

ISSN 2079-0333

**ВЕСТНИК
Камчатского
государственного
технического
университета**



**Научный
журнал**

Основан в 2002 г.

16+

ВЫПУСК

58

2021

Издательство



КамчатГТУ

Петропавловск-Камчатский

ISSN 2079-0333

**ВЕСТНИК
Камчатского
государственного
технического
университета**



**Научный
журнал**

Основан в 2002 г.

Bulletin of Kamchatka State Technical University

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

**Journal is included in List of peer-reviewed publications (State Commission
for Academic Degrees and Titles of the Russian Federation).
Information 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

58

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 ДВО РАН
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 ДВО РАН
Усов А.И.	доктор химических наук, главный научный сотрудник лаборатории химии углеводов Института органической химии имени Н.Д. Зелинского РАН
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 FEB RAS
- Potapov V.V.** Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher of Research Department, Research Geotechnological Center FEB RAS
- 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

Рак А.Н., Царенко С.Н., Костенко А.В.

Оценка эффективности применения ветроэнергетических установок на современных судах.....6

Сивоконь В.П., Лапшов Д.В.

Технология Software Defined Radio в задачах контроля радишумов 17

Глухарев А.Ю., Демид А.В., Чурилина А.С.,

Барабашина С.И., Волченко В.И.

Влияние молочнокислых бактерий на качество сыровяленых колбасок из северной путассу: предварительное исследование29

Титова И.М., Мошарова М.Э.

Обоснование технологии соуса с использованием продуктов переработки растительного сырья для повышения пищевой ценности рыбных полуфабрикатов.....43

РАЗДЕЛ II. БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Блохин И.А.

Видовой состав и распределение непромысловых ракообразных шельфа Камчатского залива в 2013 году56

Климова А.В., Клочкова Т.А.

Цитологические и кариологические особенности камчатских представителей рода *Alaria* (Laminariales, Phaeophyceae) 71

Мельник И.В., Васильева Е.Г., Филипова М.В.

Состояние водоохранных зон рек Волги и Кизани в районах повышенного экологического риска.....87

Пилипенко Д.В.

Морские колониальные птицы острова Медного (Командорские острова)..... 104

Правила направления, рецензирования и опубликования рукописей статей.....120

Правила оформления рукописей статей..... 123

Алфавитный указатель статей, опубликованных в журнале «Вестник КамчатГТУ» в 2021 году (№ 55–58)..... 129

Contents

SECTION I. TECHNICAL SCIENCES

Rak A.N., Tzarenko C.N., Kostenko A.V.	
Estimation of wind-driven power plants application efficiency on modern ships	6
Sivokon V.P., Lapshov D.V.	
Software Defined Radio technology in the tasks of radionoise control	17
Glukharev A.Yu, Demid A.V., Churilina A.S., Barabashina S.I., Volchenko V.I.	
Effect of lactic acid bacteria on dried sausages quality made from blue whiting: preliminary study.....	29
Titova I.M., Mosharova M.E.	
Substantiation of sauce technology using vegetable raw materials processing products to increase the nutritional value of fish semi-finished products	43

SECTION II. BIOLOGICAL SCIENCES

Blokhin I.A.	
Species composition and distribution of non-commercial crustaceans of the Kamchatka gulf shelf in 2013	56
Klimova A.V., Klochkova T.A.	
Cytological and chromosomal features of <i>Alaria</i> species (Laminariales, Phaeophyceae) from Kamchatka	71
Melnik I.V., Vasileva E.G., Filipova M.V.	
The state of water protection zones of the Volga and Kizan rivers in high ecological risk areas	87
Pilipenko D.V.	
Colonial seabirds of Medny island (Commander Islands)	104
Regulations for manuscripts direction, reviewing and publication	120
Manuscripts guidelines.....	123
Author index of articles published in the journal “Bulletin of Kamchatka State Technical University” in 2021 (№ 55–58).....	129

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК НА СОВРЕМЕННЫХ СУДАХ

Рак А.Н.¹, Царенко С.Н.², Костенко А.В.²

¹ Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, ул. Артема, 58.

