

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

ВЫПУСК

57

2021

Петропавловск-Камчатский

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Клочкова Т.А. (главный редактор)	доктор биологических наук, доктор философии биологии (Ph.D.), проректор по научной работе и международной деятельности Камчатского государственного технического университета
Царенко С.Н. (научный редактор, технический раздел)	кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологических машин и оборудования Камчатского государственного технического университета
Ольхина О.В. (ответственный секретарь)	заведующий издательством Камчатского государственного технического университета
Белавина О.А. (технический секретарь)	кандидат химических наук, заведующий сектором патентования и научно-квалификационной деятельности отдела науки и инноваций Камчатского государственного технического университета
Богданов В.Д.	доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии продуктов питания Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета
Голохваст К.С.	доктор биологических наук, профессор РАН, член-корреспондент РАО, заместитель директора по научно-организационной работе ФИЦ «Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова»
Йотсукура Н.	доктор философии биологии (Ph.D.), профессор, директор Морской станции Ошоро, научно-исследовательский центр по изучению северной биосферы Университета Хоккайдо (Япония)
Кадникова И.А.	доктор технических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник лаборатории безопасности и качества морского растительного сырья Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра
Каленик Т.К.	доктор биологических наук, профессор, профессор Департамента пищевых наук и технологий Школы биомедицины Дальневосточного федерального университета
Карпенко В.И.	доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры водных биоресурсов, рыболовства и аквакультуры Камчатского государственного технического университета
Ким Г.Х.	доктор философии биологии (Ph.D.), профессор, заведующий лабораторией альгологии Национального университета Конджу (Республика Корея)
Клочкова Н.Г.	доктор биологических наук, научный сотрудник Камчатского государственного технического университета
Лобков Е.Г.	доктор биологических наук, профессор кафедры водных биоресурсов, рыболовства и аквакультуры Камчатского государственного технического университета
Мандрикова О.В.	доктор технических наук, доцент, заведующий лабораторией системного анализа Института космофизических исследований и распространения радиоволн Дальневосточного отделения Российской академии наук
Потапов В.В.	доктор технических наук, главный научный сотрудник научно-исследовательского отдела Научно-исследовательского геотехнологического центра Дальневосточного отделения Российской академии наук
Приходько Ю.В.	доктор технических наук, профессор, директор департамента пищевых наук и технологий Дальневосточного федерального университета
Седова Н.А.	доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры водных биологических ресурсов, рыболовства и аквакультуры Камчатского государственного технического университета
Сенкевич Ю.И.	доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории акустических исследований Института космофизических исследований и распространения радиоволн Дальневосточного отделения Российской академии наук
Усов А.И.	доктор химических наук, главный научный сотрудник лаборатории химии углеводов Института органической химии имени Н.Д. Зелинского Российской академии наук
Швецов В.А.	доктор химических наук, доцент, профессор кафедры энергетических установок и электрооборудования судов Камчатского государственного технического университета

EDITORIAL BOARD

- Klochkova T.A.** (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
- Tzarenko S.N.** (Scientific Editor, technical sciences) Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Technical Machines and Equipment Chair, Kamchatka State Technical University
- Olkhina O.V.** (Executive Secretary) Head of Publishing House, Kamchatka State Technical University
- Belavina O.A.** (Technical Secretary) Candidate of Chemical Sciences, Head of the Patenting and Scientific Qualification Activity Sector of Science and Innovation Department, Kamchatka State Technical University
- Bogdanov V.D.** Doctor of Technical Sciences, Professor of Food Technology Chair, Far Eastern State Technical Fisheries University
- Golokhvast K.S.** Doctor of Biological Sciences, Professor of Russian Academy of Sciences, Corresponding Member of Russian Academy of Education, Deputy Director for Scientific and Organizational Work of the Federal Research Center "N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources"
- Yotsukura N.** Doctor of Philosophy in Biology (Ph.D.), Professor, Director of Oshoro Marine Station, Field Science Center for Northern Biosphere, Hokkaido University (Japan)
- Kadnikova I.A.** Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Leading Researcher of Seaweed Raw Material Safety and Quality Laboratory, Pacific Scientific Research Fisheries Center
- Kalenik T.K.** Doctor of Biological Sciences, Professor of Food Science and Technology Department, School of Biomedicine of Far Eastern Federal University
- Karpenko V.I.** Doctor of Biological Sciences, Professor of Water Bioresources, Fishery and Aquaculture Chair, Kamchatka State Technical University
- Kim G.H.** Doctor of Philosophy in Biology (Ph.D.), Professor, Head of Phycology Laboratory, Kongju National University (South Korea)
- Klochkova N.G.** Doctor of Biological Sciences, Scientific Researcher of Kamchatka State Technical University
- Lobkov E.G.** Doctor of Biological Sciences, Professor of Water Bioresources, Fishery and Aquaculture Chair, Kamchatka State Technical University
- Mandrikova O.V.** Doctor of Technical Sciences, Head of System Analysis Laboratory, Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences
- Potapov V.V.** Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher of Research Department, Research Geotechnological Center of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences
- Prikhodko Y.V.** Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Food Science and Technology Department, Far Eastern Federal University
- Sedova N.A.** Doctor of Biological Sciences, Professor of Water Bioresources, Fishery and Aquaculture Chair, Kamchatka State Technical University
- Senkevich Y.I.** Doctor of Technical Sciences, Docent, Leading Researcher of Acoustic Researches Laboratory, Institute of Cosmophysical Research and Radio Waves Propagation of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences
- Usov A.I.** Doctor of Chemical Sciences, Chief Researcher of Carbohydrate Chemistry Laboratory, N.D. Zelinsky Institute of Organic Chemistry of Russian Academy of Sciences
- Shvetsov V.A.** Doctor of Chemical Sciences, Docent, Professor of Power Plants and Electrical Equipment of Ships Chair, Kamchatka State Technical University

Содержание

РАЗДЕЛ I. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Коваль В.Т., Петраченко Н.Е., Сошина Н.С., Зорченко Н.К.

Адаптация экипажа судна к условиям длительного плавания
по характеристикам работы сердца6

**Коваль В.Т., Короченцев В.И., Сошина Н.С.,
Шпак Ю.В., Зорченко Н.К., Белаш А.П.**

Исследование влияния электромагнитного излучения
вблизи раздела сред «атмосфера – лед» в ходе кругосветного маршрута20

Благонравова М.В., Самохин А.В.

Обоснование технологических параметров сушки покровных тканей кальмара
с использованием инфракрасного излучения30

РАЗДЕЛ II. БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Артюхин Ю.Б.

Взаимодействия морских птиц с орудиями лова на промысле минтая и сельди
в Охотском море в зимне-весенний период 2020 г.44

Токранов А.М.

Особенности размерно-возрастной структуры некоторых представителей
отрядов Scoleceiformes и Perciformes прикамчатских вод54

Юодвиршис С.В., Стариков В.П.

Некоторые аспекты экологии мелких млекопитающих урбанизированных территорий
в снежный период года70

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

Распространение редкой эндемичной водоросли *Phyllariella ochotensis*
(Laminariales, Phaeophyceae) в Охотском море82

Гончаров Б.И., Снегур П.П.

Использование трифторуксусной кислоты в ацетоллизе пыльцевых зерен
при мелиссопалинологическом анализе96

Estabrooks A.C.

Current stock status, ecosystem considerations, and bycatch
in the Eastern Bering Sea pollock fishery101

Knapp G.P.

The economic value of Alaska sport fisheries107

Правила направления, рецензирования и опубликования рукописей статей112

Правила оформления рукописей статей115

Contents

SECTION I. TECHNICAL SCIENCES

Koval V.T., Petrachenko N.E., Soshina N.S., Zorchenko N.K. Adaptation of the ship's crew to the conditions of a long voyage according to the characteristics of the heart	6
Koval V.T., Korochentsev V.I., Soshina N.S., Shpak Yu.V., Zorchenko N.K., Belash A.P. Investigation of the influence of electromagnetic radiation near the “atmosphere – ice” media section during a round-the-world route	20
Blagonravova M.V., Samokhin A.B. Substantiation of squid integumentary tissues drying technological parameters using infrared radiation	30

SECTION II. BIOLOGICAL SCIENCES

Artukhin Yu.B. Seabird interactions with fishing gear in pollock and herring fishery in the Sea of Okhotsk during winter-spring 2020	44
Tokranov A.M. Peculiarity of size-age structure of some species of Scorpaeniformes and Perciformes orders of near Kamchatka waters	54
Yuodvirshis S.V., Starikov V.P. Some aspects of the ecology of small mammals in urban areas during the snowy season	70
Klimova A.V., Klochkova T.A., Klochkova N.G. Distribution of rare endemic alga <i>Phyllariella ochotensis</i> (Laminariales, Phaeophyceae) in the Sea of Okhotsk	82
Goncharov B.I., Snegur P.P. Using trifluoroacetic acid in acetolysis of pollen grains in melissopalynological analysis	96
Estabrooks A.C. Current stock status, ecosystem considerations, and bycatch in the Eastern Bering Sea pollock fishery	101
Knapp G.P. The economic value of Alaska sport fisheries	107
Regulations for manuscripts direction, reviewing and publication	112
Manuscripts guidelines	115

УДК 613+611.1

DOI: 10.17217/2079-0333-2021-57-6-19

АДАПТАЦИЯ ЭКИПАЖА СУДНА К УСЛОВИЯМ ДЛИТЕЛЬНОГО ПЛАВАНИЯ ПО ХАРАКТЕРИСТИКАМ РАБОТЫ СЕРДЦА

Коваль В.Т.¹, Петраченко Н.Е.², Сошина Н.С.¹, Зорченко Н.К.³

¹ Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10, корпус 20.

² Тихоокеанское высшее военно-морское училище имени С.О. Макарова Министерства обороны Российской Федерации, г. Владивосток, Камский переулок, 6.

³ Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет (Дальрыбвтуз), г. Владивосток, Луговая, 52Б.

Статья посвящена выявлению закономерностей процесса адаптации членов экипажа к условиям плавания кругосветного рейса УПС «Паллада». Исходными данными послужили результаты измерения параметров сердечной деятельности членов экипажа судна за весь период нахождения на его борту. Была предложена методика обработки экспериментальных данных для отделения индивидуальных особенностей сердечной деятельности от влияния внешней среды. Была подтверждена гипотеза о стрессовой ситуации и постепенной адаптации плавсостава судна. Для иллюстрации предложенного метода приводится зависимость отклонения систолического индекса от среднего значения. Показано, что наибольшее отклонение значений систолического индекса (СИ) от физиологической нормы наблюдалось в моменты пересечения экватора в обоих направлениях и при пересечении Гринвичского меридиана.

Ключевые слова: адаптация, коэффициент корреляции, систолический индекс, экипаж судна.

ADAPTATION OF THE SHIP'S CREW TO THE CONDITIONS OF A LONG VOYAGE ACCORDING TO THE CHARACTERISTICS OF THE HEART

Koval V.T.¹, Petrachenko N.E.², Soshina N.S.¹, Zorchenko N.K.³

¹ Far Eastern Federal University, Vladivostok, about. Russian, p. Ajax, 10, building 20.

² Pacific Higher Naval School named after S.O. Makarov of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Vladivostok, Kamsky Lane 6.

³ Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Lugovaya Str. 52B.

The article is devoted to identifying the regularities of the process of adaptation of the crew members to the sailing conditions of the round-the-world voyage of the TSS "Pallada". The initial data were the results of measuring the parameters of the cardiac activity of the ship's crew members for the entire period of being on board the ship. A method for processing experimental data was proposed to separate the individual characteristics of cardiac activity from the influence of the external environment. The hypothesis of a stressful situation and gradual adaptation of the ship's crew was confirmed. To illustrate the proposed method, the dependence of the deviation of the systolic index from the mean is given. It was shown that the greatest deviation

of the Systolic Index (SI) values from the physiological norm was observed at the moments of crossing the equator in both directions and at the crossing of the Greenwich meridian.

Key words: adaptation, correlation coefficient, systolic index, ship crew.

ВВЕДЕНИЕ

Технический прогресс стремительно изменяет условия существования, в том числе в связи с появлением электромагнитного излучения техногенного происхождения.

Контроль надежности человека-оператора как элемента системы управления становится одним из решающих факторов техногенной безопасности больших групп людей и территорий.

Человеческий фактор является важным обстоятельством возникновения аварийных происшествий. Это неспособность точно управлять техническими средствами, неэффективность органов управления, что связано с рядом психологических или физиологических состояний.

Переход от наземного к морскому образу жизни – серьезное испытание для членов экипажа. Но человек ко многому может привыкнуть, привыкает и к жизни и работе на борту судна. Выявление закономерностей процесса адаптации членов экипажа к условиям длительного плавания – цель данного исследования. Исходные данные – результаты измерения параметров сердечной деятельности (электрокардиограммы) членов экипажа судна за весь период нахождения на борту судна [Левин и др., 2013].

Продолжительность плавания учебного парусного судна «Паллада» составила 200 суток. Число членов экипажа, участвовавших в исследовании, – 40 человек. Количество обработанных электрокардиограмм – 2 237. Большую часть суток экипаж проводил вне корпуса, на верхней палубе. В особенности боцманская команда и курсанты. По этой причине об экра-

нировании металлическим корпусом можно говорить лишь на период около 5–7 часов в сутки [Короченцев и др., 2019].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Регистрация электрокардиограмм (ЭКГ) выполнялась в период с 05:30 утра до 22:30 вечера, с тем чтобы охватить весь контингент обследуемых с учетом их вахт, предпочтений, особенностей службы [Коваль и др., 2015; Коваль, Короченцев, 2021]. Перед записью ЭКГ определялись координаты: широта и долгота. Электрокардиограф был заземлен на железный корпус судна. Иногда в качестве эксперимента или в силу обстоятельств ЭКГ приходилось записывать не в надстройке, а внутри, в кают-компании или кубриках, но это никак не влияло на описанные наблюдения. Сведения о погодных условиях имеются в судовом вахтенном журнале. ЭКГ выполнялись в любую погоду так же, как несение вахт.

Обозначения параметров сердечной деятельности:

P – время сокращения предсердий;

PQ – время атриовентрикулярного проведения импульса;

QRS – время сокращения миокарда желудочков сердца;

QT – время электромеханической системы желудочков сердца;

СП – систолический показатель;

СИ – систолический индекс;

ЧСС – частота сердечных сокращений (в 1 минуту).

Нормой частоты сердечных сокращений считается 60–90 в одну минуту. Среднее значение – 75 уд/мин. Менее 60 – бра-

дикардия; более 90 – тахикардия. Продолжительность интервала PQ полагают нормальной от 0,12 с до 0,21 с. Менее 0,12 с – синдром Клерка – Леви – Кристеско (синдром укорочения); более 0,21 с – различные виды атриовентрикулярных блокад. Всякого рода «расщепления» комплекса QRS в трех и более отведениях продолжительностью более 0,03 с – очаговые внутрижелудочковые блокады. Изменения продолжительности интервала PQ могут быть связаны как с влиянием электромагнитного излучения на пейсмекерные клетки синусового узла, так и с влиянием на систему, проводящую импульс по предсердиям.

QT находится в зависимости от частоты сердечных сокращений, а его продолжительность влияет на систолический индекс (СИ). Продолжительность интервала PQ не определяет частоту ритма и продолжительность QT, однако при укорочении менее 0,11 с иногда (но не обязательно) отмечаются пароксизмы (приступы) тахикардии, т. е. учащение сердечных сокращений до 120 и более в одну минуту. Не исключено, что электромагнитные излучения могут воздействовать как на функцию пейсмекерных клеток (нарушение функции синусового узла, синоаурикулярные блокады, характеризующиеся изменениями зубца P), так и на атриовентрикулярную проводящую систему (PQ).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Параметры сердечной деятельности человека как биологического вида имеют некоторые средние значения. На эту среднюю по биологическому виду величину накладываются различные индивидуальные особенности: возраст, пол, перенесенные заболевания и многое другое. Для того чтобы отделить индивидуальные особен-

ности сердечной деятельности от влияния внешней среды, мы использовали следующую методику обработки экспериментальных данных [Корчака, 2019].

Для каждого члена экипажа рассчитывались средние арифметические показатели за время плавания:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}. \quad (1)$$

Затем определялась абсолютная величина отклонения показателя от среднего значения:

$$\Delta x = x_i - \bar{x}. \quad (2)$$

Предполагалось, что эти отклонения будут зависеть в основном от внешних факторов, также данные отклонения для разных членов экипажа можно сравнивать между собой [Chernenko et al., 2020].

Уравнение для прямой линии имеет следующий вид:

$$y = ax + b. \quad (3)$$

Чтобы определить прямую линию, которая наилучшим образом аппроксимирует имеющиеся экспериментальные данные, то есть для определения коэффициентов a , b , применяется метод наименьших квадратов. Угловым коэффициентом прямой (тангенс угла наклона) вычисляется по формуле:

$$a = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum (x_i - \bar{x})^2}. \quad (4)$$

Уравнение для нахождения точки пересечения линии:

$$b = \bar{y} - a\bar{x}. \quad (5)$$

Так выглядит процесс адаптации экипажа (рис. 1), если его оценивать по стабильности сердечной деятельности. По горизонтальной оси указано время с начала рейса в сутках. По вертикальной оси – отклонение величины систолического индекса (СИ) от среднего арифметического значения. В формулах (1) и (2) в качестве переменной x_i используется систолический индекс СИ_i. Для каждого члена экипажа среднее значение систолического индекса СИ_{ср} за весь период измерений определяется по формуле (1), отклонения от среднего значения – по формуле (2). Значения этого отклонения и откладываются по вертикальной оси. К примеру, для сотого дня плавания число измеренных кардиограмм у разных членов экипажа равно десяти. Мы имеем десять средних значений СИ_{ср}, определенных за полное время плавания, и десять значений отклонений СИ – СИ_{ср}, которые и показаны на рисунке 1 ровно в середине горизонтальной оси.

Без применения статистической обработки можно заметить, что в левой части диаграммы вертикальный разброс точек

больше, чем в правой части. То есть гипотеза о стрессовой ситуации и постепенной адаптации качественно подтверждается. Остается выявить количественные характеристики этого процесса [Лобова, Белаш, 2018; Сошина и др., 2014].

Подавляющее большинство процессов затухания в природе подчиняется экспоненциальному закону [Korochentsev et al., 2020]. Было выдвинуто предположение, что процесс адаптации экипажа также подчиняется этому закону:

$$|СИ - СИ_{ср}| = \alpha \cdot e^{-\beta \cdot t}. \quad (6)$$

Необходимо найти значения коэффициентов α и β . Для обработки отклонения от среднего значения СИ взято по абсолютной величине (рис. 2). Линия тренда строится по методу наименьших квадратов. Уравнение, описывающее зависимость модуля отклонения СИ от среднего значения:

$$|СИ - СИ_{ср}| = 4,805 \cdot e^{-0,00505 \cdot t}. \quad (7)$$

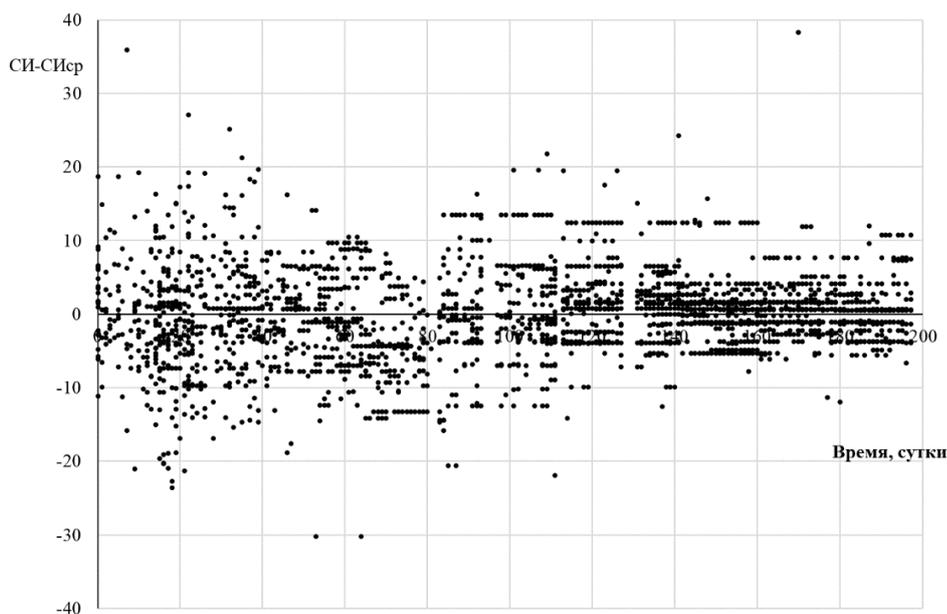


Рис. 1. Зависимость отклонения систолического индекса от среднего значения

Fig. 1. Dependence of the deviation of the systolic index from the mean

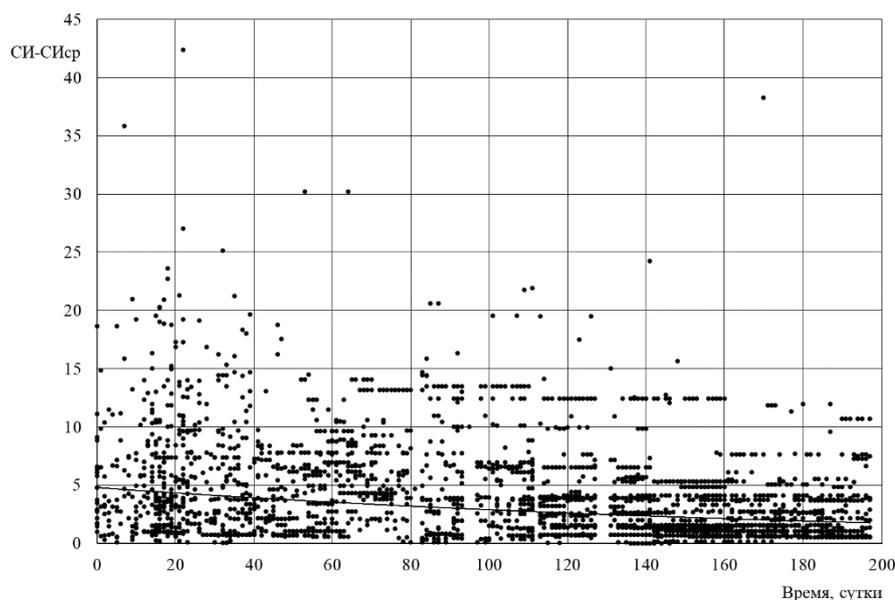


Рис. 2. Зависимость модуля отклонения систолического индекса от среднего значения

Fig. 2. Dependence of the modulus of deviation of the systolic index from the mean

На диаграмме (рис. 2) видна падающая экспоненциальная кривая, начало которой находится на отметке 5 по вертикали.

Коэффициент затухания β равен 0,00505 [1/сутки].

Постоянная времени τ (величина, обратная коэффициенту затухания) равна 198,02 суток. Это означает, что за примерно 198 суток отклонение от СИ от среднего значения уменьшается в 2,7 раза.

Коэффициент корреляции R для линейной зависимости можно найти по формуле:

$$R = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2 \sum(y - \bar{y})^2}}. \quad (8)$$

Коэффициент корреляции характеризует полноту и достоверность использованной математической модели.

Для PQ получены следующие закономерности (рис. 3):

$$|PQ - PQ_{cp}| = 0,0087 \cdot e^{-0,00774 \cdot t}. \quad (9)$$

Коэффициент затухания β равен 0,00774 [1/сутки].

Постоянная времени τ (величина, обратная коэффициенту затухания) для PQ равна 129,2 суток.

Для QT получены следующие закономерности (рис. 4):

$$|QT - QT_{cp}| = 0,00161 \cdot e^{-0,00525 \cdot t}. \quad (10)$$

Коэффициент затухания β равен 0,00525 [1/сутки].

Постоянная времени τ (величина, обратная коэффициенту затухания) для QT равна 190,5 суток.

Для P получены следующие закономерности (рис. 5):

$$|P - P_{cp}| = 0,0087 \cdot e^{-0,00507 \cdot t}. \quad (11)$$

Коэффициент затухания β равен 0,00507 [1/сутки].

Постоянная времени τ (величина, обратная коэффициенту затухания) для P равна 197,24.

Для QRS – времени сокращения миокарда желудочков сердца – явных адаптационных изменений не обнаружено (рис. 6).

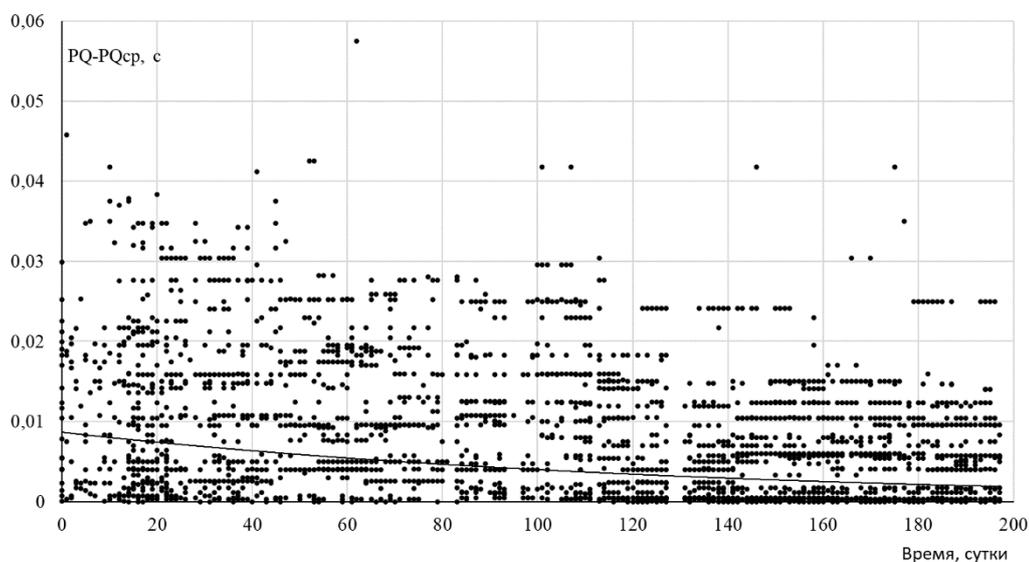


Рис. 3. Зависимость модуля отклонения времени атриовентрикулярного проведения импульса от среднего значения

Fig. 3. Dependence of the modulus of deviation of the time of the atrioventricular impulse conduction from the mean value

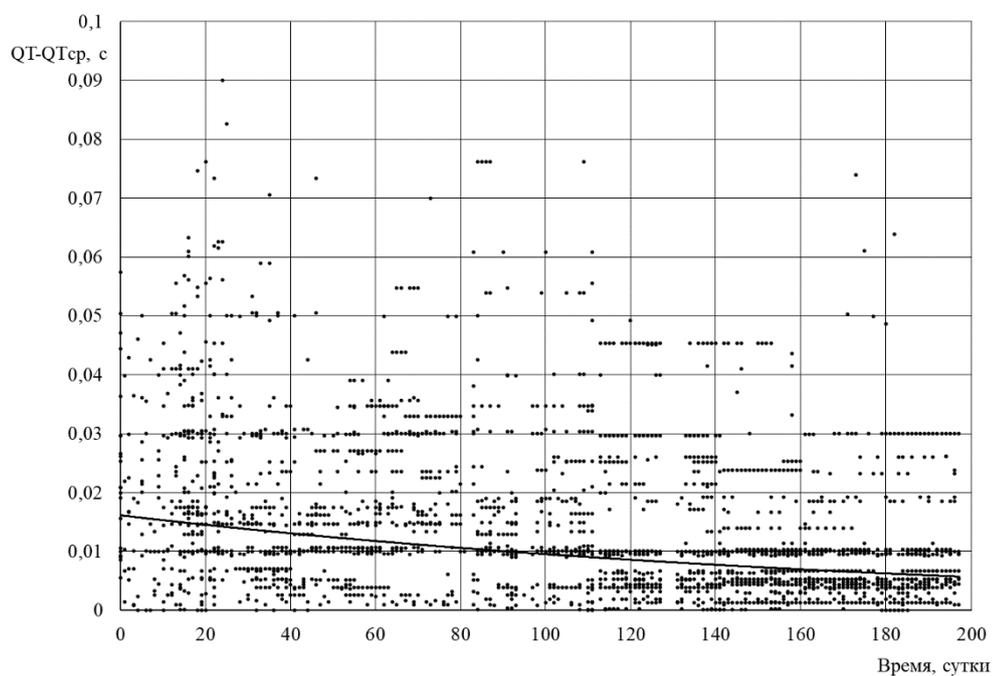


Рис. 4. Зависимость модуля отклонения времени электромеханической систолы желудочков сердца от среднего значения

Fig. 4. Dependence of the modulus of the deviation of the time of the electromechanical systole of the ventricles of the heart from the mean value



Рис. 5. Зависимость модуля отклонения времени сокращения предсердий от среднего значения

Fig. 5. Dependence of the deviation modulus of the atrial contraction time from the mean value

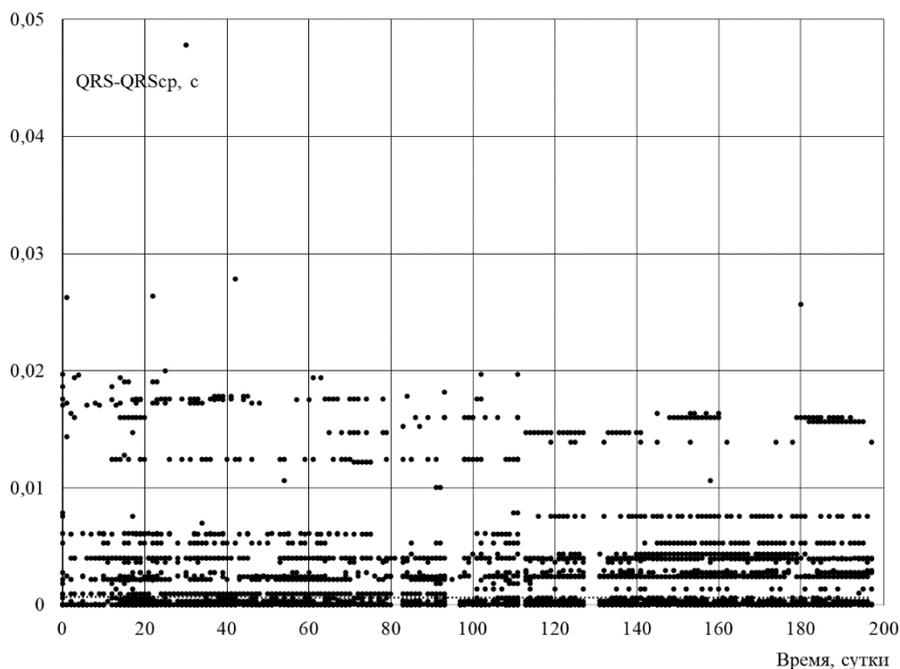


Рис. 6. Зависимость модуля отклонения времени сокращения миокарда желудочков сердца от среднего значения

Fig. 6. Dependence of the deviation modulus of the contraction time of the myocardium of the ventricles of the heart from the mean

Таким образом, если коэффициент корреляции равен единице, то все экспериментальные точки лежат на рассчитанной по формуле линии. Если коэффициент корреляции равен нулю, то эксперимен-

тальные точки разбросаны случайным образом относительно предлагаемой расчетной линии. В нашем случае величина коэффициента корреляции означает, что математическая модель процесса адаптации в целом

верна, но есть неучтенные в ней факторы, серьезно влияющие на сердечную деятельность человека в условиях длительного плавания. Поиск и отработка этих факторов – следующий шаг в нашем исследовании.

Отклонения от средних значений для времени атриовентрикулярного проведения импульса (PQ) и времени электромеханической систолы желудочков сердца (QT) имеют линейную зависимость (рис. 7):

$$QT = 0,3863 \cdot PQ. \quad (12)$$

Коэффициент корреляции: $R = 0,233$.

Отклонения от средних значений для P (время сокращения предсердий) и QRS (время сокращения миокарда желудочков сердца) также имеют линейную зависимость (рис. 8).

$$QRS = 0,14 \cdot P. \quad (13)$$

Коэффициент корреляции: $R = 0,223$.

Отклонения от средних значений для P (время сокращения предсердий) и PQ (время атриовентрикулярного проведения импульса) также имеют линейную зависимость (рис. 9).

$$PQ = 0,307 \cdot P. \quad (14)$$

Коэффициент корреляции: $R = 0,23$.

Для параметров P и QT явной корреляционной зависимости не наблюдается (рис. 10).

$$QT = 0,24 \cdot P. \quad (15)$$

Коэффициент корреляции: $R = 0,11$.

Проверялась гипотеза о влиянии возмущений магнитного поля Земли на сердечную деятельность человека. Данные о состоянии магнитосферы за необходимый период времени были взяты с сайта лаборатории рентгеновской астрономии Солнца, ФИАН.

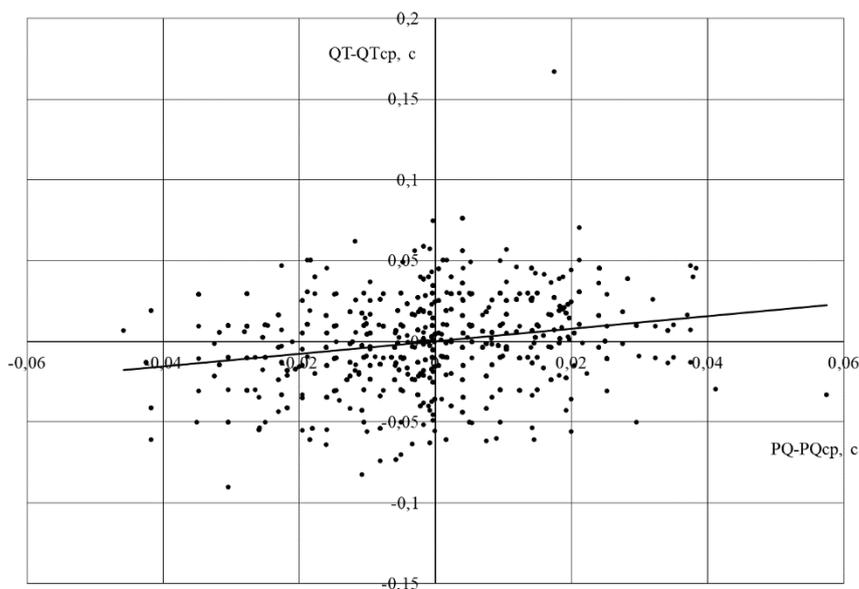


Рис. 7. Зависимость отклонений от среднего для времени электромеханической систолы желудочков сердца (QT) и времени атриовентрикулярного проведения импульса (PQ). По горизонтальной оси PQ, по вертикальной оси QT

Fig. 7. Dependence of deviations from the mean for the time of the electromechanical systole of the ventricles of the heart (QT) and the time of the atrioventricular impulse conduction (PQ). Horizontal axis PQ, vertical axis QT

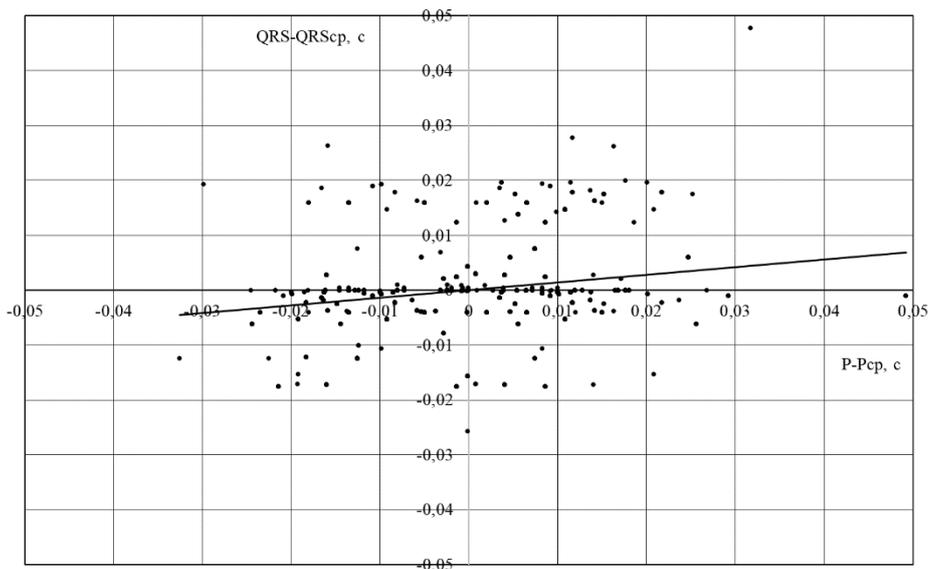


Рис. 8. Зависимость отклонений от среднего для времени сокращения предсердий (P) и времени сокращения миокарда желудочков сердца (QRS). По горизонтальной оси P, по вертикальной оси QRS

Fig. 8. Dependence of deviations from the mean for the time of atrial contraction (P) and the time of contraction of the ventricular myocardium (QRS). Horizontal axis P, vertical axis QRS

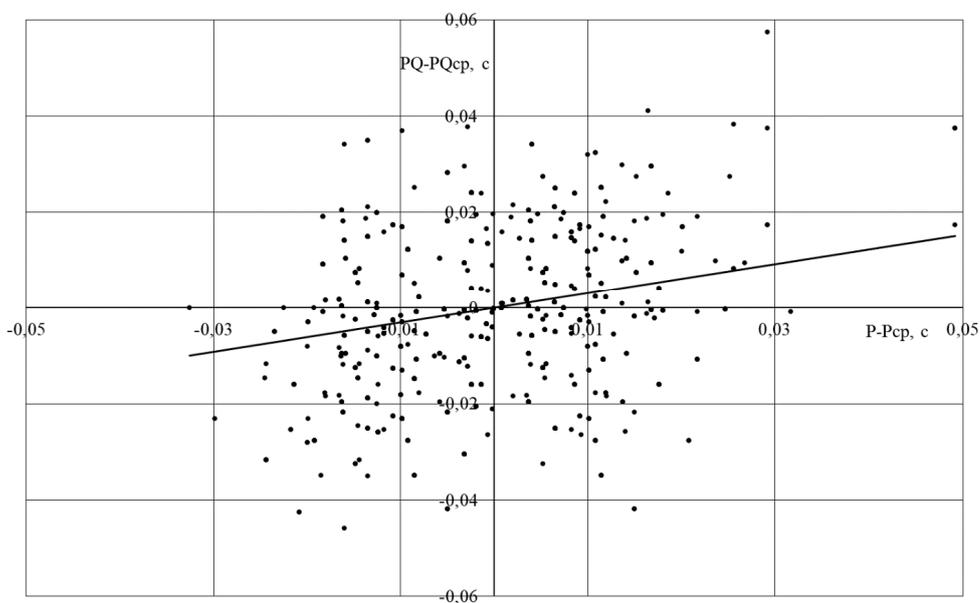


Рис. 9. Зависимость отклонений от среднего для времени сокращения предсердий (P) и времени атриовентрикулярного проведения импульса (PQ). По горизонтальной оси P, по вертикальной оси PQ

Fig. 9. Dependence of deviations from the mean for the time of atrial contraction (P) and the time of atrioventricular impulse conduction (PQ). Horizontal axis P, vertical axis PQ

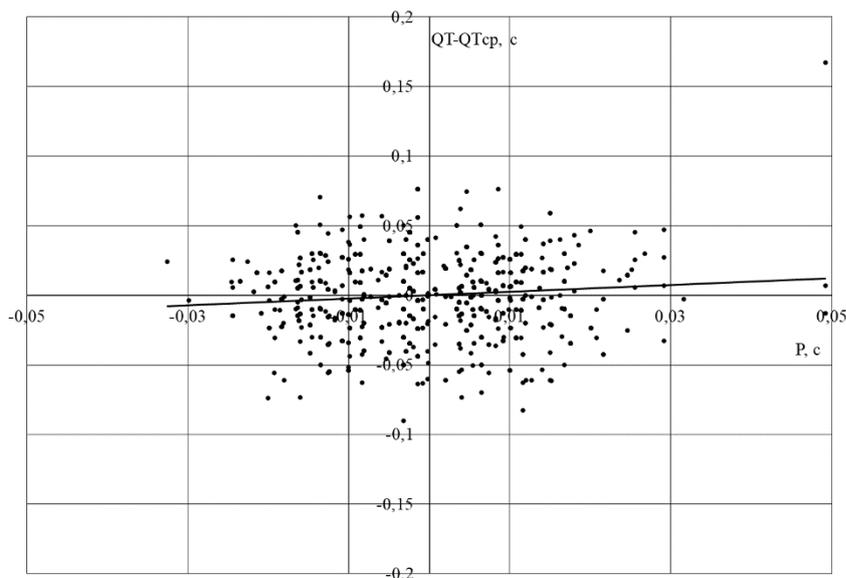


Рис. 10. Зависимость отклонений от среднего для времени сокращения предсердий (P) и времени электро-механической систолы желудочков сердца (QT). По горизонтальной оси P, по вертикальной оси QT

Fig. 10. Dependence of deviations from the mean for the time of atrial contraction (P) and the time of the electro-mechanical systole of the ventricles of the heart (QT). Horizontal axis P, vertical axis QT

В качестве аргумента функциональной зависимости использовался Кр-индекс магнитного поля Земли (горизонтальная шкала). Для него в первоисточнике приведены градации 3, 7, 15, 30, 55, 95 (таблица).

Кр-индекс магнитного поля Земли

Кр-index of the Earth's magnetic field

Характеристика магнитосферы	Кр, нТл
Магнитосфера спокойная	0
Магнитосфера спокойная	3
Магнитосфера спокойная	7
Магнитосфера спокойная	15
Магнитосфера спокойная	30
Магнитосфера возбужденная	55
Слабая магнитная буря	95

Минимум соответствует спокойной магнитосфере, максимум – сильно возмущенной. Шкала предполагается линейной, то есть возмущения магнитного поля измеряются в нТл, а не логарифмической (в баллах). Среднее по земной поверхности значение индукции магнитного поля примерно $50 \cdot 10^{-6}$ Тл. Отсюда следует, что во время сильной магнитной бури магнитное поле на поверхности нашей планеты изме-

няется менее чем на 1% от исходного значения. Несмотря на это, мы решили проверить степень влияния колебаний магнитного поля Земли на человека.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В кругосветном рейсе УПС «Паллада» был выполнен ряд исследований состояния здоровья членов экипажа, в том числе с использованием метода электрокардиографии. Предварительный анализ полученных результатов свидетельствует о том, что наибольшие отклонения значений систолического индекса (СИ) от физиологической нормы наблюдались в моменты пересечения экватора в обоих направлениях и при пересечении Гринвичского меридиана. Время адаптации достигает 60 суток.

Таким образом, можно сказать о степени влияния колебаний магнитного поля Земли на человека:

– явной линейной взаимосвязи систолического индекса и Кр-индекса не выявлено (рис. 11);

– явной линейной взаимосвязи времени атриовентрикулярного проведения импульса и Кр-индекса не выявлено (рис. 12);

– явной линейной взаимосвязи времени электромеханической систолы желудочков сердца и Кр-индекса не выявлено (рис. 13).

Диаграммы, изображенные на рис. 11–13, имеют схожий вид. Наиболее логичное объяснение этому выглядит следующим

образом: наибольшее число дней за все время наблюдений магнитосфера была спокойной, то есть величина возмущения составляла в эти дни 7, 15 и 30 нТл. На эти дни могло выпасть большее число других факторов, влияющих на перечисленные параметры сердечной деятельности. Именно поэтому разброс точек для указанных значений Кр превышает таковой для его минимальных и максимальных значений.

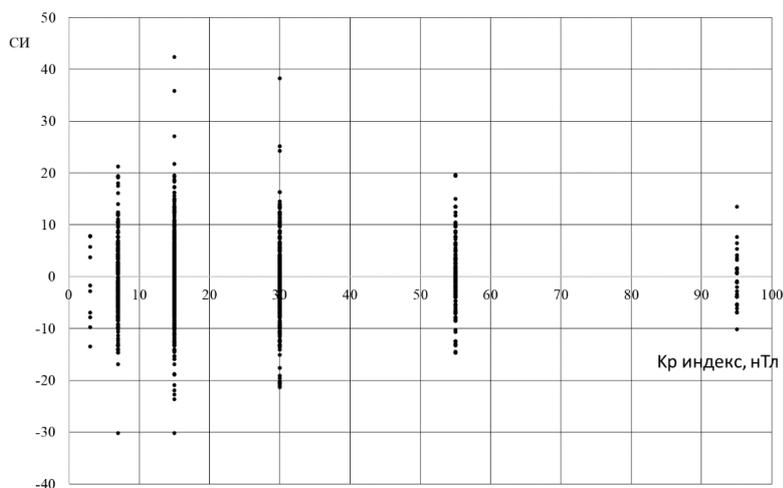


Рис. 11. Зависимость систолического индекса от Кр-индекса. По горизонтальной оси Кр-индекс, по вертикальной оси СИ

Fig. 11. Dependence of the Systolic index on the Kp-index. On the horizontal axis Kp-index, on the vertical axis SI

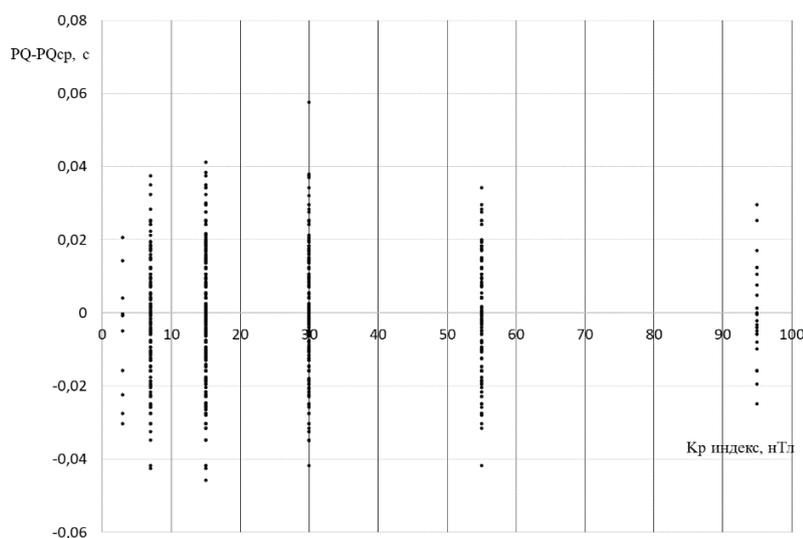


Рис. 12. Зависимость времени атриовентрикулярного проведения импульса от Кр-индекса. По горизонтальной оси Кр-индекс, по вертикальной оси отклонение PQ от среднего значения

Fig. 12. Dependence of the time of atrioventricular conduction of the impulse from the Kp-index. On the horizontal axis Kp-index, on the vertical axis the deviation of PQ from the mean

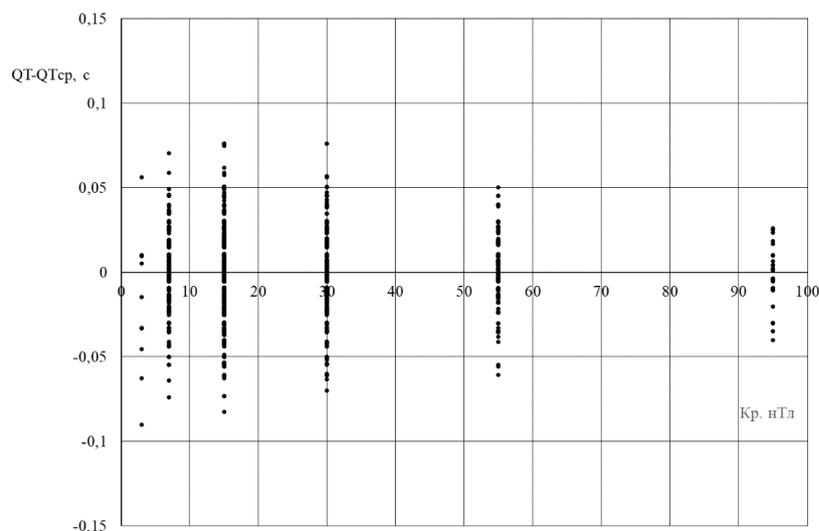


Рис. 13. Зависимость времени электромеханической систолы желудочков сердца от Кр-индекса. По горизонтальной оси Кр-индекс, по вертикальной оси отклонение QT от среднего значения

Fig. 13. Time dependence of the electromechanical systole of the ventricles of the heart from the Kp-index. Horizontal axis Kp-index, vertical axis deviation of QT from the mean

ЛИТЕРАТУРА

- Коваль В.Т., Короченцев В.И., Губко Л.В., Стародубцев П.А. 2015. Функциональные методы исследования гемодинамики. Технические средства диагностики. *Монография*. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. 221 с.
- Коваль В.Т., Короченцев В.И. 2021. Технические методы и приборы в диагностике ишемической болезни. *Монография*. Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т. 216 с.
- Короченцев В.И., Сошина Н.С., Коваль В.Т. 2019. Исследование влияния магнитных полей на систему «оператор – судно» при вариации физических полей на разных широтах. *Материалы 62-й Всероссийской научной конференции «Фундаментальные и прикладные вопросы естествознания»*, 12 декабря 2019. Владивосток: ТОВВМУ им. С.О. Макарова. Том III. С. 93–96.
- Корчака А.В. 2019. Математическая модель простой гидроакустической антенной решетки с учетом отражения на границе раздела сред. *Universum: технические науки*. № 1 (58). С. 14–17.
- Левин Б.В., Сасорова Е.В., Доманский А.В. 2013. Свойства «критических широт», вариации вращения и сейсмичность Земли. *Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук: научный журнал*. № 3. С. 3–8.
- Лобова Т.Ж., Белаш А.П. 2018. Усовершенствование математической модели антенной решетки для определения скоплений пелагических рыб. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. № 43. С. 6–12.
- Сошина Н.С., Кантур В.А., Короченцев В.И. 2014. Технологии усовершенствования производственных условий для работников рыболовецкой отрасли. *Материалы I Международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы современной науки»*, 30 апреля 2014 года, Ставрополь. Изд-во: Центр научного знания «Логос». С. 176–181.
- Chernenko V., Chen Ven'tsyan, Petrosyants V., Garasev I., Grishchenko V. 2020. Experimental investigations of acoustic field in sea shelf zone. *Journal E3S Web of Conferences*. XI International Conference “Solar-Terrestrial Relations and Physics

of Earthquake Precursors". Vol. 196. № 02011. P. 7. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202019602011>.

