabilis</i>	11	30	120	98	216	116	750	721	258
<i>Elassodiscus tremebundus</i>		0,3	5,2	3,4	7				4,0
<i>Liparis ochotensis</i>	2679	2030	1282	2563	2281	1213	2168	1479	1962
<i>Squaloliparis dentatus</i>			0,4	2,2	38	34	17	9,5	17
<b>Bathymasteridae</b>									
<i>Bathymaster signatus</i>	2,4	4,1			1,5	5,7	1,0	8,4	3,8

Окончание табл.

The end of the Table

Семейство / виды	Годы								Среднее
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
<b>Zoarcidae</b>	<b>5235</b>	<b>4352</b>	<b>1974</b>	<b>2244</b>	<b>3166</b>	<b>1550</b>	<b>2252</b>	<b>2308</b>	
<i>Bothrocara hollandi</i>	20	30	47	12	145	8,5	19	16	37
<i>Bothrocara zestum</i>		2,2						13	7,6
<i>Bothrocarina microcephala</i>			15	3,0			12	11	11
<i>Gymnelus hemifasciatus</i>		0,03							0,03
<i>Gymnelopsis brevifenestrata</i>					1,4				1,4
<i>Gymnelopsis ocellata</i>							0,1		0,1
<i>Lycodes brashnikovi</i>	4146	3251	1189	1676	2131	1213	1374	1697	2085
<i>Lycodes brevicaudus</i>	42	12	457	469	521	46	527	296	296
<i>Lycodes brunneofasciatus</i>	79	137	198	35		54	17	130	93
<i>Lycodes microlepidotus</i>			7,0	1,0	25	0,7	4,8	4,8	7,1
<i>Lycodes pectoralis</i>	1,6		1,0				0,9		1,1
<i>Lycodes semenovi</i>							0,1		0,1
<i>Lycodes sigmatoides</i>	197	740							468
<i>Lycodes soldatovi</i>				1,7					1,7
<i>Lycodes tanakae</i>	574	23							299
<i>Lycodes raridens</i>		4,4					51	44	33
<i>Lyczoarces regani</i>	0,4								0,4
<i>Petroschmidtia albonotata</i>			0,4						0,4
<i>Zoarces andriaschevy</i>	171	152	58	46	342	228	245	96	167
<b>Stichaeidae</b>	<b>4180</b>	<b>3106</b>	<b>2166</b>	<b>6136</b>	<b>4393</b>	<b>6608</b>	<b>4795</b>	<b>6247</b>	
<i>Acantholumpenus mackayi</i>	186	233	65	600	67	754	193	70	271
<i>Anisarchus medius</i>	12		6,3	26		4,1	20		14
<i>Ascoldia variegata</i>	5,6	3,4	5,5	1,2	1,5	0,8			3,0
<i>Bryozoichthys lysimus</i>			3,1	0,1					1,6
<i>Chirolophis snyderi</i>	6,1	2,1			1,1	1,0	4,7	0,8	2,6
<i>Eumesogrammus praecisus</i>		2,2	0,4	2,8	0,2	9,5	1,3	3,4	2,8
<i>Leptoclinus maculatus</i>	352	52	76	93	290	448	181	73	196
<i>Lumpenella longirostris</i>	13	57	6,1	259	13	39	57	21	58
<i>Lumpenus sagitta</i>	3314	2520	1537	4958	3383	5216	4014	5741	3835
<i>Opisthocentrus ocellatus</i>							0,04		0,04
<i>Stichaeopsis nevelskoi</i>	285	234	465	184	629	136	317	337	323
<i>Stichaeus punctatus</i>	7,0	3,0	1,2	12	8,6	0,7	7,2		5,7
<b>Pholididae</b>									
<i>Pholis fasciata</i>	3,8	18	24	1,3	93	1,5	50	2,1	<b>24</b>
<b>Anarhichadidae</b>									
<i>Anarhichas orientalis</i>	1131	1258	715	400	285	677	402	146	<b>627</b>
<b>Ptilichthyidae</b>									
<i>Ptilichthys goodei</i>	0,04								<b>0,04</b>
<b>Zaproridae</b>									
<i>Zaprora silenus</i>			4,6	19		3,7	2,1		<b>7,4</b>
<b>Trichodontidae</b>									
<i>Trichodon trichodon</i>	236	599	80	653	359	2067	1328	1116	<b>805</b>
<b>Ammodytidae</b>									
<i>Ammodytes hexapterus</i>	1932	511	353	193	1194	633	1036	109	<b>745</b>
<b>Pleuronectidae</b>	<b>664892</b>	<b>355419</b>	<b>298679</b>	<b>495570</b>	<b>509193</b>	<b>737277</b>	<b>612501</b>	<b>290838</b>	
<i>Atheresthes evermanni</i>	348	668	162	621	736	338	175	53	388
<i>Atheresthes stomias</i>		35				15			25
<i>Glyptocephalus stelleri</i>	948	928	1368	1242	3519	771	1947	1104	1478
<i>Hippoglossoides</i> spp.	66952	47239	65294	69299	84646	102782	93442	54276	72991
<i>Hippoglossus stenolepis</i>	1789	2039	1088	2395	1551	1997	640	1351	1606
<i>Lepidopsetta polyxystra</i>	36457	35892	29475	34933	28351	16484	21098	14996	27211
<i>Limanda aspera</i>	125138	78094	51291	131982	142194	165670	163886	56521	114347
<i>Limanda proboscidea</i>	21796	7390	7813	10868	9900	12652	197002	106757	46772
<i>Limanda sakhalinensis</i>	345475	130645	103578	188677	157165	351953	16122	7152	162596
<i>Platichthys stellatus</i>	4820	9696	5529	5142	14283	8485	3123	3745	6853
<i>Pleuronectes quadrituberculatus</i>	61154	42689	32628	50397	66841	76095	114879	44825	61188
<i>Reinhardtius hippoglossoides</i>	17	105	453	15	7,3	36	188	59	110

## ВЛИЯНИЕ МЕСТ НАГУЛА НА СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ГОРБУШЕ (*ONCORHYNCHUS GORBUSCHA*, SALMONIDAE)\*

Литвиненко А.В.<sup>1</sup>, Христофорова Н.К.<sup>1,2,3</sup>, Цыганков В.Ю.<sup>2,4</sup>

<sup>1</sup> Сахалинский государственный университет, г. Южно-Сахалинск, Коммунистический пр-кт, 33.

<sup>2</sup> Институт Мирового океана, Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, п. Аякс, 10.

<sup>3</sup> Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, г. Владивосток, ул. Радио, 7.

<sup>4</sup> Передовая инженерная школа «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем», Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, п. Аякс, 10.

В исследовании проводили оценку микроэлементного состава органов и тканей летней япономорской горбуши (*Oncorhynchus gorbuscha*), вернувшейся после морского нагула к берегам Сахалина: в залив Анива (предустьевая зона реки Таранай) и к юго-западному побережью на траверзе г. Невельска в июне – июле 2019 г. Рыбы препарировались по органам и тканям на Сахалине, пробы замораживались и доставлялись во Владивосток для химического анализа. Все элементы определялись из кислотных минерализатов согласно ГОСТ 26929–94 на атомно-абсорбционном спектрофотометре Shimadzu AA-6800 в пламени (Zn, Ni, Cu и Fe) и в графитовой кювете (Pb, Cd). Подтвердив результаты своих предыдущих исследований, установили, что содержание микроэлементов в япономорской горбуше, свидетельствующих об антропогенном (Zn, Cu) и техногенном (Ni) воздействии на среду, значительно превышало таковое в рыбе из Охотского моря. Количество микроэлементов в органах и тканях япономорской горбуши, свидетельствующих об антропогенном и техногенном влиянии в период нагула (Zn, Cu и Ni), превышало соответствующие показатели в охотоморской горбуше в разы, например, Ni – в 5,4; Zn – в 8,8 раза. Охотоморская горбуша в течение своего жизненного цикла дважды пересекала импактную геохимическую и в то же время высококормную Курило-Камчатскую зону, накопив в своих органах и тканях повышенное содержание свинца и кадмия, свидетелей подводного и надводного вулканизма, а также апвеллингов. Содержание Pb и Cd, свидетелей природной импактной ситуации, отражающейся на охотоморских стадах лососей, было в несколько раз выше в органах и тканях курильской и сахалинской (с юго-восточного побережья) горбуши.

**Ключевые слова:** геохимические провинции Тихого океана, прикурильские воды, Японское море, тихоокеанские лососи, горбуша *Oncorhynchus gorbuscha*, тяжелые металлы, минеральный состав структур тела.

## FEEDING LOCATION INFLUENCE ON THE HEAVY METAL CONTENT IN PINK SALMON (*ONCORHYNCHUS GORBUSCHA*, SALMONIDAE)\*

Litvinenko A.V.<sup>1</sup>, Khristoforova N.K.<sup>1,2,3</sup>, Tsygankov V.Yu.<sup>2,4</sup>

<sup>1</sup> Sakhalin State University, Yuzhno-Sakhalinsk, Kommunistichesky Prospect 33.

<sup>2</sup> Institute of the World Ocean, Far Eastern Federal University, Vladivostok, Ajax Village 10.

\* Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (№ 22-24-00465) (The work was carried out with the support of the Russian Science Fund).

<sup>3</sup> Pacific Geographical Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Radio Str. 7.

<sup>4</sup> Advanced Engineering School “Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems”, Far Eastern Federal University, Vladivostok, Ajax Village 10.

The microelement composition of the organs and tissues of the summer Japanese Sea pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) which returned to the shores of Sakhalin Island after sea feeding: to the Aniva Bay (pre-estuary zone of the Tarana River) and to the southwestern coast abeam Nevelsk in June-July 2019 was assessed. The fish were dissected by organs and tissues on Sakhalin, the samples were frozen and delivered to Vladivostok for chemical analysis. All elements were determined from acidic mineralizates according to GOST 26929-94 on a Shimadzu AA 6800 atomic absorption spectrophotometer in a flame (Zn, Ni, Cu, and Fe) and in a graphite cell (Pb, Cd). Confirming the results of previous studies, it was found that the content of microelements in the Japanese Sea pink salmon, indicating anthropogenic (Zn, Cu) and technogenic (Ni) impact on the environment, significantly exceeded that in fish from the Sea of Okhotsk. The number of microelements in the organs and tissues of the Sea of Japan pink salmon, indicating anthropogenic and technogenic influence during the feeding period (Zn, Cu and Ni) exceeded the corresponding indicators in the Sea of Okhotsk pink salmon by several times, for example, Ni – by 5.4, Zn – 8.8 times. The Sea of Okhotsk pink salmon twice crossed the impact geochemical and high-feeding Kuril-Kamchatka zone during its life cycle, accumulating in its organs and tissues an increased content of lead and cadmium, witnesses of underwater and surface volcanism, as well as upwellings. The content of Pb and Cd, witnesses of the natural impact situation affecting the salmon stocks of the Sea of Okhotsk, was several times higher in the organs and tissues of the Kuril and Sakhalin (from the southeastern coast) pink salmon.

**Key words:** geochemical provinces of the Pacific Ocean, waters near Kurils, Sea of Japan, Pacific salmon, pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha*, heavy metals, mineral composition of body structures.

## ВВЕДЕНИЕ

Среди рода *Oncorhynchus* три основных вида (горбуша, кета и нерка) составляют 90% уловов лососей в регионе западной части Тихого океана [Шунтов, Темных, 2011]. Горбуша – самый многочисленный вид рода. Основное ее местообитание – северная часть Тихого океана, но встречается она вплоть до устья Лены на севере и до Корейского полуострова на юге азиатского побережья. Столь же значительно ареал горбуши простирается и по американскому побережью: от реки Маккензи в Северном Ледовитом океане до рек Северной Калифорнии, где она является высокодоходным объектом спортивного лова [Ефанов, 2003].

Рекордные выловы тихоокеанских лососей зафиксированы на Дальнем Востоке

России и по американскому побережью Пацифики в последние годы, что связано, по мнению многих исследователей, с почти синхронным резким увеличением объемов выпуска заводской молоди тихоокеанских лососей на обоих побережьях (рис. 1). Средние уловы в последующий период после активизации лососеводства выросли в 1,6 раза на каждом из побережий. Репродуктивный потенциал рода *Oncorhynchus* распределен на удивление равномерно между противоположными побережьями Тихого океана [Макоедов, Макоедов, 2021].

В российских водах горбуша, как правило, имеет ведущее промысловое значение [Шунтов, Темных, 2011]. Горбушу некоторые исследователи считают сложным объектом для мониторинга, ссылаясь на ее низкий хоминг. Кету же обычно воспринимают как вид, у которого возврат в родные водоемы

детерминирован более жестко. Однако в научной литературе нет надежных оснований для подобного рода заключений [Макоедов, Макоедов, 2021].

В настоящее время значительная часть тихоокеанских лососей имеет искусственное происхождение. Ежегодный выпуск молоди лососевыми рыболовными заводами (ЛРЗ) стран Тихоокеанского бассейна составляет около 5 млрд экз. На долю России за последние 10 лет приходится в среднем 15–20% от общего количества выпускаемой в северной Пацифике молоди [Бугаев и др., 2015]. В 2020 году только в Сахалино-Курильском регионе Дальнего Востока России работало 65 лососевых рыболовных заводов (ЛРЗ), выпустивших в водотоки островов более 1 млрд шт. молоди тихоокеанских лососей, из которых около 30% составляла горбуша.

Район Курильских островов является перспективным для развития искусственного воспроизводства тихоокеанских лососей. Качество водной среды и оптимальные экологические условия являются ключевым фактором для развертывания крупномасштабной пастбищной индустрии аквакультуры на Курильских островах [Литвиненко и др., 2019].

Курильские острова входят в тихоокеанское огненное кольцо, включающее подводные и надводные вулканы западной части Тихого океана, являющиеся мощными источниками геохимического воздействия на морскую среду. Вместе с апвеллингами Курило-Камчатского желоба они создают условия для образования биогеохимической провинции в северо-западной части Тихого океана [Кавун, Христофорова, 1991; и др.].