² Камчатский государственный технический университет, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Ключевская, 35.

В работе представлен обзор использования современных ветроэнергетических установок на судах. Приведены основные расчетные зависимости оценки показателей эффективности и экологичности ветровых движительных установок. Рассмотрены вопросы применения современных парусов-кайтов в качестве пропульсивных установок, а также их использование для генерирования электрической энергии. Дано описание принципа работы парусов-кайтов. Представлена методика определения основных расчетных параметров. Кайты обеспечивают повышение энергоэффективности главных двигателей и соблюдение экологических требований по сокращению выбросов вредных веществ в атмосферу.

Ключевые слова: ветровая движительная установка, генератор, кайт, энергоэффективность.

ESTIMATION OF WIND-DRIVEN POWER PLANTS APPLICATION EFFICIENCY ON MODERN SHIPS

Rak A.N.¹, Tzarenko C.N.², Kostenko A.V.²

¹ Donetsk National Technical University; Artyoma Str. 58, Donetsk.

² Kamchatka State Technical University; Petropavlovsk-Kamchatsky, Klyuchevskaya Str. 35.

The overview of modern wind turbines use on ships is presented. The main calculated dependencies for assessing the efficiency and ecological compatibility of wind propulsion systems are given. The issues of using modern sails-kites as propulsion systems, as well as their use for generating electrical energy are considered. The principle of sails-kites operation is described. A methodology for determining the main design parameters is presented. The kites are designed to improve the energy efficiency of the main engines and to comply with environmental requirements in reducing emissions of harmful substances into the atmosphere.

Key words: wind propulsion system, generator, kite, energy efficiency.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из возможных путей повышения экологичности, энергоэффективности и, как следствие, сокращения выбросов вредных веществ в атмосферу являются вопросы совершенствования судовой про-

пульсивной установки (ПУ) и минимизация затрат топлива главным двигателем (ГД). Вследствие того что современные малооборотные двигатели (МОД) практически достигли термодинамического предела своего развития, их разработчики направляют основные усилия на усовершен-

ствование ГД как элемента пропульсивной системы (ПС). Поэтому в последние годы значительные изменения в МОД обусловлены возрастающими экологическими требованиями. В связи с этим были разработаны и внедрены эффективные международные нормативы по контролю и снижению выбросов, регламентированные Международной морской организацией (ИМО – International Maritime Organization), приложением VI конвенции МАРПОЛ [Руководство ..., 2019].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Идея по применению на судах дополнительных экологически чистых двигателей вышла на новый уровень при современных возможностях науки и техники. Применение энергии ветра для движения судна – один из вариантов снижения топливных затрат. Наиболее перспективными, исследованными и испытанными на судах в данный момент являются буксирующие воздушные змеи – кайты (kite). Они могут взаимодействовать как с традиционной ПС в качестве дополнительного движителя, так и обособленно при благоприятных гидрометеорологических условиях.

Цель работы – показать возможности применения энергии ветра для движения судна и генерирования электрической энергии для повышения эффективности и экологической безопасности проектов в условиях необходимости удовлетворения требований ИМО, вступивших в силу в 2013 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Последние исследования показали, что потенциал использования энергии ветра для экономии топлива велик, в некоторых случаях он достигает 50%. В связи с возникшей потребностью введения показате-

ля, свидетельствующего об эффективности судна в отношении топливной экономичности и выбросов парниковых газов (ПГ), предлагалось ввести конструктивный индекс CO_2 , а также индикатор эксплуатационной эффективности, который определяет эффективность судна по количеству CO_2 в тоннах, выброшенного отдельной установкой за период рейса судна на тонну перевезенного груза на расстояние в 1 милю.

Снижение эмиссии ПГ определяется в соответствии с поправкой к приложению VI к МАРПОЛ по техническим мерам сокращения выбросов ПГ с судов в соответствии с резолюцией ИМО МЕРС.203(62), вступившей в силу 1 января 2013 года.