Korochentsev V.I., Chzhu Tszyan'tszyun, Chernenko V., Lobova T., Gubko M. 2020. Investigation of the process of strong acoustic signal propagation in a layered environment of ice-water-bottom. *Journal E3S Web of Conferences*. XI International Conference "Solar-Terrestrial Relations and Physics of Earthquake Precursors". Vol. 196. № 02015. P. 7. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202019602015>.

REFERENCES

- Koval V.T., Korochentsev V.I., Gubko L.V., Starodubtsev P.A. 2015. Functional methods for the study of hemodynamics. Diagnostic technical means. *Monograph*. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatka State Technical University. 221 p.
- Koval V.T., Korochentsev V.I. 2021. Technical methods and devices in the diagnosis of ischemic disease. *Monograph*. Vladivostok. Far Eastern Federal University. 216 p.
- Korochentsev V.I., Soshina N.S., Koval V.T. 2019. Investigation of the influence of magnetic fields on the "operator-ship" system with variations in physical fields at different latitudes. *Materials of the 62nd All-Russian Scientific Conference "Fundamental and Applied Questions of Natural Science"*, 12 December 2019. Vladivostok: Pacific Higher Naval School named after S.O. Makarova, Volume III. P.93–96.
- Korchaka A.V. 2019. Mathematical model of a simple hydroacoustic antenna array taking into account reflection at the interface of media. *Universum: technical sciences*. № 1 (58). P. 14–17.
- Levin B.V., Sasorova E.V., Domansky A.V. 2013. Properties of "critical latitudes", variations in rotation and seismicity of the Earth. *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossijskoj akademii nauk (Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences)*. Scientific journal. №. 3. P. 3–8.
- Lobova T.Zh., Belash A.P. 2018. Improvement of the mathematical model of the antenna array for determining the accumulations of pelagic fish. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tehniceskogo universiteta (Bulletin of the Kamchatka State Technical University)*. № 43. P. 6–12.
- Soshina N.S., Kantur V.A., Korochentsev V.I. 2014. Technologies for improving production conditions for workers in the fishing industry. *Materials of the I International scientific and practical conference "Problems and prospects of modern science"*, April 30, 2014. Stavropol: Center for Scientific Knowledge "Logos". P. 176–181.
- Chernenko V., Chen Ven'Tszyun, Petrosyants V., Garasev I., Grishchenko V. 2020. Experimental investigations of acoustic field in sea shelf zone. *Journal E3S Web of Conferences*. XI International Conference "Solar-Terrestrial Relations and Physics of Earthquake Precursors". Vol. 196. № 02011. 7 p. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202019602011>.
- Korochentsev V.I., Chzhu Tszyan'tszyun, Chernenko V., Lobova T., Gubko M. 2020. Investigation of the process of strong acoustic signal propagation in a layered environment of ice-water-bottom. *Journal E3S Web of Conferences*. XI International Conference "Solar-Terrestrial Relations and Physics of Earthquake Precursors". Vol. 196. № 02015. 7 p. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202019602015>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ
INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Коваль Василий Трофимович – Дальневосточный федеральный университет; 690922, Россия, Владивосток; кандидат технических наук, доцент департамента электроники, телекоммуникации и приборостроения Политехнического института; koval.vt@dvfu.ru.

Koval Vasily Trofimovich – Far Eastern Federal University; 690922, Russia, Vladivostok; Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electronics, Telecommunications and Instrumentation of the Polytechnic Institute; koval.vt@dvfu.ru.

Петраченко Николай Евгеньевич – Тихоокеанское высшее военно-морское училище имени С.О. Макарова Министерства обороны Российской Федерации; 690062, Россия, Владивосток; кандидат технических наук, доцент кафедры физики и общетехнических дисциплин; petrachenko.ne@yandex.ru. SPIN-код: 9387-6199, Author ID: 1008453; Scopus ID: 57211901661.

Petrachenko Nikolay Evgenievich – Pacific Higher Naval School named after S.O. Makarov of the Ministry of Defense of the Russian Federation; 690062, Russia, Vladivostok; Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Physics and General Technical Disciplines; petrachenko.ne@yandex.ru. SPIN-code: 9387-6199, Author ID: 1008453; Scopus ID: 57211901661.

Сошина Наталья Сергеевна – Дальневосточный федеральный университет; 690922, Россия, Владивосток; аспирант, старший преподаватель департамента электроники, телекоммуникации и приборостроения Политехнического института; soshina.ns@dvfu.ru. SPIN-код: 9387-6199, Author ID: 1008453; Scopus ID: 57211901661.

Soshina Natalya Sergeevna – Far Eastern Federal University; 690922, Russia, Vladivostok; Postgraduate Student, Senior Lecturer at the Department of Electronics, Telecommunications and Instrumentation at the Polytechnic Institute; soshina.ns@dvfu.ru. SPIN-code: 9387-6199, Author ID: 1008453; Scopus ID: 57211901661.

Зорченко Николай Кузьмич – Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет (Дальрыбвтуз); 690087, Россия, Владивосток; капитан учебного парусного судна «Паллада»; Pro_pervyi@dgtru.ru. Scopus ID: 57200148352.

Zorchenko Nikolay Kuzmich – Far Eastern State Technical Fisheries University; 690087, Russia, Vladivostok; Captain of the Training Sailing Ship “Pallada”; Pro_pervyi@dgtru.ru. Scopus ID: 57200148352.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
ВБЛИЗИ РАЗДЕЛА СРЕД «АТМОСФЕРА – ЛЕД»
В ХОДЕ КРУГОСВЕТНОГО МАРШРУТА**

Коваль В.Т.¹, Короченцев В.И.¹, Сошина Н.С.¹, Шпак Ю.В.¹, Зорченко Н.К.², Белаш А.П.³

¹ Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10, корпус 20.

² Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет (Дальрыбвтуз), г. Владивосток, ул. Луговая, 52Б.

³ Камчатский государственный технический университет, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Ключевская, 35.

Статья посвящена исследованиям влияния электромагнитного излучения вблизи раздела сред «атмосфера – лед» в ходе кругосветного маршрута УПС «Паллада». В работе представлен расчет электромагнитного излучения, где в качестве модели выбран источник, которой расположен на мачте судна, находящейся в воздушной среде. Приводится математическая модель излучения электромагнитной волны, а также расчет интенсивности электромагнитного излучения, прошедшего через границу раздела сред «атмосфера – лед». В настоящей статье рассмотрен математический алгоритм, основанный на теории направленных функций Грина. Приведены результаты распространения электромагнитного излучения в зависимости от частоты источника. Для иллюстрации представленного метода приводится схема распространения электромагнитных волн. Получены данные, показывающие особенности рассеивания электромагнитного излучения в условиях Арктики.

Ключевые слова: кругосветный маршрут, направленная функция Грина, УПС «Паллада», электромагнитные волны.

**INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF ELECTROMAGNETIC RADIATION
NEAR THE “ATMOSPHERE – ICE”
MEDIA SECTION DURING A ROUND-THE-WORLD ROUTE**

Koval V.T.¹, Korochentsev V.I.¹, Soshina N.S.¹, Shpak Yu.V.¹, Zorchenko N.K.², Belash A.P.³

¹ Far Eastern Federal University, Vladivostok, about Russian, p. Ajax, 10, building 20.

² Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Lugovaya Str. 52B.

³ Kamchatka State Technical University, Petropavlovsk-Kamchatsky, Klyuchevskaya Str. 35.

The article is devoted to the study of the influence of electromagnetic radiation near the “atmosphere – ice” section of the media during the round-the-world route of the TSS “Pallada”. The paper presents the calculation of electromagnetic radiation, where the source is selected as a model, which is located on the mast of the ship, which is in the air. A mathematical model of the radiation of an electromagnetic wave is given, as well as a calculation of the intensity of electromagnetic radiation that has passed through the interface between the media “atmosphere – ice”. This article discusses a mathematical algorithm based on the theory of directed Green's functions. The results of the propagation of electromagnetic radiation depending on the frequency of the source are presented. To illustrate the presented method, a diagram of the propagation of elec-

tromagnetic waves is given. Data were obtained showing the features of the scattering of electromagnetic radiation in the Arctic.

Key words: round-the-world route, directional Green's function, TSS “Pallada”, electromagnetic waves.

ВВЕДЕНИЕ

Известны результаты ранее проведенных исследований по распространению радиоволн (РРВ), а именно особенности РРВ сантиметрового (СМ) и миллиметрового (ММ) диапазонов в Арктике [Баскаков и др., 2014]. Ввиду необходимости дальнейших исследований по распространению радиоволн в условиях Арктики были проведены исследования по маршруту кругосветного перехода учебного парусного судна «Паллада» в период с 1 ноября 2019 по 5 июня 2020 года.

Было проведено исследование коротковолнового диапазона, который можно использовать для связи на больших расстояниях в районе арктических широт. Для проведения исследования была установлена излучающая антенна параллельно мачте судна. В качестве излучающей системы была использована стандартная радиостанция IC 718. Для исследования поля излучаемого сигнала использовалась приемная система, расположенная на квадрокоптере. Совместно с установленной антенной происходила непосредственная работа радиотехнических систем судна, обеспечивающих необходимые условия для работы экипажа. При этом излучение могло оказывать влияние на измерительную аппаратуру [Коваль и др., 2015]. Источник располагался на мачте судна произвольно-криволинейной границы раздела сред «атмосфера – лед». Такое расположение было выбрано исходя из практического значения. В данном случае рассматривалось прохождение волны вблизи границ раздела «атмосфера – лед».

Исследования проводились в диапазоне широт от Владивостока до районов Арктики. В качестве модели для исследования электромагнитных волн был предложен математический алгоритм, основанный на теории направленных функций Грина, который позволяет с достаточной для практики точностью производить анализ поля электромагнитных волн во всем районе прохождения судна [Короченцев, 1998].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

1. Математическая модель распространения электромагнитных волн

В качестве математической модели распространения электромагнитных волн было выбрано уравнение Гельмгольца, описывающее магнитную и электрическую составляющие электромагнитной волны:

$$\Delta \bar{E} + (\omega / c_n)^2 \bar{E} = \delta(\theta, \theta_0, r, r_0), \quad (1)$$

где \bar{E} – вектор напряженности электромагнитной волны;

$$\Delta \bar{H} + (\omega / c_n)^2 \bar{H} = \delta(\theta, \theta_0, r, r_0), \quad (2)$$

где \bar{H} – вектор напряженности магнитного поля, который используется в моделях навигации судов, определения координат, расстояний между судами, находящимися в процессе подводных работ, в том числе добычи биоресурсов океана;

c_n – фазовая скорость распространения электромагнитной волны во льду;

ω – круговая частота $2\pi/T$, где T – период гармонического колебания,

$\delta(\theta, \theta_0, r, r_0)$ – дельта-функция Дирака, зависящая от расстояния r и угла θ .

Решение уравнения Гельмгольца было найдено в виде функции Грина. При этом в отличие от классического понимания функции Грина, имеющего смысл ненаправленной сферической волны, была выбрана направленная функция Грина. Выбор подобных функций позволяет строго решить граничную задачу при неоднородных граничных условиях в зависимости от направления [Лобова, Белаш, 2018].

Потенциал поля выражается функцией Грина свободного пространства в сферической системе. Функция Грина в классическом виде для свободного пространства (ненаправленная функция Грина) записывается как

$$\bar{G}_1(M, M_0) = \bar{\Phi}_0 \frac{e^{ikR}}{R}, \quad (3)$$

где R – расстояние между точками M и M_0 ;

$\bar{\Phi}_0$ – амплитуда потенциала поля на антенне;

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \text{ – волновое число;}$$

λ – длина волны.

Излучение проводилось на слой льда, который лежит на морской поверхности (рис. 1).

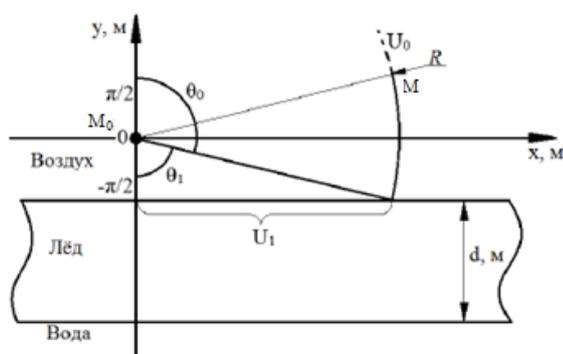


Рис. 1. Поле точечного источника вблизи слоя льда

Fig. 1. Point source field near ice layer

Для дальнейших расчетов были использованы следующие характеристики: магнитная и электрическая проницаемость воздуха, льда [Корчака, 2019]. На рисунке 1 изображено поле точечного источника вблизи слоя льда, где M_0 – источник излучения, U_1 – граница раздела «атмосфера – лед».

Две сопряженные функции Грина являются решением уравнения Гельмгольца. Первая направленная функция Грина описывает расходящиеся от поверхности излучателя волны $G_1(M, M_0)$, а сопряженная с ней функция $G_1^{-1}(M, M_0)$ – отраженные [Эм, Лобова, 2018].

2. Математическая модель акустического поля

Определение параметров льда (толщины) возможно с использованием не только электромагнитных [Башкуев и др., 2019], но и акустических сигналов.

Возьмем математическую модель анализа поля точечного излучателя, расположенного в замкнутом объеме (мелком море), ограниченном дном моря и ледовым покровом, которая позволяет на компьютерах средней мощности в течение 1–2 минут получать результаты, приемлемые для практического применения в реальных условиях.

Рассмотрим возможность исследования льда с использованием акустических систем, излучающих энергию на УПС «Паллада», сформулировав постановку задачи анализа точечного излучателя в морском полупространстве со слоем льда на поверхности. Такая задача может быть принята за исходную при расчете гидроакустических излучателей, расположенных в океане с ледовым покровом.

Предположим, известны акустические характеристики (плотность и фазовая скорость) льда, воздуха, координаты элементов точечного излучателя. Поле точечного

излучателя можно определить давлением в океане [Луныков, Петников, 2017].

Основной сложностью при решении такой задачи является невозможность выполнить разделение переменных в уравнении Гельмгольца и удовлетворить граничным условиям. В настоящей работе предлагается использовать метод направленной функции Грина. Эта функция позволяет разделить переменные для простейших поверхностей, совпадающих с одной из ортогональных систем координат.

Если реальная поверхность подводной части шельфа не совпадает с одной из ортогональных систем координат, то отдельные участки будем аппроксимировать некоторыми участками, совпадающими с ортогональными координатными поверхностями.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

1. Математическая модель распространения электромагнитных волн

Рассмотренная выше теория может применяться для любых конфигураций форм поверхности льда. Рассмотрим применение формул (1)–(3) для геометрии льда, изображенного на рисунке 2.

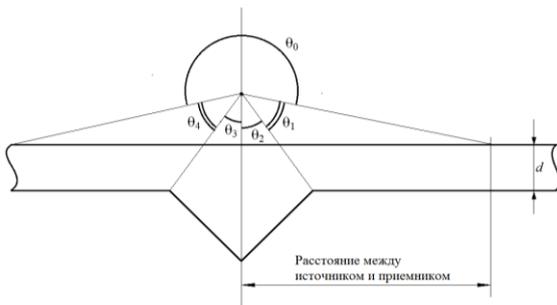


Рис. 2. Геометрия задачи

Fig. 2. Geometry of the problem

Для решения подобной неоднородной по углу граничной задачи представляется направленной функцией Грина в виде следующей математической модели, где об-

щим решением уравнения Гельмгольца считаем сумму этих функций:

$$\bar{G}_\Sigma = \sum_{l=1}^L \left[\bar{G}_l(M, M_0) + k_{ompl} \bar{G}_l^{-1}(M, M_0) \right], \quad (4)$$

где M – точка приема сигнала с координатами x и y ;

M_0 – точка излучения сигнала с координатами x_0 и y_0 .

Точки M и M_0 могут быть как в прямоугольной системе координат, так и в сферической системе координат (для фиксированного угла полярной системы координат).

Направленная функция Грина свободного пространства для падающей волны имеет вид:

$$\bar{G}_l = \frac{i\bar{\Phi}_0}{2\pi} \int_{U_{l\min}}^{U_{l\max}} \frac{F_l(\theta)}{\sqrt{k^2 - U_l^2}} \times e^{\pm \left[i(x-x_0)\sqrt{k^2 - U_l^2} + (y-y_0)U_l \right]} dU_l, \quad (5)$$

где «+» соответствует расходящейся волне, «-» – отраженной волне от льда.

$F_l(\theta) = 1$, если $\theta_{l\min} \leq \theta \leq \theta_{l\max}$, при $l = 1, 2, 3, \dots, L$;

$F_l = 0$ при остальных значениях θ ;

$U_l = k \sin\theta$.

Сферическая волна представлена в виде суперпозиции плоских волн, поэтому справедливо использование коэффициента отражения для плоских волн:

$$k_{ompl} = \frac{(Z_1 + Z_2)(Z_2 - Z_3)e^{-ik_2z d} + (Z_1 - Z_3)(Z_2 + Z_3)e^{ik_2z d}}{(Z_1 + Z_2)(Z_2 + Z_3)e^{-ik_2z d} + (Z_1 - Z_3)(Z_2 - Z_3)e^{ik_2z d}}, \quad (6)$$

где d – толщина слоя льда;

k_{2z} – компонента волнового вектора;

Z_1 – волновое сопротивление атмосферы;

Z_2 – волновое сопротивление льда;
 Z_l – волновое сопротивление атмосферы и льда, равное:

$$Z_l = \frac{z_0}{\cos \theta_l}, \quad (7)$$

где $z_0 = \frac{\epsilon_l}{\mu_l}$ – нормированное волновое со-

противление среды,

ϵ_l – электрическая проницаемость среды,

μ_l – магнитная проницаемость среды,

θ_l – угол падения плоской волны на границу раздела «атмосфера – лед».

Направленная функция Грина для падающей и отраженной волн запишутся как:

$$\begin{aligned} \bar{G}_l = & \frac{i\bar{\Phi}_0}{2\pi} \cdot \int_{U_{l\min}}^{U_{l\max}} \frac{F_l(\theta)}{\sqrt{k^2 - U_l^2}} \times \\ & \times e^{[i \cdot (x-x_0) \cdot \sqrt{k^2 - U_l^2} + (y-y_0) \cdot U_l]} dU_l + \\ & + \frac{i\bar{\Phi}_0}{2\pi} \cdot k_{ompl} \cdot \int_{U_{l\min}}^{U_{l\max}} \frac{F_l(\theta)}{\sqrt{k^2 - U_l^2}} \times \\ & \times e^{[i \cdot (x-x_0) \cdot \sqrt{k^2 - U_l^2} - (y-y_0) \cdot U_l]} dU_l. \end{aligned} \quad (8)$$

При определении погрешности расчетных модулей с использованием диаграммы направленности в свободном пространстве (рис. 3) наибольшие отклонения вблизи углов 0° и 90° обуславливаются ошибками разработанного алгоритма. В интервале от 5° до 85° погрешность не превышает 5% (рис. 4), где лед $\epsilon = 3,25$, $\mu = 1$, воздух $\epsilon = 1$, $\mu = 1$.

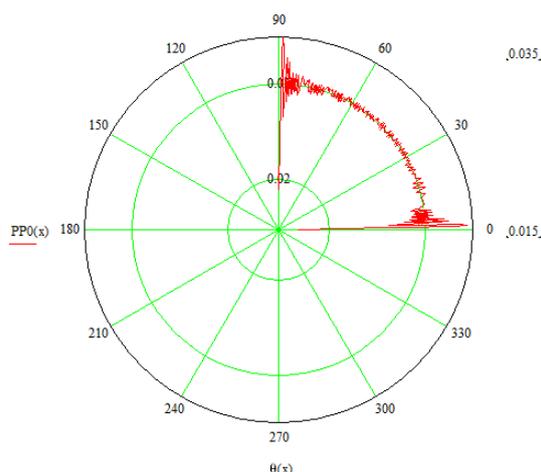


Рис. 3. Диаграмма направленности точечного излучателя по формулам (4) и (6)

Fig. 3. Directional diagram of a point emitter according to formulas (4) and (6)

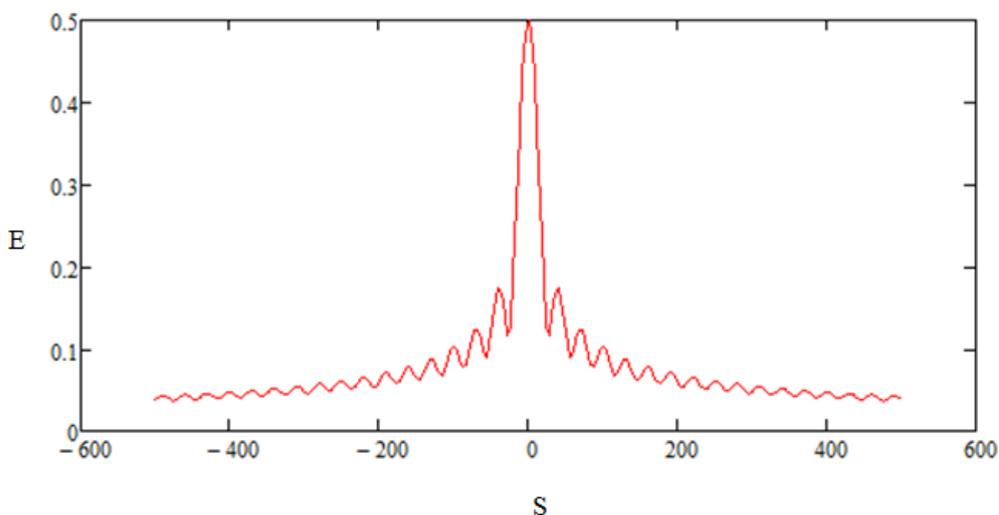


Рис. 4. Распределение электромагнитного поля, где в точке 0 – расположение антенны на судне

Fig. 4. Distribution of the electromagnetic field, where at point 0 – is the location of the antenna on the ship

2. Математическая модель акустического поля

Для поиска математической модели акустического поля было использовано выражение для направленной функции Грина. Запишем следующее выражение (функция Грина свободного пространства):

$$P = \frac{i}{2 \cdot \pi} \cdot \left[\int_{U_{\min}}^{U_{\max}} \left[\frac{F(U)}{\sqrt{k^2 - U^2}} \times e^{i \cdot \left((x-x_0) \cdot \sqrt{k^2 - U^2} + (y-y_0) \cdot U \right)} \right] dU \right], \quad (9)$$

Интервалы углов ($U_{\min} = k \sin \theta_1$, $U_{\max} = k \sin \theta_2$), из них видны в геометрическом приближении соответственно границы ледового покрова (рис. 5).

$$F(U) = \begin{cases} 1 & \text{if } U_{\min} \leq U \leq U_{\max} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}. \quad (10)$$

Окончательное выражение для функции Грина, учитывающей коэффициент отражения от ледовой поверхности, видной в лучевом приближении:

$$P = \frac{iP_0}{2 \cdot \pi} \cdot \left[\left[\int_{U_{\min}}^{U_{\max}} \frac{F(U)}{\sqrt{k^2 - U^2}} \times e^{i \cdot \left((x-x_0) \cdot \sqrt{k^2 - U^2} + (y-y_0) \cdot U \right)} dU + \int_{U_{\min}}^{U_{\max}} V \left[\frac{F(U)}{\sqrt{k^2 - U^2}} \times e^{-i \cdot \left((x-x_0) \cdot \sqrt{k^2 - U^2} + (y-y_0) \cdot U \right)} \right] dU \right] \right], \quad (11)$$

где $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ – волновое число;

λ – длина волны;

P_0 – давление на поверхности акустической антенны;

V – коэффициент отражения;

$F(U)$ – функция, характеризующая свойства направленных функций Грина.



Рис. 5. Геометрия задачи анализа точечного излучателя

Fig. 5. Geometry of the problem of analyzing a point emitter

Коэффициент отражения от слоя льда равен:

$$V = \frac{(Z_2 + Z_1) \cdot (Z_1 - Z_3) \cdot e^{-i[k_2 \cdot \sin[x \cdot k \cdot d]]} + (Z_2 - Z_1) \cdot (Z_1 + Z_3) \cdot e^{i \left[\sqrt{k_2^2 - [k_2 \cdot \sin[x \cdot k \cdot d]]^2} \cdot d \right]} + (Z_2 - Z_1) \cdot (Z_1 + Z_3) \cdot e^{i \left[\sqrt{k_2^2 - [k_2 \cdot \sin[x \cdot k \cdot d]]^2} \cdot d \right]}}{(Z_2 + Z_1) \cdot (Z_1 - Z_3) \cdot e^{-i[k_2 \cdot \sin[x \cdot k \cdot d]]} + (Z_2 - Z_1) \cdot (Z_1 + Z_3) \cdot e^{i \left[\sqrt{k_2^2 - [k_2 \cdot \sin[x \cdot k \cdot d]]^2} \cdot d \right]} + (Z_2 - Z_1) \cdot (Z_1 + Z_3) \cdot e^{i \left[\sqrt{k_2^2 - [k_2 \cdot \sin[x \cdot k \cdot d]]^2} \cdot d \right]}} \quad (12)$$

где d – толщина слоя льда,

k_2 – волновое число во льду,

xk – безразмерная величина,

k – волновое число.

Z_1, Z_2, Z_3 – импедансы на границах сред:

$$Z_1 = \frac{\rho_1 \cdot c_1}{\cos Q_1}, \quad (13)$$

где ρ_1 – плотность атмосферы,

c_1 – скорость звука в атмосфере;

$$Z_2 = \frac{\rho_2 \cdot c_2}{\cos Q_2}, \quad (14)$$

где ρ_2 – плотность льда,

c_2 – скорость звука во льду;

$$Z_3 = \frac{\rho_3 \cdot c_3}{\cos Q_3} \quad (15)$$

где ρ_3 – плотность воды,

c_3 – скорость звука в воде,

Q_1, Q_2, Q_3 – углы падения плоских волн на границу разделов.

Зная параметры льда ρ_2 и c_2 и параметры воды ρ_3 и c_3 , можно определить толщину льда по отраженному акустическому сигналу [Lobova et al., 2019].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Источник электромагнитного излучения был расположен на мачте судна (49,5 м). Судно находилось вблизи ледового покрова. На рисунке 6 приведено изображение расположения поверхности раздела двух сред «атмосфера – лед» и источника, распространяющего электромагнитные волны, падающие на границу раздела [Пятакович и др., 2016]. Закон распространения волн определялся граничными условиями «морская вода – лед». Коротковолновый источник находился на судне и излучал с частотой f около 10–15 МГц. Измерения поля излучаемого сигнала проводились с помощью приемной системы, расположенной на квадрокоптере (точка M).



Рис. 6. Схема распространения электромагнитных волн

Fig. 6. Scheme of propagation of electromagnetic waves

Электромагнитное излучение распространялось в пространстве. Измеренная экспериментально напряженность электромагнитного поля удовлетворительно совпала с теоретическими данными.

Полученные экспериментальные данные показывают особенности распростра-

нения электромагнитных волн в условиях Арктики и служат для разработки математической модели рассеивания электромагнитного излучения морской поверхностью и ледовым покрытием. Таким образом, результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод о возможности использования коротковолнового диапазона излучения при освоении арктических зон океана в различных областях: рыболовецкой, научно-исследовательской и др.

Цель эксперимента заключалась в подтверждении или опровержении гипотезы об увеличении амплитуды сигнала за счет интерференции падающей и отраженных волн в слое льда. Задача эксперимента заключалась в изучении напряженности электромагнитного поля вблизи образовавшегося слоя льда.

В ходе эксперимента были:

а) разработана методика измерения коэффициента отражения цилиндрических электромагнитных волн по интенсивности вблизи плоского слоя льда;

б) разработаны методики измерения коэффициента отражения цилиндрических электромагнитных волн льда от границы раздела среды «лед – воздух» по интенсивности внутри слоя;

в) измерены зависимости интенсивности электромагнитной волны от расстояния между источником и приемником.

Для исследования процессов распространения упругих волн вдоль границы раздела льда и воды в работах предложены математические модели, основанные на направленных функциях Грина. Экспериментальные исследования распространения упругих волн вдоль раздела двух сред «атмосфера – лед» с помощью электрогидравлического удара позволят уточнить параметры льда и начальные условия математических моделей на частотах в несколько кГц.

ЛИТЕРАТУРА

- Башкуев Ю.Б. и др. 2019. Поверхностные электромагнитные волны на трассах Северного морского пути. *Техника радиосвязи*. Вып. 1 (40). С. 7–18.
- Баскаков А.И., Исаков М.В., Егоров В.В., Махалов А.М., Михайлов М.С., Пермяков В.А. 2014. Проблемы радиолокации морских льдов с буровых платформ в Арктике. *Журнал радиоэлектроники*. № 7. 27 с.
- Коваль В.Т., Короченцев В.И., Губко Л.В., Стародубцев П.А. 2015. Функциональные методы исследования гемодинамики. Технические средства диагностики. *Монография*. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. 221 с.
- Короченцев В.И. 1998. Волновые задачи теории направленных и фокусирующих антенн. *Монография*. Владивосток: Дальнаука. 192 с.
- Корчака А.В. 2019. Математическая модель простой гидроакустической антенной решетки с учетом отражения на границе раздела сред. *Universum: технические науки*. № 1 (58). С. 14–17.
- Луньков А.А., Петников В.Г. 2017. Распространение звука в мелководном арктическом волноводе с ледовым покровом. *Ученые записки физического факультета Московского университета*. № 5. С. 1750122.
- Лобова Т.Ж., Белаш А.П. 2018. Усовершенствование математической модели антенной решетки для определения скоплений пелагических рыб. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. № 43. С. 6–12.
- Пятакович В.А., Василенко А.М., Мироненко М.В. 2016. Технологии нелинейной просветной гидроакустики и нейро-нечетких операций в задачах распознавания морских объектов. *Монография*. Под редакцией О.А. Алексеева. Владивосток. 192 с.
- Эм А.А., Лобова Т.Ж. 2018. Исследование поля точечного электромагнитного излучателя над слоем льда. *Материалы международной научной конференции «Актуальные вопросы развития образования и науки в АТР»* 01–31 января 2018 г. Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т. С. 80–82.
- Lobova T.Zh., Xuan Linlin, Korochencev V.I., Grishchenko V.V. 2019. Research of the field of a hydroacoustic radiator under the ice layer. *Marine Intellectual Technologies*. Scientific journal. № 1 (43) V. 3. С. 139–144.

REFERENCES

- Bashkuev Yu.B. 2019. Surface electromagnetic waves on the routes of the Northern Sea Route. *Tehnika radiosvjazi (Radio Communication Technology)*. Issue 1 (40). 7–18 p.
- Baskakov A.I., Isakov M.V., Egorov V.V., Makhhalov A.M., Mikhailov M.S., Permyakov V.A. 2014. Problems of sea ice radar from drilling platforms in the Arctic. *Zhurnal Radioelektroniki (Journal of Radio Electronics)*. № 7. 27 p.
- Koval V.T., Korochentsev V.I., Gubko L.V., Starodubtsev P.A. 2015. Functional methods for the study of hemodynamics. Diagnostic technical means. *Monograph*. Petropavsk-Kamchatsky: KamchatGTU. 221 p.
- Korochentsev V.I. 1998. Wave problems of the theory of directional and focusing antennas. Vladivostok: Dalnauka. 192 p.
- Korchak A.V. 2019. Mathematical model of a simple hydroacoustic antenna array taking into account reflection at the interface of the media. *Universum: technical sciences*. № 1 (58). 14–17 p.

- Lunkov A.A., Petnikov V.G. 2017. Sound propagation in a shallow Arctic waveguide with ice cover. *Uchenye zapiski fizicheskogo fakul'teta Moskovskogo universiteta (Moscow University Physics Bulletin)*. № 5. 1750122 p.
- Lobova T.Zh., Belash A.P. 2018. Improvement of the mathematical model of the antenna array for determining the accumulations of pelagic fish. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tehniceskogo universiteta (Bulletin of the Kamchatka State Technical University)*. № 43. 6–12 p.
- Pyatakovich V.A., Vasilenko A.M., Mironenko M.V. 2016. Technologies of non-linear transmissive hydroacoustics and neuro-fuzzy operations in problems of recognition of marine objects. *Monograph*. Edited by O.A. Alekseeva. Vladivostok. 192 p.
- Em A.A., Lobova T.Zh. 2018. Investigation of the field of a point electromagnetic emitter over a layer of ice. *Materials of an international scientific conference "Topical issues of the development of education and science in the APR"*. January 01–31, 2018. Vladivostok: FEFU.80–82 p.
- Lobova T.Zh., Xuan Linlin, Korochentsev V.I., Grishchenko V.V. 2019. Research of the field of a hydroacoustic radiator under the ice layer. *Marine Intellectual Technologies*. Scientific journal. № 1 (43) V. 3. 139–144 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Коваль Василий Трофимович – Дальневосточный федеральный университет; 690922, Россия, Владивосток; кандидат технических наук, доцент департамента электроники, телекоммуникации и приборостроения Политехнического института; koval.vt@dvfu.ru.

Koval Vasily Trofimovich – Far Eastern Federal University; 690922, Russia, Vladivostok; Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electronics, Telecommunications and Instrumentation of the Polytechnic Institute; koval.vt@dvfu.ru.

Короченцев Владимир Иванович – Дальневосточный федеральный университет; 690922, Россия, Владивосток; доктор физико-математических наук, профессор департамента электроники, телекоммуникации и приборостроения Политехнического института; korochentsev.vi@dvfu.ru, SPIN-код: 5700-3169, Author ID: 69973; Scopus ID: 6603474562.

Korochentsev Vladimir Ivanovich – Far Eastern Federal University; 690922, Russia, Vladivostok; Doctor of Physics and Mathematics, Professor of the Department of Electronics, Telecommunications and Instrumentation of the Polytechnic Institute; korochentsev.vi@dvfu.ru. SPIN-code: 5700-3169, Author ID: 69973; Scopus ID: 6603474562.

Сошина Наталья Сергеевна – Дальневосточный федеральный университет; 690922, Россия, Владивосток; аспирант, старший преподаватель департамента электроники, телекоммуникации и приборостроения Политехнического института; soshina.ns@dvfu.ru. SPIN-код: 9387-6199, Author ID: 1008453; Scopus ID: 57211901661.

Soshina Natalya Sergeevna – Far Eastern Federal University; 690922, Russia, Vladivostok; Postgraduate Student, Senior Lecturer at the Department of Electronics, Telecommunications and Instrumentation at the Polytechnic Institute; soshina.ns@dvfu.ru. SPIN-code: 9387-6199, Author ID: 1008453; Scopus ID: 57211901661.

Шпак Юлия Вадимовна – Дальневосточный федеральный университет; 690922, Россия, Владивосток; аспирант департамента электроники, телекоммуникации и приборостроения Политехнического института; shpak.yv@dvfu.ru. Scopus ID: 57189213701.

Shpak Yulia Vadimovna – Far Eastern Federal University; 690922, Russia, Vladivostok; Postgraduate Student at the Department of Electronics, Telecommunications and Instrumentation at the Polytechnic Institute; shpak.yv@dvfu.ru. Scopus ID: 57189213701.

Зорченко Николай Кузьмич – Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет (Дальрыбвтуз); 690087, Россия, Владивосток, капитан учебного парусного судна «Паллада», Pro_pervyi@dgtru.ru. Scopus ID: 57200148352.

Zorchenko Nikolay Kuzmich – Far Eastern State Technical Fisheries University; 690087, Russia, Vladivostok, Captain of the Training Sailing Ship “Pallada”; Pro_pervyi@dgtru.ru. Scopus ID: 57200148352.

Белаш Алексей Павлович – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский, доцент кафедры «Судовождение»; Belash_AP@Kamchatgtu.ru.

Belash Alexey Pavlovich – Kamchatka State Technical University (KSTU); 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky, Associate Professor of the Department of Navigation; Belash_AP@Kamchatgtu.ru.

УДК 564.5:664

DOI: 10.17217/2079-0333-2021-57-30-43

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СУШКИ ПОКРОВНЫХ ТКАНЕЙ КАЛЬМАРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Благоднравова М.В., Самохин А.В.

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

В статье приведены результаты исследований по обоснованию технологических параметров производства сушеной продукции из кожи кальмаров тихоокеанского и командорского. Приведены данные собственных исследований массового состава кальмара, а также химического состава кожи, показано высокое содержание белка в покровных тканях кальмаров. Обоснованы рациональные режимы сушки кожи инфракрасными лучами – температура 55°C, продолжительность 5 ч. Получены уравнения регрессии, описывающие зависимость массовой доли воды от продолжительности сушки при различных температурах. Изучен фракционный состав сушеного продукта после измельчения, установлены рациональные параметры измельчения.

Ключевые слова: кожа кальмара, командорский кальмар *B. magister*, сушеная продукция, тихоокеанский кальмар *T. pacificus*.

SUBSTANTIATION OF SQUID INTEGUMENTARY TISSUES DRYING TECHNOLOGICAL PARAMETERS USING INFRARED RADIATION

Blagonravova M.V., Samokhin A.V.

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

The article presents the results of research to substantiate the technological parameters of dried products manufacturing from the skin of Pacific and Commander squid. The data of our own studies of the mass composition of squid, as well as the chemical composition of the skin, are presented, the high protein content in the squid integumentary tissues is shown. Rational modes of drying the skin with infrared rays are justified – the temperature is 55°C, the duration is 5 hours. Regression equations describing the dependence of the mass fraction of water on the duration of drying at different temperatures are obtained. The fractional composition of the dried product after grinding was studied; rational parameters of grinding were established.

Key words: squid skin, commander squid *B. magister*, dried products, Pacific squid *T. pacificus*.

ВВЕДЕНИЕ

Сохранение и укрепление здоровья нации является приоритетным направлением деятельности Российского государства. Стабильное снабжение населения высококачественными, биологически полноценными, эко-

логически безопасными продуктами питания можно обеспечить, развивая производственный потенциал пищевой промышленности.

План мероприятий по реализации Стратегии развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года включает внедрение

безотходных, энергосберегающих и инновационных технологий при добыче (вылове), переработке и транспортировке водных биологических ресурсов. Прогноз научно-технологического развития России на период до 2030 года в области пищевых биотехнологий в сфере переработки пищевого сырья и отходов предусматривает разработку и оптимизацию методов глубокой переработки малоценного сырья растительного и животного происхождения для извлечения из него биологически активных соединений и направленной модификации их структуры для повышения функциональных и потребительских свойств, а также биологической ценности [Гребенюк и др., 2014; Распоряжение Правительства РФ № 2798-р].

В ходе анализа состояния санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2017 году при изучении достаточности обеспеченности рациона питания населения основными нутриентами был установлен ряд неблагоприятных отклонений от рекомендательных норм в питании населения, в частности дефицит белка на 11,5% по сравнению со средними рекомендуемыми нормами [Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2017 году»].

Устойчивым трендом развития рыбоперерабатывающей отрасли является эффективное и комплексное использование сырья, высокая степень конверсии отходов рыбной промышленности, сокращение энергоемкости и материалоемкости процессов.

В последнее время наблюдается возрастающий интерес исследователей и добывающих организаций к кальмарам, запасы которых позволяют значительно увеличить их промышленное освоение. Надо отметить, что выход товарной продукции из водных биологических ресурсов, в том

числе из кальмаров, в ходе промышленной обработки, продолжает оставаться на невысоком уровне – около 65%. Среди беспозвоночных белки кальмара выделяются высоким уровнем таких дефицитных аминокислот, как лизин, лейцин, изолейцин, валин [Подкорытова, Слабогорова, 2007; Быков и др., 1999; Михлай, 2010].

Кожа кальмаров по физико-химическим и гигиеническим исследованиям отнесена к съедобным частям, и ее использование в пищевых целях может повысить выход готового продукта [Мезенова, 2013]. Исследованию возможности переработки кожи кальмара посвящены труды ряда ученых. Из кожного покрова кальмара был получен препарат (коллаген), содержащий до 82% белка, до 65% оксипролина, а также гексозамины и гексозы [Козырева, Слуцкая, 1999]. Известен способ получения фарша из необесшкуранных щупалец кальмара [Патент № RU 2000100144 А].

Учитывая интерес исследователей к возможности комплексной переработки кальмара, в частности к применению кожи кальмара в пищевых технологиях, а также значительный объем накопленной информации, свидетельствующей о высокой биологической ценности этого представителя головоногих моллюсков [Баштовой, 2008; Беседнова и др., 2016; Кучеренко, 2011; Старичкова, Щеникова, 2006; Чемис, 2000; Щеникова, 1996; Щеникова, Кизеветтер, 1989; Щеникова и др., 1987; Brzeski, 1980; Kolodziejaska et al., 1988; Krzynower et al., 1989; Sikorski, Kotodziejaska, 1985; Stanley, Smith, 1984], высокоперспективным и актуальным направлением представляется использование непищевых отходов кальмара (таких как покровные ткани) в технологии производства пищевого обогатителя.

На наш взгляд, кожа кальмара является недоиспользованным биоресурсом, способным восполнить дефицит белков, а также

других биологически активных веществ. В настоящее время кожа вызывает невысокий интерес у рыбоперерабатывающих предприятий и обычно направляется в дальнейшую переработку на технические и кормовые производства, которые являются низкорентабельными. В то же время пищевая ценность покровных тканей кальмаров не уступает мышечной ткани, характеризуется высокой биологической ценностью, содержит хорошо усвояемые полноценные животные белки, липиды, витамины, макро- и микроэлементы.

Весомыми аргументами в пользу использования кожи кальмара рыбоперерабатывающими предприятиями для получения высокобелковой поликомпонентной биологически активной добавки могут служить: внедрение в производственный процесс инновационных ресурсосберегающих технологий, усовершенствование производства за счет выпуска дополнительной товарной продукции, сокращение экологической нагрузки, снижение издержек на производство основной продукции, повышение прибыли и эффективности производства, увеличение экономических показателей. Подобная разработка позволит производить рентабельную продукцию в значительных объемах, с повышенной пищевой и биологической ценностью, богатую полноценными животными белками, микро- и макроэлементами за счет рационального использования низкобюджетного и биологически ценного сырья.

Цель работы – обоснование технологических параметров производства биологически активных добавок к пище из покровных тканей командорского кальмара *Berryteuthis magister* и тихоокеанского кальмара *Todarodes pacificus* с использованием сушки инфракрасными лучами.

Для достижения цели на данном этапе исследований были поставлены следующие задачи:

– определение массовой доли кожи кальмаров при разделке, а также изучение химического состава кожи;

– обоснование технологических параметров производства сушеной продукции из покровных тканей двух видов кальмаров: командорского *Berryteuthis magister* и тихоокеанского *Todarodes pacificus*, с использованием сушки инфракрасными лучами.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основным объектом исследований является технологические параметры сушки покровных тканей кальмара с использованием инфракрасного излучения. Предмет исследования – кожа двух видов кальмаров: командорского *Berryteuthis magister* и тихоокеанского *Todarodes pacificus*, а также сушеная продукция из кожи кальмаров.

Отбор проб и определение органолептических и физических показателей мороженого кальмара и готовой продукции проводили согласно ГОСТ 7631 «Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Методы определения органолептических и физических показателей» и ГОСТ 31339 «Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приемки и методы отбора проб». По качеству кальмар мороженный должен соответствовать требованиям ГОСТ 20414 «Кальмар и каракатица мороженые. Технические условия». Для установления массового состава кальмара использовали весовой метод. Определение содержания воды, белка, липидов и минеральных веществ, а также фракционного состава сушеной продукции проводили стандартными методами согласно ГОСТ 7636 «Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа». Определение фракционного состава высушенной продукции проводили методом, основанном на фракционировании частиц, просеиванием

ее через сито и определении масс фракций взвешиванием. Массовую долю воды определяли высушиванием до постоянной массы, белка – макрометодом Къельдаля, минеральных веществ – сжиганием в муфельной печи. Определение содержания липидов проводили на аппарате Сокслета.