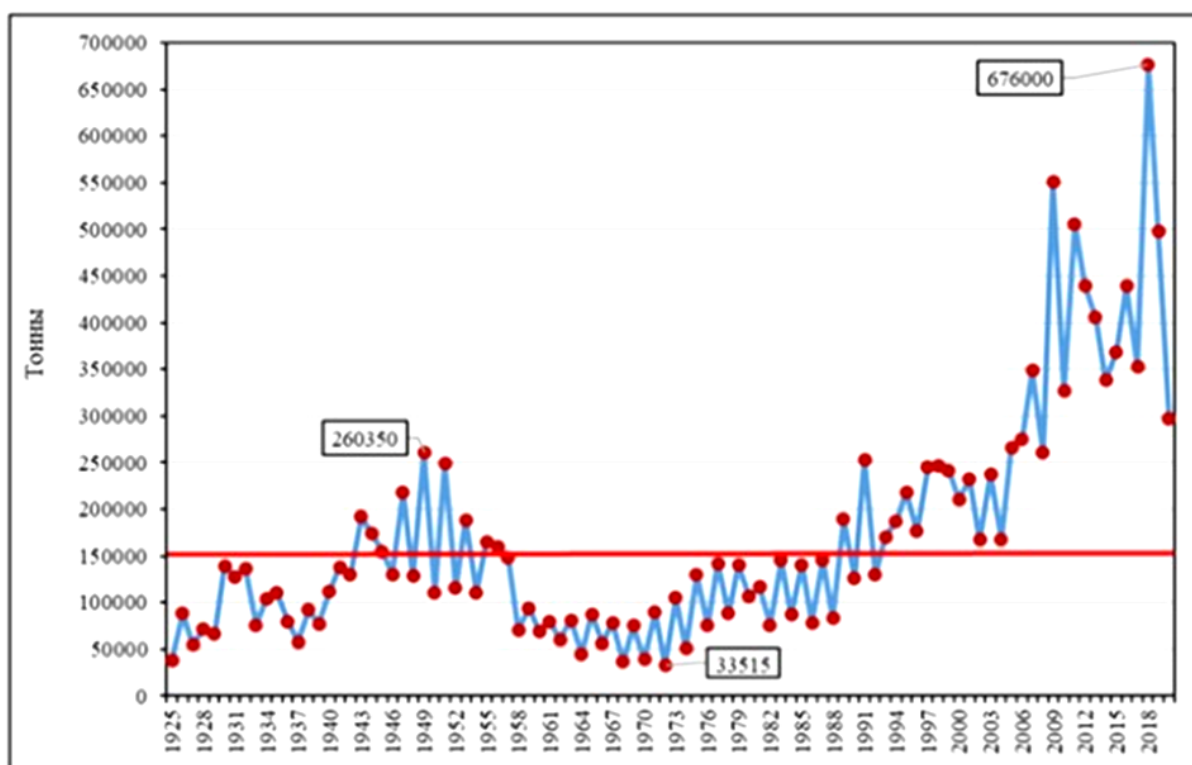


Рис. 1. Отечественный вылов тихоокеанских лососей [Макоедов, Макоедов, 2021]

Fig. 1. Domestic catching of Pacific salmon [Макоедов, Макоедов, 2021]

Условия биогеохимических провинций отражаются в минеральном составе организмов. Наличие в море биогеохимических провинций, определяемых по повышенным концентрациям элементов в организмах, неоднократно подтверждалось анализом содержания металлов (Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, Pb, Ni, Cr) в бурых водорослях, двустворчатых и брюхоногих моллюсках, населяющих Курильские острова и обрастающих навигационные буи вдоль северо-западного побережья Тихого океана [Кавун и др., 1989; Малиновская, Христофорова, 1997; Kavun et al., 2002]. Тихоокеанское огненное кольцо, начинающееся вулканами Камчатки и продолжающееся вулканами Курильских и Японских островов, а также более южных островных дуг западной Пацифики, – мощный источник геохимического воздействия на морскую среду. Поставщиком химических элементов в окружающую среду являются подводный и надводный вулканизм [Мархинин, 1985] и Курило-Камчатский желоб, благодаря апвеллингу выносящий на поверхность биогенные [Пропп, Пропп, 1988; Сапожников, 1994] и другие элементы [Малиновская, Христофорова, 1997], формирующие импактные геохимические зоны в северо-западной части Тихого океана [Кобзарь, Христофорова, 2015].

Содержание тяжелых металлов (в основном Pb и Cd) в активно перемещающихся рыбах, в частности, тихоокеанских лососях (горбуша, кета, сима), миграции которых как минимум дважды в жизни проходят в водах геохимической провинции курило-камчатского района, было нами оценено и описано в более ранних работах [Христофорова и др., 2015a; Христофорова и др., 2015b; Христофорова и др., 2018; Христофорова и др., 2019a; Христофорова и др., 2019b; Khristoforova et al., 2019; Литвиненко, Христофорова, 2020; и др.].

Однако не все стада горбуши и кеты нагуливаются в курило-камчатском районе, обуславливая значительное возрастание концентраций микроэлементов в органах и тканях лососей (в частности Pb и Cd).

В настоящее время на тихоокеанском побережье России выделяют следующие локальные стада горбуши: восточно-камчатское, западно-камчатское, стадо материкового побережья Охотского моря, амурское, приморское, западно-сахалинское, восточно-сахалинское. Кроме того, многими учеными показана неоднородность стад некоторых районов. Например, установлено, что на юго-восточном Сахалине и в зал. Анива воспроизводится горбуша, нагуливающаяся в Японском море и Тихом океане [Двинин, 1952; Воловик, 1967; Ефанов, 2003; Гриценко, 2002; и др.]. В.Н. Иванковым [1967] описаны летняя и осенняя горбуша южных Курильских островов. О.Ф. Гриценко [2002] выделял охотоморскую летнюю и охотоморскую осеннюю формы горбуши, морской нагул которой происходит в Курило-Камчатском регионе.

Всего же в северной Пацифике существуют четыре района морского нагула горбуши: **япономорский**, включающий акваторию Японского моря севернее 38° с. ш.; **курило-камчатский**, ограниченный на севере примерно 52° с. ш., на юге – 38° с. ш., на востоке – 170° в. д.; **алеутский**, расположенный между 160° в. д., 160° з. д. и 40° с. ш., и **восточный**, включающий в себя залив Аляска и прилежащие к нему районы океана, ограниченные на юге 40° с. ш. и на востоке 160° з. д. [Бирман, 1967; Hartt, 1962; Ishida, 1962; Kondo et al., 1965; Manzer et al., 1965; и др.].

В япономорском районе нагуливается горбуша, размножающаяся в Амуре, в реках бассейна Японского моря, заливе Анива, реках юго-восточного Сахалина и южных Курильских островов [Гриценко, 2002].

Нерестовый ареал япономорской горбуши – Приморье, бассейн Амура, западный Сахалин, зал. Анива, юго-восточный Сахалин до 50° с. ш., южные Курильские острова, япономорское побережье острова Хоккайдо [Ландышевская, 1962; Рухлов, Любаева, 1980; Kondo et al, 1965]. Массовый нерестовый ход проходит во II декаде июня – III декаде июля; нагуливается эта форма в Японском море [Гриценко, 2002].

В.Н. Ефанов [2003] утверждал, что на азиатском побережье существуют два хода (две расы) горбуши: летняя горбуша из Японского моря и осенняя – из мест нагула в Тихом океане. На Южных Курилах и восточном Сахалине, по его мнению, наблюдаются оба хода горбуши; летняя горбуша из Японского моря достигает рек восточного Сахалина через пролив Лаперуза и далее следует вдоль восточного побережья острова в реки охотоморского побережья, хотя доля ее там небольшая.

В наших предыдущих работах [Христофорова и др., 2015а; Христофорова и др., 2015b; Христофорова и др., 2019а; Христофорова и др., 2019b; Khristoforova et al., 2019] дана оценка микроэлементному составу горбуши, предположительно нагуливавшейся в двух морских районах: курило-камчатском и япономорском. Содержание микроэлементов в ее органах и тканях существенно разнилось: в горбуше из залива Терпения (юго-восточный Сахалин) и курильской горбуше с о. Итуруп, принадлежащей к охотоморской популяции, нагуливающейся и мигрирующей в курило-камчатском районе, содержание Pb и Cd, поступающих в организм с кормовыми объектами, в органах и тканях лососей было значительным, в некоторых случаях количество этих элементов приближалось к ПДК, принятым в Российской Федерации (Pb – 1,0; Cd – 0,2 мг/г сырого веса). В горбуше же из Японского моря

преобладали микроэлементы – свидетели антропогенного (Zn, Cu), техногенного (Ni) и терригенного (Fe) воздействия на среду. Как полагают А.М. Каев и Л.А. Животовский [2017], управление ресурсами горбуши во всех регионах Дальнего Востока требует постоянного мониторинга, включающего детальные экологические, гидрологические, ихтиологические и генетические исследования.

Для изучения одного из экологических аспектов морского периода жизни горбуши как наиболее массового объекта промысла на Дальнем Востоке России основной целью этой работы было подтвердить различие микроэлементного состава органов и тканей япономорской и курило-камчатской форм, которые, по утверждению ряда авторов [Двинин, 1952; Воловик, 1967; Бирман, 1967; Ефанов, 2003; Гриценко, 2002; Шунтов, Темных, 2011; и др.], мигрируют и нагуливаются в различных районах, в том числе геохимически импактных.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использовали данные из работ Л.Т. Ковековдой [2011] с соавторами [2013], оценивавших содержание микроэлементов в промысловых рыбах дальневосточных морей с позиций ПДК, наши собственные результаты предыдущих исследований, проведенных с 2012 по 2020 гг., а также сведения по обработке материала, собранного в 2019 г. на юго-западном побережье Сахалина (Невельский район) и в заливе Анива Охотского моря (япономорская горбуша).

Объектом нашего исследования являлись половозрелые особи горбуши (*O. gorbuscha* Walbaum, 1792), пришедшие в процессе анадромной миграции в залив Анива в устьевую зону реки Таранай и к юго-запад-

ному побережью Сахалина на траверзе г. Невельска в июне – июле 2019 г. По срокам подходов в прибрежную часть острова Сахалин и месту локализации на момент вылова рыбы относятся к летней (япономорской) форме [Гриценко, 2002; Ефанов, 2003; Шунтов, Темных, 2008, 2011; и др.] (рис. 2).



Рис. 2. Места отбора проб горбуши

Fig. 2. Pink salmon sampling sites

Из каждого района работ для исследований было отобрано по 18 образцов мышечной ткани, печени и гонад от шести особей (по три самки и по три самца). Рыбы были отпрепарированы по органам и тканям на Сахалине, пробы заморожены и доставлены во Владивосток для химического анализа. Первичную пробоподготовку доставленных во Владивосток образцов проводили методом кислотного разложения с помощью микроволновой системы MARS 6 в особо чистой азотной кислоте (70%), затем анализировали на содержание металлов на атомно-абсорбционном спектрофотометре Shimadzu AA-7000. Точность определения содержания элементов,

а также возможное загрязнение образцов во время анализа контролировали путем сравнения с калибровочными растворами, в том числе с холостым (нулевым) раствором. Точность и прецизионность используемого метода подтверждались регулярным анализом стандартного образца SRM-1566a (ткань устрицы, Национальное бюро стандартов, США). Всего было проведено 432 индивидуальных измерений. Расчет результатов производился на сырую массу навески с использованием программы MS Excel. Концентрацию металлов выражали в мкг/г сырой массы как среднее значение  $\pm$  стандартное отклонение. Результаты определения концентраций микроэлементов в органах и тканях горбуши представлены в мкг/г сырой массы и показаны в таблице. Здесь же для сравнения приведены наши данные о содержании элементов в горбуше, выловленной в прикурильских океанических водах в июле 2013 г., а также сведения о диапазонах их концентраций в этом виде лососей из российских вод Японского моря [Ковековдова, 2011]. Среднее значение, стандартное отклонение и достоверность сравниваемых различий (с использованием U-критерия Манна – Уитни) рассчитывали в программе SPSS Statistics 21 для Mac OS X.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Получив результаты собственных исследований горбуши, собранной в 2016–2019 гг. в заливах Терпения и Анива юго-восточного Сахалина, а также в прибрежной части юго-западного Сахалина (Невельский район), мы смогли обобщить и проанализировать предыдущие и новые данные и подтвердить влияние районов нагула на содержание микроэлементов в органах и тканях тихоокеанских лососей, в частности горбуши.



Микроэлементы в органах и тканях горбуши Сахалино-Курильского региона и районов сравнения, мкг/г сырой массы ( $m \pm \sigma$ )

Microelements in the organs and tissues of pink salmon of Sakhalin and Kuril region and comparison areas, mcg/g of raw mass ( $m \pm \sigma$ )

	Zn	Cu	Ni	Cd	Pb	Fe
<b>Прикурильские океанические воды, июль 2013, диапазон массы рыб 1 168–1 458 г (по: Христофорова и др., 2015а, 2015б)</b>						
Мышцы	1,29 ± 0,08	0,108 ± 0,01	Не опред.	0,037 ± 0,005	0,503 ± 0,059	Не опред.
Печень	2,97 ± 0,09	0,165 ± 0,01	Не опред.	0,152 ± 0,015	0,902 ± 0,108	Не опред.
Икра	2,35 ± 0,08	0,087 ± 0,01	Не опред.	0,023 ± 0,006	0,327 ± 0,025	Не опред.
Гонады самцов	2,43 ± 0,03	0,090 ± 0,01	Не опред.	0,017 ± 0,006	0,297 ± 0,029	Не опред.
<b>Японское море, диапазон содержания микроэлементов, найденных в 1992, 2001, 2008 гг. (по: Ковековова, 2011)</b>						
Мышцы	0,57–3,25	0,032–0,087	Не опред.	0,005–0,012	0,012–0,013	Не опред.
Печень	3,00–4,35	0,119–0,165	Не опред.	0,080–0,145	0,020–0,025	Не опред.
Икра	2,90–3,90	0,037–0,090	Не опред.	0,001–0,003	0,007–0,020	Не опред.
<b>о. Сахалин, река Фирсовка, 2016. Диапазон массы рыб 780–2 100 г (по: Христофорова и др., 2019б)</b>						
Мышцы	1,74 ± 0,061	0,20 ± 0,040	0,09 ± 0,008	0,08 ± 0,009	0,59 ± 0,050	Не опред.
Печень	2,86 ± 0,065	0,28 ± 0,012	0,13 ± 0,006	0,19 ± 0,018	0,92 ± 0,035	Не опред.
Икра	2,51 ± 0,058	0,25 ± 0,016	0,12 ± 0,007	0,11 ± 0,019	0,82 ± 0,043	Не опред.
Гонады самцов	2,76 ± 0,021	0,26 ± 0,014	0,11 ± 0,006	0,12 ± 0,012	0,87 ± 0,014	Не опред.
<b>о. Итуруп, река Рейдовая, 2016. Диапазон массы рыб 1 278–2 362 г (по: Христофорова и др., 2019б)</b>						
Мышцы	1,96 ± 0,075	0,24 ± 0,076	0,12 ± 0,007	0,14 ± 0,012	0,67 ± 0,050	Не опред.
Печень	3,14 ± 0,069	0,32 ± 0,034	0,18 ± 0,009	0,21 ± 0,018	0,96 ± 0,035	Не опред.
Икра	3,01 ± 0,078	0,29 ± 0,036	0,15 ± 0,008	0,18 ± 0,035	0,84 ± 0,045	Не опред.
Гонады самцов	3,09 ± 0,045	0,33 ± 0,071	0,18 ± 0,009	0,19 ± 0,034	0,89 ± 0,014	Не опред.
<b>о. Сахалин, юго-западное побережье (Невельск), 2019. Диапазон массы рыб 1 562–2 578 г</b>						
Мышцы	6,23 ± 0,80	0,56 ± 0,13	0,99 ± 0,08	0,005 ± 0,002	0,113 ± 0,018	3,73 ± 1,56
Печень	35,81 ± 4,38	44,73 ± 16,59	1,00 ± 0,09	0,104 ± 0,058	0,191 ± 0,027	46,83 ± 32,04
Икра	28,22 ± 3,78	12,84 ± 2,19	2,14 ± 1,38	0,020 ± 0,036	0,184 ± 0,09	41,43 ± 22,67
Гонады самцов	23,32 ± 1,98	0,83 ± 0,07	0,93 ± 0,05	0,018 ± 0,003	0,195 ± 0,015	22,97 ± 4,15
<b>о. Сахалин, залив Анива, 2019. Диапазон массы рыб 1 027–1 508 г</b>						
Мышцы	6,45 ± 0,89	0,21 ± 0,16	0,83 ± 0,17	0,008 ± 0,008	0,146 ± 0,034	4,26 ± 1,03
Печень	37,29 ± 6,72	44,20 ± 28,69	0,77 ± 0,25	0,571 ± 0,307	0,193 ± 0,058	84,66 ± 31,36
Икра	24,55 ± 2,19	5,39 ± 0,27	1,20 ± 0,17	0,006 ± 0,012	0,246 ± 0,068	22,07 ± 2,23
Гонады самцов	16,57 ± 1,32	0,29 ± 0,13	0,71 ± 0,24	0,016 ± 0,001	0,237 ± 0,049	9,79 ± 2,82

Примечание. ПДК токсичных элементов (мкг/г сырой массы) в морепродуктах в России: Pb – 1,0; Cd – 0,2 [СанПиН ..., 2002].