Достигнутый индекс должен определяться в соответствии с пересмотренным Руководством ИМО по методу расчета конструктивного индекса для новых судов, 2012, приведенном в Резолюции МЕРС.212(63):

$$EEDI = \frac{\left(\prod_{j=1}^M f_j \right) \cdot \left(\sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)} \cdot C_{FME(i)} \cdot SFC_{ME(i)} \right) + \frac{(P_{AE} \cdot C_{FAE} \cdot SFC_{AE})}{f_i \cdot f_c \cdot Capacity \cdot v_{ref} \cdot f_w} + \left(\left(\prod_{j=1}^M f_j \cdot \sum_{i=1}^{nPTI} P_{PTI(i)} - \sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)} \cdot P_{AEeff(i)} \right) \times \frac{C_{FAE} \cdot SFC_{AE}}{f_i \cdot f_c \cdot Capacity \cdot v_{ref} \cdot f_w} - \left(\sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)} \cdot P_{eff(i)} \cdot C_{FME} \cdot SFC_{ME} \right) \right)}{f_i \cdot f_c \cdot Capacity \cdot v_{ref} \cdot f_w}, \quad (1)$$

где SFC – удельный расход топлива двигателя (г/кВт час);

C_F – безразмерный переводной коэффициент между расходом топлива в двигателе (г) и выбросами CO_2 (г), определенными по содержанию углерода в конкретном топливе (г CO_2 /г топлива);

P_{MEi} – показатель мощности каждого главного двигателя, равный 75% от его номинальной мощности за вычетом мощности, потребляемой валогенератором (в случае его наличия);

P_{AE} – показатель требуемой мощности вспомогательных двигателей для обеспечения электроэнергией при максимальной нагрузке судна;

P_{PTI} – показатель, равный 75% номинальной мощности, потребляемой каждым гребным электродвигателем с учетом механических потерь в нем и без учета потерь в генераторе;

P_{AEff} – показатель сокращения электрической энергии за счет использования энергоэффективных технологий (использование отходящего тепла ГД), которые в Руководстве [MEPC.1/Circ.815. 17 June 2013, 2013] называют инновационными;

P_{eff} – показатель сокращения мощности ГД за счет применения инновационных технологий в пропульсивной установке при 75% мощности ГД;

f_i – фактор вместимости судна, учитывающий необходимость выполнения требований по ограничению вместимости судна, например требований, которые применяются к судам ледового класса;

f_j – корректирующий фактор, учитывающий специфическую конструкцию элементов судов, например судов ледового класса;

f_w – безразмерный коэффициент, учитывающий снижение скорости при определенном неблагоприятном состоянии моря в зависимости от высоты и частоты волны, а также от скорости ветра;

f_{eff} – коэффициент доступности каждой инновационной технологии;

V_{ref} – скорость судна, измеренная на глубокой воде с учетом соответствующей вместимости (дедвейт или валовая вместимость в зависимости от типа судна)

в соответствии с вышеуказанным Руководством (узлы).

Доступная эффективная мощность ветроэнергетических установок как инновационной технологии в соответствии с Руководством [MEPC.1/Circ.815. 17 June 2013, 2013], относящихся к категории В-2 (движение с помощью ветроэнергетических установок: паруса, кайты, роторы Флеттнера), рассчитывается по следующей формуле:

$$(f_{eff} \cdot P_{eff}) = \left(\frac{0,5144 \cdot v_{ref}}{\eta_T} \cdot \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F(v_{ref})_{i,j} \cdot W_{i,j} \right) - \left(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n P(v_{ref})_{i,j} \cdot W_{i,j} \right), \quad (2)$$

где 0,5144 – коэффициент перевода морских миль в час (узлы) в метры в секунду (м/с);

$(f_{eff} \cdot P_{eff})$ – доступная эффективная мощность в кВт, достигаемая указанной ветроэнергетической установкой. Величины f_{eff} и P_{eff} объединяются в расчет, поскольку произведение доступности и мощности является результатом матричной операции, учитывающей каждое ветровое состояние с вероятностью и конкретной силой ветровой движительной установки (ВДУ);