Статистическую обработку полученных результатов осуществляли на основе подсчета средних значений величин и арифметической ошибки. Для обработки полученных данных и построения графических зависимостей использовали операционную систему Microsoft Windows 10 и программное обеспечение Microsoft Office 2010 (в т. ч. Word 2010, Excel 2010). Арифметические величины в данной работе представлены средними значениями, надежностью (P) которых 0,95 при доверительном интервале (D) $\pm 10\%$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для обоснования целесообразности использования покровных тканей кальмара в пищевых технологиях необходимо было оценить объем образующихся при переработке кальмара отходов (кожи). С этой целью весовым методом были проведены исследования массового состава кальмара.

Проведенная оценка соотношения кожи кальмара к массе кальмара (табл. 1) показала, что массовая доля кожи при раз-

делке кальмара составляет: для командорского кальмара – 13% от массы филе с кожей кальмара, для тихоокеанского – 9%. При существующем вылове командорского и тихоокеанского кальмаров, достигающем 215 тыс. тонн в год, на переработку может направляться до 12,8 тыс. тонн кожи кальмара, что весьма значительно и может представлять большой интерес для рыбоперерабатывающих предприятий при условии разработки и внедрения экономически выгодных технологий переработки кожи.

Перспективным направлением является использование кожи кальмара для обогащения пищевых продуктов, обладающих низкой биологической ценностью. С целью изучения перспектив использования кожи кальмаров в качестве биологически активной добавки были проведены исследования химического состава покровных тканей кальмаров (табл. 2).

Как видно из результатов исследований химического состава, представленных в таблице 2, покровные ткани кальмаров содержат значительное количество белка – 14,5% в коже тихоокеанского кальмара и 14,2% – в коже командорского, что говорит о целесообразности использования покровных тканей в качестве источника полноценного животного белка при обогащении продуктов. Массовая доля липидов в коже незначительна и достигает 4%.

Таблица 1. Расчет возможного выхода кожи от разделки кальмаров при существующих объемах вылова

Table 1. Calculation of the possible skin yield from cutting squid at the existing catch volumes

Вид сырья	Средний вылов в год, тыс. тонн	Массовая доля филе с кожей от массы кальмара, %	Возможный выход филе с кожей, тыс. тонн в год	Массовая доля кожи от массы филе с кожей, %	Возможный выход кожи при разделке, тыс. тонн в год
Командорский кальмар	110	52	57,2	13	7,5
Тихоокеанский кальмар	105	56	58,8	9	5,3
ИТОГО	215		116		12,8

Таблица 2. Химический состав покровных тканей кальмаров, погрешность $\pm 10\%$ Table 2. Chemical composition of squid integumentary tissues, measurement error $\pm 10\%$

Наименование показателя	Покровные ткани кальмара	
	тихоокеанского	командорского
Массовая доля воды, %	79,6	80,7
Массовая доля минеральных веществ, %	2,5	2,0
Массовая доля белка, %	14,5	14,2
Массовая доля липидов, %	4,0	3,6

Следующим по содержанию классом веществ являются минеральные вещества – в коже тихоокеанского кальмара их массовая доля составляет 2,5%, а командорского – 2,0. Также надо отметить, что покровные ткани кальмара значительно обводнены – содержание воды колеблется в пределах 80%. Очевидно, при разработке технологии биологически активной добавки необходимо предусмотреть технологические приемы, уменьшающие содержание воды в продукте, например высушивание. С целью снижения обводненности кожи кальмара, а также увеличения сроков хранения предложено проводить сушку кожи кальмаров инфракрасными лучами. Сушка, то есть удаление влаги, является наиболее распространенным и рациональным способом длительно сохранить продукт. Главным достоинством процесса сушки инфракрасными лучами продуктов является более высокая скорость удаления влаги в сравнении с конвективной или кондуктивной (контактной) сушкой. При сушке инфракрасными лучами ($\lambda = 0,77\text{--}3,5$ мкм) к материалу подводится тепловой поток больше, чем при конвективной, это приводит к увеличению скорости. Такое ускорение объясняется тем, что лучистый поток тепла проникает частично внутрь поверхности тел на глубину до 7,0 мм. Лучи, проникая в структуру тела, полностью поглощаются вследствие ряда отражений. Коротковолновые инфракрасные лучи оказывают более сильное воздействие на про-

дукты за счет как большей глубины проникновения, так и более эффективного воздействия на молекулярную структуру [Вольф, Цисис, 1995]. Дополнительное преимущество использования инфракрасной сушки в технологии пищевого обогатителя заключается в возможности достижения стерилизующего эффекта при таком виде сушки, уменьшении количества бактерий и грибковых колоний. Расход энергии при инфракрасной сушке в 2–3 раза меньше энергии на единицу времени по сравнению с другими способами.

Сушку осуществляли в электросушилке инфракрасного излучения ЭСБИК-1,25/220 «Икар». Процесс проходил при постоянном движении нагретого тэнами воздуха со скоростью 0,5–1,0 м/с, в тонком, не более 6 мм, слое кожи. Температура продукта при сушке не превышала 55°C с учетом температур коагуляции коллагена тканей, а также для предотвращения спекания и пригорания продукта, разрушения термолабильных аминокислот и витаминов.

Кожу кальмаров тихоокеанского и командорского раскладывали в сушилке «Икар» тонким слоем и сушили при температурах 35, 40, 45, 50 и 55°C в течение 7 ч. Каждый час в продукте определяли массовую долю влаги. Начальное содержание воды в сырой коже кальмаров составляло 79–80%. Определение массовой доли воды проводили согласно ГОСТ 7636 высушиванием при температуре 105°C до

постоянной массы. Кривые сушки кожи кальмаров тихоокеанского и командорского представлены на рис. 1–5. Целевая конечная массовая доля воды – 10–12%. Та-

кое содержание воды позволит существенно замедлить процессы окисления, значительно продлив сроки годности разрабатываемого продукта.

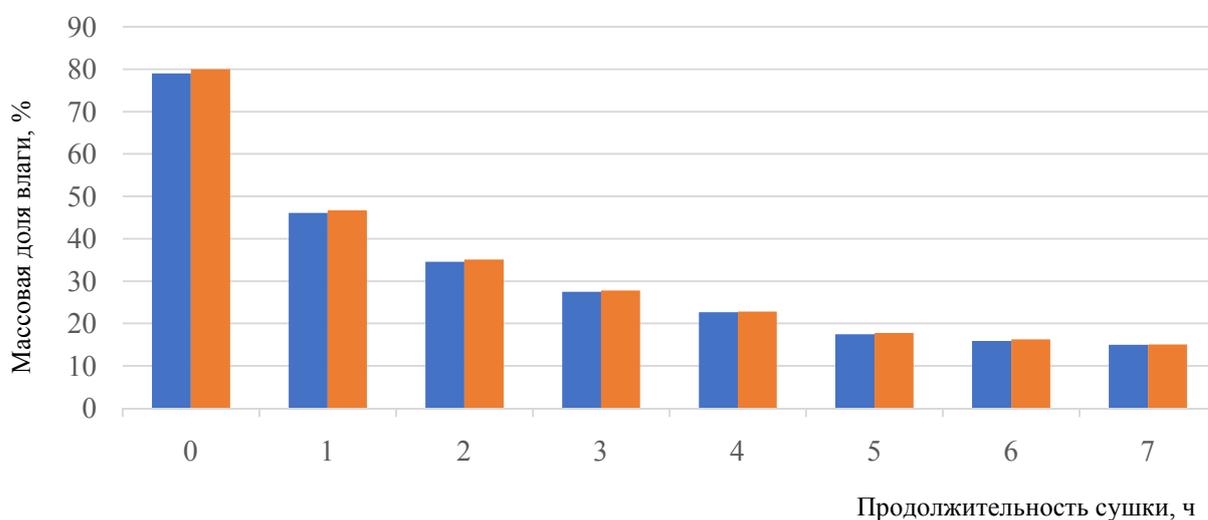


Рис. 1. Зависимость массовой доли влаги от продолжительности сушки кожи кальмаров ■ тихоокеанского ■ командорского при температуре 35°C, погрешность $\pm 10\%$

Fig. 1. Dependence of the mass fraction of moisture on the duration of drying of the skin of ■ Pacific ■ Commander squid at a temperature of 35°C, measurement error $\pm 10\%$

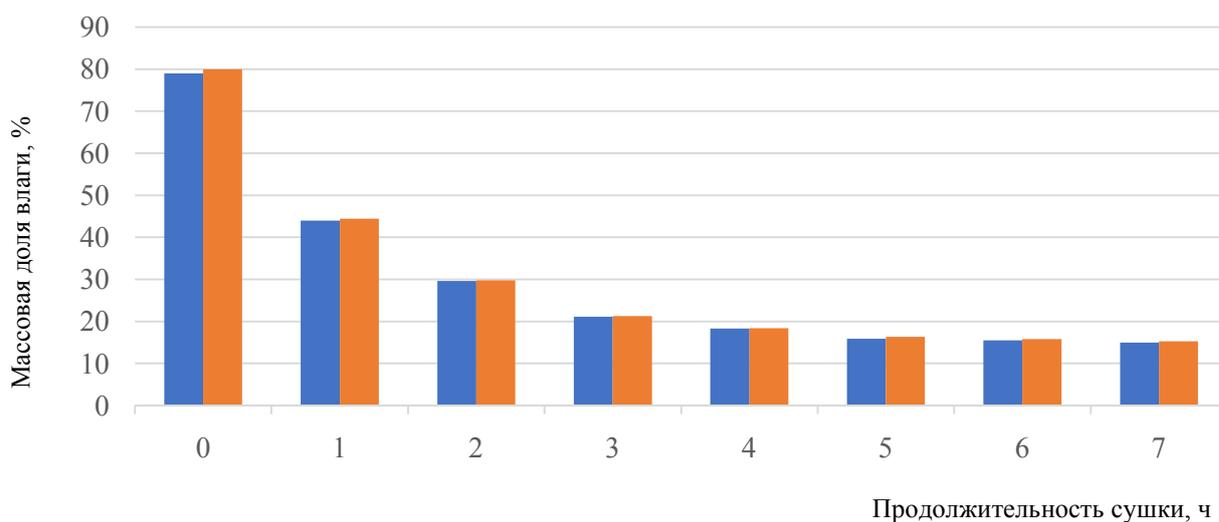


Рис. 2. Зависимость массовой доли влаги от продолжительности сушки кожи кальмаров ■ тихоокеанского ■ командорского при температуре 40°C, погрешность $\pm 10\%$

Fig. 2. Dependence of the mass fraction of moisture on the duration of drying of the skin of ■ Pacific ■ Commander squid at a temperature of 40°C, measurement error $\pm 10\%$

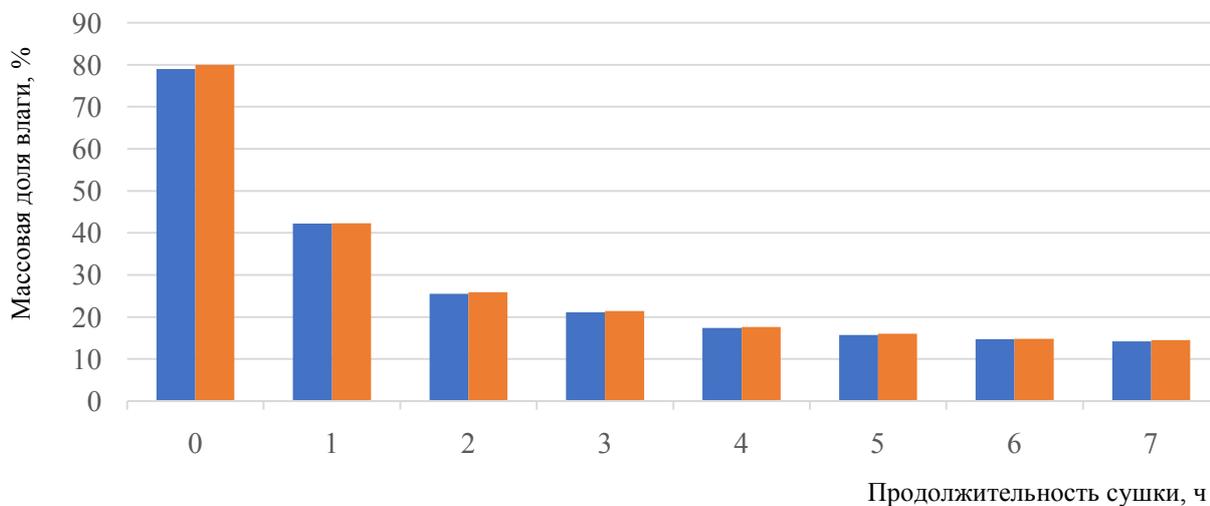


Рис. 3. Зависимость массовой доли влаги от продолжительности сушки кожи кальмаров ■ тихоокеанского ■ командорского при температуре 45°C, погрешность ±10%

Fig. 3. Dependence of the mass fraction of moisture on the duration of drying of the skin of ■ Pacific ■ Commander squid at a temperature of 45°C, measurement error ±10%

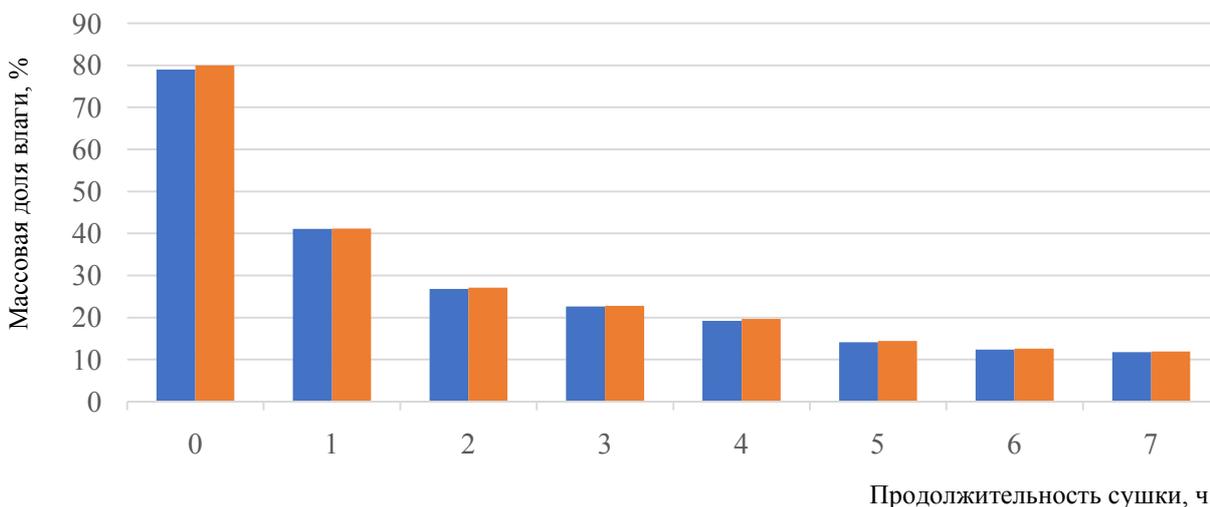


Рис. 4. Зависимость массовой доли влаги от продолжительности сушки кожи кальмаров ■ тихоокеанского ■ командорского при температуре 50°C, погрешность ±10%

Fig. 4. Dependence of the mass fraction of moisture on the duration of drying of the skin of ■ Pacific ■ Commander squid at a temperature of 50°C, measurement error ±10%

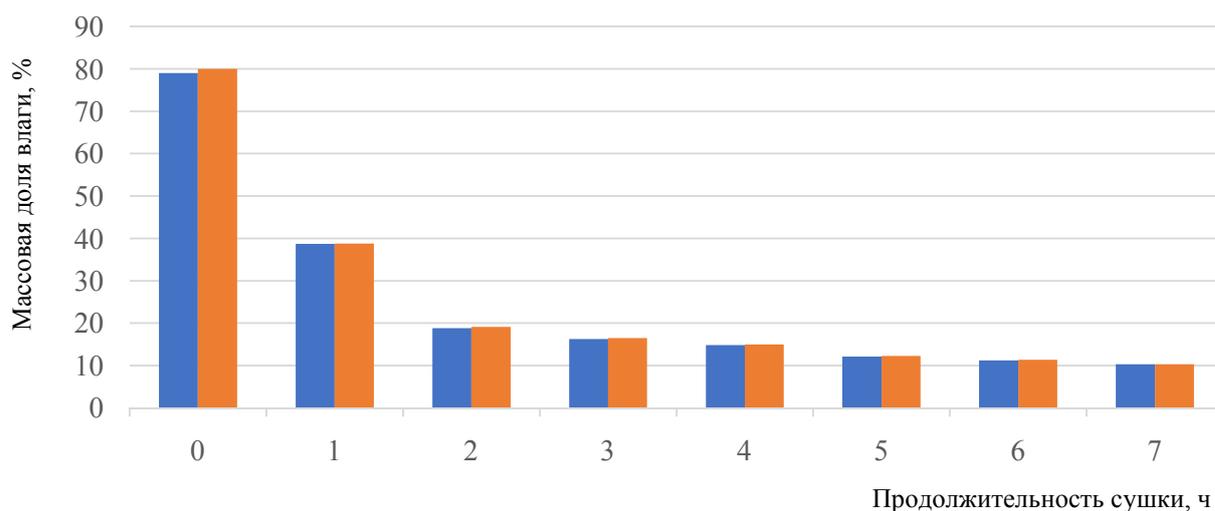


Рис. 5. Зависимость массовой доли влаги от продолжительности сушки кожи кальмаров ■ тихоокеанского ■ командорского при температуре 55°C, погрешность ±10%

Fig. 5. Dependence of the mass fraction of moisture on the duration of drying of the skin of ■ Pacific ■ Commander squid at a temperature of 55°C, measurement error ±10%

Как видно из результатов исследований, снижение содержания воды в коже кальмаров при температурах 35, 40, 45 и 50°C происходило плавно. В течение исследуемой продолжительности сушки (7 ч) так и не удалось достигнуть целевого значения массовой доли влаги (10–12%) при температурах 35, 40 и 45°C. За 6 ч сушки при температуре 50°C удалось достигнуть влажности 12,4% в коже тихоокеанского кальмара и 12,6% – командорского. При температуре 55°C сушка проходила значительно интенсивнее – уже через 2 ч массовая доля воды в коже значительно снизилась, а через 5 ч достигла 12,1% в коже тихоокеанского кальмара и 12,3% – командорского. На основании полученных результатов рациональным параметром сушки установлена температура 55°C. Именно при этой температуре удастся достичь искомой влажности за минимальный промежуток времени, избегая при этом коагуляции коллагена, разрушения термолабильных аминокислот и витаминов, а также спекания и пригорания продукта.

Математическая обработка полученных данных позволила получить уравне-

ния регрессии, описывающие процесс сушки кожи двух видов кальмаров: тихоокеанского и командорского при различных температурах. Уравнение регрессии, описывающие зависимость массовой доли воды от продолжительности сушки при различных температурах кожи кальмара тихоокеанского, имеет вид:

$$y = 55,0514 - 4,2993x_1 - 0,3589x_2, \quad (1)$$

где y – массовая доля воды в коже кальмара, %;

x_1 – продолжительность сушки, ч;

x_2 – температура сушки, °C.

Уравнение регрессии, описывающие зависимость массовой доли воды от продолжительности сушки при различных температурах кожи кальмара командорского, имеет вид:

$$y = 55,6886 - 4,3136x_1 - 0,3663x_2. \quad (2)$$

Анализируя полученные уравнения, можно сделать вывод, что увеличение продолжительности сушки на 1 ч в среднем приводит к снижению массовой доли

воды в коже кальмара тихоокеанского на 4,299%, командорского – на 4,314%, а при увеличении температуры сушки на 1°C влажность покровных тканей снижается в среднем для кальмара тихоокеанского на 0,359%, командорского – на 0,366%.

Высушенную кожу измельчали до порошкообразного состояния с целью удобства последующего применения. Для этого после охлаждения высушенной кожи до температуры 20–22°C крупные куски разрезали, а затем измельчали при помощи шаровой мельницы в течение 1–2 минут. Определение фракционного состава высушенной продукции проводили согласно ГОСТ 7636. Просеивание проводили последовательно через сита с отверстиями диаметрами 1,0; 0,7; 0,5; 0,25 мм. Остаток крупных частиц на сите переносили в тарированные стаканы и взвешивали. Масса остатка в г, выраженная в процентах от общей массы пробы, характеризует крупность помола. Внешний вид полученных порошков представлен на рисунке 6.

Как видно из рисунка 6, полученные порошки имеют неоднородную структуру со значительным включением крупных частиц. Результаты определения процентного соотношения схода частиц после про-

сеивания сушеного порошка из кожи двух видов кальмаров представлены в таблице 3. На рисунке 7 приведен фракционный состав порошка из кожи двух видов кальмаров в зависимости от крупности частиц. Измельченный порошок высушенной кожи кальмара содержал 2–3% частиц размером 0,7–1,0 мм, 11–12% – частиц размером 0,5–0,7 мм, 85–87% – размером до 0,5 мм.

Установлено, что при измельчении частиц до размера менее 0,5 мм порошок имеет темно-розовый цвет без коричневого оттенка, а также однородную, без комков структуру. Внешний вид фракций полученных порошков с размером частиц менее 0,5 м представлен на рисунке 8.

Исходя из более высоких органолептических показателей порошка фракции с размером менее 0,5 мм, с учетом необходимости максимального измельчения для достижения равномерного распределения обогатителя при внесении в пищевые продукты, а также учитывая наибольшую долю этой фракции в общей пробе (85–87%), сделан вывод о необходимости просеивания порошка после измельчения через сито с размером отверстий 0,5 мм, с повторным измельчением схода до размера частиц менее 0,5 мм.



Рис. 6. Внешний вид сушеных порошков из кожи двух видов кальмаров: *a* – тихоокеанского, *б* – командорского

Fig. 6. Appearance of dried powders from the skin of two types of squid: *a* – Pacific, *b* – commander's

Таблица 3. Сход частиц сушеных порошков из кожи двух видов кальмаров, % от общей массы пробы

Table 3. The collection of particles of dried powders from the skin of two types of squid, % of the total mass of the sample

Вид кальмара	Диаметр ячеек сита, мм			
	1,0	0,7	0,5	0,25
Командорский	0	3	12	0
Тихоокеанский	0	2	11	0

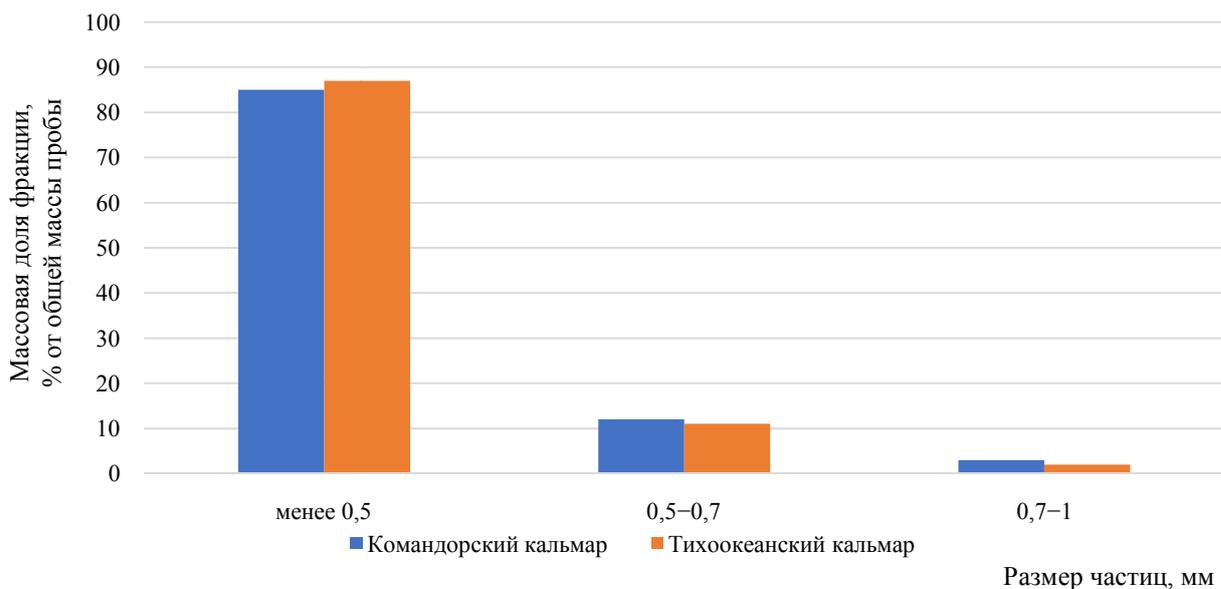


Рис. 7. Фракционный состав сушеного порошка из кожи двух видов кальмаров

Fig. 7. The fractional composition of dried powder from the skin of two types of squid



Рис. 8. Внешний вид фракций сушеных порошков из кожи двух видов кальмаров с размером частиц менее 0,5 мм: *a* – тихоокеанского, *б* – командорского

Fig. 8. The appearance of the fractions of dried powders from the skin of two types of squid with a particle size of less than 0.5 mm: *a* – Pacific, *b* – commander

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований массового состава кальмаров тихоокеанского и командорского установлено, что массовая доля кожи при разделке кальмара весьма значительна и достигает для командорского кальмара 13% от массы филе с кожей кальмара, а для тихоокеанского – 9%.

Изучение химического состава кожи свидетельствует о ее высокой биологической ценности. Показано, что кожа кальмаров является высокобелковым сырьем – содержание белка в покровных тканях кальмаров командорского и тихоокеанского соответственно достигает 14,2–14,5%. Также установлено наличие в коже липидов – до 4% и минеральных веществ – до 2,5%.

С учетом существующего вылова командорского и тихоокеанского кальмаров, достигающего 215 тыс. тонн в год, на переработку для производства биологически активных добавок возможно направить до 12,8 тыс. тонн кожи кальмаров, что весьма значительно и может представлять большой интерес для рыбоперерабатывающих предприятий. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности разработки технологии производства биологически активной добавки из кожи кальмаров.

С учетом высокой обводненности кожи кальмаров, достигающей 80%, предложено для сохранения нативных свойств в течение длительного времени снизить содержание воды в коже сушкой инфракрасными лучами. На основании полученных данных о влиянии продолжительности и температуры сушки на влажность покровных тканей кальмаров, с учетом влияния температуры сушки на коагуляцию коллагена и разрушение термолabileльных аминокислот и витаминов, обоснованы рациональные режимы сушки – температура 55°C, продолжительность 5 ч, конечная влажность

кожи 12%, а также составлены уравнения регрессии, описывающие зависимость массовой доли воды от продолжительности сушки при различных температурах.

С целью удобства последующего применения предложено измельчать полученный продукт до порошкообразного состояния. Показано, что для получения продукта с высокими органолептическими показателями необходимо просеивать порошок, после измельчения, через сито с размером отверстий 0,5 мм, с повторным измельчением схода до размера частиц менее 0,5 мм.

Разработанные режимы позволяют получать из кожи кальмаров тихоокеанского и командорского сушеный порошкообразный продукт с высокими органолептическими показателями, перспективный для использования в качестве биологически активной добавки. Для установления биологической ценности и сроков годности новой продукции необходимы дополнительные исследования, после чего более ясными станут перспективы использования добавки из кожи кальмаров в качестве обогащающего компонента пищи.

ЛИТЕРАТУРА

- Баштовой А.Н. 2008. Исследование отходов переработки промышленного кальмара и лососевых с целью получения кормовой продукции. *Известия ТИНРО*. Т. 154. С. 384–389.
- Беседнова Н.Н., Ковалев Н.Н., Запорожец Т.С., Кузнецова Т.А., Гажа А.К. 2016. Головоногие моллюски – источники новых антимикробных субстанций. *Антибиотики и химиотерапия*. Т. 61. № 1–2. С. 32–42.
- Быков В.П., Ионас Г.П., Головкова Г.Н., Шумкова Л.В. 1999. Справочник по химическому составу и технологиче-

- ским свойствам водорослей, беспозвоночных и морских млекопитающих. Москва: ВНИРО. 262 с.
- Вольф У., Цисис Г. 1995. Справочник по инфракрасной технике в 4 т. Т. 1. Физика ИК-излучения. Пер. с англ. Москва: МИР. 606 с.
- Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2017 году». URL: <http://15.rosпотребнадзор.ru/documents/10156/384533df-1c98-4f8d-b399-9904979be7fd/> (дата обращения: 23.05.2021).
- Гребенюк А.Ю., Матич Л.Ю., Попов В.О., Равин Н.В., Скрябин К.Г., Соколов А.В., Чулок А.А. 2014. Прогноз научно-технологического развития России: 2030. Биотехнологии. Москва: Высшая школа экономики. 48 с.
- Козырева О.Б., Слуцкая Т.Н. 1999. Обоснование условий протеолиза покровных тканей головоногих моллюсков с целью получения пищевых эмульсий. *Известия ТИНРО*. Т. 125. С. 338–343.
- Кучеренко Н.А. 2011. Научное обоснование и разработка технологии сушеных формованных продуктов из кальмара. *Автореферат диссертации ... канд. техн. наук*. Владивосток. 22 с.
- Мезенова О.Я. 2013. Биотехнология рационального использования гидробионтов. Санкт-Петербург: Лань. 416 с.
- Михлай С.А. 2010. Пищевая ценность различных видов кальмаров. *Материалы I научно-практической конференции молодых ученых «Современные проблемы изучения Мирового океана»*. С. 56–58.
- Патент № RU 2000100144 А. Способ получения фарша из щупалец кальмара. Дальневосточная государственная академия экономики и управления (Чемис Г.А., Щеникова Н.В.).
- Подкорытова А.В., Слапогузова З.В. 2007. Головоногие моллюски и их переработка. *Рыбное хозяйство*. № 3. С. 99–102.
- Распоряжение Правительства РФ от 26 ноября 2019 г. № 2798-р «Об утверждении стратегии развития рыбохозяйственного комплекса РФ на период до 2030 г. и плана мероприятий по ее реализации». URL: www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72972854/ (дата обращения: 24.02.2021).
- Старичкова Н.В., Щеникова Н.В. 2006. Липиды головоногих моллюсков. *Рыбная промышленность*. № 1. С. 28–29.
- Чемис Г.И. 2000. Обоснование и разработка технологии фаршевых полуфабрикатов из мяса кальмаров. *Автореферат диссертации ... канд. техн. наук*. Владивосток. 21 с.
- Щеникова Н.В. 1996. Обоснование рационального использования головоногих моллюсков в технологии продуктов питания. *Автореферат диссертации ... д-ра техн. наук*. Москва, 1996. 40 с.
- Щеникова Н.В., Кизеветтер И.В. 1989. Технология кулинарной продукции из нерыбного сырья водного происхождения. Москва: Агропромиздат. 166 с.
- Щеникова Н.В., Павлычева Э.В., Давыдова С.А. 1987. Жирнокислотный состав липидов мантии и печени некоторых головоногих моллюсков. *Вопросы питания*. № 6. С. 61–64.
- Brzeski M. 1980. Bezodpadowa technologia przetworstwa kalmarow. *Biulenyn. Morski Instytut Rybacki*. № 2. P. 71–73.
- Kolodziejaska I., Sadowska F., Sikorski Z. 1988. Chemiczne in iunkcyjne wlasnosci miesa kalmarow. *Przemust Spozymczy*. Vol. 25. P. 234–256.
- Krzynower J., D'Entremont D.L., Murphy J. 1989. Proximate composition and fatty acids and cholesterol content of squid,

Loligo pealei and *Illex illecebrosus*. *Journal of Food Science* Vol. 54. № 1. P. 45–48.

Sikorski Z., Kotodziejska I. 1985. Chemiczne i funkcjonalne właściwości mięsa kalmarów. *Przemysł Spożywczy*. Vol. 39. P. 380–383.

Stanley D.W., Smith A.U. 1984. Microstructure of squid muscle and its influence on texture. *Can. Inst. Food. Sci. Technol.* P. 200–213.

REFERENCES

Bashtovoy A.N. 2008. The study of waste from the processing of commercial squid and salmon in order to obtain feed products. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. Vol. 154. P. 384–389.

Besednova N.N., Kovalev N.N., Zaporozhets T.S., Kuznetsova T.A., Gaz A.K. 2016. Cephalopods are sources of new antimicrobial substances. *Antibiotiki i himioterapiya (Antibiotics and Chemotherapy)*. Vol. 61. № 1–2. P. 32–42.

Bykov V.P., Jonas G.P., Golovkova G.N., Shumkova L.V. 1999. Handbook on the chemical composition and technological properties of algae, invertebrates and marine mammals. Moscow: VNIRO. 262 p.

Wolf W., Csis G. 1995. Handbook of infrared technology in 4 volumes. Vol. 1. Physics of IR radiation: trans. from English. Moscow: MIR. 606 p.

State report “On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Russian Federation in 2017”. URL: <http://15.rosпотреbnadzor.ru/documents/10156/384533df-1c98-4f8d-b399-9904979be7fd/> (accessed: 23.05.2021).

Grebenyuk A.Yu., Matic L.Yu., Popov V.O., Ravin N.V., Scriabin K.G., Sokolov A.V., Chulok A.A. 2014. Forecast of scientific and technological development of Russia:

2030. Biotechnologies. Moscow: Higher School of Economics. 48 p.

Kozyreva O.B., Slutskaya T.N. 1999. Substantiation of the conditions of proteolysis of the integumentary tissues of cephalopods in order to obtain food emulsions. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. Vol. 125. P. 338–343.

Kucherenko N. A. 2011. Scientific substantiation and development of the technology of dried molded squid products. *Candidacy dissertation for technical sciences*. Vladivostok. 22 p.

Mezenova O.Y. 2013. Biotechnology of rational use of hydrobionts. St.-Petersburg: Lan'. 416 p.

Mikhlay S.A. 2010. Nutritional value of various types of squid. *Materials of the first scientific and practical conference of young scientists “Modern problems of studying the world Ocean”*. P. 56–58.

Patent № RU 2000100144 A. A method for obtaining minced meat from squid tentacles. *Far Eastern State Academy of Economics and Management (Chemis G.A., Shchenikova N.V.)*.

Podkorytova A.V., Slapoguzova Z.V. 2007. Cephalopods and their processing. *Fisheries*. № 3. P. 99–102.

Decree of the Government of the Russian Federation No. 2798-r of November 26, 2019 “On approval of the strategy for the development of the Fisheries Complex of the Russian Federation for the period up to 2030 and the action plan for its implementation”. URL: www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72972854/ (accessed: 24.02.2021).

Starichkova N.V., Shchenikova N.V. 2006. Lipids of cephalopods. *Rybnaja promyshlennost (The Fishing Industry)*. № 1. P. 28–29.

Chemis G.I. 2000. Justification and development of the technology of minced semi-finished products from squid meat.

- Candidacy dissertation for technical sciences*. Vladivostok. 21 p.
- Shchenikova N.V. 1996. Rationale for the rational use of cephalopods in food technology. *Doctoral dissertation for technical sciences*. Moscow, 1996. 40 p.
- Shchenikova N.V., Kizevetter I.V. 1989. Technology of culinary products from non-fish raw materials of water origin. Moscow: Agropromizdat. 166 p.
- Shchenikova N.V., Pavlycheva E.V., Davydova S.A. 1987. Fatty acid composition of lipids of the mantle and liver of some cephalopods. *Voprosy pitaniya (Problems of Nutrition)*. № 6. P. 61–64.
- Brzeski M. 1980. Bezodpadowa technologia pretworstwa kalmarow. *Biuleny. Morski Instytut Rybacki*. № 2. P.71–73.
- Kolodziejska I., Sadowska F., Sikorski Z. 1988. Chemiczne i funkcjonalne wtasci wosci miesa kalmarow. *Przemust Spozymczy*. Vol. 25. P. 234–256.
- Krzynower J., D'Entremont D.L., Murphy J. 1989. Proximate composition and fatty acids and cholesterol content of squid, *Loligo pealei* and *Illex illecebrosus*. *Journal of Food Science*. Vol. 54. № 1. P. 45–48.
- Sikorski Z., Kotodziejska I. 1985. Chemiczne i funkcjonalne wtasciwosci miesa kalmarow. *Przemust Spozymczy*. Vol. 39. P. 380–383.
- Stanley D.W., Smith A.U. 1984. Microstructure of squid muscle and its influence on texture. *Can. Inst. Food. Sei. Techol.* P. 200–213.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATIONS ABOUT THE AUTHORS

Благонравова Майя Владимировна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии пищевых производств»; mblagonravova@mail.ru. SPIN-код: 6628-4016, Author ID: 652574.

Blagonravova Maya Vladimirovna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food Production Technologies; mblagonravova@mail.ru. SPIN code: 6628-4016, Author ID: 652574.

Самохин Александр Викторович – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; аспирант кафедры «Технологии пищевых производств»; alexandersamohin123@gmail.com.

Samokhin Alexander Viktorovich – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Postgraduate Student of the Department of Food Production Technologies; alexandersamohin123@gmail.com.

УДК 598.2:639.2.081.117.21

DOI: 10.17217/2079-0333-2021-57-44-53

ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МОРСКИХ ПТИЦ С ОРУДИЯМИ ЛОВА НА ПРОМЫСЛЕ МИНТАЯ И СЕЛЬДИ В ОХОТСКОМ МОРЕ В ЗИМНЕ-ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД 2020 г.

Артюхин Ю.Б.

Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, проспект Рыбаков, 19а.

Исследования проводили на борту крупнотоннажного траулера в северной части Охотского моря в феврале – мае 2020 г. В течение 763 сеансов наблюдений (374,4 ч) зарегистрировано 488 контактов птиц (в основном глупышей) с оснасткой трала (ваерами и кабелем прибора контроля трала). Все столкновения оказались легкими, без летальных исходов. Распределение значений частоты столкновений сильно различалось по промысловым районам. В сравнении с аналогичными данными 2015 г. подтверждена зависимость частоты столкновений глупышей с орудиями лова от их численности около траулера. В то же время не обнаружены установленные ранее связи частоты контактов с интенсивностью сбросов отходов обработки уловов и с направлением ветра относительно курса судна. Предположительно эти межгодовые различия обусловлены более сложной ледовой обстановкой в 2020 г.

Ключевые слова: минтай, морские птицы, Охотское море, прилов, траловый промысел.

SEABIRD INTERACTIONS WITH FISHING GEAR IN POLLOCK AND HERRING FISHERY IN THE SEA OF OKHOTSK DURING WINTER-SPRING 2020

Artukhin Yu.B.

Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Rybakov Prospect 19a.

The studies were carried out aboard the large freezing-processing trawler in the northern part of the Sea of Okhotsk in February – May 2020. During 763 observation rounds (374.4 hours), 488 contacts of seabirds (mostly northern fulmars) with trawl wires were recorded. The fulmars were equally often in contact with left warp and depth sounder cable (1.2 times per hour). All strikes were light and non-lethal. Frequency of contacts with wires varied greatly by the fishery districts. Much more strikes with wires were observed in the East Sakhalin subzone (7.3/hour for fulmars) than in the West Kamchatka (0.1) and Northern Okhotsk (0.0) districts. In comparison with similar data from 2015, the dependence of contact frequency for fulmars with fishing gear on their abundance near the trawler was confirmed. At the same time, the previously established relationships between the frequency of contacts and intensity of waste discharges after fish processing and wind direction relative to the vessel course were not found. Presumably, these interannual differences are due to more complex ice conditions in 2020, as a result of which 66% of trawling took place in ice-covered areas (in 2015 – only 11%). Under these conditions, fishermen use methods of deepening wires closer to the ship stern in order to avoid damage by ice floes, which significantly reduces the zone of potential collisions of birds with trawl wires.

Key words: Pollock, seabirds, the Sea of Okhotsk, by-catch, trawl fishery.

ВВЕДЕНИЕ

Среди орудий лова, применяемых в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне, тралы занимают ведущее место [Балыкин и др., 2014]. Основными объектами тралового промысла являются минтай *Theragra chalcogramma* и сельдь *Clupea pallasii*. Вокруг траулеров, производящих значительное количество отходов обработки уловов, постоянно образуются массовые скопления морских птиц, в основном трубконосых и чайковых. Результаты первых исследований, выполненных нами в Охотоморской минтаевой экспедиции зимой 2015 г. [Артюхин, 2018, 2019в] и нашими коллегами в Беринговом море в летне-осенний период 2020 г. [Korobov, Glushchenko, 2020; Коробов, Глущенко, 2021], показывают, что, с одной стороны, траловый промысел поддерживает отходами обработки уловов жизнедеятельность многих морских птиц, с другой – данное орудие рыболовства представляет угрозу для жизни птиц. Однако в целом влияние тралового промысла на состояние популяций морских птиц в российских морях пока слабо изучено. В связи с этим в 2020 г. мы продолжили изучение этой проблемы в Охотском море по программе исследований, разработанной нами в 2015 г. Работы проходили на борту траулера такого же проекта с аналогичным промысловым оборудованием и снаряжением. Тем не менее результаты наблюдений, выполненных в течение двух промысловых сезонов, оказались неидентичными. Данные, полученные в 2020 г., дополняют наши представления об особенностях взаимодействия морских птиц с траловыми орудиями лова.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в зимне-весенний период 2020 г. в северной части Охотского моря на борту БМРТ «Анива»

(ЗАО «Остров Сахалин», холдинг АО «Гидрострой») главным образом на специализированном промысле минтая. Наблюдения вели каждые судо-сутки на лову с 19 февраля по 8 марта в Западно-Камчатской рыболовной подзоне, с 9 марта по 9 апреля – в Северо-Охотоморской подзоне и затем до окончания работ 15 мая – в Восточно-Сахалинской подзоне, за исключением периода с 21 по 30 апреля, в течение которого возвращались в Западно-Камчатскую подзону для лова сельди. Траулер был оснащен типичным для данного типа судов промысловым оборудованием. Использовали два разноглубинных трала марки «Атлантика» 1 240 и 172/784 м, прибор контроля трала – ИГЭК (измеритель глубины эхолотный кабельный) был представлен моделью «Simpad SX-90».

Для сбора информации об особенностях поведения птиц во время операций с тралом использовали подходы, разработанные при выполнении аналогичных работ в других районах Мирового океана и успешно адаптированные к условиям Охотоморской минтаевой экспедиции в 2015 г. [Артюхин, 2019в]. Учет контактов с орудиями лова и оценку численности вели отдельно для глупыша *Fulmarus glacialis*, крупных белоголовых чаек *Larus* sp. и мевки *Rissa tridactyla*. При анализе результаты наблюдений по группе *Larus* sp. и мевке были объединены (чайковые птицы). Всего с целью изучения закономерностей взаимодействия морских птиц с траловыми орудиями лова в рейсе на БМРТ «Анива» в феврале – мае 2020 г. выполнено 763 сеанса наблюдений общей продолжительностью 374,4 ч (табл. 1).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На судах типа БМРТ во время траления ваеры погружаются в воду на расстоянии примерно 10 м от кормы судна, а кабель прибора контроля трала – в среднем

30 м, поэтому за кормой создается зона шириной 8 м (расстояние между ваерами) и протяженностью до 30 м, при нахождении в которой птицы подвергаются опасности столкновения с тросами (рис. 1, а) [Артюхин, 2019в]. При работе в ледовых условиях рыбаки используют специальные приспособления, чтобы не повредить тросы о льдины. Так, на БМРТ «Анива» на кабель ИГЭК навешивали парные грузы через блок на поводке, в результате чего дистанция погружения кабеля в воду сокращалась на порядок – до 3–4 м от кормы. В плотных льдах, кроме того, прибегали к

стяжке ваеров – притягивали их ближе друг к другу лебедками с помощью закрепленных на ваерах отводящих блоков, отчего ширина между ваерами сокращалась до 3–4 м, а расстояние погружения в воду от кормы становилось не более 8 м (рис. 1, б). При использовании таких приспособлений вероятность контактов птиц с тросами многократно уменьшается. Регулярное заглубление кабеля эхолота, который представляет наибольшую опасность, предлагается использовать в качестве одного из способов сокращения смертности птиц на траловом промысле [Артюхин, 2019б].

Таблица 1. Количество и суммарная продолжительность (ч) сеансов наблюдений за взаимодействиями морских птиц с траловыми орудиями лова, выполненных на борту БМРТ «Анива» в феврале – мае 2020 г. (С-О – Северо-Охотоморская подзона, З-К – Западно-Камчатская подзона, В-С – Восточно-Сахалинская подзона)

Table 1. Number and total duration (hours) of observation rounds for seabird interactions with trawl fishing gear conducted aboard the BMRT “Aniva” in February – May 2020 (C-O – Northern Okhotsk subzone, Z-K – West Kamchatka subzone, B-C – East Sakhalin subzone)

Стадия промысловой операции	Рыболовная подзона							
	С-О		З-К		В-С		Всего	
	<i>n</i>	<i>t</i>	<i>n</i>	<i>t</i>	<i>n</i>	<i>t</i>	<i>n</i>	<i>t</i>
Постановка	60	20,1	38	14,0	41	15,0	139	49,1
Траление	174	85,2	143	69,3	158	75,4	475	229,9
Выборка	60	38,2	46	29,7	43	27,5	149	95,4
ИТОГО	294	143,5	227	113,0	242	117,9	763	374,4

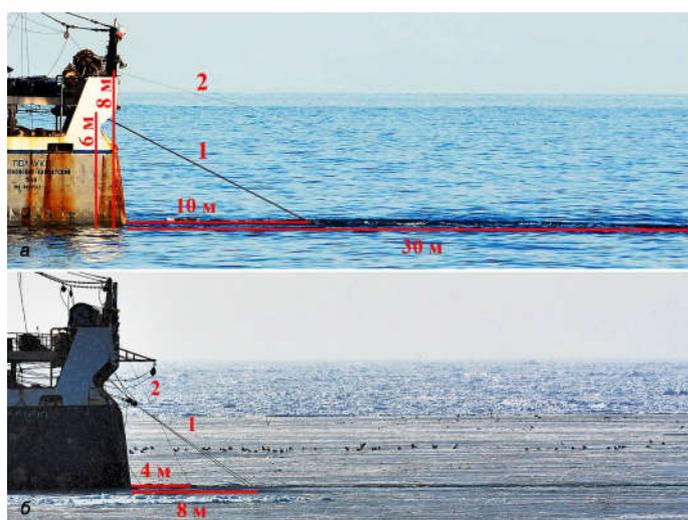


Рис. 1. Расположение ваеров (1) и кабеля ИГЭК (2) на судах типа БМРТ при тралениях на открытой воде (а) и в ледовых условиях (б)

Fig. 1. Position of warps (1) and depth sounder cable (2) for large freezing-processing trawlers during trawling in ice-free (a) and ice-covered conditions (b)

В 2020 г. в период наших наблюдений судно работало преимущественно в ледовых полях, поэтому рыбаки регулярно использовали способы, предохраняющие от повреждения тросов о льдины – заглубление кабеля эхолота и стяжку ваеров. Лишь одна треть тралений (34,0%) была выполнена на открытой воде без этих приспособлений (табл. 2). Данная ситуация существенно отличалась от условий, в которых мы проводили исследования в 2015 г. [Артюхин, 2019в], когда лов вели преимущественно на свободной ото льда акватории (88,9% времени тралений).