Note. MPC of toxic elements (mcg/g of raw mass) in seafood in Russia: Pb – 1.0; Cd – 0.2 [SanPiN ..., 2002].

Как установлено, уровень содержания микроэлементов – свидетелей антропогенного и техногенного воздействия на среду (Zn и Ni) – у япономорской горбуши в несколько раз выше, чем у сахалино-курильской. Это же мы наблюдали при определении микроэлементного состава органов и тканей приморской кеты из залива Петра Великого, длительное время пребывающей в Японском море [Христофорова и др., 2021]. Бесспорно, средняя масса производителей кеты более чем в два раза превышает среднюю массу производителей горбуши, и по этой причине в кете накапливается большее количество цинка и никеля – маркеров антропогенного и техногенного воздействия за несколько лет морского нагула, что ранее было описано нашими канадскими коллегами в отношении корреляции содержания общей ртути в органах и тканях и размеров дикой чавычи [Kelly et al., 2008].

Наибольшее содержание всех исследуемых микроэлементов в различных структурах тела наблюдалось в самом метаболически активном органе – печени. В печени горбуши из залива Анива содержание цинка, яркого свидетеля антропогенного влияния на среду и организмы, составляло от 30 до 59,7 мкг/г, в среднем – 37,3 мкг/г, что практически соответствовало количеству этого микроэлемента в печени невельской горбуши (от 31,0 до 44,4 мкг/г, в среднем – 35,8 мкг/г). Содержание цинка в печени охотоморской горбуши из рек Фирсовки (залив Терпения) и Рейдовой (о. Итуруп), собранной нами в 2016 и 2018 гг., было ниже в 12 раз (от 2,9 до 3,2 мкг/г). В остальных органах и тканях мы наблюдали ту же тенденцию: в япономорской горбуше содержание Zn было выше в мышцах в 3,6 раза, в гонадах самцов – в 8 и в гонадах самок – в 10 раз, чем в соответствующих структурах охотоморской горбуши [Христофоров и др., 2019б].

Количество никеля – элемента-индикатора техногенного пресса, существующего в Японском море, – превышало соответствующие показатели у охотоморской горбуши от двух раз в гонадах самцов до 12 раз в гонадах самок.

Содержание меди в печени горбуши с юго-западного побережья Сахалина превышало таковое в горбуше с юго-восточного побережья Сахалина более чем в 100 раз, в гонадах самок – в 25 раз, однако количество этого элемента в мышцах рыб обоих полов и гонадах самцов было примерно одинаковым. Возможно, такая значительная концентрация этого элемента, биофила и биоцида одновременно, в печени и икре горбуши обусловлена двумя причинами: обеспечением икринок необходимым для их роста и развития микроэлементом и кумуляцией его в печени – органе депонирования и детоксикации у рыб, длительное время пребывавших в Японском море, воды которого содержат тяжелые металлы в большем количестве вследствие разнообразного воздействия на него (рис. 3).

В последнее десятилетие на российском побережье Японского моря заметно возросла портовая деятельность. Шесть незамерзающих портов на юго-востоке России, среди которых такие гиганты, как нефтеналивной порт «Козьмино», порт «Восточный», Владивостокский торговый порт, наращивают объемы перевозок контейнеров, угля, нефти, нефтепродуктов и других грузов. Так, к примеру, в «Докладе об экологической ситуации в Приморском крае в 2020 году» [Доклад..., 2021] сообщалось, что перевалка угля в порту «Восточный» с 2010 по 2020 гг. возросла с 16 313 тыс. т/год до 36 900 тыс. т/год. Уголь грузится грейферами, что приводит к разносу мелких частиц и угольной пыли (а это не только углерод, но и тяжелые

металлы) как над сушей, так и над поверхностью воды, верхние слои которой являются экологической нишей тихоокеанских лососей. В настоящее время в порту строятся две дополнительные линии для погрузок угля. Кроме крупных судов-перевозчиков каботажного и океанического флота, есть еще корабли ВМФ, а также множество катеров, яхт и лодок. Все они работают на углеводородном топливе, сжигание которого сопровождается загрязнением среды большим набором химических элементов, среди которых в наибольшем количестве поступают Ni, V, Zn [Христофорова и др., 2019а].

Сравнивая уровни содержания микроэлементов – трассеров антропогенного загрязнения Японского моря, с данными Л.Т. Ковкековдовой [2011], мы можем отметить на порядок возросшую их концентрацию во всех исследованных нами структурах горбуши: в мышечной ткани, печени и икре. За 20 лет экологическая об-

становка в Японском море, по всей вероятности, заметно ухудшилась, о чем свидетельствуют такие мобильные биоиндикаторы, как тихоокеанские лососи, характеризующие акваторию в целом благодаря способности в период нагула и анадромной миграции длительное время пребывать в соответствующем районе Мирового океана, в отличие от оседлых бентосных организмов или даже малоподвижных камбал, свидетельствующих об условиях среды в конкретных небольших локальностях [Кобзарь, Христофорова, 2015; Khristoforova et al., 2018; Donets, Tsygankov, 2019; Chernova, Kozhenkova, 2020; и др.]

В горбуше юго-западного побережья Сахалина (Невельск) содержание цинка, меди и никеля в органах и тканях примерно соответствовало количеству этих металлов в горбуше из залива Анива, значительно превышая концентрации данных микроэлементов в структурах тела охотоморской горбуши (рис. 3 и 4).

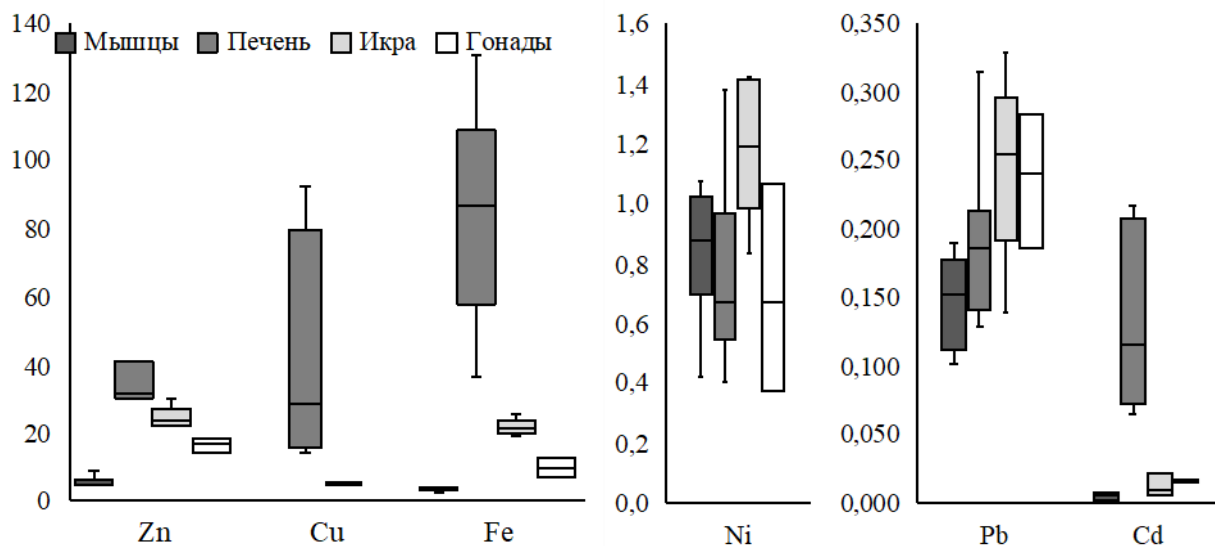


Рис. 3. Содержание микроэлементов в органах и тканях горбуши из залива Анива, мкг/г сырой массы

Fig. 3. The content of microelements in the organs and tissues of pink salmon from the Aniva Bay, µg/g of fresh weight

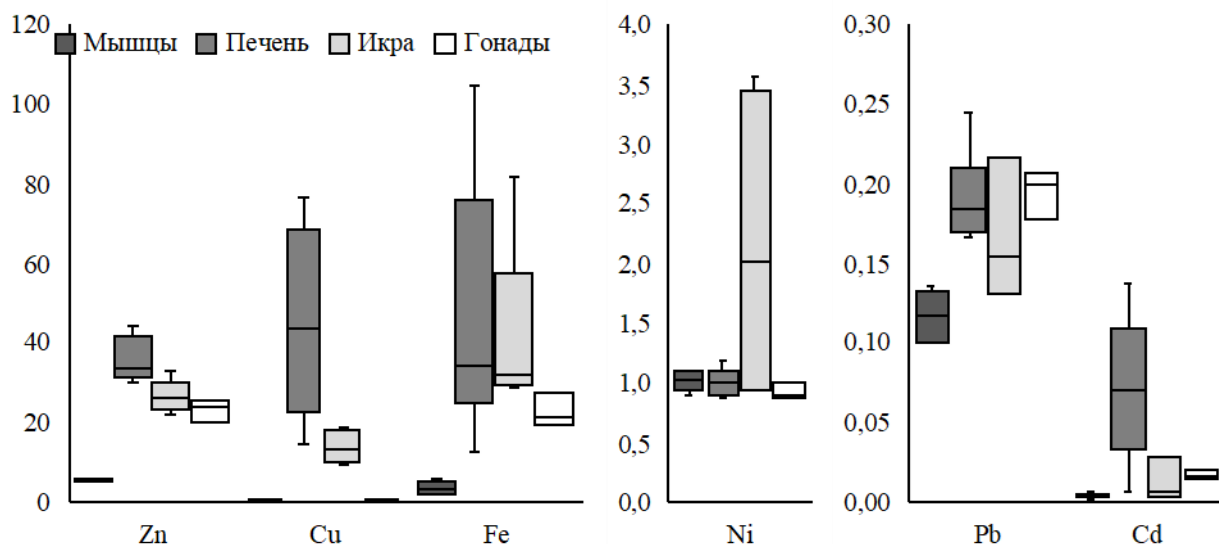


Рис. 4. Содержание микроэлементов в органах и тканях горбуши с юго-западного побережья Сахалина (Невельск), мкг/г сырой массы

Fig. 4. The content of microelements in the organs and tissues of pink salmon from the southwestern coast of Sakhalin (Nevelsk), µg/g of fresh weight

В то же время содержание Pb и Cd, отражающих влияние вулканической деятельности и апвеллингов в Курило-Камчатской биогеохимической провинции на охотоморские стада лососей, было в несколько раз выше в органах и тканях курильской и сахалинской (с юго-восточного побережья) горбуши. Особенно заметно различались концентрации кадмия в органах и тканях горбуши из рек Фирсовки и Рейдовой: они превышали соответствующие показатели у япономорской горбуши в шесть раз в гонадах самок, в 13 раз – в гонадах самцов, в 70 раз – в мышцах и в 99 раз – в печени. Концентрация кадмия в печени горбуши с юго-восточного побережья Сахалина и из залива Анива превышала допустимые нормы [СанПиН..., 2002] в три раза (см. табл.). Уровни свинца в печени горбуши из залива Терпения и реки Рейдовой, собранной нами в разные годы, приближаются к предельно допустимому СанПиНом уровню – 1,0 мкг/г сырой массы. Остальные органы и мышечная ткань (так называемое филе) содержали этих тяжелых металлов гораздо меньше, что подтверждает

абсолютную безопасность их при употреблении в качестве продуктов питания.

Концентрация свинца, ярко демонстрирующая отличие рыб, пути миграций которых проходят через импактную Курило-Камчатскую зону, также было выше у горбуши как с юго-восточного побережья Сахалина, так и у курильской: в 5–8,5 раза соответственно (см. табл.).

В целом содержание анализируемых металлов в органах и тканях охотоморской горбуши уменьшается в ряду  $Fe > Zn > Pb > Cu > Ni > Cd$ , в отличие от их распределения в соответствующих структурах япономорской горбуши, в которой наблюдается смещение в ряду сравниваемых показателей:  $Fe > Zn > Cu > Ni > Pb > Cd$ . Количество в органах и тканях япономорской горбуши микроэлементов, свидетельствующих об антропогенном и техногенном влиянии в период нагула (Zn, Cu и Ni), больше соответствующих показателей в охотоморской горбуше в разы (Ni – в 5,4, Zn – в 8,8 и Cu – в 39). Содержание Pb и Cd, свидетелей природной импактной ситуации, отражающейся на охотоморских

стадах лососей, было в несколько раз выше в органах и тканях курильской и сахалинской (с юго-восточного побережья) горбуши [Христофорова и др., 2019б].

Сравнивая содержание тяжелых металлов в органах и тканях приморской и сахалино-курильской кеты, мы наблюдали следующую закономерность: приморская рыба отличалась от курильской и сахалинской (с юго-восточного побережья) более высокими концентрациями Fe, Zn, Cu и Ni. Явным преобладанием в япономорской горбуше, так же как и в приморской кете, выделялся Zn, причем величинами его концентраций заметно отличалась не только печень, но и икра самок. Концентрации Cu как в печени, так и в икре самок япономорской горбуши и кеты были многократно выше, чем в курильских и сахалинских рыбах. Концентрации Ni во всех органах и тканях япономорской кеты были также выше, чем в сахалинской и курильской рыбе. В свою очередь, в органах и тканях сахалинских и курильских рыб преобладали свинец и кадмий, свидетельствующие о влиянии природной биогеохимической провинции на охотоморские стада лососей [Литвиненко, Христофорова, 2020].

Юго-западное побережье Сахалина и залив Анива попадают под влияние ответвления теплого и относительно соленого Цусимского течения, направленного на север вдоль западных берегов Японии в проливы Сангарский и Лаперуза, так называемого течения Сойя. Теплые соленые воды течения Сойя заполняют верхний 300-метровый слой, обитаемый лососями. Значительная часть его вод сравнительно быстро выходит из пределов Японского моря в Тихий океан и Охотское море, по мере продвижения к северу напряжение цусимского потока постепенно ослабевает, и южного побережья Сахалина достигает лишь незначительная ветвь этого, вначале

весьма мощного теплого течения, берущего начало еще в Корейском проливе. В северную часть Японского моря и залив Анива цусимские воды несут специфический гидрохимический состав, в котором обитают жизненные формы кормовых организмов, распространение которых также ограничено указанным районом [Леонов, 1960].