η_T – общий КПД главного привода(-ов) при 75%-ной номинальной установленной мощности ГД. В расчетах рекомендуется $\eta_T = 0,7$, если другое значение не указано и не верифицировано проверяющим;

$F(v_{ref})_{i,j}$ – матрица сил соответствующей ВДУ для данной скорости судна. Каждый матричный элемент представляет собой движущую силу в кН для соответствующей скорости судна и угла ветра. Угол ветра указывается в относительных пеленгах (с нулевым градусом в носовой части судна). Подробный расчет матрицы сил и результатов испытаний ВДУ должен быть предоставлен для верификации проверяющему фирмой-изготовителем;

$W_{i,j}$ – матрица вероятности глобального ветра, содержит данные о ветровой энергии на основных маршрутах судоходства (рис. 1), основанные на статистическом обзоре данных о ветре. Составляющие глобальной матрицы вероятности ветра приведены в [Rules VI Additional Rules and Guidelines, 2013];

$P(v_{ref})_{i,j}$ – матрица с теми же размерностями, что $F(v_{ref})_{i,j}$ и $W_{i,j}$, и представляет собой потребность в мощности для работы ВДУ.

Основные маршруты судоходства (рис. 1) сформировались на основании многолетней практики мореплавания еще парусного флота.

Современные исследования с помощью спутниковых данных о ветре (рис. 2) показывают, что они практически полностью совпадают.

Кайт – буксировочный управляемый воздушный змей, по форме напоминающий парашют (рис. 3). Изготавливается из специального синтетического двухслойного материала повышенной прочности. Его профиль разбит на множество зон, управляемых компьютерной программой, обеспечивающей изменение длины строп кайта, тем самым изменяется его положение в воздухе. При этом в зависимости от направления и скорости ветра устанавливается оптимальная геометрия крыла. Система управления кайтом обеспечивает маневры в виде восьмерки, что существенно увеличивает его тягу. В целом система полностью автоматизирована и не требует внесения значительных изменений в конструкцию судна. Система управления кайтом компьютеризирована, имеет графический интерфейс и может работать как в режиме автопилота, так и в режиме ручного управления. Скорость ветра изменяется в зависимости от высоты. По данным фирмы SkySails,

на высоте 100 м она может возрасти на 20%, а при 400 м – на 45% по отношению к скорости ветра на высоте 10 м над уровнем моря. Эффективное решение по разработке и внедрению кайтов на морские суда в качестве дополнительных движителей было предложено компанией SkySails (ФРГ) [<https://www.skysails.com>].

В отличие от парусов, использующих поверхностную силу ветра, кайт работает на больших высотах, на которых скорость и направление ветра более стабильны [Руководство..., 2005]. С целью получения максимальной тяги кайт движется по заданной выше траектории. При этом максимальный размах кайта может составлять до 250 м в ширину и до 50 м в высоту [<https://www.skysails.com>]. Минимально возможная скорость ветра для кайта, равная 3 м/с, связана с необходимостью его запуска и подъема над водной поверхностью в начале работы, а максимальная – 25 м/с – лимитируется прочностными свойствами конструкции кайта. Минимальный угол между направлением ветра и курсом судна для работы кайта может составлять 50°, но это для значительной силы ветра и умеренной скорости судна.

Запуск и возвращение кайта выполняются автоматически. При запуске поднимается и выдвигается телескопическая штанга со сложенным гармошкой кайтом, который разворачивается на достаточной высоте и запускается на сверхпрочном синтетическом тросе. Лебедка разматывает буксировочный трос, пока не будет достигнута высота, достаточная для его работы. Устройство в собранном виде занимает не более 20 м³, закрепляется в передней части судна, не влияя на его центр тяжести. Каждый этап запуска и приземления кайта занимает около 10 минут и контролируется с помощью экрана дисплея, установленного на ходовом мостике.