За 763 сеанса наблюдений всего зарегистрировано 488 контактов птиц с орудиями лова. Все они произошли на стадии траления, за исключением единственного легкого столкновения глупыша с кабелем ИГЭК во время выборки трала в Восточно-Сахалинской подзоне. Не было ни одного случая контактов птиц с канатно-сетной частью трала, а также смертельных попаданий в сеть или под куток трала на палубе. Все 488 столкновений с тросами оказались легкими; тяжелые контакты, повлекшие гибель птиц, не отмечены (табл. 3).

Таблица 2. Продолжительность (ч) сеансов наблюдений за взаимодействиями морских птиц с тросами (ваерами и кабелем ИГЭК) на стадии траления БМРТ «Анива» на открытой воде и в ледовых условиях в феврале – мае 2020 г. (С-О – Северо-Охотоморская подзона, З-К – Западно-Камчатская подзона, В-С – Восточно-Сахалинская подзона)

Table 2. Duration (hours) of observation rounds for seabird interactions with wires (warps and depth sounder cable) conducted aboard the BMRT “Aniva” at the stage of trawling in ice-free and ice-covered areas in February – May 2020 (C-O – Northern Okhotsk subzone, Z-K – West Kamchatka subzone, B-C – East Sakhalin subzone)

Состояние акватории (положение ваеров и кабеля ИГЭК)	Рыболовная подзона			Всего	
	С-О	З-К	В-С	Абс.	%
Открытая вода (без стяжки ваеров и заглубления кабеля ИГЭК)	2,3	42,3	33,6	78,2	34,0
Ледовые условия (заглубление кабеля ИГЭК)	21,8	5,7	31,7	59,2	25,8
Ледовые условия (стяжка ваеров и заглубление кабеля ИГЭК)	61,1	21,3	10,1	93,5	40,2
ИТОГО	85,2	69,3	75,4	229,9	100,0

Таблица 3. Количество столкновений морских птиц с тросами (ваерами и кабелем ИГЭК) на стадии траления по наблюдениям на борту БМРТ «Анива» в феврале – мае 2020 г.

Table 3. Number of seabird contacts with wires (warps and depth sounder cable) at the stage of trawling observed aboard the BMRT “Aniva” in February – May 2020

Вид троса	Тип взаимодействия	Глупыш	Чайковые птицы	Всего	Контактов/ч	
					Mean	SE
Правый ваер	Легкий на плаву	9	0	9	0,06	0,05
	Легкий в полете	12	1	13	0,08	0,06
	Итого	21	1	22	0,14	0,11
Левый ваер	Легкий на плаву	133	0	133	0,60	0,19
	Легкий в полете	118	4	122	0,59	0,25
	Итого	251	4	255	1,19	0,44
Кабель ИГЭК	Легкий на плаву	36	4	40	0,19	0,12
	Легкий в полете	165	5	170	0,99	0,46
	Итого	201	9	210	1,18	0,58
ИТОГО	Все типы	473	14	487	2,51	1,13

Известно [Melvin et al., 2011; Артюхин, 2019в; Kogobov, Glushchenko, 2020], что наибольшую опасность для птиц представляет кабель прибора контроля трала, частота столкновений птиц с которым существенно выше, чем с ваерами. Это закономерно, так как дистанция его погружения в воду втрое длиннее, чем у ваеров; к тому же он во столько же раз тоньше ваера (9,4 и 32,0 мм соответственно), что делает его менее заметным для птиц. Однако во время наших исследований в 2020 г. птицы одинаково часто контактировали с кабелем эхолота и левым ваером – в среднем по 1,2 раза в час (табл. 3), что было связано с регулярным заглублением кабеля ИГЭК при работе во льдах. Разница на порядок в частоте контактов между двумя ваерами обусловлена тем, что на судах данного типа основная масса отходов сливается через шпигаты левого борта, поэтому концентрации птиц здесь многократно выше и стабильнее, чем с противоположной стороны, где за борт поступают только сливы с рыбомучной установки.

подавляющее большинство столкновений с тросами случилось с глупышами (97,1%). Лишь 14 из 487 контактов пришлось на чайковых птиц (табл. 3), в одном случае это была тихоокеанская чайка *Larus schistisagus*, а в остальных – моевки. В 2015 г. во время сеансов наблюдений мы регулярно в малом количестве учитывали моевок у судна, но у них не было контактов с оснасткой трала. В 2020 г. исследования охватили весенний период, когда численность моевок существенно возросла; они постоянно кормились отходами у кормы судна и иногда задевали натянутые тросы. Чайковые птицы в основном избегают таких столкновений благодаря своему маневренному полету, в отличие от глупышей, у которых полет более прямой.

Глупыши контактировали с ваерами одинаково часто на плаву и на лету (142 и 130 случаев соответственно), но с кабелем ИГЭК чаще сталкивались пролетающие птицы, чем сидящие на воде во время кормления отходами (165 и 36). У чайковых зарегистрированные контакты были в основном с кабелем эхолота (4 на плаву и 5 на лету), ваеры задевали только пролетающие птицы (5 случаев).

Как и в 2015 г., распределение значений частоты столкновений птиц с тросами статистически достоверно различалось по промышленным районам (Kruskal – Wallis test: у глупышей $H = 49,038$, $df = 2$, $p < 0,001$; у чаек $H = 20,449$, $df = 2$, $p < 0,001$). Глупыши многократно чаще ударялись о тросы в Восточно-Сахалинской подзоне со средней частотой 7,25 контакта/ч (SE 2,05), чем в Западно-Камчатской (0,11 контакта/ч), и совсем избегали оснастки трала в Северо-Охотоморской подзоне (рис. 2, а). У чаек столкновения с тросами наблюдали только в Восточно-Сахалинской подзоне со средней частотой 0,22 контакта/ч (SE 0,08) (рис. 2, б).

Подобная закономерность проявилась и в показателях численности глупышей, которую мы определяли во время каждого сеанса наблюдений в пределах 100 м от кормы судна (Kruskal – Wallis test: $H = 99,310$, $df = 2$, $p < 0,001$). Кормившихся у судна птиц больше всего было на северо-востоке Сахалина – в среднем 61,9 особей (SE 9,4) и в разы меньше в двух других рыболовных подзонах (рис. 3, а). У чаек численность также значительно различалась по районам промысла (Kruskal – Wallis test: $H = 142,191$, $df = 2$, $p < 0,001$), но в отличие от глупыша их было больше в Западно-Камчатской подзоне – в среднем 98,9 особей (SE 7,9), чем в других районах (рис. 3, б).

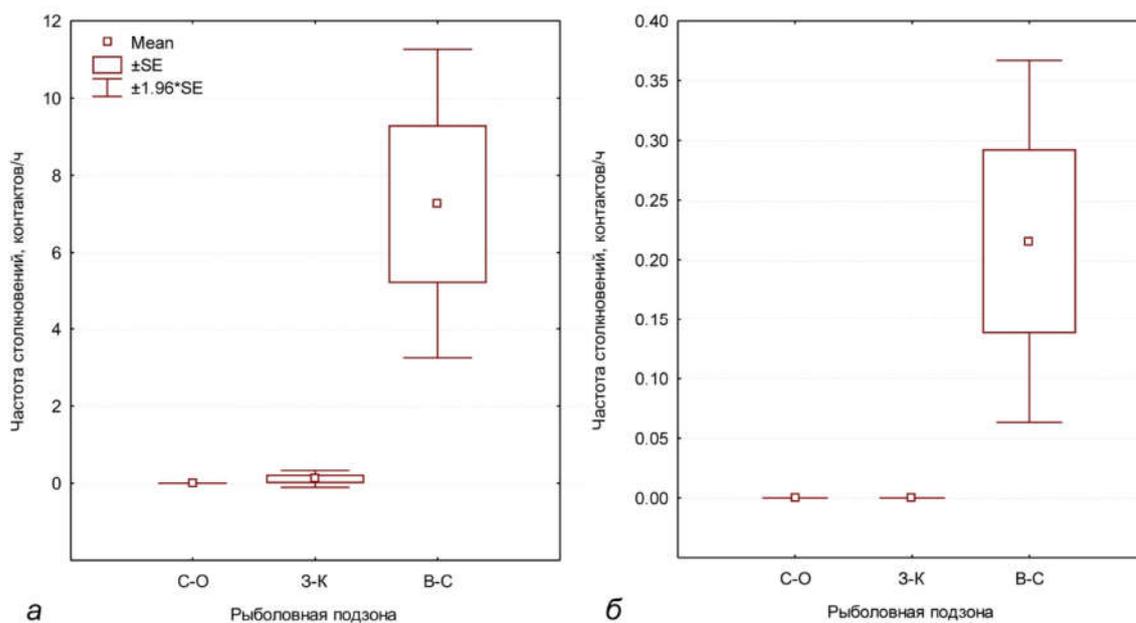


Рис. 2. Частота столкновений глупышей (а) и чайковых птиц (б) с тросами (ваерами и кабелем ИГЭЖ) на стадии траления в различных рыболовных подзонах (С-О – Северо-Охотоморская, 3-К – Западно-Камчатская, В-С – Восточно-Сахалинская)

Fig. 2. Frequency of seabird contacts with wires (warps and depth sounder cable) at the stage of trawling for northern fulmars (a) and gulls and kittiwakes (b), by fishery districts (C-O – Northern Okhotsk subzone, 3-K – West Kamchatka subzone, B-C – East Sakhalin subzone)

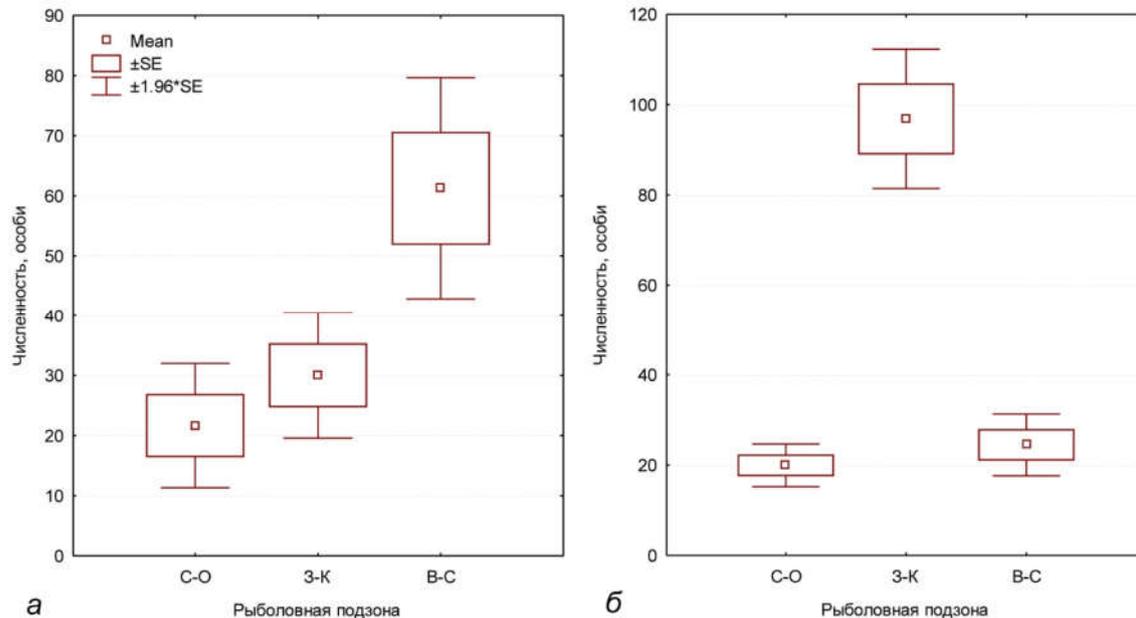


Рис. 3. Численность глупышей (а) и чайковых (б) в пределах 100 м от кормы судна во время сеансов наблюдений за столкновениями птиц с тросами (ваерами и кабелем ИГЭЖ) на стадии траления в различных рыболовных подзонах (С-О – Северо-Охотоморская, 3-К – Западно-Камчатская, В-С – Восточно-Сахалинская)

Fig. 3. Numbers of northern fulmars (a) and gulls and kittiwakes (b) within 100 m distance from the vessel stern during observations of seabird contacts with wires (warps and depth sounder cable) at the stage of trawling, by fishery districts (C-O – Northern Okhotsk subzone, 3-K – West Kamchatka subzone, B-C – East Sakhalin subzone)

Для Восточно-Сахалинской подзоны подтверждается наш вывод о тесной взаимосвязи между частотой столкновений с орудиями лова и количеством глупышей, собирающихся вокруг траулеров для кормления отходами, который был сделан по наблюдениям в Камчатско-Курильской подзоне в 2015 г. [Артюхин, 2019в]. Причем положительная корреляция прослеживается не только по результатам учетов птиц на дистанции 100 м от кормы ($R = 0,74$) (рис. 4, а). Эта закономерность становится еще более прочной, если рассматривать показатели общей численности глупышей в околосудовых скоплениях ($R = 0,80$) (рис. 4, б).

В отличие от результатов 2015 г. [Артюхин, 2019в] в 2020 г. частота взаимодействий глупышей с траловыми орудиями лова слабо зависела от интенсивности сбросов отходов из рыбозавода ($R = 0,36$). Кроме того, не удалось обнаружить связь между частотой столкновений с тросами и направлением ветра относительно курса судна (Kruskal – Wallis test: $H = 6,861$, $df = 4$, $p = 0,143$), которая была четко выражена во время наших предыдущих исследований.

Предположительно эти межгодовые различия связаны с изменениями площади

ледяного покрова. В зимний сезон 2014/15 г. в Охотском море был зарегистрирован абсолютный минимум ледовитости – 26,5% [Пищальник и др., 2016], в то время как в 2020 г. этот показатель был близок к среднемуголетнему значению и за период с февраля по март составил в среднем 44% [Варкентин, Коломейцев, 2020]. Из-за более сложной ледовой обстановки 66% времени наших наблюдений за контактами птиц с орудиями лова пришлось на траления во льдах, где рыбаки использовали приспособления для заглубления ваеров и кабеля ИГЭК во избежание повреждения их льдинами (см. табл. 2). В итоге площадь зоны потенциальных контактов птиц с оснасткой трала настолько сокращалась, что вероятность столкновений становилась минимальной (рис. 5). Кроме того, глупыши – самые многочисленные птицы в районах работы тралового флота – избегают сплошных ледовых полей и не образуют там таких крупных околосудовых скоплений, как на открытой воде. Данные обстоятельства повлияли на некоторые закономерности, которые были выявлены нами в 2015 г. по результатам наблюдений, выполненных главным образом на свободных ото льда акваториях.

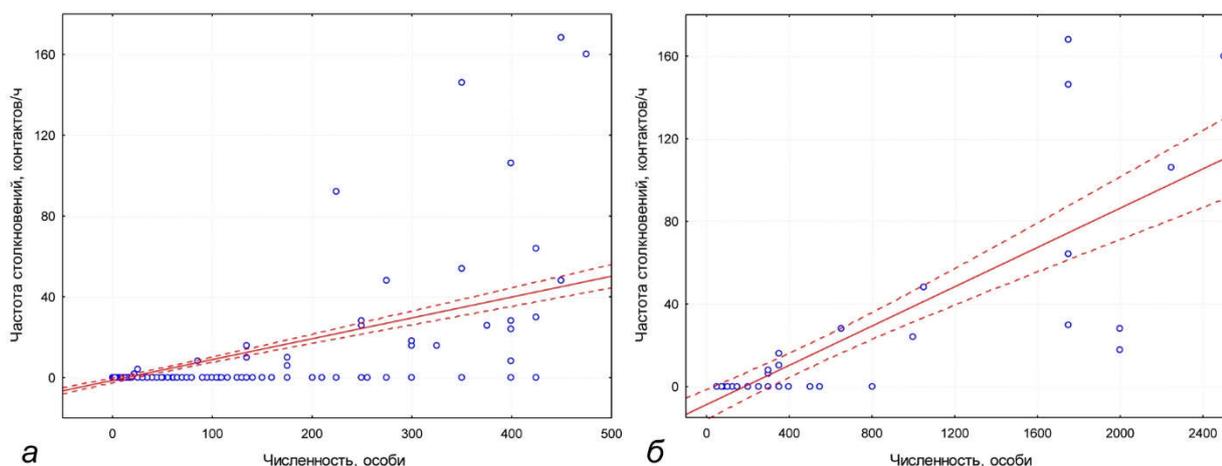


Рис. 4. Зависимость частоты столкновений глупышей с тросами (ваерами и кабелем ИГЭК) от их численности в пределах 100 м от кормы (а) и общей численности вокруг судна (б) на стадии траления в Восточно-Сахалинской подзоне

Fig. 4. Frequency of contacts of northern fulmars with wires (warps and depth sounder cable) vs their number within 100 m distance from the vessel stern (а) and their total number around the vessel (б) at the stage of trawling in the East Sakhalin subzone

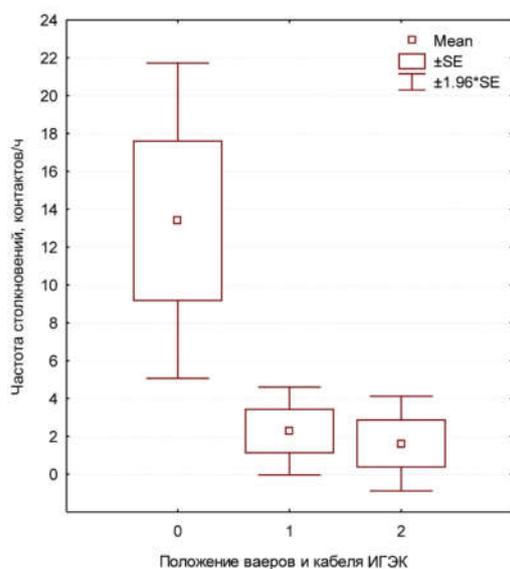


Рис. 5. Частота столкновений глупышей с тросами (ваерами и кабелем ИГЭК) на стадии траления в Восточно-Сахалинской подзоне при работе траулера на открытой воде (0 – без стяжки ваеров и заглубления кабеля ИГЭК) и во льдах (1 – заглубление кабеля ИГЭК, 2 – стяжка ваеров и заглубление кабеля ИГЭК)

Fig. 5. Frequency of contacts of northern fulmars with wires (warps and depth sounder cable) at the stage of trawling in the East Sakhalin subzone in ice-free (0 – without warp straps and submersion of depth sounder cable) and ice-covered areas (1 – submersion of depth sounder cable, 2 – warp straps and submersion of depth sounder cable)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Характер взаимодействий морских птиц с траловыми орудиями лова определяется не только свойствами их конструкции и эксплуатации, но также зависит от весьма вариабельных особенностей распространения, биологии и поведения разных видов птиц, концентрирующихся у промысловых судов, и изменяющихся условий окружающей среды. В частности, по результатам двухлетних исследований можно заключить, что в Охотском море состояние ледяного покрова влияет не только на зимовки морских птиц [Артюхин, 2019а, 2021], но и на их специфичные связи с траловым промыслом. Отсюда следует вывод, что для объективной оценки

влияния этого вида рыболовства на популяции морских птиц необходимы целенаправленные исследования в течение нескольких сезонов с широким покрытием наблюдениями промысловых усилий тралового флота.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследования выполнены в рамках договора с НКО «Ассоциация добытчиков минтая». Автор благодарит Ассоциацию в лице ее Президента А.В. Буглака, а также ЗАО «Остров Сахалин» (холдинг АО «Гидрострой») и экипаж БМРТ «Анива» (капитаны-директора Л.С. Окин и А.А. Варфоломеев) за логистическое обеспечение работ и содействие при проведении наблюдений в море.

ЛИТЕРАТУРА

- Артюхин Ю.Б. 2018. Околосудовые скопления морских птиц на зимнем траловом промысле минтая в Охотском море. *Известия ТИНРО*. Т. 193. С. 50–56.
- Артюхин Ю.Б. 2019а. Зимнее население морских птиц открытых вод Охотского моря. *Биология моря*. Т. 45. № 1. С. 8–16.
- Артюхин Ю.Б. 2019б. Мировой опыт сокращения смертности морских птиц на траловых промыслах и возможности его использования в российских условиях. *Русский орнитологический журнал*. Т. 28. Экспресс-вып. 1802. С. 3531–3542.
- Артюхин Ю.Б. 2019в. Особенности взаимодействия морских птиц с траловыми орудиями лова. *Известия ТИНРО*. Т. 197. С. 219–232.
- Артюхин Ю.Б. 2021. Население птиц Охотского моря и сопредельных вод Тихого океана и Японского моря в зимне-весенний период 2020 г. *Амурский зоологический журнал*. Т. XIII. № 2. С. 245–256.

- Балыкин П.А., Бонк А.А., Старцев А.В. 2014. Оценка состояния запасов и управление промыслом морских рыб (на примере минтая, сельди и сайры). Москва: Всемирный фонд дикой природы (WWF). 68 с.
- Варкентин А.И., Коломейцев В.В. 2020. Итоги сезона «А» охотоморской минтаевой путины 2020 года. URL: http://www.kamniro.ru/presscenter/statin1/itogi_sezona_a_ohotomorskoj_mintaevoj_putiny_2020_goda (дата обращения: 31.08.2020).
- Коробов Д.В., Глущенко Ю.Н. 2021. Результаты учетов морских птиц, проведенных с борта рыболовного судна во время промысла минтая в западном секторе Берингова моря в летне-осенний период 2020 года. *Русский орнитологический журнал*. Т. 30. Экспресс-вып. 2039. С. 889–911.
- Пищальник В.М., Романюк В.А., Минервин И.Г., Батухтина А.С. 2016. Анализ динамики аномалий ледовитости Охотского моря в период с 1882 по 2015 г. *Известия ТИНРО*. Т. 185. С. 228–239.
- Korobov D.V., Glushchenko Yu.N. 2020. Study of mid-water trawl pollock fishery impact on the status of seabird populations in the West Bering Sea zone: Unpublished report. Vladivostok: NCO “Pollock Catchers Association”. 38 p.
- Melvin E.F., Dietrich K.S., Fitzgerald S., Cardoso T. 2011. Reducing seabird strikes with trawl cables in the pollock catcher-processor fleet in the eastern Bering Sea. *Polar Biology*. Vol. 34. P. 215–226.
- Artukhin Yu.B. 2018. Seabird aggregation around vessels during the winter trawl fishery for walleye pollock in the Sea of Okhotsk. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. Vol. 193. P. 50–56.
- Artukhin Yu.B. 2019a. Winter seabird populations in open waters of the Sea of Okhotsk. *Biologiya morya (Russian Journal of Marine Biology)*. Vol. 45. No. 1. P. 8–16.
- Artukhin Yu.B. 2019b. International experience of seabird mortality reduction in trawl fisheries and potential for its use in Russian conditions. *Russkiy ornitologicheskij zhurnal (Russian Journal of Ornithology)*. Vol. 28. Iss. 1802. P. 3531–3542.
- Artukhin Yu.B. 2019c. Features of seabird interaction with trawl fishing gear. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. Vol. 197. P. 219–232.
- Artukhin Yu.B. 2021. Population of seabirds in the Sea of Okhotsk and adjacent waters of the Pacific Ocean and the Sea of Japan during the winter-spring period of 2020. *Amurskiy zoologicheskij zhurnal (Amurian Zoological Journal)*. Vol. XIII. № 2. P. 245–256.
- Balykin P.A., Bonk A.A., Startsev A.V. 2014. Assessment of the state of stocks and management of marine fish fisheries (on the example of pollock, herring and saury). Moscow: World Wildlife Fund (WWF). 68 p.
- Varkentin A.I., Kolomeytsev V.V. 2020. Results of season “A” of the Okhotsk sea pollock fishing season 2020. URL: http://www.kamniro.ru/presscenter/statin1/itogi_sezona_a_ohotomorskoj_mintaevoj_putiny_2020_goda (accessed: 31.08.2020).
- Korobov D.V., Glushchenko Yu.N. 2021. Results of counts of seabirds carried out from a fishing vessel during the Alaska pollock fishery in the western sector of the Bering Sea in the summer-autumn period of 2020. *Russkiy ornitologicheskij zhurnal (Russian Journal of Ornithology)*. Vol. 30. Iss. 2039. P. 889–911.

REFERENCES

Artukhin Yu.B. 2018. Seabird aggregation around vessels during the winter trawl fishery for walleye pollock in the Sea of Okhotsk. *Izvestiya TINRO (Transactions of the*

- Pishchal'nik V.M., Romanyuk V.A., Minervin I.G., Batukhtina A.S. 2016. Analysis of dynamics for anomalies of the ice cover in the Okhotsk Sea in the period from 1882 to 2015. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. Vol. 185. P. 228–239.
- Korobov D.V., Glushchenko Yu.N. 2020. Study of mid-water trawl pollock fishery impact on the status of seabird populations in the West Bering Sea zone: Unpublished report. Vladivostok: NCO "Pollock Catchers Association". 38 p.
- Melvin E.F., Dietrich K.S., Fitzgerald S., Cardoso T. 2011. Reducing seabird strikes with trawl cables in the pollock catcher-processor fleet in the eastern Bering Sea. *Polar Biology*. Vol. 34. P. 215–226.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Артюхин Юрий Борисович – Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН; 683024, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, руководитель лаборатории орнитологии; artukhin61@mail.ru. SPIN-код: 4796-9800; Author ID: 84820. Scopus Author ID: 6506525621.

Artukhin Yuri Borisovich – Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute FEB RAS; 683024, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, Head of Laboratory of Ornithology; artukhin61@mail.ru. SPIN-code: 4796-9800; Author ID: 84820. Scopus Author ID: 6506525621.

**ОСОБЕННОСТИ РАЗМЕРНО-ВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРЫ
НЕКОТОРЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ОТРЯДОВ SCORPAENIFORMES
И PERCIFORMES ПРИКАМЧАТСКИХ ВОД**

Токранов А.М.

Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Партизанская, 6

На основании анализа данных о размерах и возрасте 65 видов 11 семейств отрядов скорпенообразных Scorpaeniformes (Cottidae, Hemitripterae, Psychrolutidae, Agonidae, Liparidae, Sebastidae) и окунеобразных Perciformes (Zoaridae, Stichaeidae, Bathymasteridae, Zaproridae, Ammodytidae), собранных в прикамчатских водах в 1978–2020 гг., выделены три экологические группы рыб, различающиеся размерно-возрастной структурой – короткоцикловые, средне- и долгоживущие. Максимальные размеры представителей первой группы, как правило, не превышают 15–25 см и 100–200 г, а предельный возраст – 8–10 лет; второй – составляют более 40–50 см, 1–2 кг и 12–20 лет. Размеры отдельных видов третьей группы достигают свыше 70–80 см и 8–10 кг, а возраст – 25–45 лет.

Ключевые слова: прикамчатские воды, размерно-возрастная структура, скорпенообразные и окунеобразные рыбы.

**PECULIARITY OF SIZE-AGE STRUCTURE OF SOME SPECIES
OF SCORPAENIFORMES AND PERCIFORMES ORDERS
OF NEAR KAMCHATKA WATERS**

Tokranov A.M.

Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Partizanskaya Str. 6

Base on analysis of size-age data of 65 species of 11 families of Scorpaeniformes (Cottidae, Hemitripterae, Psychrolutidae, Agonidae, Liparidae, Sebastidae) and Perciformes (Zoaridae, Stichaeidae, Bathymasteridae, Zaproridae, Ammodytidae) orders, are collected in near Kamchatka waters in 1978–2020, three ecological groups of fishes (short cycle, middle and long living), differencing by size-age structure, are identified. Maximum sizes of species of first group as a rule are not exceeded 15–25 cm and 100–200 g, limit age – 8–10 years. Maximum sizes of species of second group are more 40–50 cm and 1–2 kg, limit age – 12–20 years. Sizes of individual species of third group are arrived more 70–80 cm and 8–10 kg, limit age – 25–45 years.

Key words: near Kamchatka waters, size-age structure, fishes of Scorpaeniformes and Perciformes orders.

ВВЕДЕНИЕ

Из более чем 400 видов рыб, зарегистрированных в настоящее время в прибрежных водах Камчатки и сопредельных морских акваториях [Шейко, Федоров, 2000], преобладающая часть ведет донный и придонный образ жизни. Около половины из них входят в состав двух отрядов – Scorpaeniformes и Perciformes. Представители одних семейств этих отрядов (например, терпуги Hexagrammidae и морские окуни Sebastidae) в течение нескольких десятилетий в прибрежных водах Камчатки служат традиционными объектами промысла. Многие виды других семейств (рогатковые Cottidae, психролотовые Psychrolutidae, морские лисички Agonidae, липаровые Liparidae, бельдюговые Zoarcidae и стихеевые Stichaeidae) обладают сравнительно высокой численностью и биомассой, являются важными компонентами шельфовых и верхнебатиальных ихтиоценов прикамчатских вод, могут быть объектами промысла и выступают как потенциальные конкуренты или объекты питания промысловых рыб, морских птиц и млекопитающих [Токранов, 2009].

Несмотря на целый ряд публикаций, в которых приводятся сведения о размерах и возрасте этих рыб [Токранов, 1988, 1989, 1990, 1992a, b, 1995, 1998a, b, c, 1999, 2000a, b, c, 2001, 2004a, 2007, 2017a, b, c; Токранов, Новиков, 1997; Токранов, Давыдов, 1998; Четвергов, 1998; Орлов, Абрамов, 2001; Токранов, Орлов, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2015; Токранов и др., 2003; Tokranov, Orlov, 2003, 2007; Монахтина, 2009; Orlov, Tokranov, 2011; Мурашева, Токранов, 2017; Зудина, Овчеренко, 2020, и др.], размерно-возрастная структура преобладающего большинства из них до последнего времени остается исследованной довольно слабо и фрагментарно.

Обобщение материалов о размерах и возрасте 65 видов рыб из 11 семейств отрядов Scorpaeniformes (Cottidae, Hemitripterae, Psychrolutidae, Agonidae, Liparidae, Sebastidae) и Perciformes (Zoarcidae, Stichaeidae, Bathymasteridae, Zaproridae, Ammodytidae), собранных в 1978–2020 гг., с учетом имеющихся литературных данных, дает возможность получить представление об особенностях их размерно-возрастной структуры в прикамчатских водах.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом для данной статьи послужили результаты биологических анализов более 50 тыс. особей 65 видов рыб из 11 семейств отрядов Scorpaeniformes (Cottidae, Hemitripterae, Psychrolutidae, Agonidae, Liparidae и Sebastidae) и Perciformes (Zoarcidae, Stichaeidae, Bathymasteridae, Zaproridae и Ammodytidae) (таблица), собранных в 1978–2020 гг. в прикамчатских водах Охотского моря и Тихого океана.

Поскольку у преобладающего большинства исследованных видов чешуя отсутствует, их возраст определяли по отолитам, которые предварительно разламывали поперек с помощью скальпеля в районе центральной ложбины, затем прокалывали на электроплитке и покрывали поверхность глицерином (при необходимости слегка подшлифовывали). На сломе обработанного таким образом отолита годовые кольца были видны достаточно хорошо. Возраст морских окуней определяли как по отолитам, так и по чешуе. В целом оценка возраста проведена почти у 32 тыс. особей исследованных рыб. Статистическую обработку материалов производили согласно общепринятой методике [Лакин, 1980].

Максимальные размерно-возрастные показатели исследованных видов рыб выделенных экологических групп отрядов Scorpaeniformes и Perciformes прикамчатских вод

Maximum size-age indexes of investigated species of the fishes of distinguished ecological groups of Scorpaeniformes and Perciformes orders of near Kamchatka waters

№	Семейство, вид	Показатели			
		Длина, см	Масса тела, г	Возраст, лет	Экологическая группа*
Отряд Scorpaeniformes					
I. Сем. Sebastidae					
1	<i>Sebastes alutus</i> (Gilbert, 1890)	51	1 580	26	Д
2	<i>S. borealis</i> Barsukov, 1970	116	23 000	40	Д
3	<i>S. melanostictus</i> (Matsubara, 1934)	78	8 200	30	Д
4	<i>Sebastolobus alascanus</i> Bean, 1890	80	8 600	30	Д
5	<i>S. macrochir</i> (Günter, 1877)	44	1 400	28	Д
II. Сем. Cottidae					
6	<i>Artediellichthys nigripinnis</i> (Schmidt, 1937)	16	52	9	К
7	<i>Artediellus camchaticus</i> Gilbert et Burke, 1912	16	56	9	К
8	<i>A. ochotensis</i> Gilbert et Burke, 1912	14	29	8	К
9	<i>Gymnocanthus detrisus</i> Gilbert et Burke, 1912	42	910	17	С
10	<i>G. galeatus</i> Bean, 1881	46	1 150	13	С
11	<i>G. pistilliger</i> (Pallas, 1814)	27	240	13	С
12	<i>Hemilepidotus gilberti</i> Jordan et Starks, 1904	37	800	12	С
13	<i>H. jordani</i> Bean, 1881	53	2 100	13	С
14	<i>H. zapus</i> Gilbert et Burke, 1912	26	330	9	К
15	<i>Icelus canaliculatus</i> Gilbert, 1896	21	80	8	К
16	<i>I. perminovi</i> Taranetz, 1936	15,5	60	7	К
17	<i>I. spatula</i> Gilbert et Burke, 1912	21	160	7	К
18	<i>I. spiniger</i> Gilbert, 1896	22,5	106	9	К
19	<i>Megalocottus platycephalus</i> (Pallas, 1814)	42	1 060	8	К
20	<i>Myoxocephalus jaok</i> Cuvier, 1829	70	4 900	12	С
21	<i>M. polyacanthocephalus</i> (Pallas, 1814)	78	9 300	13	С
22	<i>Thyriscus anoplus</i> Gilbert et Burke, 1912	14,5	35	8	К
23	<i>Triglops forficatus</i> (Gilbert, 1896)	30	111	6	К
24	<i>T. pingelii</i> Reinhardt, 1837	20	50	6	К
25	<i>T. scepticus</i> Gilbert, 1896	25	138	8	К
III. Сем. Hemitripterae					
26	<i>Hemitripterus villosus</i> (Pallas, 1814)	54	3 600	13	С
IV. Сем. Psychrolutidae					
27	<i>Dasycottus setiger</i> Bean, 1890	45	1 550	11	С
28	<i>Malacocottus zonurus</i> Bean, 1890	35	1 240	12	С
V. Сем. Agonidae					
29	<i>Aspidophoroides monopterygius</i> (Bloch, 1786)	18	11	6	К
30	<i>Bathyagonus nigripinnis</i> Gilbert, 1890	24	58	9	К
31	<i>Hypsagonus quadricornis</i> (Valenciennes, 1829)	12	24	7	К
32	<i>Ocella dodecaedron</i> (Tilesius, 1813)	23	73	8	К
33	<i>Pallasina aix</i> Starks, 1896	19	12	5	К
34	<i>Percis japonica</i> (Pallas, 1769)	44	580	10	К
35	<i>Podothecus accipenserinus</i> (Tilesius, 1813)	32,5	195	7	К
36	<i>P. sturioideus</i> (Guichenot, 1869)	33,5	170	8	К
37	<i>Sarritor frenatus</i> (Gilbert, 1896)	29	78	6	К
38	<i>S. leptorhynchus</i> (Gilbert, 1896)	21	30	6	К
VI. Сем. Liparidae					
39	<i>Allocareproctus jordani</i> (Burke, 1930)	36	900	8	К
40	<i>Careproctus colletti</i> Gilbert, 1896	44	1 200	12	С
41	<i>C. cyclocephalus</i> Kido, 1983	37	1 200	11	С
42	<i>C. cypselurus</i> (Jordan et Gilbert, 1898)	36	800	10	К

Окончание таблицы

№	Семейство, вид	Показатели			
		Длина, см	Масса тела, г	Возраст, лет	Экологическая группа*
43	<i>C. furcellus</i> Gilbert et Burke, 1912	54	2 200	12	С
44	<i>C. melanurus</i> Gilbert, 1892	51	1 700	13	С
45	<i>C. rastrinus</i> Gilbert et Burke, 1912	49	2 600	12	С
46	<i>C. roseofuscus</i> Gilbert et Burke, 1912	43	2 300	11	С
47	<i>C. zachirus</i> Kido, 1985	32	500	8	К
48	<i>Crystallichthys mirabilis</i> Jordan et Gilbert, 1898	46	1 700	10	К
49	<i>Elassodiscus obscurus</i> Pitruk et Fedorov, 1993	35	600	9	К
50	<i>E. tremebundus</i> Gilbert et Burke, 1912	39	700	10	К
51	<i>Liparis ochotensis</i> Schmidt, 1904	74	6 900	13	С
52	<i>Palmoliparis beckeri</i> Balushkin, 1996	38	1 000	10	К
53	<i>Paraliparis grandis</i> Schmidt, 1950	40	600	10	К
54	<i>Polypera simushirae</i> (Gilbert et Burke, 1912)	77	11 000	13	С
Отряд Perciformes					
VII. Сем. Bathymasteridae					
55	<i>Bathymaster signatus</i> Cope, 1873	36	370	9	К
VIII. Сем. Zoarcidae					
56	<i>Lycodes albolineatus</i> Andriashev, 1955	77	3 750	14	С
57	<i>L. brunneofasciatus</i> Suvorov, 1935	79	3 300	15	С
58	<i>Zoarces andriashevi</i> Parin, Grigoriev et Karmovskaya, 2005	34	128	7	К
IX. Сем. Stichaeidae					
59	<i>Acantholumpenus mackayi</i> (Gilbert, 1896)	60	380	12	С
60	<i>Alectrias alectrolophus</i> (Pallas, 1814)	14,5	15	7	К
61	<i>Lumpenella longirostris</i> (Evermann et Goldsborough, 1907)	42	220	7	К
62	<i>Lumpenus sagitta</i> Wilimovsky, 1956	34	56	8	К
63	<i>Stichaeopsis nevelskoi</i> (Schmidt, 1904)	28,5	180	8	К
X. Сем. Zaproridae					
64	<i>Zaprora silenus</i> Jordan, 1896	83	7 000	12	С
XI. Сем. Ammodytidae					
65	<i>Ammodytes hexapterus</i> Pallas, 1814	27	54	6	К

* Экологическая группа рыб: К – короткоцикловые, С – среднеживущие, Д – долгоживущие.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ имеющихся материалов позволяет выделить среди исследованных видов три экологические группы рыб, различающиеся размерно-возрастной структурой – короткоцикловые, средне- и долгоживущие.

К первой из них относятся мелкие представители родов *Artediellichthys*, *Artediellus*, *Icelus*, *Rastrinus*, *Thyriscus*, *Triglops* (Cottidae), *Aspidophoroides*, *Hypsagonus*, *Occella*, *Pallasina*, *Sarritor* (Agonidae), *Alectrias*, *Lumpenus*, *Stichaeopsis* (Stichaeidae), *Ammodytes* (Ammodytidae), максимальная длина которых, как правило, не превышает

15–25 см, масса тела – 100–200 г, а предельный возраст – 8–10 лет (таблица). Основу их популяций (около 60–80%) составляют особи всего двух – четырех возрастных групп (рис. 1, 2).

К категории относительно короткоцикловых можно также отнести чешуехвостого получешуйника *Hemilepidotus zapus*, северную дальневосточную широколобку *Megalocottus platycephalus* (Cottidae), японскую *Percis japonica*, осетровую *Podothecus accipenserinus* и дальневосточную *P. sturioideus* лисичек (Agonidae), аллокарепронта Джордена *Allocareproctus jordani*, перчаточника Беккера *Palmoliparis*

beckeri, чернопалого *Careproctus zachirus* и чернохвостого *C. melanurus* карепроктов, морского слизня Коллетта *C. colletti*, темного элассодиска *Elassodiscus obscurus* (Liparidae) и длиннорылого люмпена *Lumpenella longirostris* (Stichaeidae), продолжительность жизни которых не превышает 10 лет, хотя их размерно-весовые показатели заметно выше (до 30–40 см и 0,5–1 кг) (таблица, рис. 3).

Целый ряд других представителей родов *Gymnocanthus*, *Hemilepidotus*, *Myoxocephalus* (Cottidae), *Hemitripteris* (Hemitripteridae), *Dasycottus*, *Malacocottus* (Psychrolutidae), *Careproctus*, *Crystallichthys*, *Elassodiscus*, *Liparis*, *Paraliparis*, *Polypera*

(Liparidae), *Acantholumpenus* (Stichaeidae), *Lycodes* (Zoarcidae), *Zaprora* (Zaproridae) можно охарактеризовать как рыб со средней продолжительностью жизни (12–20 лет) и крупными (или относительно крупными) размерами (длина более 40–50 см и масса тела 1–2 кг, но у отдельных видов – свыше 70–80 см и 5–6 кг) (таблица, рис. 4 и 5). Исключением является лишь нитчатый шлемоносец *Gymnocanthus pistilliger*, максимальные размеры которого не превышают 30 см, а масса тела – 0,3 кг. В отличие от короткоциклового видов, основу их популяций (более 70–80%) составляют особи не менее четырех-пяти возрастных групп.