В водах открытого океана свинец, как и другие элементы, имеет очень низкие концентрации [Bruland and Lohan, 2003]. Однако свинец легко сорбируется на поверхности различных частиц (неорганических и органических, живых и мертвых), что позволяет ему мигрировать во взвешенном состоянии [Шулькин, 2004; Кобзарь, Христофорова, 2015; и др.]. Воды Курило-Камчатской впадины и Курильских островов (прикурильские океанические воды) известны как высокопродуктивная зона [Шунтов, Темных, 2011], обогащенная фитопланктоном, зоопланктоном, мелкими рыбами, пеллетами, отмирающим планктоном и его частями, а также другими взвешенными частицами, на которых свинец может сорбироваться, становясь менее подвижным и более локализованным, и затем поглощаться вместе с пищевыми частицами обитателями пелагиали, прежде всего верхней, к каковым относятся тихоокеанские лососи [Христофорова и др., 2019б].

Кроме того, макро- и микроэлементы поступают в организм рыб не только с пищей, но и непосредственно из воды через жабры, слизистые покровы ротовой полости и кожу [Скляр, 2008].

Повышенное содержание некоторых металлов в морских и океанических водах, в частности меди, может наблюдаться и в незагрязненных эстуариях, что предполагает иной дополнительный источник растворенной меди: мобилизация из донных осадков или деструкция органической взвеси [Шулькин, 2004].

В своих исследованиях западно-сахалинской и анивской горбуши мы в очередной раз наблюдали хорошо известную картину внутреннего распределения элементов: высокий уровень всех металлов в аккумулирующих органах (печень), низкое содержание токсичных компонентов (Cd, Pb) и высокое содержание эссенциальных элементов (Cu и Zn) в репродуктивных органах (гонадах) [Hall et al., 1978; Петухов и др., 1983; Perrault et al., 2014; Христофорова и др., 2015а, 2015б; Попов, 2002; и др.].

При оценке общих концентраций токсичных элементов в горбуше очень важно учитывать, что они ниже ПДК, принятых в Российской Федерации (Pb – 1,0; Cd – 0,2 мкг/г сырого веса).

Организм находится в постоянном взаимодействии с окружающей средой. От нее он получает все необходимые для жизнедеятельности вещества – белки, жиры, углеводы, витамины и другие компоненты, обеспечивающие его развитие и размножение. Немаловажную роль в этих процессах играют микроэлементы: входя в состав ферментов, гормонов, витаминов, они участвуют в биохимических реакциях, протекающих в организме [Петухов, Морозов, 1983; Запорожец, 2006; и др.]. Эссенциальные (необходимые), как Zn, Cu и Fe, и неэссенциальные (Ni, Cd, Pb) микроэлементы являются тяжелыми металлами, два последних из них (Cd и Pb) контролируются санитарными службами как наиболее токсичные. Все определяемые микроэлементы могут быть трассерами природных биогеохимических провинций, что было неоднократно отмечено нами ранее при изучении содержания тяжелых металлов Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, Pb, Ni, Cr в морских бентосных организмах, обитающих на мелководье Курильских островов и обрастающих навигационные буи вдоль курилокамчатского побережья [Кавун, Христофо-

рова, 1991; Малиновская, Христофорова, 1997; Kavun et al., 2002].

Содержание тяжелых металлов в органах и тканях активно перемещающихся рыб в поверхностном слое океана, которые нагуливаются в море всего один год, было исследовано и описано для горбуши из прикурильских вод Тихого океана, из заливов Терпения и Простор Охотского моря [Христофорова и др., 2015а; Христофорова и др., 2015б; Христофорова и др., 2018; Христофорова и др., 2019а; Христофорова и др., 2019б; Khristoforova et al., 2019; Литвиненко, Христофорова, 2020; и др.]. Во всех случаях нами было отмечено повышенное содержание свинца, кадмия и ртути в мышцах, гонадах и печени горбуши, которая один или два раза проходила Курильскими проливами и некоторое время оставалась в высококормных участках прикурильских вод. Сравнивая содержание микроэлементов в охотоморских рыбах с аналогичными показателями для горбуши из япономорских вод [Ковековдова и др., 2013; Ковековдова, Симоконь, 2002], мы отмечали достоверные различия ( $p \leq 0,05$ ). Содержание Zn было выше в япономорской горбуше, вероятно, как следствие антропогенного влияния на почти замкнутое Японское море; содержание Cd и Pb – в прикурильской и особенно в сахалино-курильской горбуше в 40–60 раз превышало аналогичные показатели для рыбы из Японского моря [Христофорова и др., 2019б].

Многие ученые считают, что горбуша азиатского побережья Пацифики имеет множество локальных стад, нерестящихся в реках дальневосточных морей [Бирман, 1985; Гриценко, 2002; Ефанов, 2003; Шунтов, Темных, 2008, 2011; Бугаев и др., 2015; и др.]. Исследователи признают, что места зимовки и нагула у различных популяций азиатской горбуши не совпадают: не вся горбуша уходит на зимовку в океан.

В зимний период горбуша разных стад – приморская, амурская, западно-сахалинская, восточно-сахалинская, североохотоморская и япономорская – зимует в Японском море [Бирман, 1985; Атлас..., 2002; Ефанов, 2003; и др.]. Район нагула в Японском море достаточно обширен, он простирается от корейского побережья до северной границы прохождения теплого Цусимского течения. В реки Приморья, западного Сахалина, амурского бассейна, а также восточного Сахалина, южных Курильских островов и реки Анивского залива горбуша мигрирует на нерест именно отсюда. Рыба, идущая на нерест в июне и июле в реки юго-западного Сахалина и Анивского залива, относится к летней группировке из Японского моря, следовательно, микроэлементный состав ее органов и тканей будет достоверно отличаться от минерального состава поздней осенней группировки сахалино-курильской горбуши, как минимум дважды в своей жизни прошедшей через импактный Курильский район.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно полученным нами результатам, содержание токсичных элементов Cd и Pb в япономорской горбуше и горбуше юго-восточного Сахалина и о. Итуруп соответствует требованиям СанПиН РФ, предъявляемым к рыбе и морепродуктам.

Япономорская летняя группировка горбуши отличается от сахалино-курильской осенней группировки содержанием микроэлементов в органах и тканях. Высокие концентрации Zn и Cu в горбуше из Японского моря и Pb в кете из курильских вод обусловлены природными геохимическими условиями среды. Экологическая ситуация в Японском море, воды которого обогащены цинком, медью и никелем, является результатом деятельности человека,

тогда как в водах Курило-Камчатской гряды микроэлементный состав воды сформирован под влиянием природных факторов: современного вулканизма и поствулканизма, и апвеллингов.

Западное побережье Сахалина, в отличие от юго-восточного побережья и района Курильских островов, характеризуется высокой антропогенной нагрузкой в результате активного судоходства и замкнутости почти закрытого Японского моря, что повторяет ситуацию в районе материкового побережья этого моря. Судя по многократно ухудшившейся ситуации с содержанием тяжелых металлов в органах и тканях япономорской горбуши по сравнению с аналогичными показателями двадцатилетней давности, необходим постоянный мониторинг среды, биоиндикаторами которой могут служить и тихоокеанские лососи, приуроченные местами нагула и путями миграций к определенным морям северной Пацифики.

### БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы искренне благодарят за помощь в сборе материала В.П. Погодина, А.А. Захарченко, В.В. Валеева.

### ЛИТЕРАТУРА

- Атлас распространения в море различных стад тихоокеанских лососей в период весенне-летнего нагула и преднерестовых миграций. 2002. Москва: ВНИРО. 190 с.
- Бирман И.Б. 1967. Лососи в морском периоде жизни. Биология Тихого океана. Рыбы открытых вод. Москва: Наука. С. 67–87.
- Бирман И.Б. 1985. Морской период жизни и вопросы динамики стада тихоокеанских лососей. Москва: Агропромиздат. 208 с.
- Бугаев А.В., Растягаева Н.А., Ромаденкова Н.Н. и др. 2015. Результаты многолетнего биологического мониторинга тихоокеанских лососей рыбозаводных заводов Камчатского края. *Известия ТИНРО*. Т. 180. С. 273–309.
- Воловик С.П. 1967. Структуры нерестовых стад и эффективность естественного воспроизвод-

- ства горбуши на Южном Сахалине. *Диссертация ... канд. биол. наук.* Калининград. 266 с.
- Гриценко О.Ф. 2002. Проходные рыбы острова Сахалин (систематика, экология, промысел). Москва: Изд-во ВНИРО. 248 с.
- Двинин П.А. 1952. Лососи Южного Сахалина. *Известия ТИНРО.* Т. 37. С. 68–108.
- Доклад об экологической ситуации в Приморском крае в 2020 году. 2021. Правительство Приморского края. Ч. 2. Влияние хозяйственной деятельности на окружающую среду. С. 176–177.
- Ефанов В.Н. 2003. Организация и моделирование запасов популяций рыб (на примере горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* Walb.). *Монография.* Южно-Сахалинск: Изд-во СахГУ. 134 с.
- Запорожец Г.В. 2006. Микроэлементы в теле молоди тихоокеанских лососей: прикладные аспекты. *Известия ТИНРО.* Т. 146. С. 35–55.
- Иванков В.Н. 1967. О сезонных расах горбуши. *Известия ТИНРО.* Т. 61. С. 143–151.
- Кавун В.Я., Христофорова Н.К., Шулькин В.М. 1989. Микроэлементный состав мидии съедобной из прибрежных вод Камчатки и северных Курил. *Экология.* № 3. С. 53–58.
- Кавун В.Я., Христофорова Н.К. 1991. Роль современного вулканизма и апвеллингов в формировании импактных зон тяжелых металлов в прибрежных водах Курильских островов. В кн.: Мелководные газогидротермы и экосистема бухты Кратерной (вулкан Ушишир, Курильские острова). Кн. 1, ч. 2. Владивосток: ДВО РАН. С. 114–120.
- Каев А.М., Животовский Л.А. 2017. О вероятном перераспределении горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* между районами воспроизводства разных стад в Сахалино-Курильском регионе. *Вопросы ихтиологии.* Т. 57. № 3. С. 264–274.
- Кобзарь А.Д., Христофорова Н.К. 2015. Мониторинг загрязнения прибрежных вод Амурского залива тяжелыми металлами с использованием бурой водоросли *Sargassum miyabei* Yendo, 1907. *Биология моря.* Т. 41. С. 361–365.
- Ковековдова Л.Т., Симоконь М.В. 2002. Тяжелые металлы в тканях промысловых рыб из Амурского залива Японского моря. *Биология моря.* Т. 28. № 2. С. 125–130.
- Ковековдова Л.Т. 2011. Микроэлементы в морских промысловых объектах Дальнего Востока России. *Автореферат диссертации ... д-ра биол. наук.* Владивосток: ТИНРО-центр. 40 с.
- Ковековдова Л.Т., Симоконь М.В., Кику Д.П. 2013. Микроэлементный состав промысловых рыб дальневосточных морей. *Проблемы региональной экологии.* № 2. С. 72–75.
- Ландышевская А.Е. 1962. Мечение горбуши у юго-западного побережья Сахалина. *Рыбная промышленность Дальнего Востока.* № 4. С. 21–22.
- Леонов А.К. Региональная океанография. 1960. Ч. 1. Ленинград: Гидрометеиздат. 766 с.
- Литвиненко А.В., Христофорова Н.К., Гринберг Е.В. 2019. Традиции и новое в искусственном воспроизводстве тихоокеанских лососей Курильского района. Часть 2. *Рыбное хозяйство.* № 3. С. 90–96.
- Литвиненко А.В., Христофорова Н.К. 2020. Отражение геохимических условий среды на микроэлементном составе тихоокеанских лососей. *Материалы Международной научной конференции «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов».* Том 3. Калининград: Изд-во БГАРФ. С. 139–147.
- Макоедов А.Н., Макоедов А.А. 2021. Лососевое хозяйство России: сырьевой потенциал, научное сопровождение и перспективы развития. *Новости рыболовства.* № 2. URL: <https://fishnews.ru/interviews/744>.
- Малиновская Т.М., Христофорова Н.К. 1997. Характеристика прибрежных вод южных Курил по содержанию тяжелых металлов в организмах-индикаторах. *Биология моря.* Т. 23. С. 239–246.
- Мархинин Е.К. 1985. Вулканизм. Москва: Недра. 288 с.
- Петухов С.А., Морозов Н.П. 1983. К вопросу о «видовых» различиях микроэлементного состава рыб. *Вопросы ихтиологии.* Т. 23. № 5. С. 870–872.
- Петухов С.А., Морозов Н.П., Добрусин Н.С. 1983. Распределение микроэлементов группы тяжелых и переходных металлов в органах и тканях рыб. В кн.: Экологические аспекты химического и радиоактивного загрязнения водной среды. Москва: Лег. и пищ. пром-ть. С. 41–48.
- Попов П.А. 2002. Оценка экологического состояния водоемов методами ихтиоиндикации. *Монография.* Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. ун-та. 270 с.
- Пропп М.В., Пропп Л.Н. 1988. Гидрохимические показатели и содержание хлорофилла в прибрежных водах Курильских островов. *Биология моря.* № 4. С. 68–70.
- Рухлов Ф.Н., Любаева О.С. 1980. Результаты мечения горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) на рыбоводных заводах Сахалинской области в 1976 г. *Вопросы ихтиологии.* Т. 20. С. 134–143.
- СанПиН 2.3.2.1078-01. 2002. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности