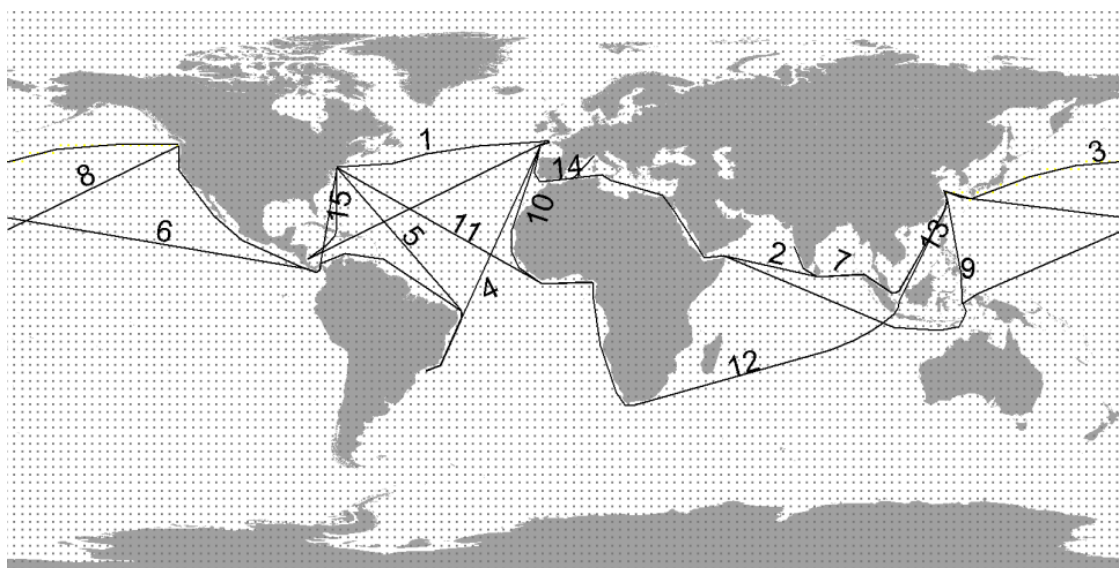


Рис. 1. Основные глобальные маршруты судов мирового торгового флота: 1 – трансатлантический; 2 – Европа – Азия; 3 – транстихоокеанский; 4 – Европа – Центральная/Южная Америка; 5 – Северная Америка – Центральная/Южная Америка; 6 – Азия – Центральная/Южная Америка; 7 – Европа – Юго-Восточная Азия/Океания; 8 – Северная Америка – Юго-Восточная Азия/Океания; 9 – Азия – Юго-Восточная Азия/Океания; 10 – Европа – Африка; 11 – Северная Америка – Африка; 12 – Азия – Африка; 13 – Азия – Средний Восток; 14 – Европа; 15 – Северная Америка

Fig. 1. The main global routes of the ships of the world merchant fleet: 1 – Transatlantic; 2 – Europe – Asia; 3 – Trans-Pacific; 4 – Europe – Central/South America; 5 – North America – Central/South America; 6 – Asia – Central/South America; 7 – Europe – Southeast Asia/Oceania; 8 – North America – Southeast Asia/Oceania; 9 – Asia – Southeast Asia/Oceania; 10 – Europe – Africa; 11 – North America – Africa; 12 – Asia – Africa; 13 – Asia – Middle East; 14 – Europe; 15 – North America