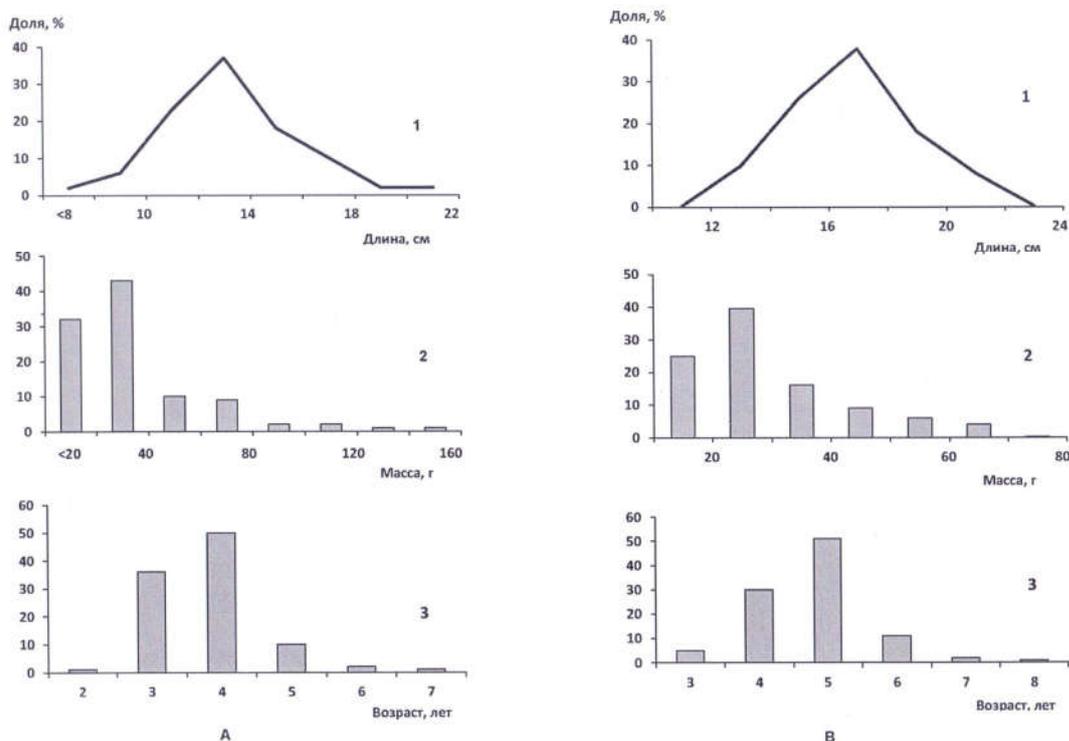


Рис. 1. Размерный (1), весовой (2) и возрастной (3) состав некоторых короткоциклового представителей отряда Scorpaeniformes прикамчатских вод: А – восточный двурогий ицел *Icelus spatula* (Cottidae), В – двенадцатигранная лисичка *Ocella dodecaedron* (Agonidae)

Fig. 1. Size (1), weight (2) and age (3) composition of some short cycle species of order Scorpaeniformes in near Kamchatka waters: А – spatulate sculpin *Icelus spatula* (Cottidae), В – Bering poacher *Ocella dodecaedron* (Agonidae)

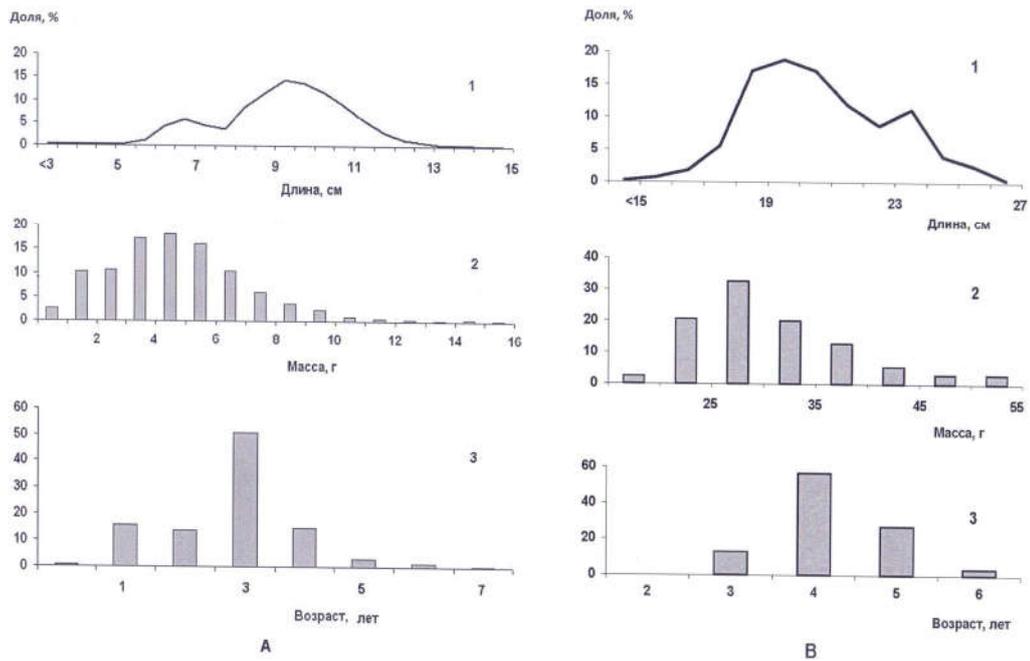


Рис. 2. Размерный (1), весовой (2) и возрастной (3) состав некоторых короткоцикловых представителей отряда Perciformes прикамчатских вод: А – бурый морской петушок *Alectrias alectrolophus* (Stichaeidae), В – дальневосточная песчанка *Ammodytes hexapterus* (Ammodytidae)

Fig. 2. Size (1), weight (2) and age (3) composition of some short cycle species of order Perciformes in near Kamchatka waters: А – stone cockscomb *Alectrias alectrolophus* (Stichaeidae), В – Pacific sand lance *Ammodytes hexapterus* (Ammodytidae)

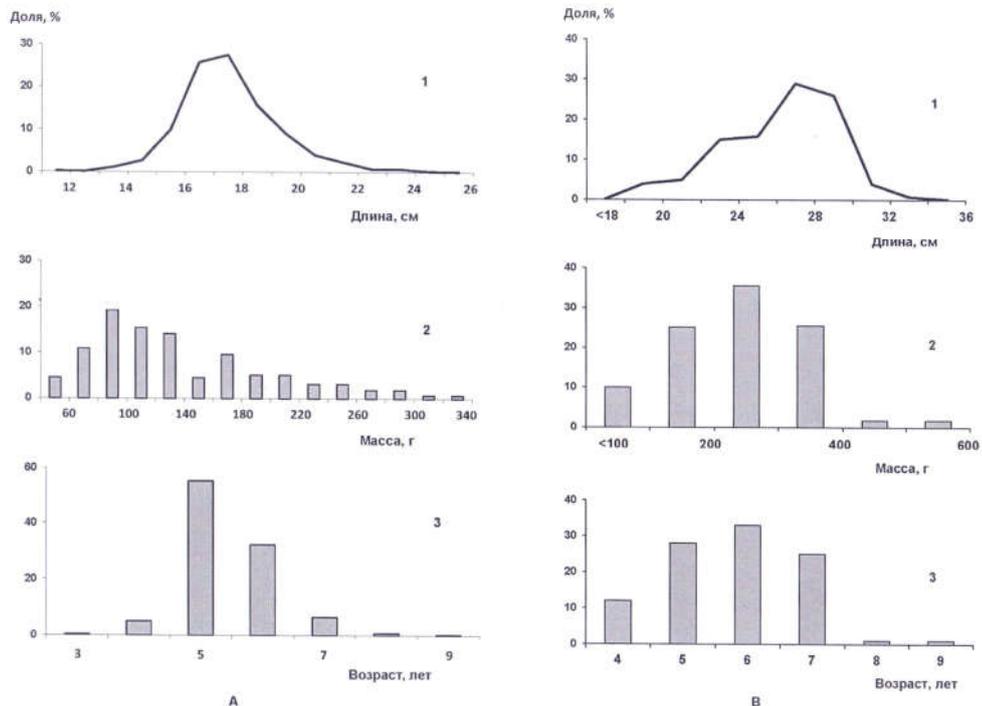


Рис. 3. Размерный (1), весовой (2) и возрастной (3) состав некоторых относительно короткоцикловых представителей отряда Scorpaeniformes в прикамчатских водах: А – чешуехвостый получешуйник *Hemilepidotus zapus* (Cottidae), В – темный элассодиск *Ellassodiscus obscurus* (Liparidae)

Fig. 3. Size (1), weight (2) and age (3) composition of some relatively short cycle species of order Scorpaeniformes in near Kamchatka waters: А – longfin Irish lord *Hemilepidotus zapus* (Cottidae), В – longfin snailfish *Ellassodiscus obscurus* (Liparidae)

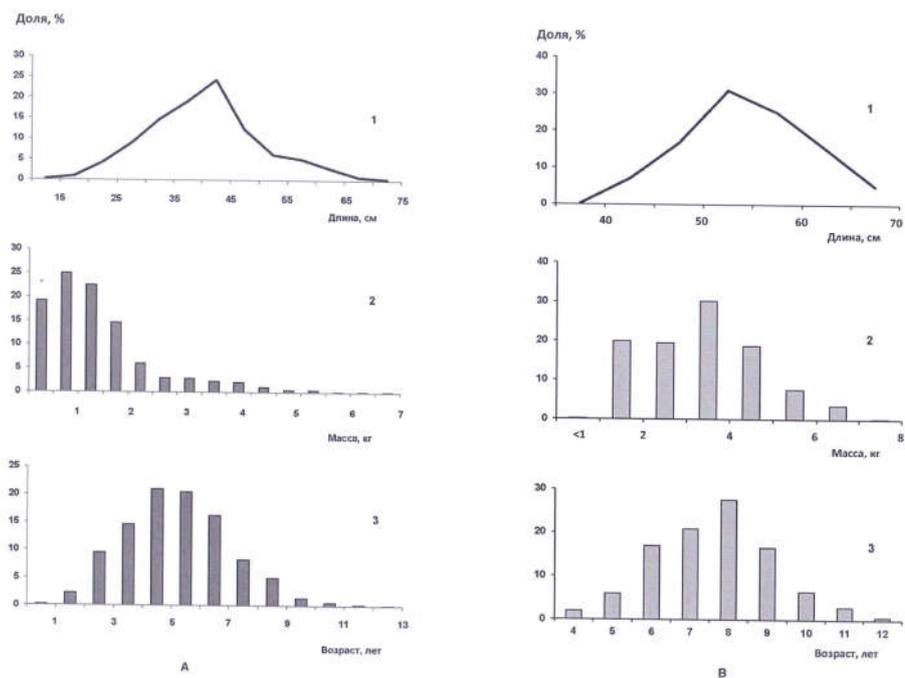


Рис. 4. Размерный (1), весовой (2) и возрастной (3) состав некоторых среднеживущих видов отряда Scorpaeniformes в прикамчатских водах: А – многоиглый керчак *Myoxocephalus polyacanthocephalus* (Cottidae), В – симуширская полипера *Polypera simushirae* (Liparidae)

Fig. 4. Size (1), weight (2) and age (3) composition of some middle living species of order Scorpaeniformes in near Kamchatka waters: А – great sculpin *Myoxocephalus polyacanthocephalus* (Cottidae), В – simushirae snailfish *Polypera simushirae* (Liparidae)

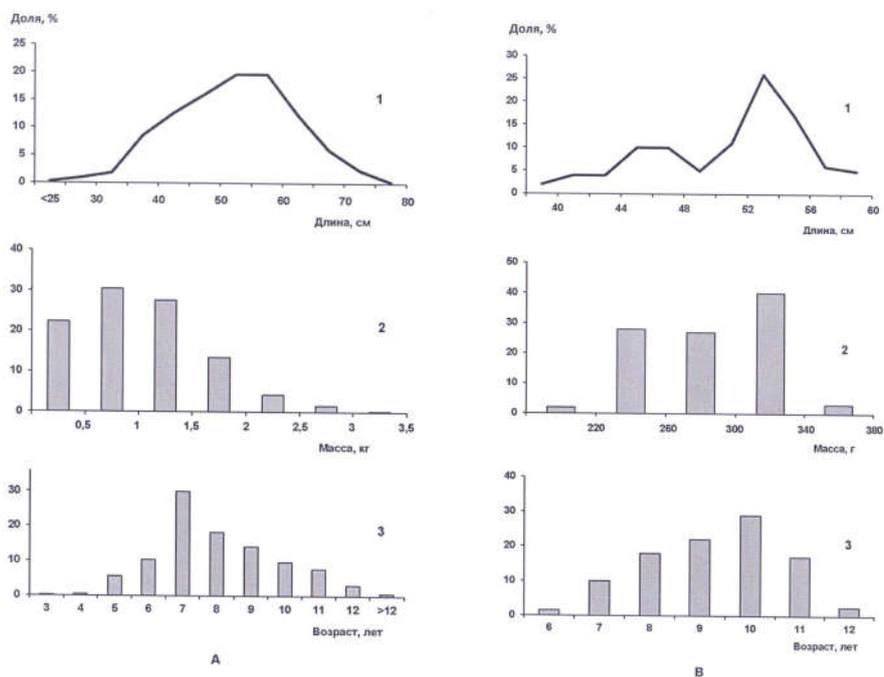


Рис. 5. Размерный (1), весовой (2) и возрастной (3) состав некоторых среднеживущих видов отряда Perciformes в прикамчатских водах: А – бурополосый ликод *Lycodes brunneafasciatus* (Zoarcidae), В – колючий люмпен *Acantholumpenus mackayi* (Stichaeidae)

Fig. 5. Size (1), weight (2) and age (3) composition of some middle living species of order Perciformes in near Kamchatka waters: А – tawnystripe eelpout *Lycodes brunneafasciatus* (Zoarcidae), В – blackline prickleback *Acantholumpenus mackayi* (Stichaeidae)

К долгоживущим видам относятся лишь морские окуни родов *Sebastes* и *Sebastolobus*, продолжительность жизни которых, несмотря на противоречивость имеющихся в настоящее время в литературе сведений [Новиков, 1974; Leman, Beamish, 1984; Beamish, McFarlane, 1987; Токранов, Новиков, 1997; Токранов, 1998с, 2000b; Токранов, Давыдов, 1998; Четвергов, 1998; Орлов, Абрамов, 2001; Зудина, Овчеренко, 2020, и др.], достигает не менее 25–45 лет, максимальная длина отдельных видов превышает 70–80 см, а масса тела – 8–10 кг (таблица, рис. 6). Для большинства из них характерна сложная размерно-возрастная структура, в связи с чем основу популяции (около 80–90%), как правило, образуют особи 12–15 возрастных групп. И лишь у такого массового вида, как тихоокеанский клювач *Sebastes alutus*, повсеместно в прикамчатских водах в популяции доминируют рыбы четырех возрастных групп (обычно особи 14–17 лет), доля которых в различные годы варьирует

от 53 до 76% [Токранов, 2004a]. Поскольку все исследуемые виды морских окуней относятся к долгоживущим рыбам с относительно поздним созреванием (в 9–15 лет) [Токранов, 1998d, 2004b, и др.] и сложной возрастной структурой, у которых крупные половозрелые особи значительно преобладают над впервые вступающими в промысел молодыми рыбами и составляют основу промыслового запаса, они крайне уязвимы к чрезмерному воздействию рыболовства и при перелове могут на длительный период (в данном случае на два-три десятилетия) выйти из разряда промысловых объектов. Исходя из этого, эксплуатация запасов морских окуней (особенно наиболее долгоживущего северного *Sebastes borealis*) в прикамчатских водах должна строго контролироваться, а промысловая нагрузка сравнительно равномерно распределяться по всему материковому склону западной части Берингова моря, а также тихоокеанского побережья Камчатки и северных Курильских островов.

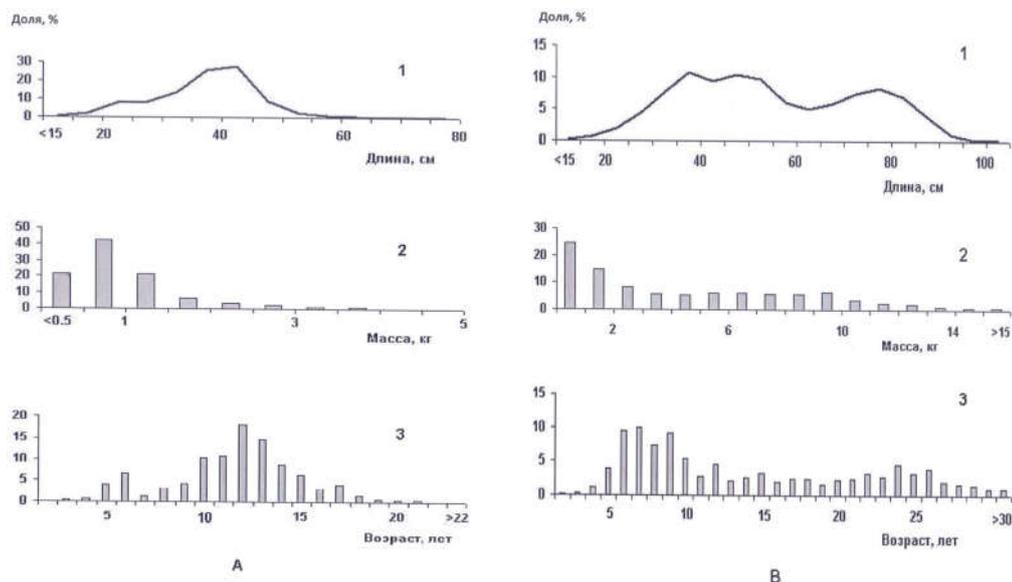


Рис. 6. Размерный (1), весовой (2) и возрастной (3) состав некоторых долгоживущих видов семейства Sebastidae отряда Scorpaeniformes в прикамчатских водах: А – аляскинский шипошек *Sebastolobus alascanus*, В – северный морской окунь *Sebastes borealis*

Fig. 6. Size (1), weight (2) and age (3) composition of some long living species of Sebastidae family of order Scorpaeniformes in near Kamchatka waters: А – shortspine thornyhead *Sebastolobus alascanus*, В – shorttraker rockfish *Sebastes borealis*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ имеющихся материалов позволил выделить среди 65 представителей отрядов Scorpaeniformes и Perciformes три экологические группы рыб, различающиеся размерно-возрастной структурой – короткоцикловые, средне- и долгоживущие. К первой из них, составляющей 58,5% от всех исследованных видов этих двух отрядов (Scorpaeniformes – 57,4, Perciformes – 63,6%), относятся мелкие рыбы, максимальные размеры которых, как правило, не превышают 15–25 см, масса тела – 100–200 г, а предельный возраст – 8–10 лет. Основу их популяций составляют особи всего двух-четырех возрастных групп. К категории относительно короткоцикловых можно также отнести некоторых представителей семейств Cottidae, Agonidae, Liparidae и Stichaeidae, продолжительность жизни которых не превышает 10 лет, но размерно-весовые показатели достигают 30–40 см и 0,5–1 кг.

Представителей второй группы, общая доля которых составляет 33,8% исследованных видов этих двух отрядов (соответственно Scorpaeniformes – 33,3, Perciformes – 36,4%), можно охарактеризовать как рыб со средней продолжительностью жизни и, за редким исключением, относительно крупными или крупными размерами. В отличие от короткоцикловых представителей этих отрядов, основу их популяций формируют особи не менее четырех-пяти возрастных групп.

И наконец, к долгоживущим видам относятся лишь такие представители отряда Scorpaeniformes, как морские окуни родов *Sebastes* и *Sebastolobus* (их доля составляет 7,7% от всех исследованных рыб или 9,3% от видов отряда Scorpaeniformes), продолжительность жизни которых достигает не менее 25–45 лет, а максимальные

размеры отдельных видов превышают 70–80 см и 8–10 кг. Для большинства из них характерна сложная размерно-возрастная структура, в связи с чем основу популяции, как правило, образуют особи 12–15 возрастных групп. И лишь у тихоокеанского клювача повсеместно в прикамчатских водах в популяции доминируют рыбы четырех возрастных групп.

ЛИТЕРАТУРА

- Зудина С.М., Овчеренко Р.Т. 2020. Определение возраста и продолжительности жизни массовых видов морских окуней рода *Sebastes* в тихоокеанских водах Камчатки и северных Курильских островов. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. Вып. 52. С. 64–73. DOI: 10.172017/279-0333-2020-52-64-73.
- Лакин Г.Ф. 1980. Биометрия. Москва: Высшая школа. 292 с.
- Монахтина С.М. 2009. Некоторые данные по биологии голубого окуня *Sebastes glaucus* Hilgendorf (Scorpaenidae) прикамчатских вод. *Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана*. Вып. 14. С. 103–106.
- Мурашева М.Ю., Токранов А.М. 2017. Размерно-возрастная структура бурого морского петушка *Alectrias alectrolophus* (Stichaeidae) Авачинской губы (Восточная Камчатка). *Вестник Камчатского государственного технического университета*. Вып. 40. С. 77–85. DOI: 10.172017/279-0333-2017-40-77-85.
- Новиков Н.П. 1974. Промысловые рыбы материкового склона северной части Тихого океана. Москва: Пищевая промышленность. 308 с.
- Орлов А.М., Абрамов А.А. 2001. Возраст, темп полового созревания и питание

- северного морского окуня *Sebastes borealis* (Scorpaenidae) в северо-западной части Тихого океана. *Вопросы ихтиологии*. Т. 41. № 3. С. 332–341.
- Токранов А.М. 1988. Некоторые вопросы биологии камчатского крючкороба *Artediellus camchaticus* восточного побережья Камчатки. *Вопросы ихтиологии*. Т. 28. Вып. 3. С. 415–420.
- Токранов А.М. 1989. О размножении двенадцатигранной лисички *Ocella dodecaedron* (Til.) (Agonidae) в прибрежных водах Камчатки. *Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический*. Т. 94. Вып. 5. С. 43–48.
- Токранов А.М. 1990. Питание массовых видов стихеевых рыб (Stichaeidae, Pisces) у западного побережья Камчатки. *Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический*. Т. 95. Вып. 2. С. 51–58.
- Токранов А.М. 1992а. Питание морских лисичек рода *Podothecus* (Agonidae) в прибрежных водах Камчатки. *Вопросы ихтиологии*. Т. 32. Вып. 1. С. 131–137.
- Токранов А.М. 1992б. Особенности питания морских лисичек (Agonidae) в прибрежных водах Камчатки. *Вопросы ихтиологии*. Т. 32. Вып. 4. С. 123–131.
- Токранов А.М. 1995. Размерно-возрастная структура северной дальневосточной широколобки *Megalocottus platycephalus platycephalus* Pallas (Cottidae, Pisces) в эстуарии реки Большой (Западная Камчатка). *Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический*. Т. 100. Вып. 3. С. 40–47.
- Токранов А.М. 1998а. Некоторые черты биологии *Bathymaster signatus* (Bathymasteridae) в тихоокеанских водах юго-восточной Камчатки и северных Курильских островов. *Вопросы ихтиологии*. Т. 38. № 4. С. 571–573.
- Токранов А.М. 1998б. Некоторые черты биологии *Thyriscus anoplus* (Cottidae) в тихоокеанских водах северных Курильских островов. *Вопросы ихтиологии*. Т. 38. № 5. С. 701–703.
- Токранов А.М. 1998с. Распределение и размерно-возрастной состав алеутского окуня *Sebastes aleutianus* (Scorpaenidae) в тихоокеанских водах северных Курильских островов, Восточной Камчатки и западной части Берингова моря. *Вопросы ихтиологии*. Т. 38. № 6. С. 787–793.
- Токранов А.М. 1998д. Размерно-половая структура и темп полового созревания северного морского окуня *Sebastes borealis* Barsukov (Scorpaenidae) в прикамчатских водах. *Исследования биологии и динамики численности промысловых рыб камчатского шельфа*. Вып. IV. С. 39–42.
- Токранов А.М. 1999. Некоторые черты биологии запроры *Zaprora silenus* (Zaprogidae) в тихоокеанских водах северных Курильских островов и юго-восточной Камчатки. *Вопросы ихтиологии*. Т. 39. № 4. С. 573–576.
- Токранов А.М. 2000а. Размерно-возрастной состав липаровых рыб (Liparidae) в тихоокеанских водах юго-восточной Камчатки и северных Курильских островов. *Вопросы ихтиологии*. Т. 40. № 3. С. 347–352.
- Токранов А.М. 2000б. Распределение и размерно-возрастной состав морских окуней рода *Sebastes* в верхней батии Юго-Восточной Камчатки. *Промыслово-биологические исследования рыб в тихоокеанских водах Курильских о-вов и прилежащих районах Охотского и Берингова морей в 1992–1998 гг.* Москва: Изд-во ВНИРО. С. 90–96.
- Токранов А.М. 2000с. Распределение и некоторые черты биологии черноперой

- глубоководной лисички *Bathyagonus nigripinnis* (Agonidae) в тихоокеанских водах юго-восточной Камчатки и северных Курильских островов. *Вопросы ихтиологии*. Т. 40. № 5. С. 614–620.
- Токранов А.М. 2001. Некоторые черты биологии черноперого крючкороба *Artediellichthys nigripinnis* (Cottidae) в тихоокеанских водах северных Курильских островов и юго-восточной Камчатки. *Вопросы ихтиологии*. Т. 41. № 5. С. 615–619.
- Токранов А.М. 2004а. Распределение и размерно-возрастной состав окуня клювача *Sebastes alutus* (Sebastidae) в тихоокеанских водах северных Курильских островов и юго-восточной Камчатки в конце XX – начале XXI веков. *Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана*. Вып. 7. С. 207–214.
- Токранов А.М. 2004б. Размерно-половая структура длинноперого шипоцека *Sebastolobus macrochir* Gunter (Sebastidae) прикамчатских вод. *Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана*. Вып. 7. С. 218–223.
- Токранов А.М. 2007. Распределение и некоторые черты биологии тихоокеанской песчанки *Ammodytes hexapterus* (Ammodytidae) в прикамчатских водах Охотского моря. *Вопросы ихтиологии*. Т. 47. № 3. С. 320–327.
- Токранов А.М. 2009. Особенности биологии донных и придонных рыб различных семейств в прикамчатских водах. *Диссертация в виде науч. докл. ... д-ра биол. наук*. Владивосток. 83 с.
- Токранов А.М. 2017а. Рогатковые рыбы рода *Gymnacanthus* (Cottidae) прикамчатских вод и проблемы использования их ресурсов. Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: *Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 75-летию рыбохозяйственного образования на Камчатке*. В 2 ч. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. Ч. 1. С. 176–180.
- Токранов А.М. 2017б. Рогатковые рыбы рода *Muohoscephalus* (Cottidae) прикамчатских вод и проблемы использования их ресурсов. *V Международный Балтийский морской форум: Всероссийская научная конференция «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоёмов»*. Калининград: ФГБОУ ВО «Калининградский гос. техн. университет». С. 75–80.
- Токранов А.М. 2017с. Рогатковые рыбы подсемейства Немилепидотины (Cottidae) прикамчатских вод и проблемы использования их ресурсов. Водные биологические ресурсы России: состояние, мониторинг, управление. *Сборник материалов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 85-летию Камчатского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии* Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. С. 28–34.
- Токранов А.М., Давыдов И.И. 1998. Некоторые вопросы биологии северного морского окуня *Sebastes borealis* (Scorpaenidae) в тихоокеанских водах Камчатки и западной части Берингова моря. 2. Размерно-возрастной состав. *Вопросы ихтиологии*. Т. 38. № 1. С. 42–46.
- Токранов А.М., Новиков Р.Н. 1997. Распределение и размерно-возрастной состав аляскинского шипоцека *Sebastolobus alascanus* (Scorpaenidae) в тихоокеанских водах Камчатки и западной части Берингова моря. *Вопросы ихтиологии*. Т. 37. № 3. С. 316–322.

- Токранов А.М., Орлов А.М. 2001. Некоторые биологические особенности психролютовых рыб (Psychrolutidae) тихоокеанских вод юго-восточной Камчатки и северных Курильских островов. Сообщение 2. Размерно-возрастной, половой состав и питание. *Вопросы ихтиологии*. Т. 41. № 5. С. 605–614.
- Токранов А.М., Орлов А.М. 2002. Распределение и некоторые черты биологии бурополосого *Lycodes brunneofasciatus* и белолинейного *L.albolineatus* ликодов (Zoarcidae) в тихоокеанских водах северных Курильских островов и юго-восточной Камчатки. *Вопросы ихтиологии*. Т. 42. № 5. С. 605–616.
- Токранов А.М., Орлов А.М. 2003. Некоторые вопросы биологии редких видов липаровых рыб (Liparidae) в тихоокеанских водах северных Курильских островов и юго-восточной Камчатки. *Труды КФ ТИГ ДВО РАН*. Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор. Книжное изд-во. Вып. IV. С. 209–226
- Токранов А.М., Орлов А.М. 2004. Некоторые черты биологии северного гипсагона *Hypsagonus quadricornis* (Agonidae) в тихоокеанских водах северных Курильских островов. *Вопросы ихтиологии*. Т. 44. № 4. С. 525–531.
- Токранов А.М., Орлов А.М. 2005. Некоторые черты биологии восточного двурогого ицела *Icelus spatula* (Cottidae) в тихоокеанских водах северных Курильских островов. *Вопросы ихтиологии*. Т. 45. № 2. С. 204–211.
- Токранов А.М., Орлов А.М. 2015. Рогатковидные рыбы семейств Hemitripterae и Psychrolutidae прикамчатских вод. *Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование»*. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. С. 145–150.
- Токранов А.М., Орлов А.М., Шейко Б.А. 2003. Краткий обзор родов *Hemilepidotus* и *Mellestes* (Cottidae) и некоторые черты биологии нового для фауны России вида – чешуехвостого получешуйника *Hemilepidotus zapus* из тихоокеанских вод северных Курильских островов. *Вопросы ихтиологии*. Т. 43. № 3. С. 293–310.
- Четвергов А.В. 1998. Некоторые сведения по биологии голубого морского окуня *Sebastes glaucus* Hilgendorf (Scorpaenidae) прикамчатских вод. *Исследования биологии и динамики численности промысловых рыб камчатского шельфа*. Вып. 4. С. 43–45.
- Шейко Б.А., Федоров В.В. 2000. Класс Cephalaspidomorpha – Миноги. Класс Chondrichthyes – Хрящевые рыбы. Класс Holoccephali – Цельноголовые. Класс Osteichthyes – Костные рыбы. *Каталог позвоночных животных Камчатки и сопредельных морских акваторий*. Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор. С. 7–69.
- Beamish R.J., McFarlane J.A. 1987. Current trends in age determination methodology. *Age and growth of fishes*. R.C. Summerfelt, G.E. Hall (eds.). Ames: The Iowa State University Press. P. 15–42.
- Leman B.M., Beamish R.J. 1984. Ecological and management implications of longevity in some northeast Pacific groundfishes. *Bulletin of International Northern Pacific Commission*. № 42. P. 85–97.
- Orlov A.M., Tokranov A.M. 2011. Some rare and insufficiently studied snailfishes (Liparidae, Scorpaeniformes, Pisces) in the Pacific waters off the northern Kuril Islands and southeastern Kamchatka, Russia. *ISRN Zoology*. Vol. 2011. Article ID 341640. 12 p. DOI: 10.5402/2011/341640

- Tokranov A.M., Orlov A.M. 2003. Some biological characteristics of the rare, little-studied gloved snailfish *Palmoliparis beckeri* Balushkin, 1996 (Liparidae, Teleostei), in the Pacific off the Northern Kuril Islands. *Aqua. Journal Ichthyology and Aquatic Biology*. Vol. 7. № 2. P. 83–88.
- Tokranov A.M., Orlov A.M. 2007. Some biological features of rare and poorly-studied sculpins (Cottidae, Hemitriptera, Psychrolutidae) in the Pacific waters off the Northern Kuril Islands and Southeastern Kamchatka, Russian Federation. *The Raffles Bulletin of Zoology*. Supplement № 14. P. 187–198.
- REFERENCES**
- Zudina S.M., Ovcherenko R.T. 2020. Features of determining the age and life expectancy of mass sea perch *Sebastes* sp. species in the Pacific waters of Kamchatka and northern Kuril Islands. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 52. P. 64–73. DOI: 10.172017/279-0333-2020-52-64-73.
- Lakin G.F. 1980. *Biometria*. Moscow: Vischaya shkola. 292 p.
- Monakhtina S.M. 2009. Recent data of biology of gray rockfish *Sebastes glaucus* Hilgendorf (Scorpaenidae) in the waters adjacent Kamchatka. *Issledovanija vodnyh biologicheskikh resursov Kamchatki i severo-zapadnojchasti Tihogo okeana (The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and the North-West Part of the Pacific Ocean)*. Vol. 14. P. 103–106.
- Murasheva M.Y., Tokranov A.M. 2017. Size-age structure of stone cockscomb *Alectrias alectrolophus* (Stichaeidae) of the Avacha Bay (Eastern Kamchatka). *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 40. P. 77–85. DOI: 10.172017/279-0333-2017-40-77-85.
- Novikov N.P. 1974. Commercial fishes of continental slope of northern part of Pacific Ocean. Moscow: Food industry. 308 p.
- Orlov A.M., Abramov A.A. 2001. Age, rate of sexual maturity and feeding of the Shortraker Rockfish *Sebastes borealis* (Scorpaenidae) in north-western part of Pacific Ocean. *Journal of Ichthyology*. Vol. 41. № 4. P. 279–288.
- Tokranov A.M. 1988. Some features of biology of clownfin sculpin *Arctodiellus camchaticus* of the eastern coast of Kamchatka. *Journal of Ichthyology*. Vol. 28. № 3. P. 415–420.
- Tokranov A.M. 1989. On the spawn of *Ocella dodecaedron* (Til.) (Agonidae) in the coastal waters of Kamchatka. *Bjulleten' Moskovskogo obshhestva ispytatelej prirody. Otdel biologicheskij (Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological series)*. Vol. 94. № 5. P. 43–48.
- Tokranov A.M. 1990. Feeding of Stichaeidae mass species (Pisces) in the vicinity of Kamchatka western sea coast. *Bjulleten' Moskovskogo obshhestva ispytatelej prirody. Otdel biologicheskij (Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological series)*. Vol. 95. № 2. P. 51–58.
- Tokranov A.M. 1992a. Feeding of sea poachers of genus *Podothecus* (Agonidae) in the coastal waters of Kamchatka. *Journal of Ichthyology*. Vol. 32. № 1. P. 131–137.
- Tokranov A.M. 1992b. Peculiarity of feeding of sea poachers (Agonidae) in coastal waters of Kamchatka. *Journal of Ichthyology*. Vol. 32. № 4. P. 123–131.
- Tokranov A.M. 1995. Size-age structure of North Far East *Megalocottus platycephalus platycephalus* Pallas (Cottidae, Pisces) in

- the Bol'shaya river estuary (Western Kamchatka). *Bulleten' Moskovskogo obshhestva ispytatelej prirody. Otdel biologicheskij (Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological series)*. Vol. 100. № 3. P. 40–47.
- Tokranov A.M. 1998a. Some Traits of Biology of *Bathymaster signatus* (Bathymasteridae) in the Pacific Waters of Southeastern Kamchatka and the Northern Kurils. *Journal of Ichthyology*. Vol. 38. № 6. P. 488–490.
- Tokranov A.M. 1998b. Some Features of the Biology of *Thyriscus anoplus* (Cottidae) in the Pacific Waters of Northern Kuril Islands. *Journal of Ichthyology*. Vol. 38. № 8. P. 677–679.
- Tokranov A.M. 1998c. Distribution and Size-Age Composition of *Sebastes aleutianus* (Scorpaenidae) in Pacific Waters of the Northern Kurils, Eastern Kamchatka, and the Western Bering Sea. *Journal of Ichthyology*. Vol. 38. № 9. P. 758–765.
- Tokranov A.M. 1998d. Size-age structure and rate of sexual maturity of the Shortraker Rockfish *Sebastes borealis* Barsukov (Scorpaenidae) in the waters adjacent Kamchatka. *Issledovanija biologii i dinamiki chislennosti promyslovyh ryb kamchatskogo shel'fa. (Research of biology and dynamic of number of commercial fishes of Kamchatka's shelf.)* Vol. 4. P. 39–42.
- Tokranov A.M. 1999. Some Features of Biology of the Prowfish *Zaprora silenus* (Zaproridae) in the Pacific Waters of the Northern Kuril Islands and Southeastern Kamchatka. *Journal of Ichthyology*. Vol. 39. № 6. P. 475–478.
- Tokranov A.M. 2000a. Size-Age Composition of Liparids (Liparidae) in the Pacific Waters off Southeastern Kamchatka and Northern Kuril Islands. *Journal of Ichthyology*. Vol. 40. № 5. P. 364–369.
- Tokranov A.M. 2000b. Distribution and length-age composition of rockfishes of genus *Sebastolobus* in upper batial of South-Eastern Kamchatka. *Commercial and biological studies of fishes in the Pacific waters of Kuril Islands and adjacent areas of the Okhotsk and Bering Seas in 1992–1998*. Moscow: VNIRO. P. 90–96.
- Tokranov A.M. 2000c. Distribution and Some Features of the Biology of *Bathyagonus nigripinnis* (Agonidae) in the Pacific Waters of Southeastern Kamchatka and Northern Kuril Islands. *Journal of Ichthyology*. Vol. 40. № 8. P. 585–591.
- Tokranov A.M. 2001. Some Biological Characteristics of the Hook-Eared Sculpin *Arteidiellichthys nigripinnis* (Cottidae) in the Pacific Waters of the Northern Kuril Islands and Southeastern Kamchatka. *Journal of Ichthyology*. Vol. 41. № 8. P. 584–588.
- Tokranov A.M. 2004a. Distribution and size-age composition of Pacific ocean perch *Sebastes alutus* (Sebastidae) in the Pacific waters adjacent the North Kuril Islands and South-East Kamchatka by late XX and early XXI. *Issledovanija biologii i dinamiki chislennosti promyslovyh ryb kamchatskogo shel'fa (Research of water biological resources of Kamchatka and of the northwest part of Pacific Ocean)*. Vol. 7. P. 207–214.
- Tokranov A.M. 2004b. Size-sex structure of long-fin thorny-head *Sebastolobus macrochir* (Sebastidae) in the waters adjacent Kamchatka. *Research of water biological resources of Kamchatka and of the northwest part of Pacific Ocean*. Vol. 7. P. 218–223.
- Tokranov A.M. 2007. Distribution and Some Biological Features of the Pacific Sand Lance *Ammodytes hexapterus* (Ammodytidae) in Waters off Kamchatka in the Sea of Okhotsk. *Journal of Ichthyology*. Vol. 47. № 4. P. 288–295.

- Tokranov A.M. 2009. Peculiarity of bottom and demersal fishes of different families in near Kamchatka waters: *Doctor dissertation for biological sciences*. Vladivostok. 83 p.
- Tokranov A.M. 2017a. Sculpins of the genus *Gymnacanthus* (Cottidae) in the waters off Kamchatka and problems of its resource exploitation. Nature resources, its modern state, conservation, commercial and technical utilization: *Proceeding of VIII Russian science-practical conference, dedicated to the 75th anniversary of fishery education in Kamchatka (12–14 April, 2017): in 2 parts*. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatGTU. Part 1. P. 176–180.
- Tokranov A.M. 2017b. Sculpins of the genus *Myoxocephalus* (Cottidae) in the waters off Kamchatka and problems of its resources exploitation. *V International Baltic maritime forum: water biological resources, aquaculture and ecology of water reservoirs: Proceeding of Russian scientific conference*. Kaliningrad: Izd-vo FGBOU VO KGTU. P. 75–80.
- Tokranov A.M. 2017c. Sculpins of the subfamily Hemilepidotinae (Cottidae) in the waters off Kamchatka and problems of exploitation of the resource. *Proceeding of Russian scientific conference with international participation, dedicated to the 85th anniversary of Kamchatka Research Institute of Fishery and Oceanography (3–6 October, 2017)* “Water biological resources of Russia: state, monitoring, management”. Petropavlovsk-Kamchatski: KamchatNIRO. P. 28–34.
- Tokranov A.M., Davidov I.I. 1998. Some Aspects of Biology of the Shortraker Rockfish *Sebastes borealis* (Scorpaenidae) in the Pacific Waters of Kamchatka and Western Part of the Bering Sea: 2. Size and Age Composition. *Journal of Ichthyology*. Vol. 38. № 1. P. 37–41.
- Tokranov A.M., Novikov R.N. 1997. Distribution and Size-Age Composition of *Sebastes alascanus* (Scorpaenidae) in Pacific Waters of Kamchatka and the Western Part of the Bering Sea. *Journal of Ichthyology*. Vol. 37. № 5. P. 344–350.
- Tokranov A.M., Orlov A.M. 2001. Some Biological Characteristics of Psychrolutidae in the Pacific Waters off Southeastern Kamchatka and Northern Kuril Islands: Communication 2. Size-Age and sex Composition and Feeding. *Journal of Ichthyology*. Vol. 41. № 8. P. 575–583.
- Tokranov A.M., Orlov A.M. 2002. Distribution and Some Features of the Biology of Eelpouts *Lycodes brunneofasciatus* and *L. albolineatus* (Zoarcidae) in the Pacific Waters off the Northern Kuril Islands and Southeastern Kamchatka. *Journal of Ichthyology*. Vol. 42. № 8. P. 579–590.
- Tokranov A.M., Orlov A.M. 2003. Some problems of biology of rare species of snailfish (Liparidae) from the Pacific waters of the Northern Kurile Islands and south-eastern Kamchatka. *Proceedings of Kamchatka Branch of Pacific Institute of Geography, Far Eastern Division, Russian Academy of Sciences*. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatsky Pechatnij Dvor. Publishing House. Issue 4. P. 209–226.
- Tokranov A.M., Orlov A.M. 2004. Some Aspects of the Biology of the Northern Four-Horned Poacher *Hypsagonus quadricornis* (Agonidae) in Pacific Waters off the Northern Kuril Islands. *Journal of Ichthyology*. Vol. 44. № 7. P. 508–514.
- Tokranov A.M., Orlov A.M. 2005. Some Features of the Biology of *Icelus spatula* (Cottidae) in Pacific Waters off the Northern Kuril Islands. *Journal of Ichthyology*. Vol. 45. № 3. P. 229–236.
- Tokranov A.M., Orlov A.M. 2015. Sculpin fishes of Hemitripterae and Psychrolutidae families in the waters off Kam-

- chatka. *Proceeding of VI Russian science-practical conference* "Nature resources, its modern state, conservation, commercial and technical utilization" (24–26 March, 2015). Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatGTU. P. 145–150.
- Tokranov A.M., Orlov A.M., Sheiko B.A. 2003. Brief Review of the Genera *Hemilepidotus* and *Melletes* (Cottidae) and Some Traits of the Biology of a New Species for Russia *Hemilepidotus zapus* from Pacific Waters of the Northern Kurils. *Journal of Ichthyology*. Vol. 43. № 5. P. 333–349.
- Chetvergov A.V. 1998. Some data about biology of gray rockfish *Sebastes glaucus* Hilgendorf (Scorpaenidae) of near Kamchatka waters. *Research of biology and dynamic of number of commercial fishes of Kamchatka's shelf*. Vol. 4. P. 43–45.
- Sheiko B.A., Fedorov V.V. 2000. Class Cephalaspidomorphi – Stone eels. Class Chondrichthyes – Cartilaginous fishes. Class Holocephali – "complete heads." Class Osteichthyes – Bony fishes. *Catalog of vertebrates of Kamchatka and adjacent waters*. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatsky Pechatnij Dvor. P. 7–41.
- Beamish R.J., McFarlane J.A. 1987. Current trends in age determination methodology. *Age and growth of fishes*. R.C. Summerfelt, G.E. Hall (eds.). Ames: The Iowa St. Univ. Press. P. 15–42.
- Leman B.M., Beamish R.J. 1984. Ecological and management implications of longivity in some northeast Pacific groundfishes. *Bulletin of International Northern Pacific Commition*. № 42. P. 85–97.
- Orlov A.M., Tokranov A.M. 2011. Some rare and insufficiently studied snailfishes (Liparidae, Scorpaeniformes, Pisces) in the Pacific waters off the northern Kuril Islands and southeastern Kamchatka, Russia. *ISRN Zoology*. Vol. 2011. Article ID 341640. 12 p. DOI: 10.5402/2011/341640
- Tokranov A.M., Orlov A.M. 2003. Some biological characteristics of the rare, little-studied gloved snailfish *Palmoliparis beckeri* Balushkin, 1996 (Liparidae, Teleostei), in the Pacific off the Northern Kuril Islands. *Aqua. Journal Ichthyology and Aquatic Biology*. Vol. 7. № 2. P. 83–88.
- Tokranov A.M., Orlov A.M. 2007. Some biological features of rare and poorly-studied sculpins (Cottidae, Hemitriptera, Psychrolutidae) in the Pacific waters off the Northern Kuril Islands and Southeastern Kamchatka, Russian Federation. *The Raffles Bulletin of Zoology*. Supplement № 14. P. 187–198.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Токранов Алексей Михайлович – Камчатский филиал Тихоокеанского института географии Дальневосточного отделения Российской Академии наук, 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский, доктор биологических наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник, руководитель лаборатории гидробиологии; tok_50@mail.ru. SPIN-код: 9756-8561, Author ID: 93184; Scopus ID: 6603388324.

Tokranov Alexey Mikhailovich – Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute of Far-Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Biological Sciences, Senior Science, Principal Researcher, Head of Laboratory of Hydrobiology; tok_50@mail.ru. SPIN-code: 9756-8561, Author ID: 93184; Scopus ID: 6603388324.

УДК 599.323.4:574.24+599.363.2:574.24

DOI: 10.17217/2079-0333-2021-57-70-81

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ЭКОЛОГИИ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ В СНЕЖНЫЙ ПЕРИОД ГОДА

Юодвиршис С.В., Стариков В.П.

Сургутский государственный университет, г. Сургут, проспект Ленина, 1.

Зимняя экология мелких млекопитающих урбанизированных территорий ХМАО-Югры изучена слабо, ранее систематических исследований по данной тематике и сравнения полученных данных с летним периодом на территории округа не проводилось. В данной работе охарактеризован видовой состав и обилие мелких млекопитающих, обитающих в различных биотопах города и его сопредельных территорий в снежный период, а также проанализировано изменение массы тела у доминантных видов в этот период года, и рассмотрено влияние на него некоторых абиотических факторов. Исследование проводилось в снежные периоды 2017/18 г. и 2018/19 г. с октября по май. Сбор биоматериала осуществлялся в г. Сургуте методом ловушко-линий в 16 биотопах, относящихся к трем крупным выделам (лес, болото, пойма) с последующей камеральной обработкой.

Ключевые слова: зимний период года, красная полевка, мелкие млекопитающие, обыкновенная бурозубка.

SOME ASPECTS OF THE ECOLOGY OF SMALL MAMMALS IN URBAN AREAS DURING THE SNOWY SEASON

Yuodvirshis S.V., Starikov V.P.

Surgut State University, Surgut, Lenin Avenue 1.

The winter ecology of small mammals in the urbanized territories of the Khanty-Mansi Autonomous Area-Ugra has been poorly studied; previously, systematic studies on this topic and comparison of the data obtained with the summer period in the district have not been carried out. This paper characterizes the species composition and abundance of small mammals inhabiting various biotopes of the city and its adjacent territories during the snowy period, as well as analyzes the change in body weight in dominant species during this period of the year and considers the influence of some abiotic factors on it. The study was carried out during the snowy periods of 2017/18 and 2018/19 from October to May. The collection of biomaterial was carried out in the city of Surgut by the method of trap lines in 16 biotopes belonging to three large sections (forest, swamp, floodplain) with subsequent office processing.

Key words: winter season, red-backed vole, small mammals, common shrew.

ВВЕДЕНИЕ

Снежный период играет важную роль в жизни мелких млекопитающих ввиду своей длительности и тех адаптационных

процессов, которые обеспечивают выживание популяций в это время года. Изучение зимующих когорт в Югре представляет особый интерес, так как большая часть года на территории округа характеризуется

значительными минусовыми температурами и небольшой продолжительностью светового дня. При этом снежный покров здесь держится около восьми месяцев и отличается большой глубиной. В снежный период жизнь землероек, полевок и мышей проходит полностью под снегом, который защищает их от переохлаждения и хищников [Формозов, 1990; Сафронов, 2009]. В условиях холодных зим температура под снегом на поверхности почвы может сильно отличаться от температуры воздуха над снежным покровом, создавая благоприятные условия для мелких млекопитающих. В то же время на территории города и в его окрестностях на популяции животных оказывает влияние антропогенный фактор. Урбанизация фрагментирует природные экосистемы, заменяя их отдельными гетерогенными участками различных размеров, а также парками и скверами [Garden et al., 2010; Тихонова и др., 2012; Ofori et al., 2018]. Это может оказывать негативное влияние на биоразнообразие в городских районах.

Целью нашего исследования было дать характеристику видовому составу и обилию мелких млекопитающих, обитающих в различных биотопах города и его сопредельных территорий в снежный период, а также проанализировать изменение массы тела у доминантных видов в этот период года и рассмотреть влияние на него некоторых абиотических факторов. Сбор биоматериала проводился в 2017–2019 гг. в снежные периоды года – с октября по май (два полевых сезона) на территории и в окрестностях г. Сургута. Сургут является крупнейшим городом в Югре, а также административным центром Сургутского района Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Он расположен на территории Западно-Сибирской равнины (61°24' с. ш. и 73°29' в. д.), его площадь 353,98 км² [Об-

зор..., 2011]. Ценность полученных данных заключается в том, что ранее систематических исследований различных аспектов зимней экологии и сравнения полученных данных с летним периодом на территории округа не проводилось. Изучение жизни популяций мелких млекопитающих в снежный период года позволит прогнозировать их летнюю численность, что представляется особенно актуальным ввиду того, что данные животные являются переносчиками различных зоонозов. В связи с этим в дальнейшем планируется продолжить данное исследование.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Мелких млекопитающих отлавливали с помощью живоловок и давилок Геро; в качестве приманки использовали хлеб, смоченный в нерафинированном подсолнечном масле. Снабженные приманкой ловушки устанавливались на расстоянии 10 м друг от друга в ниши в снегу, выкопанные до поверхности почвы и в естественные выдувы. В зависимости от площади биотопа выставлялось от 5 до 20 ловушек. При этом по возможности выбирались места с отдушниками, под деревьями, кустарниками и т. д., так как это повышает уловистость [Кучерук и др., 1963]. Данная методика является общепринятой для такого типа исследований [Сафронов, 2002; Панов, 2001]. В местах отлова животных проведены измерения глубины снега (364 в первый полевой сезон и 222 во второй), а также ежедневно фиксировались среднесуточная температура воздуха и длина светового дня. Относительное обилие оценивали по балльной шкале А.П. Кузякина [Кузякин, 1962]. Русские и латинские названия грызунов и насекомоядных приведены по И.Я. Павлинову и А.А. Лисовскому [Павлинов, Лисовский, 2012]. Взвешивали

вание выполнялось на электронных весах с погрешностью 0,01 гр. Графики построены в программе Excel 2007. Все процедуры статистического анализа проведены в программе Statistica 8.0. Связь абиотических факторов и массы тела мелких млекопитающих оценивали с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена.

За время исследования обследовано 16 биотопов, относящихся к трем крупным выделам (болото, лес, пойма): верховое сфагновое болото, низкорослый сосновый рям, сосново-кустарничково-сфагновое болото, ивняк разнотравно-осоковый, пойменный луг, кедрово-сосновый кустарничковый лес, опушка сосново-березового кустарничкового леса, сосновый кустарничковый зеленомошный лес, березово-сосновый кустарничковый зеленомошный лес, припевающий березово-сосновый кустарничковый лес, спелый березово-сосновый кустарничковый лес, сосновый кустарничковый лес, кедрово-березово-сосновый кустарничковый лес, кедрово-березовый осинник, кедрово-березово-сосновый лес, березово-сосновый кустарничковый зеленомошный лес.

Всего отработано 25 308 ловушко-суток, учтено 214 особей, относящихся к восьми видам (из 16 зарегистрированных в Сургуте [Морозкина, 2015]). Доминирующие виды, аналогично летнему периоду [Морозкина, Стариков, 2011], – обыкновенная бурозубка *Sorex araneus* (L.) – 50,5% от всех отловленных особей – и красная полевка *Myodes rutilus* (Pallas) – 36,5%. Совместная доля остальных шести видов составляла всего 13%, и в силу такой малочисленности они не будут использованы для анализа массы тела в данной работе. Из всех особей масса тела проанализирована у 161 зверька (95 обыкновенных бурозубок и 66 красных полевок).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В оба полевых сезона для всех видов было характерно низкое обилие (ос/100 л-с). По-видимому, из-за уменьшения размеров индивидуальных участков, а также из-за снижения активности особей, обусловленных периодом года, уловистость в исследуемые периоды была крайне низкой. Наибольшее обилие зарегистрировано у обыкновенной бурозубки в низкорослом сосновом ряме в снежный период 2017/18 г. (табл. 1). Минимальное обилие у тундряной бурозубки – в 2017/18 г. в березово-сосновом кустарничковом лесу была отловлена одна особь. Отловы данного вида на исследуемой территории единичны, так как в округе этот вид является редким. Такое же обилие и у домовый мыши в 2018/19 г. Это объясняется тем, что в основном отловы велись на расстоянии от построек.