- пищевых продуктов. Москва: Госкомсанэпиднадзор РФ. 156 с.
- Сапожников В.В. 1994. Комплексные экологические исследования экосистем Берингова и Охотского морей. *Океанология*. Т. 34. № 2. С. 309–312.
- Скляр В.Я. 2008. Корма и кормление рыб в аквакультуре. Москва: Изд-во ВНИРО. 150 с.
- Христофорова Н.К., Цыганков В.Ю., Боярова М.Д., Лукьянова О.Н. 2015а. Содержание тяжелых металлов в горбуше *Oncorhynchus gorbuscha* Walbaum, 1792 из прикурильских океанических вод во время анадромной миграции. *Биология моря*. Т. 41. № 6. С. 447–452.
- Христофорова Н.К., Цыганков В.Ю., Боярова М.Д., Лукьянова О.Н. 2015б. Содержание микроэлементов в тихоокеанских и атлантических лососях. *Океанология*. Т. 55. № 5. С. 751–758.
- Христофорова Н.К., Литвиненко А.В., Цыганков В.Ю., Ковальчук М.В. 2018. Сравнение микроэлементного состава горбуши (*Oncorhynchus gorbuscha* Walbaum, 1792) из Сахалино-Курильского региона и Японского моря. *Материалы Международной научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 386–390.
- Христофорова Н.К., Литвиненко А.В., Цыганков В.Ю., Ковальчук М.В. 2019а. Концентрации микроэлементов в симе (*Oncorhynchus tshawytscha*) из юго-западной части Охотского моря. *Материалы Международной биогеохимической школы «Биогеохимия – научная основа устойчивого развития и сохранения здоровья человека»*. Тула: Изд-во Тульского государственного педагогического университета. С. 53–56.
- Христофорова Н.К., Литвиненко А.В., Цыганков В.Ю. и др. 2019б. Микроэлементный состав горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum, 1792) из Сахалино-Курильского региона. *Биология моря*. Т. 45. № 3. С. 1–7.
- Христофорова Н.К., Литвиненко А.В., Цыганков В.Ю., Ковальчук М.В. 2021. Сравнение микроэлементного состава кеты *Oncorhynchus keta* Walbaum, 1792 из Японского и Охотского морей. *Морской биологический журнал*. Т. 6. № 4. С. 92–104.
- Шулькин В.М. 2004. Тяжелые металлы в экосистемах морских мелководий. Владивосток: Дальнаука. 279 с.
- Шунтов В.П., Темных О.С. 2008. Тихоокеанские лосося в морских и океанических экосистемах. *Монография*. Владивосток: ТИНРО-центр. Т. 1. 481 с.
- Шунтов В.П., Темных О.С. 2011. Тихоокеанские лосося в морских и океанических экосистемах. *Монография*. Владивосток: ТИНРО-центр. Т. 2. 473 с.
- Bruland K.W., Lohan M.C. 2003. Controls of trace metals in seawater. *Treatise on geochemistry*, 1st edn. Elsevier, Amsterdam. P. 23–47. URL: <https://doi.org/10.1016/B0-08-043751-6/06105-3>.
- Chernova E.N., Kozhenkova S.I. 2020. Background concentrations of heavy metals in brown algae from the northwest Sea of Japan. *Journal of Geoscience and Environment protection*. № 8. P. 147–155. URL: <https://www.scirp.org/journal/gep> DOI: 10.4236/gep.2020.810011.
- Donets M.M., Tsygankov V.Yu. 2019. Trace elements in commercial marine organisms from the Russian part of the Northwest Pacific (2010–2018). *Environmental Chemistry Letters*. 17:1727–1740. URL: <https://doi.org/10.1007/s10311-019-00907-8>.
- Hall R.A., Zook E.G., Meaburn G.M. 1978. Service survey of trace elements in the fishery resource. NOAA Technical Report NMFS SSRF-721. *National Marine Fisheries*. 317 p.
- Hartt A.C. 1962. Movement of salmon in the North Pacific Ocean and Bering Sea as determined by tagging 1956–1958. *International North Pacific Fisheries Commission Bulletin*. № 6. 157 p.
- Ishida T. 1962. Aspects of marine biology of Asiatic pink salmon. *Symp. on pink salmon*. Univ. Brit. Col. P. 135–142.
- Kavun V.Ya., Shulkin V.M., Khristoforova N.K. 2002. Metal accumulation in mussels of the Kuril Islands, north-west Pacific Ocean. *Marine Environmental Research*. Vol. 53. Issue 3. P. 219–226. URL: [https://doi.org/10.1016/S0141-1136\(00\)00264-6](https://doi.org/10.1016/S0141-1136(00)00264-6).
- Khristoforova N.K., Tsygankov V.Yu., Lukyanova O.N., Boyarova M.D. 2018. High mercury bioaccumulation in Pacific salmon from the Sea of Okhotsk and the Bering Sea. *Environmental Chemistry Letters*. Vol. 16. P. 575–579. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2016.08.060.
- Khristoforova N.K., Litvinenko A.V., Tsygankov V.Yu., Kovalchuk M.V., Erofeeva N.I. 2019. Trace elements content in the pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha* Walbaum, 1792) from Sakhalin-Kuril region. *Doc. dep. on the Second NPAFC-IYS Workshop on Salmon Ocean Ecology in a Changing Climate*, Tech. Rep. 15 (May 18–20, 2019; Portland, Oregon, USA). P. 59–62. URL: <https://doi.org/10.23849/npafctr15/59.62>.
- Kelly B.C., Ikononov M.G., Higgs D.A. et al. 2008. Mercury and other trace elements in farmed and wild salmon from British Columbia, Canada. *Environmental Toxicology and Chemistry*. Vol. 27. № 6. P. 1361–1370.

- Kondo H., Hirano Y., Nakayama V., Miyake M. 1965. Offshore distribution and migration of pacific salmon (genus *Oncorhynchus*) based on tagging studies (1958–1961). *International North Pacific Fisheries Commission Bulletin*. № 17. P. 213.
- Manzer J.I., Ishida T., Peterson A.E., Hanava M.G. 1965. Offshore distribution of salmon. *International North Pacific Fisheries Commission Bulletin*. № 15. 452 p.
- Perrault J.R., Buchweitz J.P., Lehner A.F. 2014. Essential, trace and toxic element concentrations in the liver of the world's largest bony fish, the ocean sunfish (*Mola mola*). *Marine Pollution Bulletin*. P. 348–353. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.11.026>.

### REFERENCES

- Atlas of distribution in the sea of various stocks of Pacific salmon during spring-summer feeding and pre-spawning migrations. 2002. Moscow: VNIRO. 190 p. (in Russian).
- Birman I.B. 1967. Salmon in the marine period of life. *Biology of the Pacific Ocean*. Open water fish. Moscow: Science. P. 67–87 (in Russian).
- Birman I.B. 1985. Marine period of life and questions of the dynamics of the Pacific salmon stock. Moscow: Agropromizdat. 208 p. (in Russian).
- Bugaev A.V., Rastyagaeva N.A., Romadenkova N.N. et al. 2015. Results of long-term biological monitoring of Pacific salmon from fish hatcheries in the Kamchatka Territory. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. T. 180. P. 273–309 (in Russian).
- Volovik S.P. 1967. Structures of spawning stocks and efficiency of natural reproduction of pink salmon in South Sakhalin. *Candidacy dissertation for biological sciences*. Kaliningrad. 266 p. (in Russian).
- Gritsenko O.F. 2002. Anadromous fish of Sakhalin Island (systematics, ecology, fisheries). Moscow: VNIRO Publ. 248 p. (in Russian).
- Dvinin P.A. 1952. Salmon of South Sakhalin. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. T. 37. P. 68–108 (in Russian).
- Report on the environmental situation in Primorsky Krai in 2020. 2021. Government of the Primorsky Territory. Part 2. The impact of economic activity on the environment. P. 176–177 (in Russian).
- Efanov V.N. 2003. Organization and modeling of stocks of fish populations (on the example of pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* Walb.). *Monograph*. Yuzhno-Sakhalinsk: SakhGU Publ. 134 p. (in Russian).
- Zaporozhets G.V. 2006. Trace elements in the body of juvenile Pacific salmon: applied aspects. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. T. 146. P. 35–55 (in Russian).
- Ivankov V.N. 1967. On the seasonal races of pink salmon. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. T. 61. P. 143–151 (in Russian).
- Kavun V.Ya., Khristoforova N.K., Shulkin V.M. 1989. Trace element composition of the edible mussel from the coastal waters of Kamchatka and the northern Kuriles. *Ecology*. № 3. P. 53–58 (in Russian).
- Kavun V.Ya., Khristoforova N.K. 1991. The role of modern volcanism and upwellings in the formation of impact zones of heavy metals in the coastal waters of the Kuril Islands. In: *Shallow water gas hydrotherms and the ecosystem of Kraternaya Bay (Ushishir Volcano, Kuril Islands)*. Book 1. Part 2. Vladivostok: FEB RAS Publ. P. 114–120 (in Russian).
- Kaev A.M., Zhivotovsky L.A. 2017. On the probable redistribution of pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* between areas of reproduction of different herds in the Sakhalin-Kuril region. *Voprosy ichtiologii (Journal of Ichthyology)*. T. 57. № 3. P. 264–274 (in Russian).
- Kobzar A.D., Khristoforova N.K. 2015. Monitoring of pollution of coastal waters of the Amur Bay by heavy metals using the brown algae *Sargassum miyabei* Yendo, 1907. *Biologiya morya (Marine Biology)*. T. 41. P. 361–365 (in Russian).
- Kovekovdova L.T., Simokon M.V. 2002. Heavy metals in the tissues of commercial fish from the Amur Bay of the Sea of Japan. *Biologiya morya (Marine Biology)*. T. 28. № 2. P. 125–130 (in Russian).
- Kovekovdova L.T. 2011. Trace elements in marine commercial objects of the Russian Far East: *Abstract of the doctoral dissertation for biological sciences*. Vladivostok: TINRO-Center. 40 p. (in Russian).
- Kovekovdova L.T., Simokon M.V., Kiku D.P. 2013. Trace element composition of commercial fish of the Far Eastern seas. *Problemy regional'noy ekologii (Problems of Regional Ecology)*. № 2. P. 72–75 (in Russian).
- Landyshevskaya A.E. 1962. Pink salmon tagging off the southwestern coast of Sakhalin. In: *Fish industry of the Far East*. № 4. P. 21–22 (in Russian).
- Leonov A.K. Regional oceanography. 1960. Part 1. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ. 766 p. (in Russian).

- Litvinenko A.V., Khristoforova N.K., Grinberg E.V. 2019. Traditions and innovations in the artificial reproduction of Pacific salmon in the Kuril region (part 2). *Rybnoe hozjajstvo (Fisheries Journal)*. № 3. P. 90–96 (in Russian).
- Litvinenko A.V., Khristoforova N.K. 2020. Reflection of geochemical environmental conditions on the trace element composition of Pacific salmon. *Proceedings of International scientific conference “Water bioresources, aquaculture and ecology of water bodies”*. Vol. 3. Kaliningrad: BGARF Publ. P. 139–147 (in Russian).
- Makoedov A.N., Makoedov A.A. 2021. Russian salmon industry: raw material potential, scientific support and development prospects. *Novosti rybolovstva (News of Fishing)*. № 2. URL: <https://fishnews.ru/interviews/744>. (in Russian).
- Malinovskaya T.M., Khristoforova N.K. 1997. Characteristics of the coastal waters of the southern Kuriles according to the content of heavy metals in indicator organisms. *Biologiya morya (Marine Biology)*. T. 23. P. 239–246 (in Russian).
- Markhinin E.K. 1985. Volcanism. Moscow: Nedra Publ. 288 p. (in Russian).
- Petukhov S.A., Morozov N.P. 1983. On the issue of “species” differences in the microelement composition of fish. *Voprosy ichtiologii (Journal of Ichthyology)*. T. 23. № 5. P. 870–872 (in Russian).
- Petukhov S.A., Morozov N.P., Dobrusin N.S. 1983. Distribution of trace elements of the group of heavy and transition metals in the organs and tissues of fish. In: Ecological aspects of chemical and radioactive contamination of the aquatic environment. Moscow: Lyogkaya i Pishcheyaya Promyshlennost’ Publ. P. 41–48 (in Russian).
- Popov P.A. 2002. Evaluation of the ecological state of water bodies using ichthyoindication methods. *Monograph*. Novosibirsk: Novosibirsk State University Publ. 270 p. (in Russian).
- Propp M.V., Propp L.N. 1988. Hydrochemical indicators and the content of chlorophyll in the coastal waters of the Kuril Islands. *Biologiya morya (Marine Biology)*. № 4. P. 68–70 (in Russian).
- Rukhlov F.N., Lyubaeva O.S., 1980. Results of tagging of pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) at hatcheries in the Sakhalin Region in 1976. *Voprosy ichtiologii (Journal of Ichthyology)*. T. 20. P. 134–143 (in Russian).
- Sanitary rules and regulations 2.3.2.1078-01. 2002. Hygienic requirements for the safety and nutritional value of food products. Moscow: Goskom-sanepidnadzor RF Publ. 156 p. (in Russian).
- Sapozhnikov V.V. 1994. Comprehensive ecological studies of the ecosystems of the Bering and Sea of Okhotsk. *Okeanologia (Oceanology)*. Vol. 34. № 2. P. 309–312 (in Russian).
- Sklyarov V.Ya. 2008. Food and feeding of fish in aquaculture. Moscow: VNIRO Publ. 150 p. (in Russian).
- Khristoforova N.K., Tsygankov V.Yu., Boyarova M.D., Lukyanova O.N. 2015a. The content of heavy metals in pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* Walbaum, 1792 from the Kuril ocean waters during anadromous migration. *Biologiya morya (Marine Biology)*. Vol. 41. № 6. P. 447–452 (in Russian).
- Khristoforova N.K., Tsygankov V.Yu., Boyarova M.D., Lukyanova O.N. 2015b. Microelement content in Pacific and Atlantic salmon. *Okeanologia (Oceanology)*. Vol. 55. № 5. P. 751–758 (in Russian).
- Khristoforova N.K., Litvinenko A.V., Tsygankov V.Yu., Kovalchuk M.V. 2018. Comparison of the trace element composition of pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* Walbaum, 1792 from the Sakhalin-Kuril region and the Sea of Japan. *Proceedings of International scientific conference “Conservation of biodiversity of Kamchatka and coastal waters”*. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress Publ. P. 386–390 (in Russian).
- Khristoforova N.K., Litvinenko A.V., Tsygankov V.Yu., Kovalchuk M.V. 2019a. Concentrations of trace elements in cherry salmon *Oncorhynchus masou* from the Southwestern part of the Sea of Okhotsk. *Proceedings of International biogeochemical school “Biogeochemistry is a scientific basis for human health sustainable development and preservation”*. Tula: Tula State Pedagogical University Publ. P. 53–56 (in Russian).
- Khristoforova N.K., Litvinenko A.V., Tsygankov V.Yu. et al. 2019b. Microelement composition of pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum, 1792) from the Sakhalin-Kuril region. *Biologiya morya (Marine Biology)*. Vol. 45. № 3. P. 1–7 (in Russian).
- Khristoforova N.K., Litvinenko A.V., Tsygankov V.Yu., Kovalchuk M.V. 2021. Comparative characteristics of the trace elemental composition of chum salmon *Oncorhynchus keta* Walbaum, 1792 from the Sea of Japan and the Sea of Okhotsk. *Morskoj biologicheskij zhurnal (Marine Biological Journal)*. Vol. 6. № 4. P. 92–104 p. (in Russian).
- Shulkin V.M. 2004. Heavy metals in marine shallow water ecosystems. Vladivostok: Dal’nauka Publ. 279 p. (in Russian).
- Shuntov V.P., Temnykh O.S. 2008. Pacific salmon in marine and oceanic ecosystems. *Monograph*. Vladivostok: TINRO-Center. Vol. 1. 481 p. (in Russian).