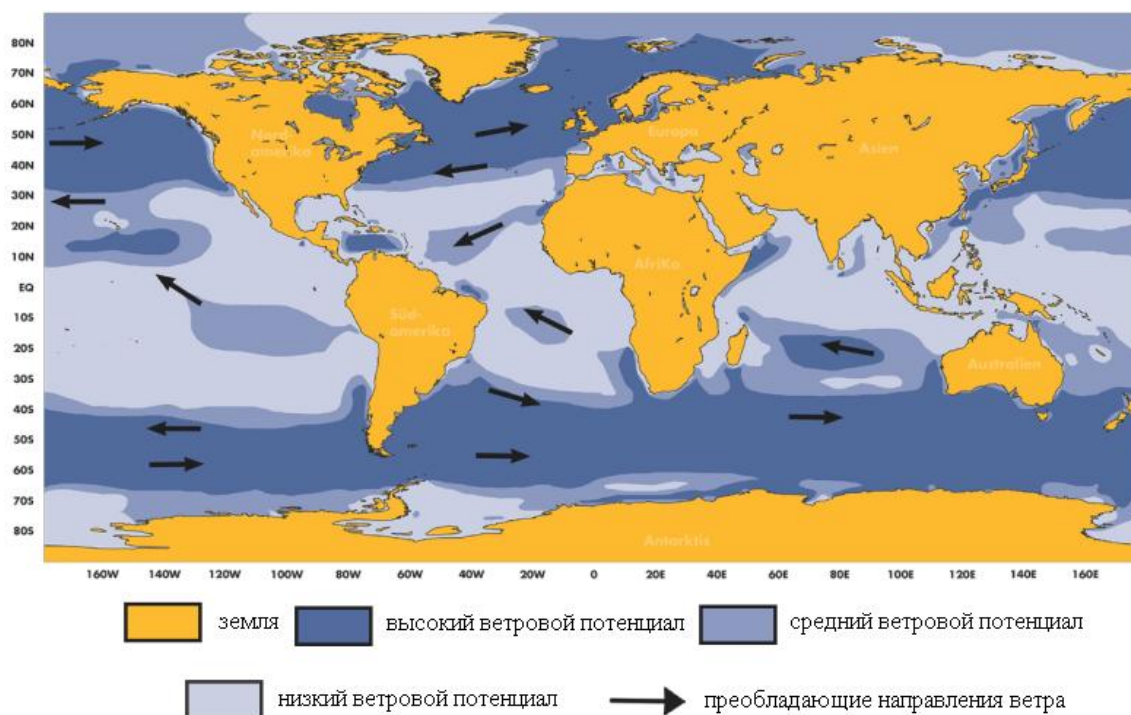


Рис. 2. Данные о ветровом потенциале на глобальных маршрутах судоходства, полученные на основании спутниковых данных

Fig. 2. Wind potential data on global shipping routes obtained from satellite data