Исследуемые нами периоды отличались по климатическим показателям и антропогенной нагрузке, что, вероятно, в свою очередь сказалось на количестве видов и их обилии [Толкачев, 2007; Нуртдинова, 2005]. Снежный период 2018/19 г. характеризовался возросшей антропогенной нагрузкой в местах отлова мелких млекопитающих, вследствие проведенных вырубок и сокращения площади биотопов, а также резкими похолоданиями. Выборка за этот период меньше, чем за предыдущий полевой сезон. В этот снежный период наблюдалось резкое сокращение как количества пойманных видов мелких млекопитающих, так и их численности. Число отлавливаемых видов сократилось преимущественно до наиболее экологически пластичных, доминирующих *Sorex araneus* и *Myodes rutilus*. Обилие красной полевки изменилось с 0,58 до 0,15, а обыкновенной бурозубки – с 0,85 до 0,18. Суммарное обилие снизилось на 21,5%. В оба снежных периода общее обилие в бо-

лотах выше, чем в лесных и пойменных биотопах (табл. 2), но в 2017/18 г. этот показатель более чем в четыре раза превышал значение за 2018/19 г. (2,39 и 0,56). Глубина снежного покрова на болотах, как правило, больше, чем в биотопах других выделов, и это оказывало положительное влияние на обилие мелких млекопитающих благодаря тому, что снег выполнял теплоизоляционную функцию.

С целью оценки состава сообществ нами были посчитаны индексы Шеннона,

Симпсона и Бергера – Паркера (табл. 3). На основании данных индексов можно судить о том, что сообщества мелких млекопитающих отличались относительной простотой. В оба снежных периода оставалась стабильной значимость доминирующего вида. Индекс разнообразия ожидаемо меньше в снежный период 2018/19 г., по сравнению с аналогичным периодом 2017/18 г., тогда как индекс доминирования изменился незначительно.

Таблица 1. Видовой состав и обилие мелких млекопитающих (ос/100 л-с) в снежный период года в г. Сургуте, 2017–2019 гг.

Table 1. Species composition and abundance of small mammals (individual / 100 t-d) during the snowy season in Surgut, 2017–2019

Вид	Обилие в 2017/18 году, ос/100 л-с	Обилие в 2018/19 году, ос/100 л-с
<i>Myodes rutilus</i> (Pallas)	0,58	0,15
<i>Microtus agrestis</i> (L.)	0,07	–
<i>Alexandromys oeconomus</i> (Pallas)	0,02	–
<i>Mus musculus</i> (L.)	–	0,01
<i>Sorex araneus</i> (L.)	0,85	0,18
<i>Sorex caecutiens</i> (Laxmann)	0,02	–
<i>Sorex minutus</i> (L.)	0,03	–
<i>Sorex tundrensis</i> (Kerr)	0,01	–

Таблица 2. Суммарное обилие (ос/100 л-с) мелких млекопитающих в исследуемых выделах в снежные периоды 2017–2019 гг. в г. Сургуте

Table 2. Total abundance (individual / 100 t-d) of small mammals in the studied areas during the snowy periods of 2017–2019 in Surgut

Исследуемый период	Болото	Лес	Пойма
2017/18 год	2,39	1,65	0,36
2018/19 год	0,56	0,1	0,42

Таблица 3. Индексы доминирования и разнообразия мелких млекопитающих в снежный период года в г. Сургуте за 2017–2019 гг.

Table 3. Indices of dominance and diversity of small mammals in the snowy season in Surgut for 2017–2019

Индекс	2017/18 год	2018/19 год
Индекс доминирования Симпсона	0,58	0,5
Индекс Шеннона	1,1	0,69
Индекс Бергера – Паркера	0,54	0,54

Снижение массы тела у обыкновенных бурозубок в снежный период 2017/18 г. начиналось с ноября. В среднем оно составило 19,48% у самцов и 10,42% у самок, при этом минимальные значения были зарегистрированы в декабре (рис. 1, а). Затем наблюдался прирост массы тела как у самок, так и у самцов, после которого в феврале последовало незначительное понижение. Вероятно, это связано с резким похолоданием во второй половине января (рис. 2, а). Увеличение исследуемого параметра пришлось на период полового созревания мелких млекопитающих. У самок и самцов наблюдалось различие в средних значениях. В целом за анализируемый нами промежуток времени самцы отличались большей изменчивостью массы тела. Также их увеличение массы тела составило 46,95%, тогда как у

самок только 14,08% с последующим снижением в апреле – мае. Вероятно, это связано с более глубокой зимней весовой депрессией, свойственной самкам [Ивантер, 2014], а также тем, что их половое созревание начинается позже, чем у самцов.

В следующий снежный период – 2018/19 г. – масса тела особей этого вида уменьшалась в среднем на 36,9% у самок и на 13,17% у самцов (рис. 1, б). У самок наблюдался прирост исследуемого параметра на 4,4% в январе с последующим постепенным уменьшением на 34,52%. Вероятно, это являлось следствием значительного понижения среднесуточных температур в конце января – начале февраля, как и в предыдущий снежный период 2017/18 г. (рис. 2, б) [Юодвиршис и др., 2019].

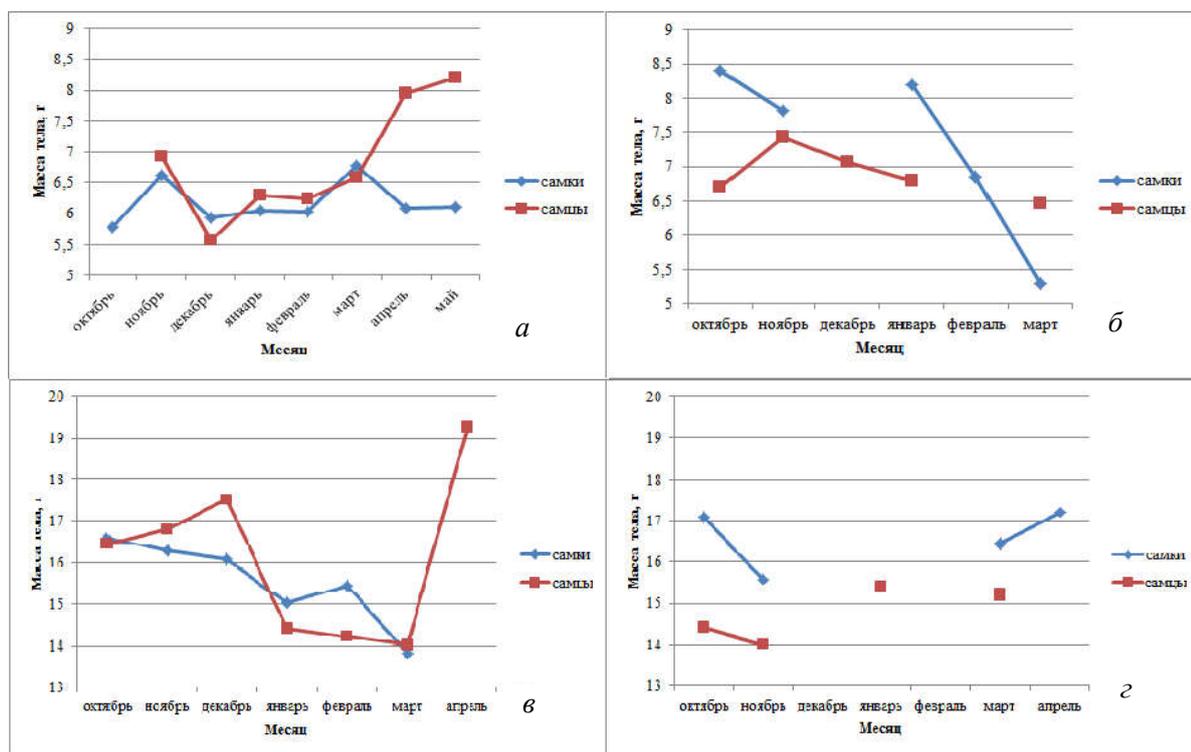


Рис. 1. Изменение средней массы тела: а – обыкновенной бурозубки (*Sorex araneus*) с октября 2017 г. по май 2018 г.; б – обыкновенной бурозубки (*Sorex araneus*) с октября 2018 г. по апрель 2019 г.; в – красной полевки (*Myodes rutilus*) с октября 2017 г. по апрель 2018 г.; г – красной полевки (*Myodes rutilus*) с октября 2018 по апрель 2019 гг.

Fig. 1. Change in average body weight: а – common shrew (*Sorex araneus*) from October 2017 to May 2018; б – common shrew (*Sorex araneus*) from October 2018 to April 2019; в – red backed vole (*Myodes rutilus*) from October 2017 to April 2018; г – red vole (*Myodes rutilus*) from October 2018 to April 2019.

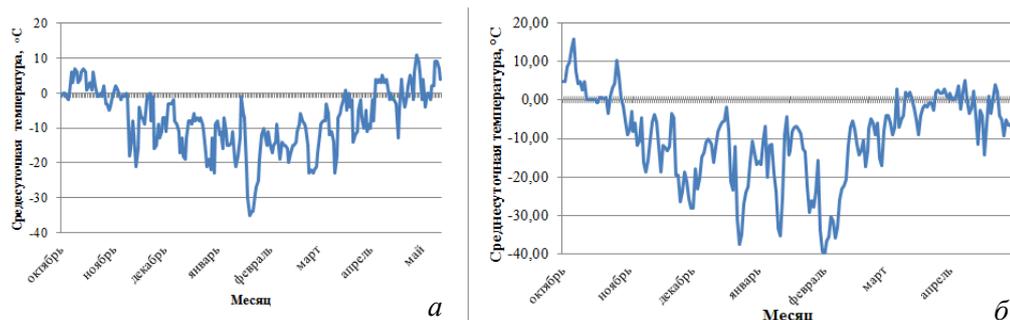


Рис. 2. Изменение среднесуточной температуры: *a* – в исследуемый период 2017/18 г.; *б* – в исследуемый период 2018/19 г.

Fig. 2. Change in the average daily temperature: *a* – in the study period 2017/18; *б* – in the study period 2018/19

У красной полевки в снежный период 2017/18 г. снижение массы тела в среднем составило 16,67% у самцов и 16,22% у самок (рис. 1, *в*). У обоих полов в марте были зарегистрированы минимальные значения исследуемого параметра. Перед этим, в феврале, у самок зафиксирован прирост массы тела с последующим понижением в марте. В середине февраля наблюдалось потепление, за которым последовало снижение среднесуточных температур к концу месяца, и, вероятно, это могло повлиять на наблюдаемое нами изменение массы тела пойманных особей. У самцов в этот промежуток времени изменение массы незначительно (0,20 г). Далее, за апрель, данных по самкам нет, тогда как у самцов наблюдался резкий «весенний скачок» – повышение масса тела на 37,45%.

В 2018/19 г. у красной полевки масса тела в среднем понижалась на 2,85% у самцов и 8,95% у самок (рис. 1, *г*). У обоих полов в этот полевой сезон минимум приходился на ноябрь. Весной у самцов прирост массы тела составил 8,4%, тогда как самки увеличили данный параметр в среднем на 9,53%.

В соответствии с функционально-онтогенетическим подходом (Оленев, 2004), пойманные нами особи красной полевки соответствуют второму пути онтогенетического развития, который характеризует-

ся бифазным ростом. Это подразумевает, что ранней весной после периода зимней «консервации» следует резкий скачок значений массы тела и половое созревание, что и наблюдается в полученных нами данных.

У обоих видов, по сравнению со снежным периодом 2017/18 г., в аналогичный период 2018/19 г. наблюдалась меньшая изменчивость массы тела. Предположительно, это могло быть следствием большей глубины снежного покрова. Как известно [Панов, 2001], снежный покров достаточной глубины (более 20–25 см) обладает высокими теплоизоляционными свойствами, значительно снижая колебания температуры в подснежном слое. В 2018/19 г. (рис. 3, *б*) нами была зафиксирована максимальная средняя глубина на ловушко-линиях, превышающая на 37,8 см (46%) регистрируемые значения данного показателя за предыдущий год (рис. 3, *а*) [Юодвиршис и др., 2019].

Чтобы оценить влияние изменения длины светового дня, глубины снежного покрова и среднесуточной температуры на массу тела видов-доминантов, мы провели корреляционный анализ (табл. 4). Данный анализ выполнялся с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена. Те коэффициенты корреляции, которые считаются высокими по шкале Чеддока, а также являются статистически значимыми ($p < 0,05$), мы выделили жирным шрифтом.



Рис. 3. Изменение глубины снежного покрова: а – с ноября 2017 г. по апрель 2018 г.; б – с ноября 2018 г. по май 2019 г.

Fig. 3. Change in the depth of snow cover: а – from November 2017 to April 2018; б – from November 2018 to May 2019

Таблица 4. Коэффициенты корреляции между массой тела и абиотическими факторами для обыкновенной бурозубки и красной полевки за исследуемый период

Table 4. Correlation coefficients between body weight and abiotic factors for the common shrew and the red-backed vole for the study period

Факторы	<i>Myodes rutilus</i>				<i>Sorex araneus</i>			
	Самцы		Самки		Самцы		Самки	
	2017/18 год	2018/19 год	2017/18 год	2018/19 год	2017/18 год	2018/19 год	2017/18 год	2018/19 год
Длина светового дня	0,14	-0,2	-0,14	0,8	0,82	-0,7	0,4	-0,4
Глубина снежного покрова	-0,6	-	-0,8	0,5	0,26	-1	0,49	-1
Среднесуточная температура	0,64	-0,4	0,66	0,8	0,86	-0,6	0,14	0

Следует отметить, что, помимо выделенных нами, в таблице встречались и другие высокие коэффициенты, однако они не являются статистически значимыми. Вероятной причиной этого является малый объем выборки. Согласно полученным результатам, в 2017/18 г. среднесуточная температура (рис. 2, а) и длина светового дня (рис. 4) оказывали значительное влияние на массу тела самцов обыкновенной бурозубки – в 74 и в 67% случаев. У остальных изменение обусловлено другими причинами (26 и 33% соответственно). Низкие коэффициенты корреляции в 2018/19 г. между рассматриваемыми факторами и массой тела показывают между ними слабую связь либо ее отсутствие.

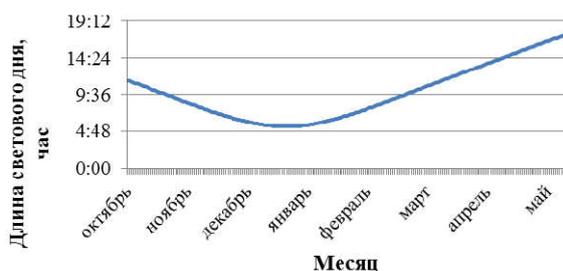


Рис. 4. Изменение средней длины светового дня с октября 2017 по май 2018

Fig. 4. Change in the average length of daylight hours from October 2017 to May 2018

Перестройку биологических показателей определяет ряд факторов среды. Одним из основных является фотопериод [Iverson, Turner, 1974; Sacher, Staffeldt, 1974; Dark et al., 1983; Оленев, Григоркина, 2014; Lazaro et al., 2017; Яскин, 2018]. Возможной причиной положительной корреляции между фотопериодом и массой тела самцов обыкновенной бурозубки в первый полевой сезон, в отличие от самцов красной полевки, является вероятность подснежного размножения последних. Так, это справедливо для джунгарских хомячков [Штайнлехнер, Пухальский, 1999]. Наблюдаемое отличие корреляции между фо-

топериодом и изменением массы тела самцов и самок может быть объяснено возможным половым диморфизмом фотореактивности мелких млекопитающих [Юодвиршис и др., 2019]. Отсутствие статистически значимых коэффициентов корреляции за 2018/19 г., вероятно, связано с меньшим объемом выборки за этот период [Юодвиршис и др., 2019].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На территории и в окрестностях г. Сургута в анализируемые снежные периоды сообщества мелких млекопитающих характеризовались относительной простотой. Видовое разнообразие и обилие в исследуемые периоды значительно ниже, чем в теплое время года (в среднем на 68,8 и на 73,4% соответственно). Помимо этого, данные показатели сокращались при резких климатических изменениях, а также при увеличении антропогенной нагрузки и трансформации биотопов. При этом доминирующие виды сохраняли свою значимость, а изменения происходили в основном за счет малочисленных видов. Из трех выделов, в которых производился отлов животных, большее обилие характерно для болота в оба полевых сезона. На его долю пришлось 54,3 и 51,9% от суммарного обилия в первый и второй полевые сезоны соответственно.

Рассматриваемые снежные периоды отличались климатическими показателями, что повлекло за собой и различия исследуемых параметров. Так, период 2018/19 г. характеризовался большей (на 46%) глубиной снежного покрова и резкими понижениями среднесуточных температур, приходившихся на позднюю осень. В этот период у обоих доминантных видов самки показали большую изменчивость массы тела по сравнению с самцами. Зафиксиро-

вано изменение данного параметра у самок на 36,9% для *Sorex araneus* и на 8,95% для *Myodes rutilus*, у самцов на 13,17% для *Sorex araneus* и на 2,85% для *Myodes rutilus*. Пойманные нами особи красной полевки, с точки зрения функционально-онтогенетического подхода [Оленев, 2004], соответствовали второму пути онтогенетического развития, и их масса изменялась в соответствии с ним.

ЛИТЕРАТУРА

- Ивантер Э.В. 2014. О некоторых закономерностях сезонно-возрастных изменений веса тела в жизненном цикле обыкновенной бурозубки (*Sorex araneus* L.). *Принципы экологии*. № 3. С. 12–19.
- Кузякин А.П. 1962. Зоогеография СССР. *Ученые записки МОПИ им. Н.К. Крупской*. Т. 109. Вып. 1. С. 3–182.
- Кучерук В.В., Тупикова Н.В., Евсеева В.С., Заклинская В.А. 1963. Организация и методы учёта птиц и вредных грызунов Москва: Изд-во АН СССР. 256 с.
- Морозкина А.В., Стариков В.П. 2011. Биотопическое распределение и численность мелких млекопитающих города Сургута. *Материалы Всерос. науч. конф., посвящ. 15-летию биол. факультета Сургутского государственного университета «Современные проблемы биологических исследований в Западной Сибири и на сопредельных территориях»*. Сургут: Таймер. С. 78–81.
- Морозкина А.В. 2015. Сообщества мелких млекопитающих урбатерриторий Среднего Приобья (на примере города Сургута): *Диссертация ... канд. биол. наук: 03.02.08*. Томск. 159 с.
- Нуртдинова Д.В. 2005. Экология мелких млекопитающих в коллективных садах крупной городской агломерации: *Автореферат дис. ... канд. биол. наук*. Екатеринбург. 24 с.
- Обзор состояния окружающей среды города Сургута 2006–2010 гг. 2011. Сургут: Дефис. 98 с.
- Оленев Г.В. 2004. Функционально-онтогенетический подход в изучении популяций цикломорфных млекопитающих: *Автореф. дис. ... д-ра биол. наук*. Екатеринбург: ИЭРиЖ УрО РАН. 47 с.
- Оленев Г.В., Григоркина Е.Б. 2014. Функциональные закономерности жизнедеятельности грызунов в зимний период. *Экология*. № 6. С. 428–438.
- Павлинов И.Я., Лисовский А.А. 2012. Млекопитающие России: систематико-географический справочник. Москва: Товарищество научных изданий КМК. 604 с.
- Панов В.В. 2001. Зимний период в жизни мелких млекопитающих приобских сосновых боров северной лесостепи Западной Сибири. *Сибирский экологический журнал*. № 6. С. 777–784.
- Сафронов В.М. 2002. Зимняя экология млекопитающих Якутии: *Автореферат дис. ... д-ра биол. наук*. Петрозаводск: Петрозаводский государственный университет. 48 с.
- Сафронов В. М. 2009. Адаптивные особенности терморегуляции и поддержания энергетического баланса у мышевидных грызунов. *Вестник ТГУ. Биология*. № 4 (8). С. 47–61.
- Тихонова Г.Н., Тихонов И.А., Суоров А.В., Богомоллов П.Л., Котенкова Е.В. 2012. Экологические аспекты формирования фауны мелких млекопитающих урбанистических территорий Средней полосы России. Москва: Тов-во научных изданий КМК. 372 с.
- Толкачев О.В. 2007. Воздействие урбанизации на население бурозубок лесных

- экосистем: *Автореферат дис. ... канд. биол. наук.* Екатеринбург. 25 с.
- Формозов А.Н. 1990. Снежный покров в жизни млекопитающих и птиц. 2-е изд. Москва: Изд-во МГУ. 287 с.
- Штайнлехнер С., Пухальский В. 1999. Сезонная регуляция размножения мелких млекопитающих. *Сибирский экологический журнал.* № 1. С. 23–29.
- Юодвиршис С.В., Стариков В.П., Муртазин Д.И. 2019. Изменение массы тела обыкновенной бурозубки (*Sorex araneus*) и красной полевки (*Myodes rutilus*) в снежный период года. *Материалы Международного симпозиума, посвященного 100-летию академика С.С. Шварца «Экология и эволюция: новые горизонты».* г. Екатеринбург: Гуманитарный университет. С. 134–136.
- Юодвиршис С.В., Стариков В.П., Муртазин Д.И. 2019. Влияние некоторых абиотических факторов на изменение массы тела видов-доминантов мелких млекопитающих в снежный период года. *Материалы II Всероссийской научно-практической конференции «Безопасный Север – чистая Арктика!»*, г. Сургут. С. 194–204.
- Яскин В.А. 2018. Особенности роста головного мозга у красной полевки (*Clethrionomys rutilus*, Rodentia) разных сезонных генераций. *Зоологический журнал.* Т. 97. № 3. С. 343–347.
- Garden J.G., McAlpine C.A., Possingham H.P. 2010. Multi-scaled habitat considerations for conserving urban biodiversity: native reptiles and small mammals in Brisbane, Australia. *Landscape Ecology.* V. 25. P. 1013–1028.
- Dark J., Zucker I., Wade G.N. 1983. Photoperiodic regulation of body mass, food intake, and reproduction in meadow voles. *American Journal of Physiology – Regulatory Integrative and Comparative Physiology.* V. 14. № 3. P. 334–338.
- Iverson S.L., Turner B.N. 1974. Winter Weight Dynamics in *Microtus pennsylvanicus*. *Ecological Society of America.* V. 55. № 5. P. 1030–1041.
- Lazaro J., Hertel M., LaPoint S., Wikelski M., Stiehler M., Dechmann D. 2017. Cognitive skills of common shrews (*Sorex araneus*) vary with seasonal changes in skull size and brain mass. *Journal of Experimental Biology.* V. 221. № 2. P. 1–6.
- Ofori B.Y., Garshong R.A., Gbogbo F., Owusu E.H., Attuquayefio D.K. 2018. Urban green area provides refuge for native small mammal biodiversity in a rapidly expanding city in Ghana. *Environmental Monitoring and Assessment.* V. 190. P. 480.
- Sacher G.A., Staffeldt E.F. 1974. Relation of gestation time to brain weight for placental mammals: implications for the theory of vertebrate growth. *American Naturalist.* V. 108. № 963. P. 593–615.

REFERENCES

- Ivanter E.V. 2014. On some patterns of seasonal-age changes in body weight in the life cycle of the common shrew (*Sorex araneus* L.). *Principy ekologii (Principles of Ecology).* № 3. P. 12–19.
- Kuzyakin A.P. 1962. Zoogeography of the USSR. *Uchjonye zapiski MOPI im. N.K. Krupskoj (Scientific notes of the Moscow State Pedagogical Institute. N.K. Krupskaya).* Vol. 109. №. 1. P. 3–182.
- Kucheruk V.V., Tupikova N.V., Evseeva V.S., Zaklinskaya V.A. 1963. Organization and methods of accounting for birds and harmful rodents. Moscow: Publishing house of the Academy of Sciences of the USSR. 256 p.

- Morozkina A.V., Starikov V.P. 2011. Biotopic distribution and abundance of small mammals in the city of Surgut. *Proceedings of All-Russian scientific conference, dedicated to the 15th anniversary of biological faculty of Surgut State University* "Modern problems of biological research in Western Siberia and adjacent territories". Surgut: Timer. P. 78–81.
- Morozkina A.V. 2015. Communities of small mammals of urban areas of the Middle Ob region (on the example of the city of Surgut). *Candidacy dissertation for biological sciences: 03.02.08*. Tomsk. 159 p.
- Nurtdinova D.V. 2005. Ecology of small mammals in collective gardens of a large urban agglomeration: *Abstract of the candidacy dissertation for biological sciences*. Yekaterinburg. 24 p.
- Review of the state of the environment of the city of Surgut during 2006-2010. 2011. Surgut: Hyphen. 98 p.
- Olenev G.V. 2004. Functional-ontogenetic approach to the study of populations of cyclomorphic mammals. *Abstract of the doctoral dissertation for biological sciences*. Yekaterinburg: IERiZh UB RAS. 47 p.
- Olenev G.V., Grigorkina E.B. 2014. Functional patterns of the life of rodents in winter. *Ecology*. № 6. P. 428–438.
- Pavlinov I.Ya., Lisovskiy A.A. 2012. Mammals of Russia: a taxonomic-geographical reference book. Moscow: KMK Scientific Publishing Association. 604 p.
- Panov V.V. 2001. Winter period in the life of small mammals in the Ob Pine forests of the northern forest-steppe of Western Siberia. *Sibirskij ekologicheskij zhurnal (Contemporary Problems of Ecology)*. № 6. P. 777–784.
- Safronov V.M. 2002. Winter ecology of mammals in Yakutia: *Abstract of the doctoral dissertation for biological sciences*. Petrozavodsk: Petrozavodsk State University. 48 p.
- Safronov V.M. 2009. Adaptive features of thermoregulation and maintenance of energy balance in mouse-like rodents. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya (Tomsk State University Journal of Biology)*. № 4 (8). P. 47–61.
- Tikhonova G.N., Tikhonov I.A., Surov A.V., Bogomolov P.L., Kotenkova E.V. 2012. Environmental aspects of the formation of the fauna of small mammals in urban areas of Central Russia. Moscow: Partnership of scientific publications KMK. 372 p.
- Tolkachev O.V. 2007. The impact of urbanization on the population of shrews in forest ecosystems: *Abstract of the candidacy dissertation for biological sciences*. Yekaterinburg. 25 p.
- Formozov A.N. 1990. Snow cover in the life of mammals and birds. 2nd ed. M.: Publishing house of MSU. 287 p.
- Steinlechner S., Pukhalskiy V. 1999. Seasonal regulation of reproduction of small mammals. *Sibirskij ekologicheskij zhurnal (Contemporary Problems of Ecology)*. № 1. P. 23–29.
- Yuodvirshis S.V., Starikov V.P., Murtazin D.I. 2019. Changes in body weight of the common shrew (*Sorex araneus*) and the red vole (*Myodes rutilus*) during the snowy period of the year. *Materials of the 100th anniversary of Academician S.S. Schwartz "Ecology and Evolution: New Horizons"* Yekaterinburg: Humanitarian University. P. 134–136.
- Yuodvirshis S.V., Starikov V.P., Murtazin D.I. 2019. Influence of some abiotic factors on changes in body weight of dominant species of small mammals during the

- snowy season. *Materials of the Second All-Russian Scientific and Practical Conference "Safe North – Clean Arctic!"*, Surgut. P. 194–204.
- Yaskin V.A. 2018. Features of brain growth in the red vole (*Clethrionomys rutilus*, Rodentia) of different seasonal generations. *Zoologicheskij zhurnal (Russian Journal of Zoology)*. Vol. 97. № 3. P. 343–347.
- Garden J.G., McAlpine C.A., Possingham H.P. 2010. Multi-scaled habitat considerations for conserving urban biodiversity: native reptiles and small mammals in Brisbane, Australia. *Landscape Ecology*, V. 25. P. 1013–1028.
- Dark J., Zucker I., Wade G.N. 1983. Photoperiodic regulation of body mass, food intake, and reproduction in meadow voles. *American Journal of Physiology – Regulatory Integrative and Comparative Physiology*. V. 14. № 3. P. 334–338.
- Iverson S.L., Turner B.N. 1974. Winter Weight Dynamics in *Microtus pennsylvanicus*. *Ecological Society of America*. V. 55. № 5. P. 1030–1041.
- Lazaro J., Hertel M., LaPoint S., Wikelski M., Stiehler M., Dechmann D. 2017. Cognitive skills of common shrews (*Sorex araneus*) vary with seasonal changes in skull size and brain mass. *Journal of Experimental Biology*. V. 221. № 2. P. 1–6.
- Ofori B.Y., Garshong R.A., Gbogbo F., Owusu E.H., Attuquayefio D.K. 2018. Urban green area provides refuge for native small mammal biodiversity in a rapidly expanding city in Ghana. *Environmental Monitoring and Assessment*. V. 190. P. 480.
- Sacher G.A., Staffeldt E.F. 1974. Relation of gestation time to brain weight for placental mammals: implications for the theory of vertebrate growth. *American Naturalist*. V. 108. № 963. P. 593–615.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Юодвиршис Светлана Владимировна – Сургутский государственный университет; 628403, Россия, Сургут; аспирант кафедры «Биология и биотехнология»; dovgal.sv@yandex.ru. SPIN-код: 2415-3715.

Yuodvirshis Svetlana Vladimirovna – Surgut State University; 628403, Russia, Surgut; Postgraduate of Biology and Biotechnology Chair; dovgal.sv@yandex.ru. SPIN-code: 2415-3715.

Стариков Владимир Павлович – Сургутский государственный университет; 628403, Россия, Сургут; доктор биологических наук, профессор кафедры «Биология и биотехнология»; vp_starikov@mail.ru. SPIN-код: 1145-0837, Author ID: 85287; Scopus ID: 12766035400.

Starikov Vladimir Pavlovich – Surgut State University; 628403, Russia, Surgut; Doctor of Biological Sciences; Professor of Biology and Biotechnology Chair; vp_starikov@mail.ru. SPIN-code: 1145-0837, Author ID: 85287; ScopusID: 12766035400.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ РЕДКОЙ ЭНДЕМИЧНОЙ ВОДОРОСЛИ *PHYLLARIELLA OCHOTENSIS* (LAMINARIALES, PHAEOPHYCEAE) В ОХОТСКОМ МОРЕ

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

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

Обсуждаются особенности распространения и распределения у материкового побережья Охотского моря эндемичного для его альгофлоры вида ламинариевых водорослей *Phyllariella ochotensis* Petrov et Vozzhinskaya, 1966, а также его отличия от представителей разных семейств порядка Laminariales. Материалом для работы послужили результаты изучения его популяций у западной Камчатки (о. Птичий, 2020 г.) и в ряде районов Тауйской губы (2021 г.), гербарных сборов других исследователей и сведений из литературных источников, содержащих информацию по этому виду. Для альгофлоры Тауйской губы, ранее активно изучавшейся морскими гидробиологами и альгологами, он указывается впервые. Здесь у о. Недоразумения было обнаружено монодоминантное сообщество *P. ochotensis* с биомассой более 4 кг/м². Столь неожиданное появление и усиление ценотической роли вида в районе побережья, где он ранее отсутствовал, возможно, объясняется происходящими в последние годы изменениями гидрологического режима в северных районах Охотского моря. Об этом свидетельствует проведенный анализ данных изменения усредненных показателей летней температуры поверхностного слоя воды у о-вов Птичий и Недоразумения (Тауйская губа) за период 1900–2020 гг. В целом показано, что *P. ochotensis* распространена у материкового берега Охотского моря: в центральных районах западной Камчатки, в северных заливах Гижигинский и Тауйский, южнее она встречается только у Шантарских островов и близлежащих заливах Ульбинский, Тугурский и Екатерины. По таксономическим признакам, традиционно используемым для выделения семейств ламинариевых водорослей, этот вид близок к Alariaceae и Laminariaceae, но для уточнения его семейственной принадлежности необходимы молекулярно-генетические исследования.*

Ключевые слова: *Phyllariella ochotensis*, ламинариевые водоросли, виды-эндемы, Тауйская губа, Охотское море.

DISTRIBUTION OF RARE ENDEMIC ALGA *PHYLLARIELLA OCHOTENSIS* (LAMINARIALES, PHAEOPHYCEAE) IN THE SEA OF OKHOTSK

Klimova A.V., Klochkova T.A., Klochkova N.G.

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

We discuss the peculiarities of distribution and dispersal of the endemic Laminariacean species, *Phyllariella ochotensis* Petrov et Vozzhinskaya, 1966, on the continental coast of the Sea of Okhotsk, as well as its differences from other taxa from the order Laminariales. We studied specimens personally collected near western Kamchatka, Ptichij Island in 2020 and from several sites in the Taui Bay in 2021, as well

* 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 A)).

as herbarium collections by other researchers and references containing information on this species. We report this species for the first time in the flora of the Tauí Bay, which was actively studied previously by marine hydrobiologists and phycologists. On Nedorazumeniya Island, we discovered the monodominant species community of *P. ochotensis* with a biomass of more than 4 kg/m². The unexpected appearance and strengthening of the biocoenotic role of *P. ochotensis* in this coastal area, where it was previously absent, is most likely caused by recent changes in the hydrological regime in the northern regions of the Sea of Okhotsk. The data analysis of changes in the surface water layer's average temperature near Ptichij and Nedorazumeniya Islands (Tauí Bay) for July – August confirms this idea. As generally shown, *P. ochotensis* is distributed near the continental coast of the Sea of Okhotsk: in the central areas of western Kamchatka, in the Gizhiginsky and Tauí Bays, to the south only off Shantar Islands and in the proximate Ulbinsky, Tugursky and Ekaterina Bays. According to the taxonomic features traditionally used to distinguish kelp families, this species has affinity to the Alariaceae and Laminariaceae. It is necessary to survey *P. ochotensis* molecular-phylogenetically for clarifying its family affiliation.

Key words: *Phyllariella ochotensis*, laminariacean species, endemic species, Tauí Bay, Sea of Okhotsk.

ВВЕДЕНИЕ

Ламинариевые водоросли – основные продуценты морских прибрежных вод в холодо-умеренных и умеренных широтах Северного полушария [Teagle et al., 2017; Wernberg et al., 2019]. Уменьшение или увеличение их ценотической роли и изменение ареалов влечет за собой значительные перестройки состава, структуры и продуктивности донных сообществ во всей мелководной зоне шельфа [Krumhansl et al., 2016; Krause-Jensen et al., 2020]. Наблюдаемые в настоящее время глобальные изменения климата вызывают указанные выше изменения. Это отмечают специалисты, отслеживающие состояние сообществ ламинариевых, распространение и распределение. Их наблюдения позволяют получать актуализированные данные и прогнозировать дальнейшее развитие ситуации [Duffy et al., 2019]. Эта информация, кроме того, может быть использована для реконструкции истории формирования современных альгофлористических комплексов и интерпретации результатов филогенетических исследований.

Альгофлора материкового побережья Охотского моря включает в свой состав

несколько эндемичных представителей порядка Laminariales: *Laminaria appressirhiza*, *L. inclinatorhiza*, *Pseudolessonia laminarioides*, *Tauya basicrassa* и *Phyllariella ochotensis*. Для нее в свое время был описан еще один вид-эндем – *Laminaria multiplicata* [Петров, Суховеева, 1976], но более поздние исследования показали, что отнесенные к нему образцы, в том числе типовой, на самом деле являются представителями широко распространенного на российском Дальнем Востоке вида *L. gurjanovae* (= *S. latissima*) [Klochkova et al., 2010]. Аномалии их морфологии Ю.Е. Петров и М.В. Суховеева приняли за видовые признаки нового для науки вида.

Из трех указанных выше эндемиков Охотского моря *L. inclinatorhiza*, *L. appressirhiza* и *P. laminarioides* являются доминантами подводных сообществ и широко распространены вдоль всего его материкового берега. Их количественное и вертикальное распределение хорошо изучено. Сведения об их биомассе и распределении по глубинам содержатся в публикациях В.Б. Возжинской [1966], В.Б. Возжинской и Е.И. Блиновой [1970], Л.П. Перестенко [1996] и М.Н. Белого [2013]. Представления об ареалах *T. basicrassa* и *P. ochotensis*

еще окончательно не сформированы, поскольку они более требовательны к условиям обитания и встречаются гораздо реже. Упоминания о них в указанных выше работах и отчетах научно-исследовательских организаций, проводивших альгопромисловые съемки у материкового побережья Охотского моря, скудны или совсем отсутствуют.

В августе 2020 г. авторы с целью проведения таксономической ревизии ламинариевых российского Дальнего Востока провели альгологические исследования у западной Камчатки, а в августе 2021 г. обследовали разные районы Тауйской губы. Оба раза среди ламинариевых была встречена *P. ochotensis*. Изучение ее образцов и анализ литературных данных по этому виду позволили сформировать обновленное представление о его распространении и количественном распределении в Охотском море. Изучение разновозрастных образцов представителей *P. ochotensis* позволило также определить размах ее морфологической изменчивости и сравнить с представителями всех известных семейств порядка Laminariales по ключевым таксономическим признакам, используемым для его деления на семейства в традиционной фенотипической систематике.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспедиционные исследования, в ходе которых обнаружен обсуждаемый вид, были проведены авторами у западной Камчатки в 2020 г. и в Тауйской губе у материкового побережья Охотского моря в 2021 г. В первом районе *Phyllariella ochotensis* была собрана в литоральной зоне о. Птичий 15.08.2020 г., во втором – на литорали кутовой части бух. Нагаева 03.08.2021 г., в бух. Веселая, у небольшого о. Вдовушка – 05.08.2021 г. и в Амахтонском заливе,

у о. Недоразумения – 07–08.08.2021 г. Все вышеупомянутые экспедиционные исследования были выполнены при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-04-00285 А.

Для формирования представлений о современном распространении *P. ochotensis* были использованы собственные и литературные данные о ее нахождении в Охотском море. Дополнительно авторы изучили сборы охотоморских ламинариевых в Ботаническом институте им. В.Л. Комарова РАН (Санкт-Петербург, LE), Северо-восточном государственном университете (СВГУ, г. Магадан) и гербарии Тихоокеанского института рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО, г. Владивосток). В собственной водорослевой коллекции были повторно изучены образцы *P. ochotensis*, собранные А.А. Емельяновой и Н.Г. Ключковой у о. Птичий в августе 2004 г. В общей сложности авторы настоящей работы проанализировали более 800 образцов охотоморских ламинариевых водорослей, в том числе около 130 разновозрастных представителей *P. ochotensis*.

Для анализа данных по температурным аномалиям поверхностного слоя моря (SST, °C), для районов, обследованных в 2020 и 2021 гг., были использованы сведения с портала National Centers for Environmental information (<https://www.ncdc.noaa.gov/cag/>) [NOAA, 2021]. Для пространственной визуализации и построения графиков, отражающих их межгодовые колебания, применяли компьютерные программы Surfer 11.6.1159 (Golden Software) и Prism 9.2.0 (GraphPad Software).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

У побережья о. Птичий *P. ochotensis* была обнаружена в литоральных ваннах, в сублиторальной кайме и среди дрей-

фьюющих сублиторальных выбросов ламинариевых (рис. 1, А). Среди собранных образцов встречались представители разных возрастных групп: ювенилы, водоросли первого и второго годов жизни. Последние были найдены только в выбросах. Все они имели хорошо развитые сорусы спорангиев (рис. 1, В). В литоральной зоне растущие водоросли встречались на скалистом грунте и валунах. Максимальная плотность их зарослей здесь превышала 30 экз/дм² (рис. 1, С). Все собранные образцы имели округлую подошву 0,3–1,4 см в поперечнике. Максимальная длина пластин у представителей второго года жизни достигала 175 см. Следует отметить, что по данным других авторов она не превышает 1 м [Петров, Возжинская, 1966] или 1,2 м [Клочкова и др., 2009]. Судя по нашим наблюдениям, *Phyllariella* имеет сжатый период размножения. Ю.Е. Петров и В.Б. Возжинская в процитированной выше работе писали, что он приходится у нее на конец августа – сентябрь. В наших сборах все водоросли второго года жизни и 2% водорослей первого года жизни имели созревшие сорусы спорангиев уже к 15 августа [Клочкова и др., 2020].

В Тауйской губе единичные стерильные образцы *P. ochotensis* первого года жизни были собраны на скалистой литорали в бух. Веселая, и только два стерильных слоевища были обнаружены в выбросах в бух. Нагаева у побережья г. Магадана. Длина этих водорослей не превышала 60 см. На литорали о. Недоразумения со стороны, обращенной к берегу бух. Ахматонская, мы обнаружили монодоминантные заросли *P. ochotensis* (рис. 1, D и E). Они занимали средний и нижний горизонты литорали и были представлены ювенилами и первогодними водорослями (рис. 1, F). Самые крупные из них достигали 1,2 м длины. Плотность этих зарослей была со-

поставима с таковой у о. Птичий, а их максимальная биомасса превышала 4 кг/м². Интересно отметить, что в этом районе все водоросли были также стерильными, и что некоторые из них имели не подошву, а лопастные ризоиды (рис. 1, G). Часть образцов являлась эпифитами бурой водоросли *Fucus distichus*.

Анализ собственных и литературных данных по распространению *P. ochotensis* в Охотском море (табл. 1) позволяет говорить о том, что она имеет разорванный ареал и весьма неравномерную в пределах своего произрастания ценотическую роль. На юге материкового побережья ее указывали у Шантарских островов и в разных районах на участке побережья мыс Литке (зал. Екатерины) – Тугурский залив (рис. 2, А). Севернее Тугурского залива вплоть до зал. Удачи (зал. Шелихова) она не отмечалась ни в публикациях В.Б. Возжинской [1966], Ю.Е. Петрова и В.Б. Возжинской [1966] и Л.П. Перестенко [1996], ни в научных отчетах сотрудников ТИНРО. *P. ochotensis* не встречалась здесь также сотруднику Магаданского института рыбного хозяйства и океанографии (МагаданНИРО) М.Н. Белому во время проведения им альгопромысловых исследований в период 2001–2011 гг. (устное сообщение).

Сборы водорослей в Тауйской губе в разное время вели сотрудники ТИНРО, Института Биологии моря ДВО РАН, МагаданНИРО и СВГУ. В 2006, 2008 и 2016 гг. здесь проводила альгофлористические исследования также один из авторов настоящей статьи. Однако, несмотря на высокий уровень изученности альгофлоры этого района [Белый, 2013] и специальный поиск *P. ochotensis* в предыдущие годы, ее здесь никто не встречал.



Рис. 1. *Phyllariella ochotensis* в разных районах Охотского моря: А – С – о. Птичий (западная Камчатка); А – место сбора образцов; В – образец второго года жизни, собранный 15.08.2020 г. со спороносной тканью (отмечена стрелками); С – базальная часть ювенильных водорослей. D – G – о. Недоразумения (Тауйская губа); D – место сбора образцов 08.08.2021 г.; E – литоральные заросли вида; F – образцы первого года жизни; G – лопастные ризоиды и хорошо заметные криптостомы (отмечены стрелками) на поверхности пластины

Fig. 1. *Phyllariella ochotensis* from the Sea of Okhotsk: A – C – Ptichij Island (western Kamchatka); A – collection site of the studied specimens; B – 2nd year old plant collected on 15.08.2020 with a spore-bearing tissue (marked with arrows); C – attachment of algae to the substrate with the discoidal holdfast. D – G – Nedora-zumeniya Island (Tauy Bay); D – collection site of the specimens collected on 08.08.2021; E – species beds in the tidal zone; F – 1st year old plant; G – rhizoids and well-marked cryptostomes on the surface of the blade

Таблица 1. Данные по распространению *Phyllariella ochotensis* у побережья Охотского моряTable 1. Distribution of *Phyllariella ochotensis* in the Sea of Okhotsk

Места сбора образцов	Сборщики и дата сбора	Место хранения образцов	Публикация	Видовое название в публикации
Шангарские острова				
остров Большой Шангар (Яшкина губа, залив Николая)	И.Г. Закс, 1927	LE	Закс, 1929 Зинова, 1930, 1954 Зинова, 1953	<i>Laminaria 'C'</i> <i>Phyllaria dermatodea</i>
остров Большой Шангар (Яшкина губа)	А.В. Потехина, 1968	ТИНРО	Потехина, 1972	<i>Phyllariella ochotensis</i>
Шангарское море	А.И. Разин, 1930–1934	–	Гайл, 1936,	<i>Phyllaria dermatodea</i>
Тугурский залив (бухта Мамга)	В.Г. Аверинцев, Б.И. Сиренко,	LE	Перестенко, 1996	<i>Phyllariella ochotensis</i>
Ульбанский залив (мыс Заржецкого)	А.М. Шереметевский, 1978			
залив Екатерины (мыс Литке)				
Материковое побережье Охотского моря				
Тауйская губа (остров Недоразумения, бухта Нагаева, бухта Гернера)	А.В. Климова, Т.А. Клочкова, 2021	КамчатГТУ	Настоящее исследование	<i>Phyllariella ochotensis</i>
Гижигинская губа (мыс Арегичинского)	В.Б. Возжинская, Е.И. Блинова, 1964	LE	Петров, Возжинская, 1966*; Возжинская, Блинова, 1970	<i>Phyllariella ochotensis</i>
залив Шелихова (залив Удачи)	В.Б. Возжинская, 1964	LE	Возжинская, 1966	<i>Phyllariella ochotensis</i>
Западная Камчатка				
остров Птичий (типовое местообитание)	В.Б. Возжинская, 1963; В.Б. Возжинская, Е.И. Блинова, 1964 А.А. Емельянова, Н.Г. Клочкова, 2004 А.В. Климова, Н.Г. Клочкова, 2020	LE LE КамчатГТУ КамчатГТУ	Петров, Возжинская, 1966 Петров, Возжинская, 1966 Емельянова, 2005; Клочкова и др., 2009 Клочкова и др., 2020	<i>Phyllariella ochotensis</i>

* В публикации приведено таксономическое описание *Phyllariella ochotensis*.* References containing taxonomical description of *Phyllariella ochotensis*.

Нахождение этого вида в Тауйской губе в 2021 г. в качестве доминанта литорального альгоценоза можно объяснить происходящими в последние годы изменениями ее гидрологического режима. Анализ данных по изменению усредненных показателей температуры поверхностного слоя воды за июль – август в период 1900–2020 гг. свидетельствует об этом (рис 2, В). В течение последних 15 лет устойчивое превышение средних значений температуры имеет место в разных районах Охотского моря (рис. 2, В и С). При этом у о. Недоразумения максимальные положительные аномалии SST в 2018 г. превысили средние за последние 120 лет значения для июля – августа на 1,34°C. У о. Птичий в 2016 г. они достигали 1,77°C.

Повышение температуры за последние 15 лет оказалось достаточным для расширения ареала *P. ochotensis*, вселения ее в Тауйскую губу и формирования там монодоминантных зарослей. Отметим, что место ее массового произрастания у о. Недоразумения отличается пониженной гидродинамикой и повышенной концентрацией биогенных веществ, и что именно здесь распространен другой узкоареальный охотоморский эндемик *T. basicrassa* [Н. Ключкова, Крупнова, 2004]. Наблюдаемое в настоящее время повышение температуры прибрежных вод Охотского моря повлекло за собой не только изменение ее распространения *P. ochotensis*, но и фенологического развития, в частности к более ранней закладке и созреванию зооспор.