- Shuntov V.P., Temnykh O.S. 2011. Pacific salmon in marine and oceanic ecosystems. *Monograph*. Vladivostok: TINRO-Center. Vol. 2. 473 p. (in Russian).
- Bruland K.W., Lohan M.C. 2003. Controls of trace metals in seawater. *Treatise on geochemistry*, 1st edn. Elsevier, Amsterdam. P. 23–47. URL: <https://doi.org/10.1016/B0-08-043751-6/06105-3>.
- Chernova E.N., Kozhenkova S.I. 2020. Background concentrations of heavy metals in brown algae from the northwest Sea of Japan. *Journal of Geoscience and Environment Protection*. № 8. P. 147–155. URL: <https://www.scirp.org/journal/gep> DOI: 10.4236/gep.2020.810011.
- Donets M.M., Tsygankov V.Yu. 2019. Trace elements in commercial marine organisms from the Russian part of the Northwest Pacific (2010–2018). *Environmental Chemistry Letters*. 17:1727–1740. URL: <https://doi.org/10.1007/s10311-019-00907-8>.
- Hall R.A., Zook E.G., Meaburn G.M. 1978. Service survey of trace elements in the fishery resource. NOAA Technical Report NMFS SSRF-721. *National Marine Fisheries*. 317 p.
- Hartt A.C. 1962. Movement of salmon in the North Pacific Ocean and Bering Sea as determined by tagging 1956–1958. *International North Pacific Fisheries Commission Bulletin*. № 6. 157 p.
- Ishida T. 1962. Aspects of marine biology of Asiatic pink salmon. *Symp. on pink salmon*. Univ. Brit. Col. P. 135–142.
- Kavun V.Ya., Shulkin V.M., Khristoforova N.K. 2002. Metal accumulation in mussels of the Kuril Islands, north-west Pacific Ocean. *Marine Environmental Research*. Vol. 53. Issue 3. P. 219–226. URL: [https://doi.org/10.1016/S0141-1136\(00\)00264-6](https://doi.org/10.1016/S0141-1136(00)00264-6).
- Khristoforova N.K., Tsygankov V.Yu., Lukyanova O.N., Boyarova M.D. 2018. High mercury bioaccumulation in Pacific salmon from the Sea of Okhotsk and the Bering Sea. *Environmental Chemistry Letters*. Vol. 16. P. 575–579. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2016.08.060.
- Khristoforova N.K., Litvinenko A.V., Tsygankov V.Yu. et al. 2019. Trace elements content in the pink salmon (*Oncorhynchus gorbusha* Walbaum, 1792) from Sakhalin-Kuril region. *Doc. dep. on the Second NPAFC-IYS Workshop on Salmon Ocean Ecology in a Changing Climate*, Tech. Rep. 15 (May 18–20, 2019; Portland, Oregon, USA). P. 59–62. URL: <https://doi.org/10.23849/npafctr15/59.62>.
- Kelly B.C., Ikononov M.G., Higgs D.A. et al. 2008. Mercury and other trace elements in farmed and wild salmon from British Columbia, Canada. *Environmental Toxicology and Chemistry*. Vol. 27. № 6. P. 1361–1370.
- Kondo H., Hirano Y., Nakayama V., Miyake M. 1965. Offshore distribution and migration of pacific salmon (genus *Oncorhynchus*) based on tagging studies (1958–1961). *International North Pacific Fisheries Commission Bulletin*. № 17. P. 213.
- Manzer J.I., Ishida T., Peterson A.E., Hanava M.G. 1965. Offshore distribution of salmon. *International North Pacific Fisheries Commission Bulletin*. № 15. 452 p.
- Perrault J.R., Buchweitz J.P., Lehner A.F. 2014. Essential, trace and toxic element concentrations in the liver of the world's largest bony fish, the ocean sunfish (*Mola mola*). *Marine Pollution Bulletin*. P. 348–353. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.11.026>.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Литвиненко Анна Владимировна** – Сахалинский государственный университет; 693008, Россия, Южно-Сахалинск; кандидат биологических наук, доцент кафедры «Экология, биология и природные ресурсы»; заведующий лабораторией прикладной экологии; [litvinenko.av@bk.ru](mailto:litvinenko.av@bk.ru). SPIN-код: 4968-2303, Author ID: 794871, Scopus ID: 57210122165.

**Litvinenko Anna Vladimirovna** – Sakhalin State University; 693008, Russia, Yuzhno-Sakhalinsk; Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Ecology, Biology and Natural Resources Chair; Head of the Applied Ecology Laboratory; [litvinenko.av@bk.ru](mailto:litvinenko.av@bk.ru). SPIN-code: 4968-2303, Author ID: 794871, Scopus ID: 57210122165.

**Христофорова Надежда Константиновна** – Дальневосточный федеральный университет; 690922, Россия, Приморский край, Владивосток, о. Русский, п. Аякс; доктор биологических наук, профессор, профессор Международной кафедры ЮНЕСКО «Морская экология» Института Мирового океана; Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, 690041, Россия, Владивосток, ведущий научный сотрудник; Сахалинский государственный университет; 693008, Россия, Южно-Сахалинск; лаборатория прикладной экологии СахГУ, ведущий научный сотрудник; [more301040@gmail.com](mailto:more301040@gmail.com); SPIN-код: 7185-2311, Author ID: 59132, Scopus ID: 6603961259.

**Khristoforova Nadezhda Konstantinovna** – Far Eastern Federal University; 690922, Russia, Vladivostok, Russkiy Island, Ajax Village; Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of UNESCO International Chair “Marine Ecology” of the World Ocean Institute; Pacific Geographical Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, 690041, Russia, Vladivostok, Leading Researcher; Sakhalin State University; 693008, Russia, Yuzhno-Sakhalinsk; The Applied Ecology Laboratory, Leading Researcher; [more301040@gmail.com](mailto:more301040@gmail.com); SPIN-code: 7185-2311, Author ID: 59132, Scopus ID: 6603961259.

**Цыганков Василий Юрьевич** – Дальневосточный федеральный университет; 690922, Россия, Приморский край, Владивосток, о. Русский, п. Аякс; доктор биологических наук, доцент, профессор Международной кафедры ЮНЕСКО «Морская экология», заведующий лабораторией прикладной экологии и токсикологии Института Мирового океана, заведующий лабораторией пищевой биотехнологии Передовой инженерной школы «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем»; [tsig\\_90@mail.ru](mailto:tsig_90@mail.ru); SPIN-код: 5047-8410, Author ID: 699929, Scopus ID: 56150726400.

**Tsygankov Vasilii Yurievych** – Far Eastern Federal University; 690922, Russia, Vladivostok, Russkiy Island, Ajax Village; Doctor of Biological Sciences, Docent, Professor of UNESCO International Chair “Marine Ecology”, Head of the Laboratory of Applied Ecology and Toxicology of the World Ocean Institute, Head of the Laboratory of Food Biotechnology of the Advanced Engineering School “Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems”; [tsig\\_90@mail.ru](mailto:tsig_90@mail.ru); SPIN-code: 5047-8410, Author ID: 699929, Scopus ID: 56150726400.

## ФЕНОТИПИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПОПУЛЯЦИИ КАРТОФЕЛЬНОЙ КОРОВКИ

Ермак М.В., Мацишина Н.В., Фисенко П.В.

Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока имени А.К. Чайки, г. Уссурийск, п. Тимирязевский, ул. Воложенина, 30б.

Двадцативосьмиточечная картофельная коровка *Henosepilachna vigintioctomaculata* – эндемичный вредитель полевых культур на Дальнем Востоке. Исследования фенетической структуры популяции фитофага могут помочь в мониторинге процессов, происходящих в экосистемах, изучении формирования резистентности к пестицидам и устойчивым сортам, а также внести весомый вклад в исследование эндемичной фауны Дальнего Востока. Для изучения полиморфизма и структуры популяции картофельной коровки проводился анализ рисунка элитр: учитывались размер и форма пятен, интенсивность окраски, расположение на надкрыльях по отношению ко шву, наличие соединений между пятнами. В результате анализа было выявлено девять феноформ. Наибольшей частотой встречаемости обладала феноформа А2 (47,81%), также часто встречаемыми феноформами являются А1 и А6. Наименьшая частота встречаемости у феноформы А9 (1,82%). Было установлено, что морфотипы различаются линейными размерами пятен элитр. Наиболее крупными пятнами характеризовалась форма А2, размеры рисунка варьировали от  $(104,98 \pm 0,071)$  до  $(297,01 \pm 0,065)$ μ, наиболее мелкими – форма А1.

**Ключевые слова:** картофельная коровка, морфотип, фенотип, частота встречаемости.

## PHENOTYPIC DIVERSITY OF POTATO LADYBIRD POPULATION

Ermak M.V., Matsishina N.V., Fisenko P.V.

Federal scientific center of agricultural biotechnology of the Far East named after A.K. Chaika, Ussuriysk, Timiryazevsky Stl., Volozhenina Str. 30b.

The 28-spotted potato ladybird *Henosepilachna vigintioctomaculata* is an endemic pest of field crops in the Russian Far East. The phenetic structure research of this phytophage population can help to monitor the processes occurring in ecosystems, to study the resilience to pesticides and to resistant varieties, as well as to make a significant contribution to the study of the endemic fauna of the Far East. The elytra pattern to study the polymorphism and structure of a potato ladybird population was analyzed. The size and shape of spots, the intensity of color, the position of spots on the elytra, the presence of connected spots were taken into account. As the result, nine phenoforms were identified. The phenoform A2 prevailed (47.81%). The phenoforms A1 and A6 were also frequently discovered. The phenoform A9 had the most seldom occurrence (1.82%). It was stated that morphotypes differ by the linear dimension of elytra spots. The form A2 was characterized by the largest spots. The size of the patterns varied from  $(104.98 \pm 0.071)$  to  $(297.01 \pm 0.065)$ μ. The form A1 had the smallest spots.

**Key words:** 28-spotted potato ladybird, morphotype, phenotype, frequency of occurrence.

## ВВЕДЕНИЕ

В 1909 г. известный датский генетик В. Иогансен вместе с понятием «ген» и «генотип» ввел понятия «фен» и «фенотип». Под феном Иогансен понимал элементарный генетически обусловленный признак, а под фенотипом – совокупность всех внешних и внутренних структур и функций организма, которая может быть описана и изучена морфологическими и физиологическими методами [Васильев и др., 2007]. Однако вскоре выяснилось, что практически нет ни одного признака, который определялся бы действиями лишь одного гена, равно как нет ни одного гена, действие которого не касалось бы многих признаков (принцип плейотропии гена) [Константинов и др., 2008]. Генотипическая и фенотипическая структура популяции характеризуется тем или иным количественным соотношением генотипов и фенотипов. При выявлении особенностей популяций и внутривидовых групп используется именно это свойство фена [Абросимова, 2006]. Выделяемые фены по своей генетической природе могут быть различными. Одни из них могут оказаться и генетически «элементарными», другие способны образовываться в результате сочетаний действия нескольких генов, сохраняя при этом дискретный характер проявления как элементарный фенотипический признак). В общей форме совершенно ясно, что практически любой признак имеет в той или иной степени наследственную обусловленность [Корочкин, 1999]. В то же время сложность реализации наследственной информации работы генетического кода в онтогенезе столь велика, что трудно было бы ожидать однозначных и постоянных соотношений между геном и феном [Ярыгин и др., 2003]. Именно в такой широте охвата фенами генотипа – одно из преимуществ фенетического подхода

к изучению генетической структуры популяций [Яблоков, Ларина, 1985]. Рассматривая популяцию с генетической точки зрения, Н.В. Тимофеев-Ресовский и другие исследователи пришли к выводу о необходимости выделения фенетики как отдельного направления в популяционно-генетических исследованиях [Тимофеев-Ресовский и др., 1973]. Применение ряда фенетических методов оказалось очень полезным в выявлении вопросов о действительных размерах популяций разных видов живых организмов, о характере популяционных границ и их динамике в пространстве и времени, о внутривидовой структуре, степени изоляции соседних популяций и т. п. [Тимофеев-Ресовский, Иванов, 1966; Тимофеев-Ресовский, Свирежев, 1966]. В некоторых случаях связь фена с адаптивными свойствами организма достаточно отчетлива. Например, фен красной окраски у двухточечной божьей коровки связан со способностью лучше переносить холод во время зимовки, а фен черной окраски – с более интенсивным размножением летом [Тимофеев-Ресовский, Свирежев, 1966].

Использование фенетических маркеров, по сравнению с молекулярными, в популяционных исследованиях обладает рядом преимуществ, и прежде всего простотой и доступностью для исследователя, но в то же время имеет ряд существенных ограничений [Суслов и др., 2004]. Во-первых, фенооблик структуры популяций вредных насекомых в первую очередь определяется соотношением внутривидовых групп, имеющих различную неспецифическую устойчивость к различным стрессам, включая и пестицидный фактор. Во-вторых, адаптивность популяций к специфическим стрессовым воздействиям, например, влиянию трансгенного картофеля, будет связана именно с редко встречаемыми фенетическими группами насекомых [Чайковский, 2006].

К сожалению, фенотипирование популяции картофельной коровки в Российской Федерации ранее не проводилось, что и определило цели и задачи нашего исследования. Однако данная работа является чрезвычайно важной, поскольку двадцативосьмипятнистая картофельная коровка *Henosepilachna vigintioctomaculata* Motch. является основным вредителем картофеля на юге Дальнего Востока России [Мащина и др., 2021]. Благодаря пониманию фенотипической вариативности мы можем создать целостные представления о популяции картофельной коровки на Дальнем Востоке, а также о процессах, происходящих в агроэкосистемах под воздействием антропогенных факторов.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для изучения полиморфизма и структуры локальной популяции картофельной коровки проводился анализ рисунка элитр. При этом учитывались такие характеристики, как размер и форма пятен, интенсивность окраски, расположение на надкрыльях по отношению ко шву, наличие соединений между пятнами. Для анализа и составления фенотипов в качестве основных выбраны пятна под номерами 5, 7, 8, 11, 12, 13, 14, дополнительных: № 4, 6. В основу данного анализа была положена система нумерации пятен, разработанная М. Kurisaki [Kurisaki, 1932] (рис. 1).

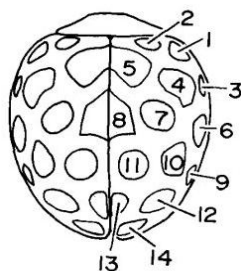


Рис. 1. Нумерация пятен по системе Kurisaki (1932 г.)

Fig. 1. Spots numbering according to Kurisaki system (1932)

Методика изучения вариаций рисунка состояла из нескольких этапов: рассмотрение целостного рисунка, отбор форм, определение количества выборки, выделение и зарисовка вариаций, систематизация данных, расчет частоты встречаемости вариаций, измерение размера пятен элитр (в плоскости наибольшей длины), фотофиксация и анализ полученных данных. Выявленные морфотипы обозначали литерой А с присвоением порядкового номера. Разнообразие дискретных состояний анализируемых признаков оценивалось с помощью индекса Животковского:

$$c = \sum p_i^2, \quad D = \frac{1}{\sum p_i^2}, \quad E = \frac{1}{S \sum p_i^2},$$

$$\bar{H} = -\sum_{i=1}^S p_i \cdot \ln p_i, \quad e = \frac{\bar{H}}{\ln S},$$

$$\mu = (\sqrt{p_1} + \sqrt{p_i})^2, \quad h = 1 - \frac{\mu}{m}, \quad d = \frac{S-1}{\lg N},$$

где  $S$  – число морфотипов;

$p_i$  – доля  $i$ -го морфотипа;

$N$  – общая численность;

$m$  – число морфотипов в выборке [Голуб, Лихман, 2003].

Взаимосвязь между соответствиями дискретных признаков и выборкой оценивалась по методу MMD (Kernel Two-Sample Tests) [Yan, Zhang, 2021], значимость различий между фактическим количеством дискретных признаков оценивалась параметром  $\chi^2$  Пирсона. Для проверки достоверности полученных результатов использовали статистические программы MS Excel 2007 и Statistica 10 («StatSoft, Inc.», США). Полученные данные были проанализированы с помощью  $t$ -распределения Стьюдента и уточнены с помощью поправки Дункана [Moroney, 1956] для проверки значимости различий между средними значениями.



## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В наших исследованиях в результате анализа рисунков элитр локальной популяции картофельной коровки было выделено девять феноформ (рис. 2).