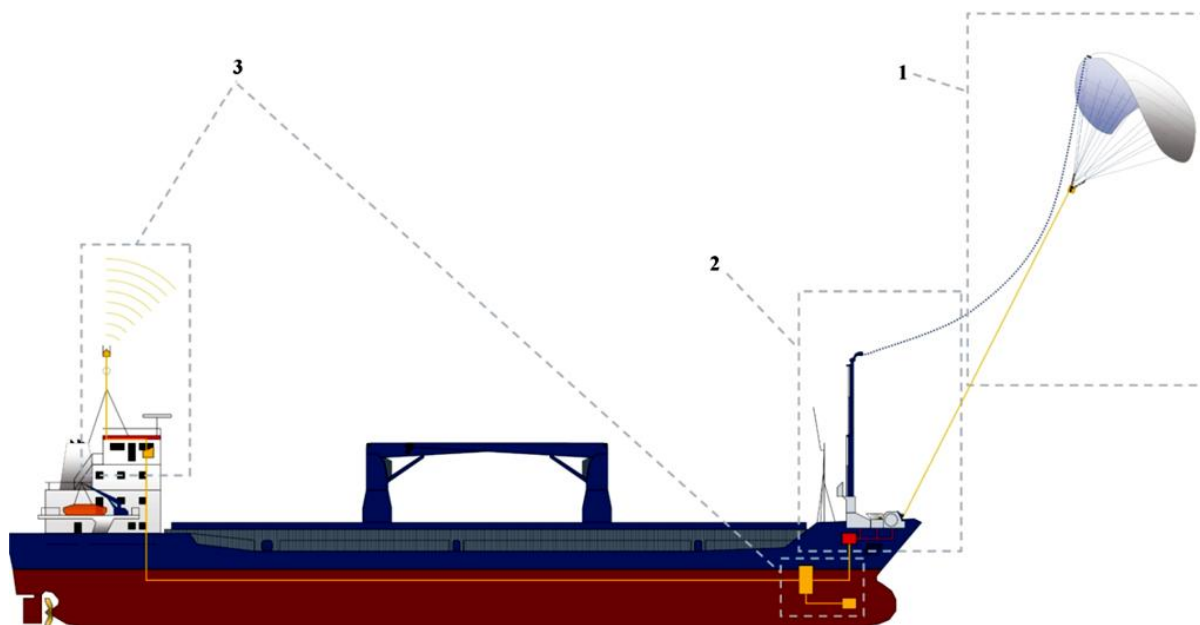


Рис. 3. Основные элементы пропульсивной системы с кайтом: 1 – система тяги: кайт, блок сбора информации, трос; 2 – система запуска и приземления кайта: лебедка, штанга, система управления; 3 – система контроля: блок получения и обработки информации, анемометр, блок управления

Fig. 3. The main elements of the propulsion system with a kite: 1 – traction system: kite, data collection unit, cable; 2 – kite launching and landing system: winch, boom, control system; 3 – control system: unit for information receiving and processing, anemometer, control unit

Поддержание фиксированно принятого курса судна обеспечивается согласованной работой системы управления кайтом и системой рулевого управления.

С целью предотвращения нежелательного воздействия на конструкцию судна или ГД влияния дополнительных сил их следует определять в процессе сертификации *EEDI*. При необходимости элементы в матрице сил ВДУ могут быть ограничены конкретно для каждого судна. Технические средства для ограничения силы ВДУ должны быть проверены на ходовых испытаниях. Для окончательного определения снижения CO_2 в системе матрица сил должна быть утверждена проверяющим.

В таблице 1 приведены технические характеристики ВДУ, находящихся в эксплуатации. В таблице 2 приведены характеристики ВДУ системы SkySails для стандартных условий.

Высокая скорость буксировки воздушного змея особенно важна, поскольку скорость воздушного потока в аэродинамическом профиле воздушного змея является ключом к производительности.

Скорость вымпельного (кажущегося) ветра определяется на высоте 10 м над уровнем моря (т. е. над ватерлинией), как показано на рисунке 4 в соответствии с выражением:

$$v_{\text{ВЫМП}} = \sqrt{(v_{\text{И}} \cdot \cos \alpha + v_{\text{К}})^2 + (v_{\text{И}} \cdot \sin \alpha)^2}, \quad (3)$$

где $v_{\text{К}}$ – скорость курсового ветра, которая равна скорости судна $v_{\text{С}}$, м/с;

$v_{\text{И}}$ – скорость истинного ветра, м/с;

α – угол между векторами скорости истинного и курсового ветра, град.

Скорость вымпельного ветра определяется в соответствии с рисунком 4,

где γ – азимут, град.;

N – направление на север.

Таблица 1. Технические характеристики ВДУ, находящихся в эксплуатации

Table 1. Technical characteristics of wind propulsion system in operation

Система SkySails	Год	Допустимая нагрузка, т	Эффективная нагрузка*, т	Тип судна	Длина, м	Мощность пропульсивной установки, кВт	Скорость судна**, узлы	Упор, т
SKS 160	2007	16	8	Лоцманское судно	54	1 260	11	8,5
				Балкер	88	1 520	10,5	11
SKS 320	2008	32	16	Танкер	93	2 800	12	17
				Контейнеровоз	90	2 000	14	15
SKS 640	2009	64	32	Сухогруз для перевозки нестандартных крупногабаритных тяжелых грузов	133	3 840	14	23
				Балкер	175	5 845	13,5	48
SKS 1280	2010	128	64	Балкер	175	5 845	13,5	48
				Крузиное судно	250	24 800	17–21	80

* Эффективная нагрузка системы SkySails указывает на максимальную тяговую силу системы в направлении курса судна при оптимальных условиях. Это является очень существенным при определении размеров системы SkySails, поскольку она может быть непосредственно сопоставлена с тягой, необходимой судну для достижения его крейсерской скорости, и связано прежде всего с различием в конструкциях судов и их работой на разных маршрутах. Определить относительную движущую мощность системы для конкретного типа судна затруднительно, но для того чтобы дать представление о ней, SkySails указывает ее эффективную нагрузку для стандартных условий, которые приведены в таблице и основаны на результатах натурных испытаний и теоретических расчетах.