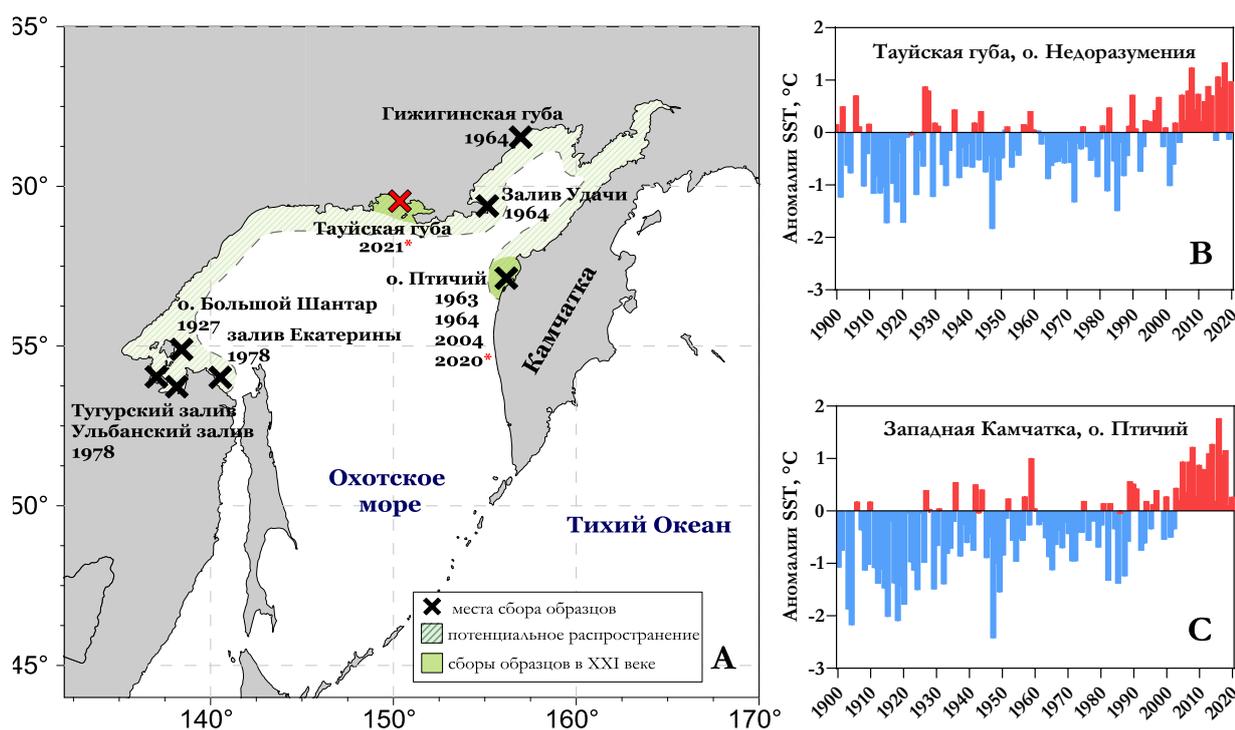


Рис. 2. Распространение *Phyllariella ochotensis* в Охотском море (А) и данные изменений усредненных показателей температуры поверхностного слоя воды (SST, °C) за июль – август у о. Недоразумения, Тауйская губа (В), и о. Птичий, западная Камчатка (С)

Fig. 2. Distribution of *Phyllariella ochotensis* in the Sea of Okhotsk (A) and sea surface temperature (SST, °C) anomalies in July-August registered near Nedrozumeniaj Island in the Taui Bay (B) and Ptichij Island on the western Kamchatka (C)

Ю.Е. Петров и В.Б. Возжинская [1966], несмотря на внешнее сходство *P. ochotensis* с североатлантическим видом *Phyllaria dermatodea* (= *Saccorhiza dermatodea*, порядок Tilopteridales), включили описанный ими вид в порядок Laminariales, семейство Laminariaceae, на основании особенностей анатомического строения. Важным признаком морфологической организации *P. ochotensis* является наличие на поверхности ее пластины криптостом. Этим она отличается от всех известных во флоре Мирового океана представителей семейства Laminariaceae и близка к представителям семейства Alariaceae (табл. 2).

По совокупности приведенных в таблице 2 таксономических признаков обсуждаемый вид имеет сходство с представителями обоих семейств. Неудивительно, что неопределенность его семейственной принадлежности выявляется при анализе работ, содержащих таксономические списки ламинариевых водорослей. В публикациях одних авторов *P. ochotensis* указывается в составе семейства Laminariaceae [Петров, Возжинская, 1966; Селиванова и др., 2007; Ключкова и др., 2009; Белый, 2013; Bolton, 2010]. В международной базе данных по водорос-

лям Algaebase.org [Guiry, Guiry, 2021] и работе Т. Silberfeld с соавторами [Silberfeld et al., 2014] она приводится без указания семейства (Laminariales familia incertae sedis).

Современное понимание объема семейства Arthrothamnaceae требует разъяснения (табл. 2). Первоначально это семейство было описано Ю.Е. Петровым [1974] на основе морфологических признаков. Он включил в него только один род *Arthrothamnus*, отличавшийся от всех других родов ламинариевых неповторимыми особенностями формирования разветвленных черешков и отходящих от них пластин. На основании современных молекулярно-филогенетических данных объем этого семейства был расширен. В него перевели представителей других родов [Jackson et al., 2017; Starko et al., 2019], принципиально отличающихся от *Arthrothamnus* типом морфогенеза. При этом типовой вид рода *A. kurilensis* в исследованиях цитированных выше авторов остался неизученным, а диагноз семейства – неизменным. Учитывая эти обстоятельства, при сравнении *P. ochotensis* с представителями семейства Arthrothamnaceae мы рассматривали его в объеме, описанном Ю.Е. Петровым [1974].

Таблица 2. Сравнение морфологических признаков представителей разных семейств порядка Laminariales

Table 2. Comparison of the morphological characters in the families from the order Laminariales

Характеристика	<i>Phyllariella</i>	Aureophycaceae	Alariaceae	Agaraceae	Arthrothamnaceae***	Laminariaceae	Lessoniaceae
Единственная основная пластина*	+	+	-/+	-	-	+/-	-
Сорусы развиваются на основной пластине	+	-	+	+	+	+	+
Наличие криптостом	+	-	+/-	-	-	-	-
Простой стволик**	+	+	+/-	+	-	+	-
Базальный диск	+	+	-	-	-	+/-	-
Распространение в дальневосточных морях России	+	-	+	+	+	+	-

* Пластина без разрывов, дополнительных выростов, ребер, поверхность гладкая без перфораций. ** Стволик без разрывов, ветвлений, дополнительных ризоидов и спорофиллов. *** Объем семейства Arthrothamnaceae представлен согласно Ю.Е. Петрову [1974].

* Blade without split, branching, ribs, bullated surface or perforations. ** Stipe without split, branching, fimbriae or sporophylls. *** Volume of the family Arthrothamnaceae is considered according to Yu.E. Petrov [Petrov, 1974].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные нами исследования показывают, что изменение климата оказывает заметное воздействие на распределение водорослей и приводит к изменению их ареалов и ценотической роли. Это, в частности, наблюдается в Охотском море.

Широкое использование в систематике ламинариевых методов молекулярной филогении позволяет точнее определить объем родов и видов [Lane et al., 2006; Bringle et al., 2021], семейственную принадлежность, выделять новые таксоны надвидового уровня [Kawai et al., 2013, 2017; Starko et al., 2019]. Вопрос о таксономическом положении рода *Phyllariella*, в частности ее семейственная принадлежность, также должен быть решен на основе молекулярно-генетических исследований.

Учитывая то, что редкие и эндемичные виды ламинариевых водорослей российского Дальнего Востока остаются до сих пор слабоизученной группой макрофитов, имеющиеся данные о распространении и распределении *P. ochotensis* позволяют рекомендовать ее к включению в IUCN Red List с категорией «data deficient» (DD). И соответственно рекомендовать к включению в Красную книгу РФ и в списки региональных перечней – Хабаровского края, Магаданской области и Камчатского края.

БЛАГОДАРНОСТИ

В проведении экспедиционных исследований в 2020 г. неоценимую помощь в сборе материала оказали сотрудники АО «Хайрюзовский РКЗ» и лично директор завода С.С. Запороцкий, за что авторы настоящей статьи выражают им свою глубокую благодарность.

ЛИТЕРАТУРА

- Белый М.Н. 2013. Водоросли-макрофиты северной части Охотского моря и их значение как нерестового субстрата сельди. Магадан: Новая полиграфия. 194 с.
- Возжинская В.Б. 1966. Экология и распределение водорослей материкового побережья Охотского моря. *Экология и распределение морской донной фауны и флоры*. Т. 81. С. 153–176.
- Возжинская В.Б., Блинова Е.И. 1970. Материалы по распределению и составу водорослей Камчатки (Охотское море). *Труды института океанологии АН СССР*. Т. 88. С. 298–307.
- Гайл Г.И. 1936. Ламинариевые водоросли дальневосточных морей. *Вестник Дальневосточного филиала АН СССР*. № 19. С. 31–65.
- Закс И.Г. 1929. К познанию донных сообществ Шантарского моря. *Известия ТОНС*. Т. 3. Вып. 2. 112 с.
- Зинова А.Д. 1953. Определитель бурых водорослей северных морей СССР. Л.-М.: Изд-во АН СССР. 224 с.
- Зинова Е.С. 1930. Водоросли Охотского моря с побережий большого Шантарского острова. *Труды Ленинградского общества естествоиспытателей*. Т. 60. Вып. 3. С. 81–125.
- Зинова Е.С. 1954. Водоросли Охотского моря. *Труды Ботанического института АН СССР*. Сер. II. Вып. 9. С. 259–307.
- Емельянова А.А. 2005. Флора водорослей-макрофитов северных районов Охотского моря, юга Камчатки и северных Курильских островов. *Автореферат диссертации ... канд. биол. наук*. Петропавловск-Камчатский. 25 с.
- Клочкова Н.Г., Крупнова Т.Н. 2004. Новые и интересные таксоны ламинариевых водорослей (Laminariales, Phaeophyta)

- дальневосточных морей России. *Альгология*. Т. 14. С. 52–61.
- Клочкова Н.Г., Королева Т.Н., Кусиди А.Э. 2009. Атлас водорослей-макрофитов прикамчатских вод. Том 1. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 218 с.
- Клочкова Н.Г., Климова А.В., Клочкова Т.А. 2020. Ламинариевые водоросли западной Камчатки. *Вестник КамчатГТУ*. № 53. С. 37–53. (DOI: 10.17217/2079-0333-2020-53-37-53).
- Перестенко Л.П. 1996. Фитоценозы сублиторали юго-западного побережья Охотского моря и Шантарских островов. *Ботанический журнал*. Т. 81. № 7. С. 41–55.
- Петров Ю.Е. 1974. Обзорный ключ порядков Laminariales и Fucales морей СССР. *Новости систематики низших растений*. Т. 11. С. 153–169.
- Петров Ю.Е., Возжинская В.В. 1966. Новый род и вид ламинариевых водорослей из Охотского моря. *Новости систематики низших растений*. Т. 3. С. 100–102.
- Петров Ю.Е., Суховеева М.В. 1976. *Laminaria multiplicata* sp.nov. из Охотского моря. *Новости систематики низших растений*. Т. 13. С. 51–53.
- Потехина А.В. 1972. Распределение и видовой состав макрофитов sublиторали о. Большой Шантар (Охотское море). Исследования по биологии рыб и промысловой океанографии. Владивосток: ТИНРО. Вып. 7. С. 100–108.
- Селиванова О.Н., Жигадлова Г.Г., Хэнсен Г.И. 2007. Пересмотр систематики водорослей порядка Laminariales (Phaeophyta) из дальневосточных морей России. *Биология моря*. Т. 33. № 5. С. 329–340.
- Bolton J.J. 2010. The biogeography of kelps (Laminariales, Phaeophyceae): a global analysis with new insights from recent advances in molecular phylogenetics. *Helgoland Marine Research*. Vol. 64. P. 263–279.
- Bringloe T., Zaparenkov D., Starko S., Grant W.S., Vieira C., Kawai H., Hanyuda T., Filbee-Dexter K., Klimova A., Klochkova T., Krause-Jensen D., Olesen B., Verbruggen H. 2021. Whole genome sequencing reveals forgotten lineages and recurrent hybridizations within the kelp genus *Alaria* (Phaeophyceae). *Journal of Phycology*. DOI: 10.1111/jpy.13212.
- Duffy J.E., Benedetti-Cecchi L., Trinanés J., Muller-Karger F.E., Ambo-Rappe R., Boström C., Buschmann A.H., Byrnes J., Coles R.G., Creed J. 2019. Toward a coordinated global observing system for seagrasses and marine macroalgae. *Frontiers in Marine Science*. Vol. 6. P. 317.
- Guiry M.D., Guiry G.M. 2021. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. URL: <http://www.algaebase.org>. Last accessed 18.08.2021.
- Jackson C., Salomaki E.D., Lane C.E., Saunders G.W. 2017. Kelp transcriptomes provide robust support for interfamilial relationships and revision of the little known Arthrothamnaceae (Laminariales). *Journal of Phycology*. Vol. 53. P. 1–6.
- Kawai H., Hanyuda T., Ridgway L.M., Holsner K. 2013. Ancestral reproductive structure in basal kelp *Aureophycus aleuticus*. *Scientific Reports*. Vol. 3. P. 1–7. URL: <https://doi.org/10.1038/srep02491>.
- Kawai H., Hanyuda T., Gao X., Terauchi M., Miyata M., Lindstrom S.C., Klochkova N.G., Kathy A.M. 2017. Taxonomic revision of the Agaraceae with a description of *Neoagarum* gen. nov. and reinstatement of *Thalassiophyllum*. *Journal of Phycology*. Vol. 53. № 2. P. 261–270.
- Klochkova T.A., Kim G.H., Lee K.M., Choi H.G., Belij M.N., Klochkova N.G.

2010. Brown algae (Phaeophyceae) from Russian Far Eastern seas: Re-evaluation of *Laminaria multiplicata* Petrov et Suchovejeva. *Algae*. Vol. 25. № 2. P. 77–87.
- Krause-Jensen D., Archambault P., Assis J., Bartsch I., Bischof K., Filbee-Dexter K., Dunton K., Maximova O., Ragnarsdottir S.B., Serj M.K., Simakova U., Spiridonov V., Wegeberg S., Winding M.H.S., Duarte C.M. 2020. Imprint of climate change on pan-Arctic marine vegetation. *Frontiers in Marine Science*. Vol. 7. P. 1–27.
- Krumhansl K.A., Okamoto D.K., Rassweiler A., Novak M., Bolton J.J., Cavanaugh K.C., Connell S.D., Johnson C.R., Konar B., Ling S.D., Micheli F., Norderhaug K.M., Perez-Matus A., Sousa-Pinto I., Reed D.C., Salomon A.K., Shears N.T., Wernberg T., Anderson R.J., Barrett N.S., Buschmann A.H., Carr M.H., Caselle J.E., Derrien-Courtel S., Edgar G.J., Edwards M., Estes J.A., Goodwin C., Kenner M.C., Kushner D.J., Moy F.E., Nunn J., Steneck R.S., Vasquez J.A., Watson J., Witman J.D., Byrnes J.E.K. 2016. Global patterns of kelp forest change over the past half-century. *PNAS*. Vol. 113. № 48. P. 13785–13790.
- Lane C.E., Mayes C., Druehl L.D., Saunders G.W. 2006. A multi-gene molecular investigation of the kelp (Laminariales, Phaeophyceae) supports substantial taxonomic re-organization. *Journal of Phycology*. Vol. 42. P. 493–512.
- NOAA National Centers for Environmental information, Climate at a Glance: Global Time Series, published August 2021, retrieved on September 2, 2021. URL: <https://www.ncdc.noaa.gov/cag/>
- Silberfeld T., Rousseau F., de Rivers B. 2014. An updated classification of brown algae (Ochrophyta, Phaeophyceae). *Cryptogamie, Algologie*. Vol. 35. № 2. P. 117–156.
- Starko S., Gomez M.S., Darby H. et al. 2019. A comprehensive kelp phylogeny sheds light on the evolution of an ecosystem. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. Vol. 136. P. 138–150.
- Teagle H., Hawkins S.J., Moore P.J., Smale D.A. 2017. The role of kelp species as biogenic habitat formers in coastal marine ecosystems. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, Ecological responses to environmental change in marine systems*. Vol. 492. P. 81–98.
- Wernberg T., Krumhansl K., Filbee-Dexter K., Pedersen M.F. 2019. Status and trends for the World's kelp forests. In: Sheppard C. (Ed.). *World Seas: An Environmental Evaluation (Second Edition)*. Academic Press. P. 57–78. URL: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805052-1.00003-6>.

REFERENCES

- Belij M.N. 2013. Seaweeds of the northern part of the Sea of Okhotsk and their role as a substrate for the herring spawning. Magadan: Novaja tipografia. 194 p.
- Vozzhinskaja V.B. 1966. Ecology and distribution of algae on the mainland coast of the Sea of Okhotsk. *Ekologiya i raspredeleniye morskoy donnoy fauny i flory (Ecology and distribution of marine benthic fauna and flora)*. Vol. 81. P. 153–176.
- Vozzhinskaja V.B., Blinova E.I. 1970. Materials on the distribution and composition of seaweed in Kamchatka (Sea of Okhotsk). *Trudy Instituta okeanologii AN SSSR (Proceedings of institute of oceanology AS USSR)*. Vol. 88. P. 298–307.
- Gail G.I. 1936. Laminarian algae of the Far Eastern seas. *Vestnik Dal'nevostochnogo Filiala Akademii nauk SSSR (Vestnik of Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences)*. № 19. P. 31–65

- Zaks I.G. 1929. To the knowledge of benthic communities of the Shantar Sea. *Izvestiya Tikhookeanskoi nauchno-promyslovoi stantsii (Bulletin of the Pacific Research Station)*. Vol. 3. № 2. 112 p.
- Zinova A.D. 1953. Manual for identification of the brown algae of the northern seas of the USSR. Akad. Nauk SSSR. Moscow, Leningrad. 224 p.
- Sinova E.S. 1930. Algae of the Sea of Okhotsk from the shores of Bolshoy Shantar Island. *Trudy Leningradskogo obshchestva estestvoispytatelej (Transactions of the Leningrad Society of Naturalists)*. Vol. 60. № 3. P. 81–125.
- Sinova E.S. 1954. Algae of the Sea of Okhotsk. *Trudy Botanicheskogo instituta AN SSSR (Proceedings of Botanical Institute AS USSR)*. Ser. II. Vol. 9. P. 259–307.
- Emelyanova A.A. 2005. Macrophyte algae in the northern regions of the Sea of Okhotsk, southern Kamchatka and the Northern Kuril Islands. *Abstract of the candidacy dissertation for biological sciences*. Petropavlovsk-Kamchatsky. 25 p.
- Klochkova N.G., Krupnova T.N. 2004. New species of Laminariales (Phaeophyta) from Far East Seas of Russia. *Algologiya (Algology)*. Vol. 14. P. 86–94.
- Klochkova N.G., Koroleva T.N., Kusidi A.E. 2009. Marine algae of Kamchatka and surrounding areas. Vol. 1. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO. 218 p.
- Klochkova N.G., Klimova A.V., Klochkova T.A. 2020. The kelp species of western Kamchatka. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 53. P. 37–53. (DOI: 10.17217/2079-0333-2020-53-37-53).
- Perestenko L.P. 1996. Sublittoral phytocoenoses of the south-western coasts of the Okhotsk Sea and the Shantar Islands. *Botanicheskii Zhurnal*. Vol. 81. № 7. P. 41–55.
- Petrov Ju.E. 1974. Synoptical Key to the Laminariales and Fucales of the Seas of the USSR. *Novosti Sistematiki Nizshih Rastenii (News on Systematics of Non-vascular Plants)*. Vol. 11. P. 153–169.
- Petrov Ju.E., Vozzhinskaja V.B. 1966. A new genus and species of kelps from the Sea of Okhotsk. *Novosti Sistematiki Nizshih Rastenii (News on Systematics of Non-vascular Plants)*. Vol. 3. P. 100–102.
- Petrov Ju.E., Sukhoveeva M.V. 1976. *Laminaria multiplicata* sp. nov. from the Sea of Okhotsk. *Novosti Sistematiki Nizshih Rastenii (News on Systematics of Non-vascular Plants)*. Vol. 13. P. 51–53.
- Potehina A.V. 1972. Distribution and species composition of macrophytes in the sublittoral of Shantar Island (Sea of Okhotsk). *Issledovaniya po biologii ryb i promyslovoj okeanografii (Research in fish biology and commercial oceanography)*. Vladivostok: TINRO. Vol. 7. P. 100–108.
- Selivanova O.N., Zhigadlova G.G., Hansen G.I. 2007. Revision of the systematics of algae in the order Laminariales (Phaeophyta) from the Far-Eastern seas of Russia on the basis of molecular-phylogenetic data. *Biologiya morya (Russian Journal of Marine Biology)*. Vol. 33. № 5. P. 278–289.
- Bolton J.J. 2010. The biogeography of kelps (Laminariales, Phaeophyceae): a global analysis with new insights from recent advances in molecular phylogenetics. *Helgoland Marine Research*. Vol. 64. P. 263–279.
- Bringloe T., Zaparenkov D., Starko S., Grant W.S., Vieira C., Kawai H., Hanyuda T., Filbee-Dexter K., Klimova A., Klochkova T., Krause-Jensen D., Olesen B., Verbruggen H. 2021. Whole genome sequencing reveals forgotten lineages and recurrent hybridizations within the kelp genus *Alaria* (Phaeophyceae). *Journal of Phycology*. DOI: 10.1111/jpy.13212

- Duffy J.E., Benedetti-Cecchi L., Trinanes J., Muller-Karger F.E., Ambo-Rappe R., Boström C., Buschmann A.H., Byrnes J., Coles R.G., Creed J. 2019. Toward a coordinated global observing system for seagrasses and marine macroalgae. *Frontiers in Marine Science*. Vol. 6. P. 317.
- Guiry M.D., Guiry G.M. 2021. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Available. URL: <http://www.algaebase.org>. Last accessed 18.08.2021.
- Jackson C., Salomaki E.D., Lane C.E., Saunders G.W. 2017. Kelp transcriptomes provide robust support for interfamilial relationships and revision of the little known Arthrothamnaceae (Laminariales). *Journal of Phycology*. Vol. 53. P. 1–6.
- Kawai H., Hanyuda T., Ridgway L.M., Holser K. 2013. Ancestral reproductive structure in basal kelp *Aureophycus aleuticus*. *Scientific Reports*. Vol. 3. P. 1–7. URL: <https://doi.org/10.1038/srep02491>.
- Kawai H., Hanyuda T., Gao X., Terauchi M., Miyata M., Lindstrom S.C., Klochkova N.G., Kathy A.M. 2017. Taxonomic revision of the Agaraceae with a description of *Neoagarum* gen. nov. and reinstatement of *Thalassiophyllum*. *Journal of Phycology*. Vol. 53. № 2. P. 261–270.
- Klochkova T.A., Kim G.H., Lee K.M., Choi H.G., Belij M.N., Klochkova N.G. 2010. Brown algae (Phaeophyceae) from Russian Far Eastern seas: Re-evaluation of *Laminaria multiplicata* Petrov et Suchovejeva. *Algae*. Vol. 25. № 2. P. 77–87.
- Krause-Jensen D., Archambault P., Assis J., Bartsch I., Bischof K., Filbee-Dexter K., Dunton K., Maximova O., Ragnarsdottir S.B., Serj M.K., Simakova U., Spiridonov V., Wegeberg S., Winding M.H.S., Duarte C.M. 2020. Imprint of climate change on pan-Arctic marine vegetation. *Frontiers in Marine Science*. Vol. 7. P. 1–27.
- Krumhansl K.A., Okamoto D.K., Rassweiler A., Novak M., Bolton J.J., Cavanaugh K.C., Connell S.D., Johnson C.R., Konar B., Ling S.D., Micheli F., Norderhaug K.M., Perez-Matus A., Sousa-Pinto I., Reed D.C., Salomon A.K., Shears N.T., Wernberg T., Anderson R.J., Barrett N.S., Buschmann A.H., Carr M.H., Caselle J.E., Derrien-Courtel S., Edgar G.J., Edwards M., Estes J.A., Goodwin C., Kenner M.C., Kushner D.J., Moy F.E., Nunn J., Ste-neck R.S., Vasquez J.A., Watson J., Witman J.D., Byrnes J.E.K. 2016. Global patterns of kelp forest change over the past half-century. *PNAS*. Vol. 113. № 48. P. 13785–13790.
- Lane C.E., Mayes C., Druehl L.D., Saunders G.W. 2006. A multi-gene molecular investigation of the kelp (Laminariales, Phaeophyceae) supports substantial taxonomic re-organization. *Journal of Phycology*. Vol. 42. P. 493–512.
- NOAA National Centers for Environmental information, Climate at a Glance: Global Time Series, published August 2021, retrieved on September 2, 2021. URL: <https://www.ncdc.noaa.gov/cag/>
- Silberfeld T., Rousseau F., de Rivers B. 2014. An updated classification of brown algae (Ochrophyta, Phaeophyceae). *Cryptogamie, Algologie*. Vol. 35. № 2. P. 117–156.
- Starko S., Gomez M.S., Darby H. et al. 2019. A comprehensive kelp phylogeny sheds light on the evolution of an ecosystem. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. Vol. 136. P. 138–150.
- Teagle H., Hawkins S.J., Moore P.J., Smale D.A. 2017. The role of kelp species as biogenic habitat formers in coastal marine ecosystems. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, Ecological re-*

- sponses to environmental change in marine systems*. Vol. 492. P. 81–98.
- Wernberg T., Krumhansl K., Filbee-Dexter K., Pedersen M.F. 2019. Status and trends for the World's kelp forests. In: Sheppard C. (Ed.). *World Seas: An Environmental Evaluation (Second Edition)*. Academic Press. P. 57–78. URL: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805052-1.00003-6>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Климова Анна Валерьевна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат биологических наук; заведующий сектором коллективного использования научного оборудования; annaklimovae@mail.ru. SPIN-код: 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-code: 7534-7736; Author ID: 664379; Scopus ID: 12792241800.

Клочкова Нина Григорьевна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; доктор биологических наук; научный сотрудник; ninakl@mail.ru. SPIN-код: 4701-2618; Author ID: 344281; Scopus ID: 6602583957.

Klochkova Nina Grigorievna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Biological Sciences; Scientific Researcher; ninakl@mail.ru. SPIN-code: 4701-2618; Author ID: 344281; Scopus ID: 6602583957.

Краткое сообщение (Research note)

УДК: 661.74

DOI: 10.17217/2079-0333-2021-57-96-100

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРИФТОРУКСУСНОЙ КИСЛОТЫ В АЦЕТОЛИЗЕ
ПЫЛЬЦЕВЫХ ЗЕРЕН ПРИ МЕЛИССОПАЛИНОЛОГИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ**Гончаров Б.И.¹, Снегур П.П.^{2,3}

¹ Центр гигиены и эпидемиологии в Камчатском крае, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Рябиковская, 22.

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

³ Камчатский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Камчатский край, Елизовский р-н, п. Сосновка, ул. Центральная, 4.

В работе показана возможность использования трифторуксусной кислоты вместо ныне запрещенного ангидрида уксусной кислоты для проведения ацетолиза пыльцевых зерен при мелиссопалинологическом анализе. Кроме названного вещества, в тесты были включены ледяная уксусная кислота и этилацетат, которые не позволили получить необходимый эффект.

Ключевые слова: ацетоллиз, интина пыльцевого зерна, мелиссопалинологический анализ, пыльцевые зерна, трифторуксусная кислота, уксусный ангидрит.

**USING TRIFLUOROACETIC ACID IN ACETOLYSIS OF POLLEN GRAINS
IN MELISSOPALYNOLOGICAL ANALYSIS**Goncharov B.I.¹, Snegur P.P.^{2,3}

¹ Center of Hygiene and Epidemiology on Kamchatka Territory, Petropavlovsk-Kamchatsky, Ryabikovskaya Str. 22.

² Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute FED RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Partizanskaya Str. 6.

³ Kamchatka Research Institute of Agriculture, Sosnovka, Elizovsky District, Kamchatka Territory, Centralnaya Str. 4.

The possibility of using the trifluoroacetic acid for performance of pollen grains acetolysis in melissopalynological analysis instead of currently prohibited acetic anhydrite was demonstrated in this investigation. Glacial acetic acid and ethylacetate were also used in testing without required effects.

Key words: acetolysis, intine layer of pollen grain, melissopalynological analysis, pollen grains, trifluoroacetic acid, acetic anhydrite.

В последнее время некоторые вещества, используемые в классических методиках подготовки образцов к анализу, запрещаются к свободному применению, что вызывает затруднения в исследовательской работе. В частности, ангидрид уксусной кислоты, применяемый в палинологическом анализе, включен в список запрещенных прекурсоров [Постановление..., 1998]. Поэтому для возможности использования данного метода потребовался подбор другого пригодного химического соединения.

Одной из сфер применения палинологического анализа является мелиссопалинология – исследование пыльцевого состава меда. Поскольку специфичность меда не только как продукта питания, но и как лечебного средства предъявляет особые требования к его качеству, наряду с органолептическими, общими физико-химическими и биохимическими показателями необходимо иметь достоверное представление о его происхождении. Пыльцевой анализ меда позволяет определить, с каких растений пчелы приносили нектар [Bryant, Jones, 2001], а также обозначить регион, где был получен мед, т. е. указать его географическое происхождение [Maurizio, 1951]. В условиях Камчатки данная проблема встает особенно остро, т. к. фальсификация камчатского меда привозными аналогами дискредитирует его исключительное качество и препятствует дальнейшему развитию отрасли пчеловодства в регионе.

В процедуру мелиссопалинологического анализа входит несколько этапов: отбор материала (мед, в котором будут исследоваться пыльцевые зерна), подготовка пробы (приготовление препарата из меда) и определение качественного и количественного состава пыльцы в препарате. К подготовке препаратов пыльцевых зерен существует два подхода: с применением ацетолиза и без него.

Оболочка пыльцевого зерна состоит из двух слоев: экзины (наружный слой) и интины (внутренний слой) [Рудая, 2010; Федорова, 1959]. Главным компонентом, из которого состоит экзина, является вещество спорополленин, благодаря которому наружный слой пыльцевого зерна не растворяется в кислотах и щелочи, выдерживает нагрев до 100°C [Куприянова, Алешина, 1978]. Интина состоит в основном из пектина и целлюлозы и облегает все содержимое гаметофита. Она способна растворяться в кислотах и щелочах. Благодаря этому с помощью ацетолиза можно удалять интину из пыльцевого зерна, но экзину в основном сохранять.

Метод ацетолиза, несмотря на то, что не позволяет учитывать при разрушении интины некоторые палинологические аспекты [Ramalho, Kleinert-Giovannini, 1986; Hesse, Waha, 1989], а также препятствует определению в меде грибковых элементов и водорослей (в случае работы с падевым медом), дает возможность лучшей визуализации структуры пыльцевого зерна, т. к. сохраняется только его внешняя стенка [Almeida-Muradian et al., 2020]. Кроме того, поскольку значительная часть описаний пыльцы в палинологической литературе основана на ацетолитизированном материале, применение данного метода в ряде случаев может быть необходимым [Louveaux et al., 1978].

Классическим методом проведения ацетолиза является способ, разработанный Гуннарсом Эрдманом [Erdtman, 1969], при котором растворение целлюлозы в интине происходит за счет действия смеси уксусного ангидрида и серной кислоты (9 : 1). Но в настоящее время представляется затруднительным использовать уксусный ангидрид в связи с тем, что это вещество было исключено из разряда соединений свободного доступа. Таким образом, возникла не-

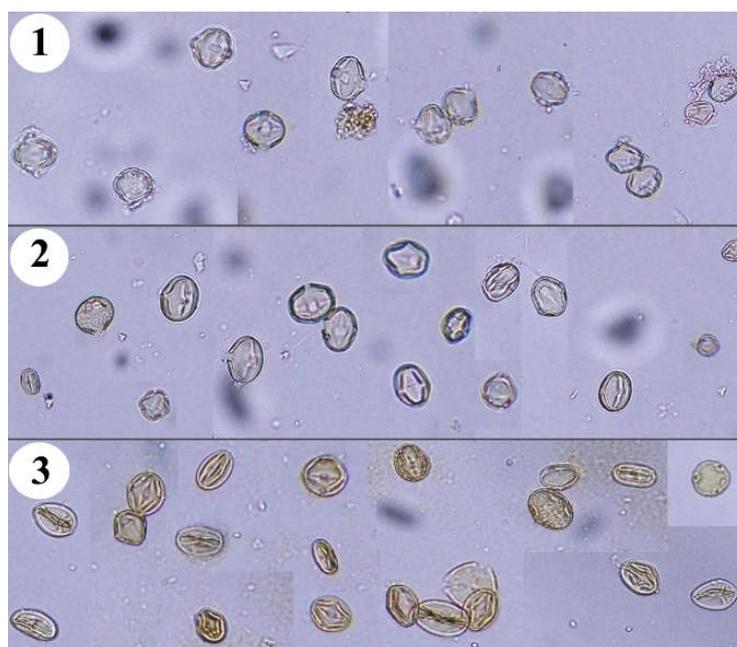
обходимость найти другие подходящие вещества, с помощью которых возможно осуществление ацетоллиза пыльцевых зерен.

Для проведения тестов пыльцевые зерна были выделены из меда согласно ГОСТ 31769-2012 «Мед. Метод определения частоты встречаемости пыльцевых зерен». Для этого навеску меда массой 10 г заливали теплой водой в количестве 20 мл. Мед тщательно перемешивали до полного растворения осадка. В дальнейшем полученный раствор центрифугировали в течение 10 минут на ускорении в 1000 г и воду декантировали. Процедуру проводили несколько раз. Благодаря этому из меда удаляется практически весь сахар, который сильно затрудняет ацетоллиз. Затем осадок промывали ледяной уксусной кислотой, центрифугировали и декантировали лишнюю жидкость.

После того как пыльцевые зерна были получены, приступили собственно к оценке пригодности новых веществ для ацетоллиза. Вместо уксусного ангидрида были использованы следующие вещества: ледя-

ная уксусная кислота, этилацетат и трифторуксусная кислота. В пробирки с осадком из пыльцевых зерен добавлялось 0,5 мл смеси из испытуемого вещества и серной кислоты (9 : 1). Пробирки ставили в кипящую водяную баню на 3 минуты до появления характерного темно-бурого цвета, после чего их центрифугировали. Лишнюю жидкость декантировали, осадок промывали водой для удаления смеси кислот (так же центрифугировали и декантировали). На завершающем этапе его промывали ледяной уксусной кислотой для удаления воды, центрифугировали, декантировали и вновь полученный осадок переносили на предметное стекло.

В результате исследований было выяснено (рисунок), что использование ледяной уксусной кислоты не производило нужного эффекта. Наблюдается низкая степень выхода интины из гаметофита, апертурны различимы довольно слабо. В препарате, а иногда даже на поверхности пыльцевого зерна, присутствуют нерастворившиеся механические примеси.



Пыльцевые зерна после обработки смесью с содержанием: 1 – ледяной уксусной кислоты; 2 – этилацетата; 3 – трифторуксусной кислоты

Pollen grains processed with mixture containing: 1 – glacial acetic acid; 2 – ethylacetate; 3 – trifluoroacetic acid

Обработка пыльцевых зерен этилацетатом позволяет различать крупные апертуры. Но интина пыльцевых зерен с мелкими порами почти не растворяется и остается внутри. Использование этого вещества позволяет в основном освободить пробы от большинства механических примесей и удалить интину из пыльцевых зерен с крупными апертурами.

Ацетоллиз пыльцевых зерен с помощью трифторуксусной кислоты позволяет полностью растворить и вывести из них интину и увидеть при микроскопии готовых препаратов все апертуры. Механические примеси при подготовке образца растворяются и не мешают определению. Пыльцевые зерна, находящиеся в препарате, становятся пригодными для соответствующей идентификации.

По данной измененной методике была получена целая серия препаратов, которые послужили материалом для дальнейшей работы по определению качественного состава меда. Таким образом, для ацетоллиза пыльцевых зерен в мелиссопалинологическом анализе представляется возможным заменить классическую смесь в виде ангидрида уксусной кислоты и серной кислоты на смесь трифторуксусной кислоты и серной кислоты в той же пропорции.

ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ 31769-2012. 2014. Мед. Метод определения частоты встречаемости пыльцевых зерен. Москва: Стандартинформ. 15 с.
- Куприянова Л.А., Алешина Л.А. 1978. Пыльца двудольных растений флоры Европейской части СССР. Ленинград: Наука. 183 с.
- Постановление Правительства РФ от 30.06.1998 № 681 «Об утверждении перечня наркотических средств, психотропных веществ и их прекурсоров, подлежащих контролю в Российской Федерации» со всеми редакциями. URL: <https://minzdrav.gov.ru/documents/8008-postanovlenie-pravitelstva-rf-681-ot-30-iyunya-1998-g>.
- Рудая Н.А. 2010. Палинологический анализ. Учебно-методическое пособие. Новосибирск: Новосибирский государственный университет, Институт археологии и этнографии СО РАН. 48 с.
- Федорова Р.В. 1959. Некоторые особенности морфологии пыльцы культурных злаков. *Труды института географии АН СССР: Материалы по геоморфологии и палеогеографии. Работы по спорово-пыльцевому анализу*. Вып. 77. С. 166–186.
- Almeida-Muradian L.B., Barth O.M., Diemann V., Eyer M., Freitas A.S., Martel A.C., Rascual-Maté A., Reybroeck W., Sancho M.T., Gasparotto Sattler J.A. 2020. Standard methods for *Apis mellifera* honey research. *Journal of Apicultural Research*. Vol. 59. № 3. P. 1–62.
- Bryant V.M., Jones G.J. 2001. The R-values of honey: Pollen coefficients. *Palynology*. Vol. 25. P. 11–28.
- Erdtman G. 1969. Handbook of palynology. Morphology, taxonomy, ecology. An introduction to the study of pollen grains and spores. New York, Hafner. – 486 p.
- Hesse M., Waha M. 1989. A new look at the acetolysis method. *Plant Systematics and Evolution*. Vol. 163. P. 147–152.
- Louveaux J., Maurizio A., Vorwohl G. 1978. Methods of melissopalynology. *Bee World*. Vol. 59. № 4. P. 139–157.
- Maurizio A. 1951. Pollen Analysis of Honey. *Bee World*. Vol. 32. № 1. P. 1–5.
- Ramalho M., Kleinert-Giovannini A. 1986. Some aspects of the utilization of pollen analysis in ecological research. *Apidologie*. Vol. 17. № 2. P. 159–174.

REFERENCES

- GOST (State standard) 31769-2012. Honey. Method of pollen grains incidence detection. Moscow: Standardinform. 2014. 15 p.
- Kupriyanova L.A., Aleshina L.A. 1978. Pollen of dicotyledon plants in European part of USSR. Leningrad: Nauka. 183 p.
- Resolution of RF government in 30.06.1998 № 681 “About statement of list of narcotics, psychotropics and their precursors, which must be controlling” with all edits. URL: <https://minzdrav.gov.ru/documents/8008-postanovlenie-pravitelstva-rf-681-ot-30-iyunya-1998-g>.
- Rudaya N.A. 2010. Palynological analysis. Methods handbook. Novosibirsk: Novosibirsk State University, Institute of Archaeology and Ethnography SD RAS. – 48 p.
- Fedorova R.V. 1959. Some peculiarities of pollen morphology of cultural grass family. *Trudy of Institute of Geography AS USSR: Materials of geomorphology and paleogeography*. Issue 77. P. 166–186.
- Almeida-Muradian L.B., Barth O.M., Diemann V., Eyer M., Freitas A.S., Martel A.C., Rascual-Maté A., Reybroeck W., Sancho M.T., Gasparotto Sattler J.A. 2020. Standard methods for *Apis mellifera* honey research. *Journal of Apicultural Research*. Vol. 59. № 3. P. 1–62.
- Bryant V.M., Jones G.J. 2001. The R-values of honey: Pollen coefficients. *Palynology*. Vol. 25. P. 11–28.
- Erdtman G. 1969. Handbook of palynology. Morphology, taxonomy, ecology. An introduction to the study of pollen grains and spores. New York, Hafner. 486 p.
- Hesse M., Waha M. 1989. A new look at the acetolysis method. *Plant Systematics and Evolution*. Vol. 163. P. 147–152.
- Louveaux J., Maurizio A., Vorwohl G. 1978. Methods of melissopalynology. *Bee World*. Vol. 59. № 4. P. 139–157.
- Maurizio A. 1951. Pollen Analysis of Honey. *Bee World*. Vol. 32. № 1. P. 1–5.
- Ramalho M., Kleinert-Giovannini A. 1986. Some aspects of the utilization of pollen analysis in ecological research. *Apidologie*. Vol. 17. № 2. P. 159–174.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ
INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Гончаров Борис Игоревич – Центр гигиены и эпидемиологии в Камчатском крае; 683004, Россия, Петропавловск-Камчатский; химик-эксперт; floop225@bk.ru. SPIN-код: 3406-8639.

Goncharov Boris Igorevich – Center of Hygiene and Epidemiology on Kamchatka Territory, 683004, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Chemist-Expert; floop225@bk.ru. SPIN-code: 3406-8639.

Снегур Павел Петрович – Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН; 683000, Петропавловск-Камчатский; кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник; Камчатский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, старший научный сотрудник; snegur71@mail.ru. SPIN-код: 2674-5580, Author ID: 439127.

Snegur Pavel Petrovich – Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute FED RAS; 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatskiy, Candidate of Agricultural Sciences; Leading Research Worker; Kamchatka Research Institute of Agriculture; Sosnovka, Elizovsky District, Kamchatka Territory, Russia, 684033, Senior Research Worker; snegur71@mail.ru. SPIN-code: 2674-5580, Author ID: 439127.

CURRENT STOCK STATUS, ECOSYSTEM CONSIDERATIONS, AND BYCATCH IN THE EASTERN BERING SEA POLLOCK FISHERY*

Estabrooks A.C. ^{1,2}

¹ Pollock Conservation Cooperative, 4039 21st Ave W, Suite 400 Seattle, WA USA 98199

² At-sea Processors Association, 4039 21st Ave W, Suite 400 Seattle, WA USA 98199

The walleye pollock fishery off the coast of Alaska accounts for roughly one third of the global pollock fish production and is the largest fishery by volume in the United States and among one of the largest in the world. The health and sustainability of those fishery resources is paramount, not only for the economic benefits they provide, but also for global food security. This article describes the global market profile, current stock status, some important ecosystem considerations, and recent bycatch issues in the pollock fishery that occurs in the Eastern Bering Sea.

Key words: Alaska pollock, ecosystem, bycatch, Bering Sea.

Global Market Profile. Pollock or walleye pollock is currently the largest single-species fishery in the world, with all existing stocks concentrated in the North Pacific Ocean. Pollock are commercially harvested by several countries, but the United States (Alaska) and Russia are the two largest producers by a wide margin. Pollock harvests in Alaska are significant on a national scale, accounting for 28 percent of total United States commercial fishery landings in 2017. Alaskan

pollock accounted for 63 percent of Alaska's groundfish production volume and 57 percent of the first wholesale value in 2017 (Table 1). Alaskan pollock is processed into fillet, surimi, roe, head/gut (H&G), fish meal, fish oil and other products. Europe, Japan, and the United States are the primary consumer markets for Alaska pollock. First wholesale value of the Alaska pollock fishery was \$1.4 billion in 2017, with recent average pollock prices at approximately \$2,500 per ton (Fig. 1).

Table 1. Summary profile of Alaska pollock wholesale production and markets, 2017 [Fissel et al., 2021]

Value and Volume		Key Products	Fillets	Surimi	Roe	Meal	Other
First Wholesale Production (mt)	604,426	Pct. of Value	33%	41%	8%	7%	11%
Pct. of Global Pollock Harvest	45%	Key Markets	Japan	Europe	US	Korea	China
First Wholesale Value (\$millions)	\$1,438	Pct. of 1 st Sales	18%	24%	23%	17%	14%
Pct. Change in Value from 2013–2017	3.2%	YoY Change	13%	–6%	–9%	–14%	16%
Pct. of Alaska Groundfish Value	57%	Competing Species: Russian Pollock, hake, hoki, tropical surimi, & cod					

* *Материалы мини-симпозиума «День минтая» в рамках XII Национальной (всероссийской) научно-практической конференции «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование» (28–29 апреля 2021 г., г. Петропавловск-Камчатский) (Proceedings of the mini-symposium "Pollock Day" in the framework of the XII National (All-Russian) scientific-practical conference "Natural resources, their current state, protection, commercial and technical use" (April 28–29, 2021, Petropavlovsk-Kamchatsky))*

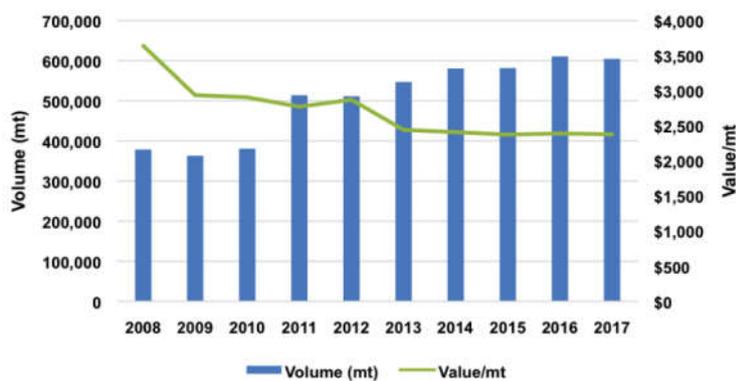


Fig. 1. First wholesale volume and value for Alaska pollock, 2008–2017 [Fissel et al., 2021].

Globally, 9.7 million metric tons of whitefish were harvested in 2016, with walleye pollock being the largest component of this group at 3.5 million metric tons. Alaska harvests of pollock account for approximately 45% of the total global production (Table 1). While the predominant product form is fillets, surimi production is also a critically important pollock product. Roe, fish meal, fish oil, and other ancillary products are also produced in significant volumes from these wild caught fish species. Overall, Alaska produces a fraction of the global whitefish production and is thus highly impacted by global macroeconomic trends, trade policies, and competing whitefish supply. In terms of supply, Russia (cod/pollock/flatfish), China (tilapia), Norway (cod), Japan (pollock/cod), New Zealand (hoki), and Vietnam (pangasius) are the biggest competitors for Alaska’s high-volume whitefish species.

Current Stock Status. There are three primary pollock stocks in the Northeast Pacific Ocean: Gulf of Alaska, Aleutian Islands, and Eastern Bering Sea. The largest and most productive fishery occurs in the Eastern Bering Sea (EBS). There has been no directed pollock fishing in the Aleutian Islands for nearly a decade, as well as no directed fishing on a smaller Bogoslof Island pollock stock. Total catches of pollock in the EBS have averaged approximately 1.25 million metric tons. There are two primary fishing seasons, the ‘A’ season which begins on January 20th, and runs through approximately April. The ‘B’ season opens June

10th and closes by regulation on November 1. Historically, the majority of catches in the A season have occurred in the southeastern Bering Sea (southeast of 170 degrees West). The B season spatial distribution of catches has varied, however, due to regulatory constraints, catcher processor vessels are not allowed to fish in the Southeastern Bering Sea during the B season. Most of the catch of pollock still occurs in the Unimak Pass area, however, a significant proportion of the catch in the B season has occurred close to the Russian border, particularly in the last two years (2019–2020).