**Феноформа А1:** пятна № 5, 7, 11 примерно одного размера, имеют одинаковую интенсивность окраски; № 5, 8 – несросшиеся; № 8 – небольшого размера, визуальнo нечетко выражено; № 12 – крупное, овальной формы; № 13 и 14 – мелкие, находятся на отдалении друг от друга.

**Феноформа А2:** пятна ярко выраженной интенсивной окраски; № 5, 7, 11 – одинакового крупного размера; № 5 – расположено близко ко шву; пятно № 8 частично сросшееся; № 12 – крупное, ярко выражено, изогнутой формы; № 13 и 14 – среднего размера; № 13 – частично или полностью сросшиеся.

**Феноформа А3:** все пятна гиперпигментированы, крупного размера; № 5 – частично или полностью сросшееся по шву; № 8 – сросшееся; № 13 и 14 – частично сросшиеся друг с другом или между собой.

**Феноформа А4:** пятна одинаковой степени насыщенности окраски; № 5 – несросшееся, № 12 – крупное, изогнутой формы;

№ 13 и 14 – мелкие, несросшиеся; № 8 – крупное, интенсивной окраски, сросшееся.

**Феноформа А5:** пятна крупные, гиперпигментированные; № 5 – несросшееся, № 8 и 13 – сросшиеся по шву; № 7 – наиболее крупное и выделяется на фоне всех остальных; № 12 – крупное, изогнутой формы; № 6 – одного размера с пятнами № 7; могут иметь между собой перетяжки.

**Феноформа А6:** пятна № 5 и 7 одинаковой пигментации; № 5 – несросшееся, № 8 – несросшееся либо частично сросшееся; № 13 и 14 – мелкие, несросшиеся; № 12 – средних размеров; № 11 – менее насыщенной окраски, мелкое, на фоне остальных пятен едва заметное.

**Феноформа А7:** пятна № 5, 7, 11, 12 – гиперпигментированы; № 5 – несросшееся, № 8, 13 и 14 – мелкие, слабопигментированы; № 12 – гипертрофировано, самые крупные пятна на надкрыльях.

**Феноформа А8:** все пятна крупные, гиперпигментированные; № 5, 8, 13 – сросшиеся по шву; между пятнами № 8, 10, 13 и 14 образуются перетяжки.

**Феноформа А9:** все пятна крупные, интенсивной окраски; № 8 и 13, 3 и 4, 9 и 10 – сросшиеся, могут образовывать между собой перетяжки; № 12 – овальной формы.



Рис. 2. Вариации окраски элитр картофельной коровки (фото авторов, Nikon SMZ25, ×20)

Fig. 2. Variations in the elytra color patterns of 28-spotted potato ladybird (source: photo by the authors, Nikon SMZ25, ×20)

Проведенные измерения показали, что морфотипы достоверно различаются линейными размерами пятен элитр (рис. 2, 3). Полученные данные подтверждают корректность выделения феноформ картофельной коровки по рисунку надкрылий. Наиболее крупными пятнами характеризо-

валась форма A2, средние размеры рисунка варьировали от  $(104,98 \pm 0,071)$  до  $(297,01 \pm 0,065)\mu$ , наиболее мелкими – форма A1. Для формы A8 отмечалась перетяжка между пятнами № 13 и 14 длиной  $(104,89 \pm 0,005)\mu$  (рис. 3).

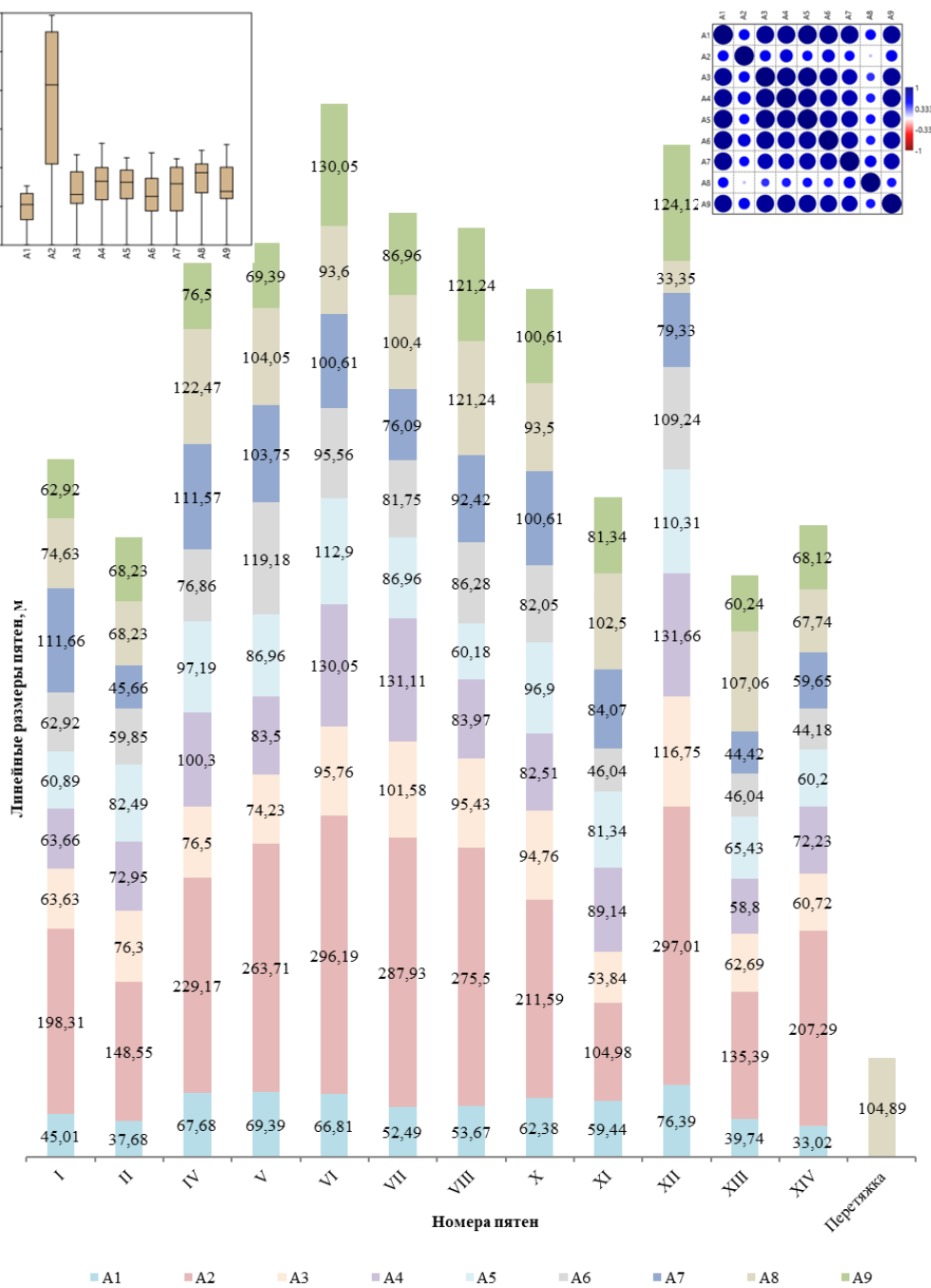
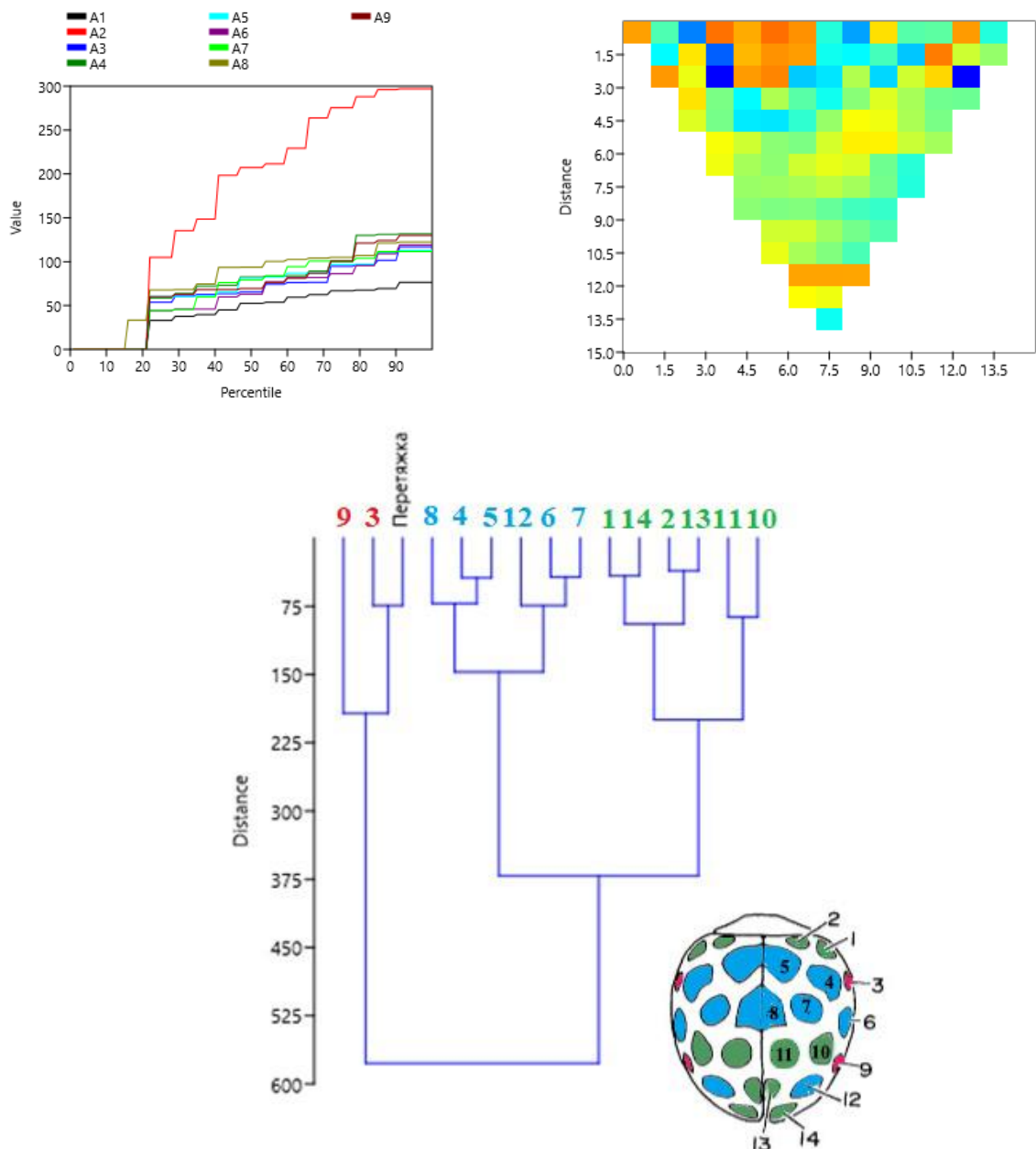


Рис. 3. Средние линейные размеры диаметра пятен морфотипов картофельной коровки, оцененные по индексу Животовского ( $\mu \pm \sigma$ )

Fig. 3. Average linear dimensions of spot diameter of potato ladybird morphotypes according to Zhivotovsky index ( $\mu \pm \sigma$ )

По данным кластерного анализа (рис. 4) выявлены три размерные группы пятен. Наименьшими размерами характеризуется первый кластер, в который входят пятна № 9, 3 и перетяжка, наибольшими – второй кластер, включающий пятна № 8, 4, 5, 12, 6, 7. В изучаемых популяциях картофельной коровки преобладают особи с фено-

формой А2 (47,81% в среднем). Часто встречаемыми вариациями морфотипов являются А1 и А6, составляющие 31,19 и 29,65% в среднем соответственно. Наиболее редким типом феноформы является А9, частота встречаемости которой составляет 1,82% (рис. 5)



Cophen.corr.: 0,7817

Рис. 4. Кластерный анализ средних линейных размеров пятен надкрылий картофельной коровки методом минимальной дисперсии Уорда

Fig. 4. Cluster analysis of the average linear dimensions of potato ladybird elytra spots by means of Ward's method

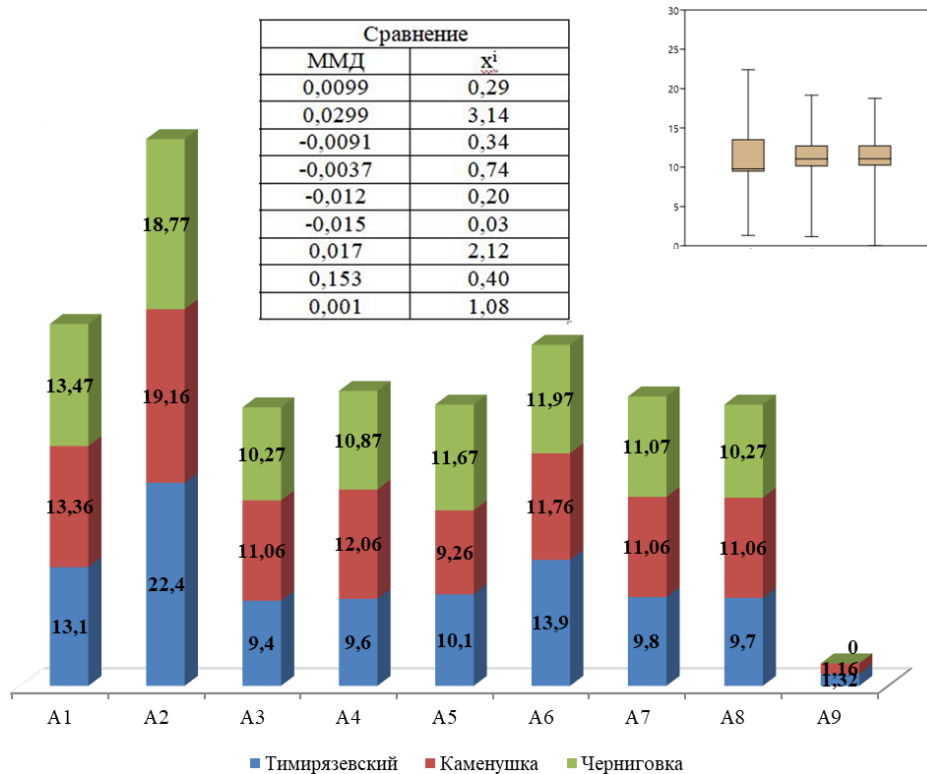


Рис. 5. Средняя частота встречаемости феноформ картофельной коровки в локальных популяциях Приморского края (%)

Fig. 5. Average frequency of potato ladybird phenotypes occurrence in local populations of Primorsky kray (%)

Соотношение дискретных вариаций окраски элитр изучаемых локальных популяций может быть связано с определенными условиями обитания и адаптации популяции к ним, а также с пищевой специализацией на сортовом уровне. Для картофельной коровки не найдено данных о проводимых исследованиях в этой области, но имеются сведения для других видов насекомых. Так, для клопа-солдатика (*Pyrrhocoris apterus L.*) был рассчитан частотный состав фенотипов в зависимости от местообитания популяции и антропогенной нагрузки на нее [Левых, Пузынина, 2013]. Для семиточечной божьей коровки (*Coccinella septempunctata L.*) был произведен обобщенный анализ многолетних наблюдений, который позволил установить зависимость фенооблика популяции от условий ее обитания [Шляхтин и др., 2014].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, наша работа с линиями девяти фенотипов поддерживает гипотезу о наличии цветового полиморфизма в популяции двадцативосьмипятнистой картофельной коровки. Благодаря выраженному внешнему полиморфизму можно проследить процессы микроэволюции по изменениям фенотипической структуры популяции. Благодаря анализу особенностей формирования ареала вредителя и мониторингу микроэволюционных процессов, протекающих в популяции, возможно усовершенствование системы защиты полевых культур от картофельной коровки и контроль ее численности. Понимание экологических переменных, влияющих на фенотипическую вариативность, а также лежащих в основе геномных факторов и факторов развития дает возможность

создать целостные представления о популяции картофельной коровки на Дальнем Востоке, а также о процессах, происходящих в агроэкосистемах под воздействием антропогенных факторов.

### ЛИТЕРАТУРА

- Абросимова О.А. 2006. Биология размножения и развития. *Курс лекций*. Под ред. В.Ю. Горбуновой. Уфа: Издательство БГПУ. 140 с.
- Васильев А.Г., Васильева И.А., Большаков В.Н. 2007. Феногенетическая изменчивость и методы ее изучения. *Учебное пособие*. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета. 279 с.
- Голуб В.Б., Лихман Н.С. 2003. Фенетический анализ группировок клопа *Lygus rugulipennis* Popp. (Heteroptera, Miridae), населяющих г. Воронеж и его окрестности. *Вестник Воронежского государственного университета. Серия Химия, биология, фармация*. № 1. С. 41–45.
- Константинов В.М., Резанов А.Г., Фадеева Е.О. 2008. Общая биология. *Учебник*. Москва: Издательский центр «Академия». 256 с.
- Корочкин Л.И. 1999. Введение в генетику развития. Москва: Наука. 253 с.
- Левых А.Ю., Пузынина Г.Г. 2013. Фенетический анализ популяций животных в условиях урбозкосистемы. *Вестник Тюменского государственного университета*. № 6. С. 87–95.
- Мащина Н.В., Фисенко П.В., Ермак М.В. и др. 2021. Пища как фактор плодовитости, продолжительности развития и изменения морфометрических показателей у *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Motschulsky). *Овоцы России*. № 5. С. 81–88. DOI 10.18619/2072-9146-2021-5-81-88.
- Сулов В.В., Гунбин К.В., Колчанов Н.А. 2004. Генетические механизмы кодирования биологической сложности. *Экологическая генетика*. Т. 2. № 1. С. 13–26.
- Тимофеев-Ресовский Н.В., Иванов В.И. 1966. Некоторые вопросы феногенетики. *Актуальные вопросы современной генетики*. Москва: Изд-во МГУ. С. 114–130.
- Тимофеев-Ресовский Н.В., Свирижев Ю.М. 1966. Об адапционном полиморфизме в популяциях *Adalia bipunctata*. *Проблемы кибернетики*. № 16. С. 137–146.
- Тимофеев-Ресовский Н.В., Яблоков А.В., Глотов Н.В. 1973. Очерк учения о популяции. Москва: Наука. 278 с.
- Чайковский Ю.В. 2006. Наука о развитии жизни. *Опыт теории эволюции*. Москва: Творчество научных изданий КМК. 712 с.

- Шляхтин Г.В., Аникин В.В., Мосолова Е.Ю. 2014. Фенетический анализ популяций семиточечной божьей коровки (*Coccinella septempunctata* L.) и его значение в биоиндикационных исследованиях. *Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье*. № 11. С. 7–13.
- Яблоков А.В., Ларина Н.И. 1985. Введение в фенетику популяций. Москва: Высшая школа. 160 с.
- Ярыгин В.Н., Васильева В.И., Волков И.Н., Синельщикова В.В. 2003. Биология. Кн. 1. Москва: Высшая школа. 432 с.
- Kurisaki M. 1932. On the maculation of the lady beetles belonging to the genus *Epilachna*. *Zoo! Magazine*. Vol. 44. P. 458–466.
- Moroney M.J. 1956. Facts from figures. Harmondsworth. Middlesex: Penguin Books Ltd. 472 p.
- Yan J., Zhang X. 2021. Kernel two-sample tests in high dimension: interplay between moment discrepancy and dimension-and-sample orders. URL: [https://www.research-gate.net/publication/357552952\\_Kernel\\_Two-Sample\\_Tests\\_in\\_High\\_Dimension\\_Interplay\\_Between\\_Moment\\_Discrepancy\\_and\\_Dimension-and-Sample\\_Orders](https://www.research-gate.net/publication/357552952_Kernel_Two-Sample_Tests_in_High_Dimension_Interplay_Between_Moment_Discrepancy_and_Dimension-and-Sample_Orders).

### REFERENCES

- Abrosimova O.A. 2006. The biology of reproduction and development: series of lectures. Edited by Gorbunova V.Yu. Ufa: BGPU Publ. 140 p. (in Russian).
- Vasil'ev A.G., Vasil'eva I.A., Bol'shakov V.N. 2007. Phenogenetic variation and research methods. *Study guide*. Ekaterinburg: Ural University Publ. 279 p. (in Russian).
- Golub V.B., Likhman N.S. 2003. Phenetic analysis of groups of the plant bug *Lygus rugulipennis* Popp. (Heteroptera, Miridae) populating Voronezh and the suburban area. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Himiya, biologiya, farmaciya (Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy)*. № 1. P. 41–45 (in Russian).
- Konstantinov V.M., Rezanov A.G., Fadeeva E.O. 2008. General Biology. *Textbook*. Moscow: Academia Publ. 256 p. (in Russian).
- Korochkin L.I. 1999. Introduction to the genetics of development. Moscow: Nauka Publ. 253 p. (in Russian).
- Levykh A.Yu., Puzynina G.G. 2013. Phenetic analysis of animal populations under the conditions of an urban ecosystem. *Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta (Tyumen State University Herald)*. № 6. P. 87–95 (in Russian).
- Matsishina N.V., Fisenko P.V., Ermak M.V. et al. 2021. Food as a factor of fertility, development

- duration, and changes in morphometric parameters *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Motschulsky). *Ovoshchi Rossii (Vegetable Crops of Russia)*. № 5. P. 81–88. DOI 10.18619/2072-9146-2021-5-81-88 (in Russian).
- Suslov V.V., Gunbin K.V., Kolchanov N.A. 2004. Genetic mechanisms of the coding of biological complexity. *Ekologicheskaya genetika (Ecological Genetics)*. Vol. 2. № 1. P.13–26 (in Russian).
- Timofeev-Resovskii N.V., Ivanov V.I. 1966. Some questions of phenogenetics. *Topical issues of modern genetics*. Moscow: MGU Publ. P. 114–130 (in Russian).
- Timofeev-Resovskii N.V., Svirezhev Yu.M. 1966. On adaptive polymorphism in populations of *Adalia bipunctata*. *Problemy kibernetiki (Problems of Cybernetics)*. № 16. P. 137–146 (in Russian).
- Timofeev-Resovskii N.V., Yablokov A.V., Glotov N.V. 1973. On the theory of population. Moscow: Nauka Publ. 278 p. (in Russian).
- Chaikovskii Yu.V. 2006. The science about the development of life. *Theory of evolution*. Moscow: KMK Publ. 712 p. (in Russian).
- Shlyakhtin G.V., Anikin V.V., Mosolova E.Yu. 2014. Phenetic analysis of populations of the seven-spot ladybird (*Coccinella septempunctata* L.) and its role in bioindicator studies. *Entomologicheskie i parazitologicheskie issledovaniya v Povolzh'e (Entomological and Parasitological Investigations in Volga Region)*. № 11. P. 7–13 (in Russian).
- Yablokov A.V., Larina N.I. 1985. Introduction to the phenetics of populations. Moscow: Vysshaya shkola Publ. 160 p. (in Russian).
- Yarygin V.N., Vasil'eva V.I., Volkov I.N., Sinel'shchikova V.V. 2003. Biology. Vol. 1. Moscow: Vysshaya shkola Publ. 432 p. (in Russian).
- Kurisaki M. 1932. On the maculation of the lady beetles belonging to the genus *Epilachna*. *Zoo! Magazine*. Vol. 44. P. 458–466.
- Moroney M.J. 1956. Facts from figures. Harmondsworth. Middlesex: Penguin Books Ltd. 472 p.
- Yan J., Zhang X. 2021. Kernel two-sample tests in high dimension: interplay between moment discrepancy and dimension-and-sample orders. URL: [https://www.researchgate.net/publication/357552952\\_Kernel\\_Two-Sample\\_Tests\\_in\\_High\\_Dimension\\_Interplay\\_Between\\_Moment\\_Discrepancy\\_and\\_Dimension-and-Sample\\_Orders](https://www.researchgate.net/publication/357552952_Kernel_Two-Sample_Tests_in_High_Dimension_Interplay_Between_Moment_Discrepancy_and_Dimension-and-Sample_Orders).

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Ермак Марина Владимировна** – Федеральный научный центр агrobiотехнологий Дальнего Востока имени А.К. Чайки; 692539, Россия, Приморский край, г. Уссурийск, п. Тимирязевский; младший научный сотрудник лаборатории селекционно-генетических исследований полевых культур; ermackmarine@yandex.ru; SPIN-код: 1508-8155, Author ID: 1127165; ORCID: 0000-0002-37278634.

**Ermak Marina Vladimirovna** – Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaika; 692539, Russia, Primorsky kray, Ussuriysk, Timiryazevsky Stl.; Junior Researcher, Laboratory of Breeding and Genetic Research on Field Crops; ermackmarine@yandex.ru; SPIN-код: 1508-8155, Author ID: 1127165; ORCID: 0000-0002-37278634.

**Мацшина Наталия Валериевна** – Федеральный научный центр агrobiотехнологий Дальнего Востока имени А.К. Чайки; 692539, Россия, Приморский край, г. Уссурийск, п. Тимирязевский; кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории селекционно-генетических исследований полевых культур; mnathalie134@gmail.com; SPIN-код: 7734-6656, Author ID: 653629; ORCID: 0000-0002-0165-1716.

**Matsishina Nataliya Valerievna** – Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaika; 692539, Russia, Primorsky kray, Ussuriysk, Timiryazevsky Stl.; Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Breeding and Genetic Research on Field Crops; mnathalie134@gmail.com; SPIN-код: 7734-6656, Author ID: 653629; ORCID: 0000-0002-0165-1716.

**Фисенко Петр Викторович** – Федеральный научный центр агrobiотехнологий Дальнего Востока имени А.К. Чайки; 692539, Россия, Приморский край, г. Уссурийск, п. Тимирязевский; кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, и.о. зав. лабораторией селекционно-генетических исследований полевых культур; phisenko@bk.ru; SPIN-код: 9916-1382, Author ID: 732719; ORCID: 0000-0003-1727-4641.

**Fisenko Petr Viktorovich** – Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaika; 692539, Russia, Primorsky kray, Ussuriysk, Timiryazevsky Stl.; Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, Acting Head of Breeding and Genetic Research on Field Crops Laboratory; phisenko@bk.ru; SPIN-код: 9916-1382, Author ID: 732719; ORCID: 0000-0003-1727-4641.

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

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

- 1.5.12. Зоология (биологические науки)
- 1.5.15. Экология (биологические науки)
- 1.5.16. Гидробиология (биологические науки)
- 1.5.20. Биологические ресурсы (биологические науки)
- 2.2.4. Приборы и методы измерения (по видам измерений) (технические науки)
- 2.2.8. Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды (технические науки)
- 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы (физико-математические науки)
- 4.3.3. Пищевые системы (биологические и технические науки) *(в процессе перерегистрации)*
- 4.3.5. Биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ (технические науки)

В рамках общих направлений предпочтение отдается следующим профилям:

- научно-информационное обеспечение развития технических систем, контроля природной среды и использования природных ресурсов;
- аквакультура и охрана водных биологических ресурсов и среды их обитания, воздействие природных и антропогенных факторов на состояние водных экосистем;
- пищевые технологии и рыбоперерабатывающая техника.

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

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

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

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

### **Направление рукописей**

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

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

- анкета-заявка на опубликование. Если у статьи несколько авторов, то сведения предоставляются полностью о каждом из них, указывается автор для переписки с редакцией (Приложение 1);
- согласие автора о передаче права на публикацию рукописи и распространение в российских и международных электронных базах данных (Приложение 2);
- акт экспертизы / экспертное заключение в форме, принятой в направляющей организации;
- разрешение на опубликование материалов от организации, в которой работает автор с подписью руководителя и печатью организации (для внешних авторов).

### **Рецензирование рукописей**

Издание осуществляет рецензирование всех поступающих в редакцию материалов, соответствующих ее тематике, с целью их экспертной оценки. Статьи, присланные в журнал, проходят предварительное (общий допуск) и профильное (официальная рецензия) рецензирование. Вопрос об опубликовании рукописи, ее отклонении решает редакционная коллегия журнала.

Все рецензенты являются признанными специалистами по тематике рецензируемых материалов и имеют в течение последних 3 лет публикации по тематике рецензируемой статьи. Рецензентами журнала являются признанные высококвалифицированные ученые, имеющие степень доктора или кандидата наук с учетом их научной специализации в соответствующих областях наук.

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

Редакция издания направляет авторам представленных материалов копии рецензий или мотивированный отказ, а также обязуется направлять копии рецензий в Министерство науки и высшего образования Российской Федерации при поступлении в редакцию соответствующего запроса.

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

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

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

Рецензии хранятся в редакции журнала в течение 5 лет.

### **Опубликование рукописей**

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

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

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

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

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

Печатная версия журнала высылается по всем обязательным адресам рассылки.

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

### **Приложение 1**

#### **Анкета-заявка**

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

### **Приложение 2**

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

Я, нижеподписавшийся, \_\_\_\_\_  
(Ф.И.О. автора)

автор рукописи \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(название рукописи)



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

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

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

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

---

наименование  
организации

должность

дата

подпись

---

расшифровка  
подписи

Учредитель:  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Камчатский государственный технический университет»

Издание зарегистрировано в Управлении Федеральной службы по надзору в сфере связи,  
информационных технологий и массовых коммуникаций по Камчатскому краю  
Регистрационный номер ПИ № ТУ41-00321 от 01 декабря 2020 года

Главный редактор Т.А. Ключкова

Редактор О.В. Ольхина  
Верстка, оригинал-макет Е.Е. Бабух

Адрес редакции, издателя, типографии:

683003, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Ключевская, 35  
Тел. (4152) 300-953. Факс (4152) 42-05-01  
E-mail: kamchatgtu@kamchatgtu.ru  
www.kamchatgtu.ru

Дата выхода в свет 30.12.2022 г.  
Формат 60\*84/8. Печать цифровая. Гарнитура Times New Roman  
Авт. л. 9,87. Уч.-изд. л. 10,53. Усл. печ. л. 15,57  
Тираж 500 экз. Заказ № 11

Подписной индекс в каталоге «Почта России» ПН093

Цена свободная

Отпечатано участком оперативной полиграфии издательства  
ФГБОУ ВО «Камчатский государственный технический университет»

ISSN 2079-0333



9 772079 033418 >