The EBS pollock stock is currently declining from a very large stock size that peaked in 2017 at more than 13 million metric tons (mmt) of total estimated age 3+ biomass [Ianneli et al., 2020]. This was due in large part to the well above average recruitment of the 2012 and 2013 year classes. The stock is projected to continue to decline into 2022 even in the absence of fishing. Currently the female spawning biomass is estimated at 2.6 mmt while the B_{msy} (biomass at which maximum sustainable yield is achieved) is currently estimated at 2.257 mmt [Ianneli et al., 2020]. In other words, the current stock size is slightly above the target reference level. Unique to the Bering Sea and Aleutian Islands (BSAI) fishery management plan is the existence of an Optimum Yield (OY) cap on all groundfish harvests in the BSAI, which limits all catches to 2.0 mmt. The maximum Acceptable Biological Catch (ABC) of pol-

lock in 2021 was 2.3 mmt, and it is often the case that the ABC for pollock exceeds the overall 2.0 mmt OY limit. The OY cap therefore acts as a large buffer for ecosystem uncertainty and often results in the pollock stock being fished well below what is estimated to achieve maximum sustainable yield (the fishery does not control the stock).

The fishing conditions in the EBS pollock fishery are shown in Fig. 2. Catch Per Unit Effort (CPUE) (tons/hour) has been very high during the A season winter fishery in the past few years. Pollock have been more tightly aggregated than in any of the last few decades. In stark contrast, the B season summer fishery has seen the exact opposite trend, with 2019 and 2020 experiencing very dispersed pollock across the EBS shelf resulting in extremely poor CPUE. The nominal CPUE in the 2020 B season was at a record low, while the nominal CPUE in the 2019 A season was the highest on record.

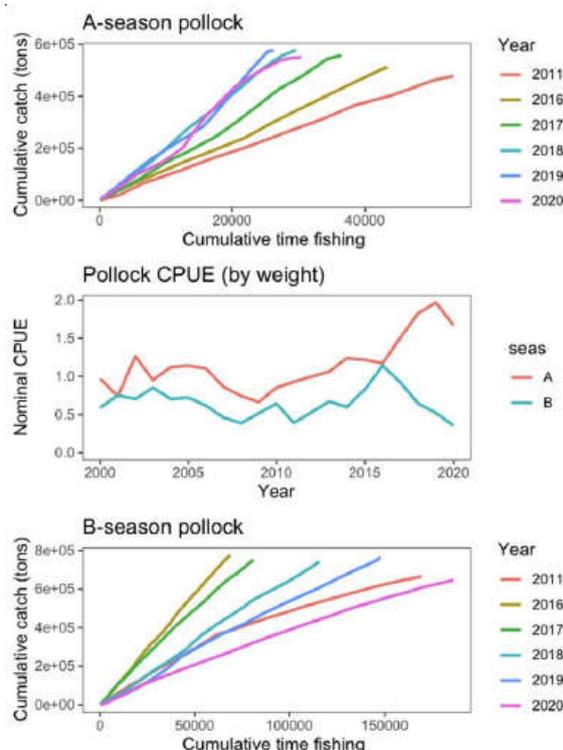


Fig. 2. EBS pollock fishery fishing conditions by season [Ianelli et al., 2020].

Ecosystem Considerations. Cold pool extent is one of the key ecosystem metrics in the Eastern Bering Sea. It is defined as the area of the Bering Sea with bottom temperatures less than 2 degrees Celsius and is caused when sea ice melts and sinks to the bottom. The cold pool is important to the health of the Bering Sea ecosystem because of the oscillating control hypothesis. As sea ice melts in the spring it releases fresh water and nutrients (particularly ice algae) into the ocean, seeding phytoplankton blooms that serve as the base of food webs. The phytoplankton blooms then feed an abundance of lipid-rich zooplankton (euphausiids) which are the primary prey for juvenile pollock. In years with greater lipid-rich zooplankton abundance, pollock are able to grow faster and add fatty tissues to improve overwinter survival, particularly among Age-0 and Age-1 pollock. The record low sea ice extent in 2018 and 2019 resulted in the smallest cold pools ever recorded. The 2020 sea ice extent was near normal, however, there is no information on the cold pool extent from the summer of 2020.

During the winter of 2019–2020 there was residual warmth which delayed freeze-up into winter. There was extreme cooling in late winter resulting in a rapid build-up of sea ice. The ice extent exceeded the long-term median level in February and March, then southerly winds in spring promoted the rapid ice retreat (see blue line Fig. 3). During the winters of 2017–2018 and 2018–2019, similarly anomalous southwest winds prevented the formation of sea ice in the Bering Sea (Fig. 3). Typically winds must blow from the northeast and off the Alaska continent to allow for significant ice build up.

A comprehensive ecosystem status report is compiled annually for the scientific bodies that manage the fisheries off Alaska. It contains a variety of information, but none more important than seabird ecology observations. Seabirds serve as broader ecosystem indica-

tors that are important to fisheries managers. Reproductive success of seabirds reflects feeding conditions in the environment and mortality events indicate broader ecosystem concerns such as changes in prey abundance, distribution, or nutritional quality, as well as harmful algal bloom events. In 2020, over 330 seabird carcasses were reported from the Bering Sea, with most reported from the Bering Strait region. The cause of death for nearly all birds submitted for examination was emaciation. Most of the bird mortalities recorded in the Northern Bering Sea were fish-eating species. While further south around the Pribilof Islands, planktivorous species have been declining. The warmer water temperatures from 2014–2019 have clearly caused declines in Least Auklets and Parakeet Auklets, with a complete lack of Parakeet Auklet observations on St. Paul Island in 2020. Parakeet Auklet populations have been estimated as high as 30,000 birds and have historically been the most abundant auklet species since the 1970’s.

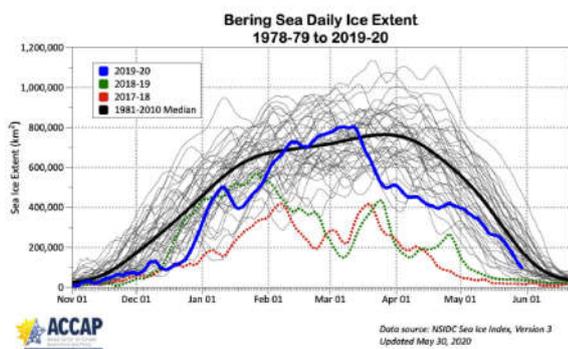


Fig. 3. Daily Bering Sea ice extent 1978–1979 to 2019–2020 (Siddon ed., 2020).

Bycatch. In the federally managed Bering Sea groundfish fisheries, there are a series of Prohibited Species Catch (PSC) limits. PSC species consist of herring, salmon, crab and halibut and are prohibited from retention and sale by regulation primarily because these species are not federally managed and have directed fisheries that are managed outside of the fishery management plan for the federal

groundfish fisheries which include (pollock, Pacific cod, yellowfin sole, atka mackerel, rockfish, etc.). Each prohibited species catch limit triggers various regulatory controls with respect to the pollock fishery. The regulatory actions include: spatio-temporal closed areas (herring and crab), and hard cap catch limits (Chinook salmon). With the ecosystem changes that have already been observed, and species distributions and stock productivity changing; “bycatch problems” for the EBS pollock fishery have only increased. Stocks such as sablefish and herring, have had recent historic recruitment events, which has resulted in increased bycatch of those species in the directed pollock fishery (Fig. 4.). For example, in the 2020 A season, herring bycatch occurred in areas and at levels never seen before, while the pollock fishery footprint and timing remained relatively unchanged over previous years. Species such as Pacific cod, Chinook salmon and crab have subsequently seen recent low productivity and are in low abundance. When Chinook are determined to be in low abundance as they were for the 2021 fishing year, hard cap PSC limits get reduced from 60,000 fish to 45,000 fish for the entire pollock fishery.

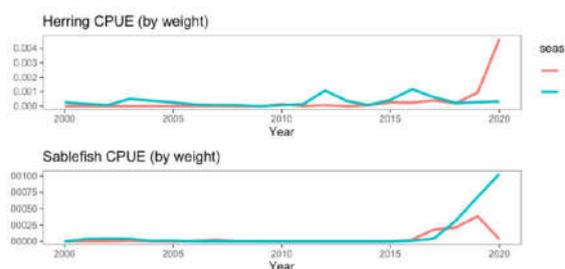


Fig. 4. Historical herring and sablefish Catch Per Unit Effort (CPUE) in the EBS pollock fishery [Ianneli et al., 2020]

No PSC species is more important to avoid and conserve than the iconic Chinook salmon. It is important for native western Alaskans as a key subsistence food source. In addition, the summer in river harvests of Chi-

nook have strong cultural and family traditional significance. An adult equivalent (AEQ) analysis periodically estimates the total mortality impact on future run strength of specific salmon stocks in western Alaska. These AEQ analyses have shown that on average the pollock fishery bycatch of Chinook salmon has on average a 2–2.5% impact on specific natal stocks of salmon, yet any bycatch of Chinook salmon is too much. Despite the conservation impacts due to bycatch being minimal, there remains enormous political pressure for pollock fishermen to reduce bycatch even lower. The fleet has developed sophisticated performance standards and incentive plans that force individual vessel operators to avoid Chinook salmon at all levels of abundance. In addition, all catcher processor vessels are monitored by two federal observers, and vessels are required to have cameras that extend from the live tanks to the observer station which are also monitored and audited. A designated salmon storage bin is also provided by the vessel, whereby all Chinook salmon are directly accounted for by observers in a complete census of the catch.

The pollock fishing fleets utilize a sophisticated “rolling hot spot” program to avoid Chinook salmon. Each vessel’s bycatch rates are monitored on a weekly basis, as well as the pollock fishery wide bycatch rates of Chinook salmon. In areas where Chinook bycatch

has been high during the previous week, a closure area may be put in place and vessels that exceed a predetermined bycatch rate are therefore prohibited from fishing in that area for an entire week (Fig. 5).

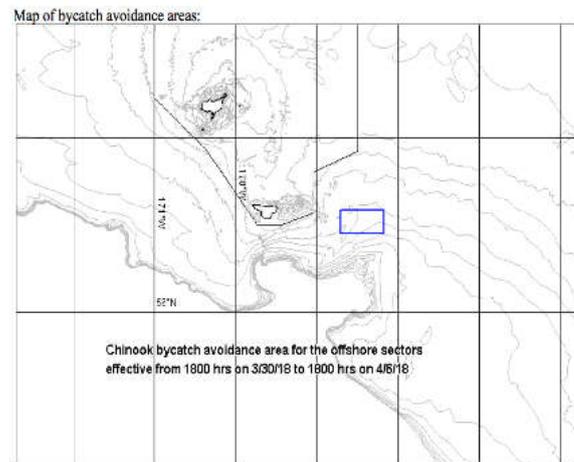


Fig. 5. Example of a Chinook salmon “rolling hot spot” bycatch avoidance area for the EBS pollock fishery (Seastate, Inc.)

The pollock fishery in the EBS continues to find ways to innovate to reduce all forms of bycatch further. The fleet has contracted with private companies to develop salmon lights and cameras that are placed in the net around the salmon excluder devices to attract salmon out of the net. All vessels have been outfitted with LED salmon lights of both warm and cool colors. The use of a passive salmon excluder device is required by regulation to be used during all pollock trawls (Fig. 6).

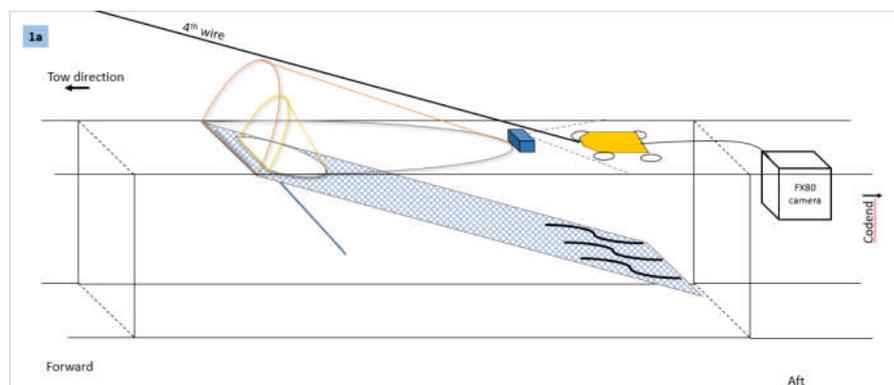


Fig. 6. Schematic diagram of a Winston “2-hole” salmon excluder device with accompanying Simrad FX 80 live feed camera setup

Salmon excluder development is ongoing and new designs are being created and tested every year. Vessels have also been equipped with deploy and retrieve underwater cameras to monitor the excluder effectiveness. A majority of catcher processor vessels have upgraded to a live-feed camera system developed through Simrad/Kongsberg (Fig. 7).



Fig. 7. Simrad FX-80 live feed camera system with Chinook salmon among pollock

This technology allows skippers to haul back if they should encounter any large quantities of unwanted bycatch species as viewed through the live camera in the net. Currently pollock fishermen in the Bering Sea are also participating in an ongoing research project to develop a salmon excluder device that can actively exclude bycaught species from the net. Using the power hub of the Simrad FX 80, development of active net escape panels is underway, which will

allow exclusion of unwanted bycatch during the course of a trawl.

REFERENCES

- Fissel B., Dalton M., Garber-Yonts B., Haynie A., Kasperski S., Lee J., Lew D., Seung C., Sparks K., Szymkowiak M., and Wise S. 2021. Stock Assessment and Fishery Evaluation Report for the Groundfish Fisheries of the Gulf of Alaska and Bering Sea/Aleutian Islands Area: Economic Status of the Groundfish Fisheries off Alaska, 2019. NMFS, Seattle, WA. URL: <https://www.fisheries.noaa.gov/alaska/ecosystems/economic-status-reports-gulf-alaska-and-bering-sea-aleutian-islands>
- Ianelli J., Fissel B., Holsman K., De Robertis A., Honkalehto T., Kotwicki S., Monnahan C., Siddon E., and Thorson J. 2020. Chapter 1: Assessment of the Walleye Pollock Stock in the Eastern Bering Sea. URL: <https://appsafsc.fisheries.noaa.gov/refm/docs/2020/EBSPollock.pdf>.
- Siddon E. (ed.). 2020. Ecosystem Status Report 2020: Eastern Bering Sea. URL: <https://appsafsc.fisheries.noaa.gov/REFM/docs/2020/EBSEcosystem.pdf>.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Estabrooks A.C. – Pollock Conservation Cooperative, Seattle, WA 98119; At-sea Processors Association, Seattle, WA 98119; austin.estabrooks@atsea.org; Scopus ID: 57215780326

THE ECONOMIC VALUE OF ALASKA SPORT FISHERIES*

Knapp G.P.

University of Alaska Anchorage, Alaska, Anchorage, 3211 Providence Drive, Anchorage, Alaska 99508 USA

Alaska sport fisheries create significant economic value. A 2007 study found that about 475 thousand sport fishermen fished in Alaska on a total about 2.5 million sport-fishing days. They spent about \$1.3 billion in Alaska for sport fishing-related purchases. That spending created about \$1.6 billion in output value, \$550 million in income, and about 16,000 jobs. These economic impacts were particularly important for coastal communities in regions of Alaska where salmon and halibut are abundant. Alaska sport fisheries demonstrate that the economic potential of sport fisheries in northern regions is very large – if sport fishery resources are protected, allocation conflicts with other fisheries are resolved, and sport fishing infrastructure and services are developed and maintained.

Key words: Alaska, sport fishing, economic value, fisheries management.

Introduction. Alaska sport fisheries create significant economic value. A 2007 study [Souhwick Associates] found that about 475 thousand sport fishermen fished in Alaska on a total about 2.5 million sport-fishing days. They spent about \$1.3 billion in Alaska for sport fishing-related purchases. That spending created about \$1.6 billion in output value, \$550 million in income, and about 16,000 jobs. These economic impacts were particularly important for coastal communities in regions of Alaska where salmon and halibut are abundant.

Overview of Alaska sport fisheries. Sport fishing is one of four legal types of Alaska fisheries (Table 1). Alaska also has world-scale commercial fisheries, as well as “subsistence” and “personal use” fisheries which allow rural and urban residents to catch large numbers of fish for their personal consumption. Sport fishing differs significantly from the other types

it “produces” not only fish but also recreation. For some of the most economically important kinds of sport fishing, the recreation is far more important to the fishermen than the fish. In the extreme case of “catch-and-release” fishing, the product is *only* recreation.

Alaska has many kinds of sport fisheries. Of the estimated 2.4 million fish harvested in Alaska sport fisheries in 2019, the most economically important species included sockeye salmon (29%), coho salmon (22%), halibut (15%), rockfish (14%), chinook salmon (3.4%), and rainbow trout (1.4%). Sport fisheries vary not only by species but also by where fishing occurs (from shore, from boats in rivers, from boats at sea), transportation access to fishing sites (by road, boat or air), participants (Alaska residents and non-residents), and fishermen’s objectives (relative importance of fish vs. recreation).

* *Материалы мини-симпозиума «День минтая» в рамках XII Национальной (всероссийской) научно-практической конференции «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование» (28–29 апреля 2021 г., г. Петропавловск-Камчатский) (Proceedings of the mini-symposium “Pollock Day” in the framework of the XII National (All-Russian) scientific-practical conference “Natural resources, their current state, protection, commercial and technical use” (April 28–29, 2021, Petropavlovsk-Kamchatsky)).*

Table 2 provides four examples of Alaska sport fisheries which illustrate the diversity in the types of fishing experience, who participates, and what they spend. Stream-bank salmon fishing is the most common kind of sport fishing in which Alaska residents participate, but generates relatively little spending, income, or employment per day of fishing. In contrast, non-resident tourists spend hundreds of millions of dollars to participate other fisheries, generating significant income and employment in guiding, transportation, and lodging.

Management authority for Alaska fisheries is divided between the state and federal governments, which have distinct but some-

what parallel fisheries management processes. The state government manages fisheries in rivers and lakes as well as in marine waters less than 3 miles offshore, including salmon, herring and freshwater species. The federal government manages fisheries between 3 and 200 miles offshore, including pollock, Pacific cod, most crab, halibut and other marine species. Thus, the state government has management authority for most sport fisheries except for halibut. The Alaska Board of Fisheries, with seven members appointed by the governor subject to approval by the legislature, has authority over fisheries policies, which are implemented by the Alaska Department of Fish and Game.

Table 1. Comparison of Four Legal Types of Alaska Fisheries

Fishery type	“Products”	Gear Types	Participants
Sport	Fish for personal consumption Recreation	Rod and reel	Residents, Non-Residents
Subsistence	Fish for personal consumption	Nets	Rural Residents
Personal Use	Fish for personal consumption	Nets	Urban Residents
Commercial	Fish for sale	Nets, Troll	Residents, Non-Residents

Table 2. Four Examples of Alaska Sport Fishing

<p>Stream-bank salmon fishing</p>  <p><i>Participants:</i> Mostly Alaska residents <i>Objectives:</i> Fish and recreation <i>Services purchased:</i> None <i>Cost per fishing day:</i> Low or zero</p>	<p>Marine charter-boat halibut fishing</p>  <p><i>Participants:</i> Residents and Non-Residents <i>Objectives:</i> Fish and recreation <i>Services purchased:</i> Guided fishing <i>Cost per fishing day:</i> ~ \$300</p>
<p>Guided river-boat chinook salmon fishing</p>  <p><i>Participants:</i> Mostly Non-Residents <i>Objectives:</i> Mostly recreation <i>Services purchased:</i> Guided fishing <i>Cost per fishing day:</i> ~ \$300</p>	<p>Wilderness lodge rainbow trout fishing</p>  <p><i>Participants:</i> Mostly Non-Residents <i>Objectives:</i> Mostly recreation <i>Services purchased:</i> Lodging, transport, guiding <i>Cost per fishing day:</i> ~\$1300</p>

Note. Pictures and costs per day are from websites of companies selling fishing experiences.

Sport fishermen are required to hold sport fishing licenses. Except for chinook salmon, licenses are not quotas: the cost is the same regardless of how many fish one catches. Licenses are very cheap for residents (\$20/year for adults in 2021 and free for residents younger than 15 or older than 60), and considerably more expensive for non-residents (\$15 per day, \$45/week, or \$100/year) [Alaska Department of Fish and Game “Fishing and Hunting License Pricing”]. Although the state could make more money by charging higher prices for fishing licenses, the management goal is not to make money, but to make fishing cheap for residents, and cheap enough for non-residents so that business can make money selling guiding services and sport fishing opportunities will attract tourists to Alaska. The state receives significant funding for sport fisheries management from a federal tax on sales of sport fishing equipment.

How Alaska fisheries are managed – particularly the allocation of fish between sport fisheries and other types of fisheries (commercial, personal use and subsistence) – directly affects the economic value of fisheries and who benefits from them. As a result, there are long-running political disputes over allocation between sport fishermen (and the businesses which depend upon sport fishing) and participants in other types of fisheries, which are frequently debated in contentious meetings of the Alaska Board of Fisheries. These allocation disputes are particularly intense for

sockeye salmon, chinook salmon and halibut, which are of major importance for both sport and commercial fisheries.

The economic value of Alaska sport fisheries. It is relatively easy to measure the *scale* of Alaska sport fisheries from annual sales of sport fishing licenses and annual surveys of Alaska sport fishermen about where they fished and how many fish they harvested (Table 3). It is clear that sport fishing is important to both Alaska residents and tourists and that it occurs on a large scale.

But it is challenging to measure or quantify the *economic value* of Alaska sport fisheries. We can’t estimate the value of sport fisheries by multiplying fish harvests by an average price, as we can with commercial fisheries, because there is no market price for sport fishing. License prices not a market price but only a nominal fee. Sport fisheries produce not only fish but also recreation, which is not necessarily proportional to fish harvests and which may be extremely high per fish caught, and may far exceed the value of the fish as food. To address these challenges, economists have devised sophisticated methodologies, requiring detailed surveys of fishermen, to estimate how much fishermen would be willing to pay if for sport fishing if they had to pay a market price. But these surveys are expensive and the resulting estimated values are subject to a wide range of confidence and not necessarily trusted by policy makers or the public.

Table 3. Selected measures of participation and harvest in Alaska sport fisheries, 2019

	Residents	Non-residents	Total
Sport fishing licenses purchased	161,186	306,322	467,508
Number of anglers who fished	194,597	260,785	455,382
Number of days fished	1,130,582	944,849	2,075,431
Sockeye salmon harvests	290,233	406,183	696,416
Halibut harvests	117,735	234,044	351,779

Note. Data for sport fishing license purchases are from Alaska Department of Fish and Game “License Statistics.” Data for sport fishing participation and catches were provided in a personal email communication on April 7, 2021 from William Romberg of the Alaska Department of Fish and Game Division of Sport Fish.

It is somewhat easier to estimate the *economic contributions* of sport fisheries: how much output value, income and employment is created by spending of sport fishermen. The most recent comprehensive study of the economic contributions of Alaska sport fishing was done in 2007 [Southwick Associates]. Based on surveys of fishermen, the study estimated how much resident and non-resident fishermen spent per day of fishing. The study estimated total spending by sport fishermen by multiplying spending per day by estimates of total fishing days, and used economic models to estimate the total output value, income, and employment created by this spending (Table 4).

Spending varied widely for different kinds of sport fishing. Residents fishing without guides spent the least amount per day – an average of about \$163, while non-residents fishing with guides spent the most per day – an average of almost \$800. Only about 42% of the spending was specifically for expenses related to fishing trips. Almost as much was for fishing-related equipment, such as boats and gear. Thus, sport fishing creates jobs and income not only for guides and lodge operators but also for manufacturers and sellers of fishing-related equipment.

Maximizing the economic potential of sport fisheries. Alaska sport fisheries demonstrate that the economic potential of sport fisheries in places like Alaska and similar northern

regions – including Kamchatka – is very large. But several conditions must be met to fully realize this economic potential:

- Sport fishery resources must be protected from over-fishing.
- The surrounding environment must be protected from environmental damage, not only to protect fishery resources but also protect the quality of the sport fishing recreational experience.
- Allocation conflicts between sport fisheries and non-sport fisheries must be resolved. To the extent that there is short-term or longer-term uncertainty about how much, when and where sport fishermen are allowed to fish, fewer tourists will come to fish and there will be less investment in sport fishing businesses, infrastructure and marketing.
- Infrastructure and services must be developed and maintained so that fishermen can get to where they wish to fish and can enjoy the time they spend there. This includes transportation to fishing areas, access to fishing sites, lodging, and guiding services at quality levels meeting international competitive standards.
- Significant and effective domestic and international marketing is needed to attract sport fishing tourists and understand and meet their needs. It isn't enough to have the best fishing in the world. The people who would enjoy it – and would pay for it – have to know about it.

Table 4. Estimated Economic Contributions of Alaska Sport Fishing, 2007

		Resident anglers	Non-resident anglers	All anglers
Angler participation	Licensed anglers	190,644	284,890	475,534
	Days fished	1,459,380	1,080,438	2,539,818
Spending per angler	Licenses and fees (per day)	\$4.54	\$15.31	\$9.12
	Trip-related (per day)	\$150.63	\$321.50	\$223.32
	Packages* (per day)		\$127.28	\$54.15
	Fishing equipment (annual)	\$2274.88	\$145.27	\$999.04
	Real estate** (annual)	\$383.64	\$385.05	\$384.49
Total spending		\$733,289,349	\$652,498,723	\$1,385,788,072
Direct economic contributions	Income provided	\$146,134,921	\$208,000,960	\$354,135,881
	Jobs supported	4,531	6,549	11,080
Total economic contributions***	Income provided	\$223,373,937	\$321,882,151	\$545,256,088
	Jobs supported	6,442	9,437	15,879

*Travel packages purchased by nonresidents prior to traveling to Alaska.

**Construction and repair of property purchased for sport fishing use.

***Includes multiplier effects.

REFERENCES

- Southwick Associates, Inc. et al. Economic Impacts and Contributions of Sport fishing in Alaska, 2007. Alaska Department of Fish and Game, Division of Sport Fish. Professional Publication No. 08-01. December 2008. URL: https://www.researchgate.net/publication/320357815_Economic_Impacts_and_Contributions_of_Sportfishing_in_Alaska_2007
- Alaska Department of Fish and Game “Fishing and Hunting License Pricing”. URL: <https://www.adfg.alaska.gov/index.cfm?adfg=license.pricinglist>
- Alaska Department of Fish and Game “License Statistics”. URL: <http://www.adfg.alaska.gov/index.cfm?adfg=license.statistics>

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Knapp Gunnar P. – University of Alaska Anchorage; 99508, USA, Alaska, Anchorage; Professor Emeritus of Economics; Gunnar.Knapp@gmail.com. Scopus ID: 7102951782.

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:

05.11.00 – приборостроение, метрология и информационно-измерительные приборы и системы:

- 05.11.01 – Приборы и методы измерений (по видам измерений) (технические науки);
- 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий (технические науки);
- 05.11.16 – Информационно-измерительные и управляющие системы (по отраслям) (физико-математические науки).

05.18.00 – технология продовольственных продуктов:

- 05.18.04 – Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств (технические науки);
- 05.18.07 – Биотехнология пищевых продуктов и биологических активных веществ (технические науки);
- 05.18.17 – Промышленное рыболовство (технические науки).

03.02.00 – общая биология:

- 03.02.08 – Экология (биологические науки);
- 03.02.04 – Зоология (биологические науки);
- 03.02.10 – Гидробиология (биологические науки);
- 03.02.14 – Биологические ресурсы (биологические науки).

В рамках общих направлений предпочтения 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. Название файла должно содержать фамилию автора статьи.

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

- анкета-заявка на опубликование. Если у статьи несколько авторов, то сведения предоставляются полностью о каждом из них, указывается автор для переписки с редакцией (Приложение 1);
- согласие автора о передаче права на публикацию рукописи и распространение в российских и международных электронных базах данных (Приложение 2);
- акт экспертизы / экспертное заключение в форме, принятой в направляющей организации;
- разрешение на опубликование материалов от организации, в которой работает автор с подписью руководителя и печатью организации (для внешних авторов).

Рецензирование рукописей

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

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

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

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

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

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

Оригиналы рецензий хранятся в редакции журнала в течение пяти лет.

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

Опубликование рукописей

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

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

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

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

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

Печатная версия журнала высылается по всем обязательным адресам рассылки.

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

Приложение 1

Анкета-заявка

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

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

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

автор рукописи _____

(название рукописи)

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

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

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

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

наименование
организации

должность

дата

подпись

расшифровка
подписи

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РУКОПИСЕЙ СТАТЕЙ

Объем

Объем содержательной части рукописи статьи (введение, материалы и методы, результаты и обсуждение, заключение) – не менее 5 страниц (без учёта таблиц, рисунков и списка литературы) для оригинальных статей и не более 24 страниц – для статей-ревизий.

Рекомендуемая структура

Статья должна быть структурирована и включать следующие разделы: введение, материалы и методы, результаты и обсуждение, заключение, литература.

Правила набора

Текстовый редактор – Microsoft Word, шрифт – Times New Roman; размер шрифта: основной – 11,5, вспомогательный – 10,5; абзацный отступ – 0,7 см; междустрочный интервал (множитель) – 1,2. Поля: верхнее – 20 мм, нижнее – 20 мм, правое – 20 мм, левое – 20 мм.

Начало статьи

Через один междустрочный интервал последовательно приводятся следующие сведения:

- индекс универсальной десятичной классификации (УДК), выровненный влево (шрифт 11,5); **на русском языке** указываются:
 - название статьи прописными (заглавными) полужирными буквами, без переносов, с выравниванием по центру (шрифт 11,5; междустрочный интервал – 1);
 - фамилии и инициалы авторов последовательно с выравниванием по левому краю без абзацного отступа (шрифт 11,5; междустрочный интервал – 1);
 - название организации, в которой работают авторы, адрес организации (с выравниванием по ширине полосы без абзацного отступа, шрифт 11,5; междустрочный интервал – 1);
 - текст краткой аннотации (не менее 75 и не более 120 слов), выровненный по ширине полосы без абзацного отступа (шрифт 10,5; междустрочный интервал – 1); аннотация должна содержать краткое изложение проблемы, указание на технологию или методы исследования, результаты исследования с акцентом на их новизну;
 - ключевые слова (не более 10 слов), выровненные по ширине полосы без абзацного отступа (шрифт 10,5; междустрочный интервал – 1);
- далее на английском языке** через один междустрочный интервал указываются:
 - название статьи прописными (заглавными) полужирными буквами, без переносов, с выравниванием по центру (шрифт 11,5; междустрочный интервал – 1);
 - фамилии и инициалы авторов последовательно с выравниванием по левому краю без абзацного отступа (шрифт 11,5; междустрочный интервал – 1);
 - название организации, в которой работают авторы, адрес организации (с выравниванием по ширине полосы без абзацного отступа, шрифт 11,5; междустрочный интервал – 1);
 - текст краткой аннотации, выровненный по ширине полосы без абзацного отступа (шрифт 10,5; междустрочный интервал – 1);
 - ключевые слова (не более 10 слов), выровненные по ширине полосы без абзацного отступа (шрифт 10,5; междустрочный интервал – 1).

Образец оформления начала статьи

УДК

ДЕСТРУКЦИЯ ТКАНЕЙ БУРОЙ ВОДОРОСЛИ *SACCHARINA BONGARDIANA* В ПРОЦЕССЕ ТЕРМОЩЕЛОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ БИОГЕЛЯ

Иванов А.А.¹, Петрова А.А.²

¹ Камчатский государственный технический университет, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Ключевская, 35.

² Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, г. Москва, ул. Красносельская, 17.

Saccharina bongardiana – один из самых массовых видов ламинариевых водорослей камчатского шельфа, характеризующийся широкой экологической пластичностью и морфологической изменчивостью. В работе описаны отличия его морфогенеза и биологии развития от таковых у других камчатских представителей рода *Saccharina* и близкого к нему рода *Laminaria*, рассмотрены особенности внутреннего строения, позволяющие данному виду осваивать литоральную зону шельфа, противостоять воздействию неблагоприятных факторов. Описан разработанный авторами метод контроля процесса деструкции тканей, происходящий под воздействием термощелочной обработки в процессе получения биогеля из этого вида водорослей.

Ключевые слова: *Saccharina bongardiana*, биология развития, морфогенез, водорослевый биогель, термощелочная обработка, деструкция ткани.

TISSUE DESTRUCTION IN THE BROWN ALGA, *SACCHARINA BONGARDIANA*, DURING THE PROCESS OF THERMAL-ALKALIN TREATMENT WHEN PRODUCING BIOGEL

Ivanov A.A.¹, Petrova A.A.²

¹ Kamchatka State Technical University, Petropavlovsk-Kamchatsky, Klyuchevskaya Str. 35.

² Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow, Krasnoselskaya Str. 17.

Saccharina bongardiana is one of the most widespread kelp species in Kamchatka, which is characterized by a broad ecological plasticity and morphological variability. We describe differences in its morphogenesis and developmental biology from the other *Saccharina* and *Laminaria* species from Kamchatka, and features of its internal structure that allow this species to develop in the tidal zone and withstand the effects of adverse environmental factors. The method developed by the authors to control the process of *S. bongardiana* tissue destruction occurring in the process of thermo-alkaline treatment when producing biogel from this alga is described.

Key words: *Saccharina bongardiana*, developmental biology, morphogenesis, algal biogel, thermo-alkaline treatment, tissue destruction.

Текст статьи

Основной размер шрифта текста статьи – 11,5; междустрочный интервал (множитель) – 1,2; абзацный отступ – 0,7 см.

Структурные элементы статьи (**введение, материалы и методы, результаты и обсуждение, заключение, литература**) должны быть приведены прописными (заглавными) полужирными буквами с выравниванием по центру.

Ссылки на литературу в тексте должны быть приведены в квадратных скобках с указанием фамилии автора (-ов) и через запятую – года выпуска научного издания (в порядке возрастания года издания; например, [Иванов, 1974; Петров, 1995; Абрамов, 2010]).

Ссылки на рисунки и таблицы должны быть приведены в тексте, при этом сами рисунки и таблицы – в конце статьи (после литературы и информации об авторах) с обязательным переводом названий таблиц и подрисуночных подписей на английский язык.

Все рисунки, кроме единственного, нумеруются. Рисунки должны быть четкими, обозначения и надписи читаемыми. Номер рисунка и подпись к нему печатаются шрифтом 10,5 размера, междустрочный интервал – 1 с выравниванием по ширине полосы без абзацного отступа (выносятся отдельно от рисунка для возможности редактирования). **Дополнительно к комплекту документов должны быть приложены файлы рисунков в формате jpg с разрешением не менее 300 dpi.**

Все таблицы, кроме единственной, нумеруются. Номер таблицы и подпись к нему печатаются 10,5 шрифтом, междустрочный интервал – 1 с выравниванием по ширине полосы без абзацного отступа.

Математические, физические и химические формулы следует набирать в редакторе Microsoft Equation Editor. Все формулы, на которые есть ссылки в тексте, нумеруются, и ссылки на них приводятся в круглых скобках. Формулы выносятся отдельной строкой. Номер формулы вводится в круглые скобки и выравнивается по правому краю.

Образец оформления текста статьи

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время известно, что бурые, главным образом ламинариевые водоросли являются источником получения веществ [Ковалева, 2000; Липатов, 2004; Разумов и др., 2004; Талабаева, 2006; Конева, 2009; Вафина, 2010].

.....

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

.....

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Внутреннее строение *S. bongardiana* подвержено (рис. 1).

.....

Описанная выше последовательность мацерации тканей *S. bongardiana* показана на рисунке 2.

Представленная таблица показывает стадии процесса деструкции

.....

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование показывает, что

Образец оформления формул

Полученные из опыта значения коэффициентов передач по каждому из каналов $K1(y_j)$ и $K2(y_j)$ соответственно удовлетворяют неравенствам:

$$\begin{aligned} -1 \leq K1(y_j) \leq 1, \\ -1 \leq K2(y_j) \leq 1. \end{aligned} \tag{1}$$

Учитывая более жесткие ограничения (1), получим систему неравенств:

$$\begin{aligned} K1(y_j \text{ min}) \leq K1(y_j) \leq K1(y_j \text{ max}), \\ K1(y_j \text{ min}) \leq K1(y_j) \leq K1(y_j \text{ max}). \end{aligned} \tag{2}$$

При построении семейства характеристик $K1_j = f(K2_j)$ учет неравенств (9) приведет к ограничению изобарных кривых с обеих сторон и выделению отрезков кривых, пересекающихся в исходной рабочей точке, соответствующей номинальным значениям $y_j^H(x)$.

Оформление литературы

Список литературы приводится последовательно на русском и английском языках и оформляется по алфавиту *строго в соответствии с образцом, представленным ниже, с выступом 0,7 см без нумерации.*

Образец оформления литературы

ЛИТЕРАТУРА

- Алфимов Н.Н., Петров Ю.Е. 1972. О биологических и биохимических особенностях некоторых ламинариевых и фукусовых водорослей (Phaeophyta) острова Беринга (Командорские острова). *Ботанический журнал*. Т. 57. № 6. С. 697–700.
- Аминина Н.М., Ключкова Н.Г. 2002. Перспективы развития производства по переработке водорослей на побережье Камчатки. *Рыболовство России*. № 1. С. 54–56.
- Богданов В.Д., Сафронова Т.М. 1993. Структурообразователи и рыбные композиции. М.: ВНИРО. 172 с.
- Вафина Л.Х. 2010. Обоснование комплексной технологии переработки бурых водорослей (Phaeophyta) при получении функциональных пищевых продуктов. *Диссертация ... канд. техн. наук*. М. 280 с.
- Вишневецкая Т.Н., Саяпина Т.А., Аминина Н.М. 1999. Химический состав и перспективы использования экстрактов из бурых водорослей. *Тезисы докладов Российской научной конференции «Новые биомедицинские технологии с использованием биологически активных добавок»*. Владивосток. С. 10–12.
- Вялков А.Н., Козлов В.К., Бобровницкий А.И., Михайлов В.И., Подкорытова А.В., Одинец А.Г., Супрун С.В., Тулупов А.М. 2008. Морские водоросли в восстановительной медицине, комплексной терапии заболеваний с нарушением метаболизма. М.: МДВ. 156 с.
- Зацепина А.Н., Бессонова А.Д. 2016. Обоснование технологии получения продуктов из бурых водорослей. *Материалы Национальной (всероссийской) научно-практической конференции «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование»*. С. 115–119.
- Иванюшина Е.А., Жигадлова Г.Г. 1994. Биология ламинарии *Laminaria bongardiana* на литорали острова Беринга (Командорские острова). *Биология моря*. Т. 20. № 5. С. 374–380.
- Огородников В.С. 2007. Водоросли-макрофиты Северных Курильских островов. *Автореферат диссертации ... канд. биол. наук*. Петропавловск-Камчатский. 25 с.
- Патент № 2041656 РФ. Способ получения пищевого полуфабриката из ламинариевых водорослей. *Тихоокеанский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии* (Подкорытова А.В., Ковалева Е.А., Аминина Н.М.).
- Пьянкова А.С. 2012. Получение и использование полисахаридов бурых водорослей. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. № 20. С. 62–66.

REFERENCES

- Alfimov N.N., Petrov Yu.E. 1972. On the biological and biochemical characteristics of some kelp and fuclean algae (Phaeophyta) of Bering Island (Commander Islands). *Botanicheskiy zhurnal (Botanical journal)*. Vol. 57. № 6. P. 697–700.
- Aminina N.M., Klochkova N.G. 2002. Prospects for the development of algae processing on the coast of Kamchatka. *Rybolovstvo Rossii (Russian fishery)*. № 1. P. 54–56.

- Bogdanov V.D., Safronova T.M. 1993. Structuring agents and fish compositions. Moscow: VNIRO-press. 172 p.
- Vafina L.H. 2010. Justification of the integrated technology for processing of the brown algae (Phaeophyta) in obtaining functional food products. *Candidacy dissertation for technical sciences*. Moscow. 280 p.
- Vishnevskaya T.N., Sayapina T.A., Aminina N.M. 1999. Chemical composition and prospects of using extracts from the brown algae. *Proceedings of Russian scientific conference "New biomedical technologies using biologically active additives"*. Vladivostok. P. 10–12.
- Vyalkov A.N., Kozlov V.K., Bobrovnikskiy A.I., Mihaylov V.I., Podkoryitova A.B., Odinets A.G., Suprun C.B., Tulupov A.M. 2008. Seaweed in rehabilitation medicine, complex therapy of metabolic diseases. Moscow: MDV. 156 p.
- Zatsepina A.N., Bessonova A.D. 2016. Justification of technology for obtaining products from brown algae. *Proceedings of National (All-Russian) scientific and practical conference "Natural resources, their present condition, protection, industrial and technical use"*. P. 115–119.
- Ivanyushina E.A., Zhigadlova G.G. 1994. Biology of the kelp species *Laminaria bongardiana* from the tidal zone of Bering Island (Commander Islands). *Biologiya morya (Marine biology)*. Vol. 20. № 5. P. 374–380.
- Ogorodnikov B.C. 2007. Algae-macrophytes from the Northern Kuril Islands. *Abstract of the candidacy dissertation for biological sciences*. Petropavlovsk-Kamchatsky. 25 p.
- Patent № 2041656 RF. Method of obtaining a food semi-finished product from the laminariacean algae. *Pacific Fisheries and Oceanography Research Institute* (Podkoryitova A.V., Kovaleva E.A., Aminina N.M.).
- Ryancova A.S. 2012. Production and utilization of brown algae polysaccharides. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 20. P. 62–66.

Информация об авторах

Информация обо всех авторах размещается в конце статьи (после литературы) и приводится последовательно на русском и английском языках по схеме: фамилия, имя, отчество автора; название организации, индекс, страна, город; степень, звание, должность; электронный адрес (шрифт – 10,5; междустрочный интервал – 1; абзацный отступ – 0,7 см), идентификационные номера авторов в базах данных научного цитирования. **Дополнительно к комплекту документов должны быть приложены файлы-скриншоты с личного кабинета автора на сайте e-library с указанием SPIN-кода (для его подтверждения), а также при наличии – файлы-скриншоты ID-автора с сайта международной базы научного цитирования Scopus.**

Образец оформления информации об авторах

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

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.

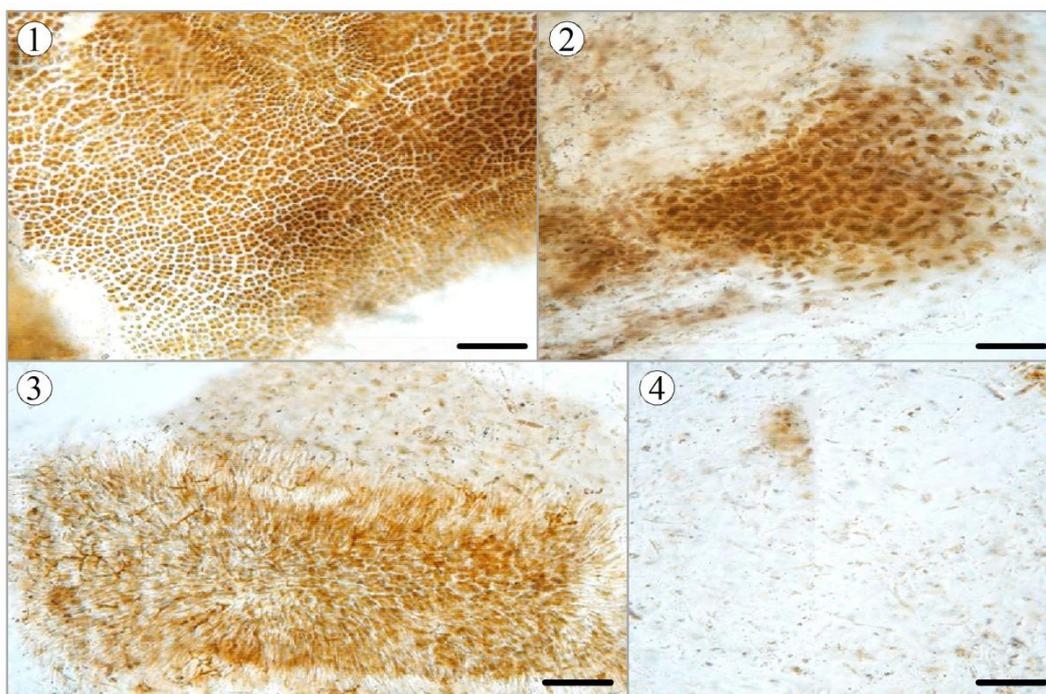


Рис. 1. Последовательность мацерации тканей *Saccharina bongardiana*: 1 – разделение дорсальной и вентральной половин слоевища и разрыхление корового слоя; 2 – разрыхление и дезинтеграция клеток меристодермы и медуллярной ткани; 3 – фрагмент соруса спорангиев с дезинтегрированными зооспорангиями и парафизами; 4 – мазок водорослевого биогеля в конце варки. Видны разрушенные нити сердцевины, отдельные парафизы и зооспорангии, небольшие скопления клеток меристодермы. Масштаб: 100 мкм (1, 3, 4), 50 мкм (2)

Fig. 1. The sequence of *Saccharina bongardiana* tissue maceration process: 1 – separation of the dorsal and ventral halves of the thallus and loosening of the cortical layer; 2 – loosening and disintegration of the meristoderm cells and medullar tissue; 3 – fragment of sporangial sori with disintegrated zoosporangia and paraphyses; 4 – smear of the algal biogel at the end of preparation. Broken filaments of the medullar tissue, individual paraphyses and zoosporangia, small clusters of meristoderm cells are visible. Scale: 100 µm (1, 3, 4), 50 µm (2)

Таблица. Мацерация дробленой *Saccharina bongardiana* в процессе ее термощелочной обработки

Table. Maceration of shredded *Saccharina bongardiana* thalli during thermo-alkaline treatment

Этап варки	Время варки (минут)	Средние размеры частиц (мм)	Характеристика изменений
1	10	4,01	Частицы плотные, целостные, без разделения на дорсальную и вентральную части
2	20	3,82	Частицы с начавшимся разделением на дорсальную и вентральную части. Наблюдается дробление крупных частиц
3	25	3,05	Продолжающийся процесс разрушения крупных частиц и расслоения пластины
4	30	2,6	Полное расслоение пластины, дезинтеграция клеток подкормки и сердцевины, дробление пластинок из коровой ткани и меристодермы
5	40	1,98	Продолжающаяся фрагментация частиц водорослей, разрыхление частиц, увеличение вязкости биогеля
6	50	0,83	Сильное набухание оставшихся частиц водорослей, почти полное разрушение оболочек клеток подкормки и меристодермы, увеличение вязкости биогеля

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 30.09.2021 г.
Формат 60*84/8. Печать цифровая. Гарнитура Times New Roman
Авт. л. 11,56. Уч.-изд. л. 12,25. Усл. печ. л. 14,65
Тираж 500 экз. Заказ № 8

Подписной индекс в каталоге «Пресса России» 81288

Цена свободная

Отпечатано участком оперативной полиграфии издательства
ФГБОУ ВО «Камчатский государственный технический университет»