** Номинальная частота вращения.

Таблица 2. Характеристики ВДУ системы SkySails для стандартных условий

Table 2. Characteristics of wind propulsion system of the SkySails system for standard conditions

Скорость ветра, м/с (узлы)	12,8 (25)
Угол истинного ветра, град	130
Скорость судна, м/с (узлы)	5,1 (10)
Волнение моря, баллы	2 (высота волн более 60 см)
КПД винта	0,6
Режим работы кайта	Динамический

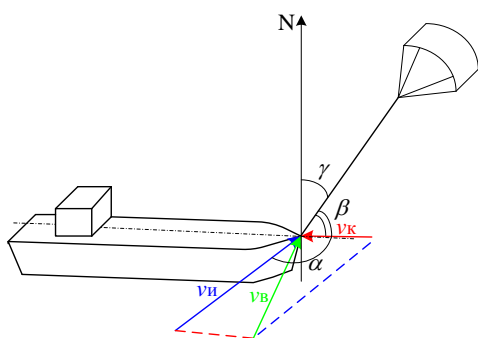


Рис. 4. Определение скорости вымпельного ветра

Fig. 4. Determination of the apparent wind speed

Для других высот скорость ветра определяется в соответствии с выражением:

$$v_{\text{КАЙТА}} = v_{\text{ВЫМП}} \cdot \left(\frac{h_{\text{К}}}{10}\right)^{0,11} \quad (4)$$

Высота подъема кайта определяется в соответствии с выражением:

$$h_{\text{К}} = R \cdot \sin \beta, \quad (5)$$

где β – угол подъема кайта (угол между горизонтальной плоскостью, проходящей через носовую часть судна, и тросом кайта), град;

R – длина троса, м.

Подъемная сила и сила лобового сопротивления кайта определяются в соответствии с выражениями (6) и (7), приведенными в [Morales Vásquez, 2014]:

$$F_{\Pi} = \frac{1}{2} \cdot C_L \cdot \rho \cdot v_{\text{КАЙТА}}^2 \cdot S, \quad (6)$$

$$F_D = \frac{1}{2} \cdot C_D \cdot \rho \cdot v_{\text{КАЙТА}}^2 \cdot S, \quad (7)$$

где ρ – плотность воздуха, кг/м³ (в расчетах можно принять $\rho = 1,225$ кг/м³);

S – площадь кайта, м²;

C_L – коэффициент подъема;

C_D – коэффициент лобового сопротивления.

Для кайтов с профилем в виде аэродинамического крыла значения указанных коэффициентов составляют $C_L = 1$ и $C_D = 0,286$.

Сила тяги кайта (кН) при этом составит:

$$F_K = \frac{\sqrt{F_{\Pi}^2 + F_D^2}}{1000}. \quad (8)$$

Полученное значение силы тяги должно быть больше значения буксировочного сопротивления (кН), которое можно определить из рисунка 5. Приведенные значения буксировочных сопротивлений являются характерными для большинства типов судов при значениях скоростей в заданном диапазоне.

Как показывают исследования, кайты можно применять не только в качестве ВДУ, но и для производства электрической энергии (рис. 6) [<https://skysails-power.com/wpag.html>]. При этом можно использовать часть элементов системы управления ВДУ.

Электрическая мощность, произведенная с помощью кайта, может быть оп-

ределена в соответствии с зависимостью, представленной в [Moritz Diehl, 2013]:

$$P = \frac{2}{27} \cdot \rho \cdot S \cdot v_{\text{В}}^3 \cdot C_L \cdot \left(\frac{C_L}{C_D} \right)^2, \quad (9)$$

где $v_{\text{В}}$ – скорость ветра, м/с. Скорость ветра определяется на основании данных системы управления кайтом. В таблице 3 приведены технические характеристики кайта типа SKS PN-14 для генерирования электрической энергии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Резюмируя изложенное, можно сделать следующие выводы:

1. Экономия топлива при использовании ветряных движительных установок, по данным фирмы SkySails, составляет 5–30% и более, в зависимости от погодных условий. Кроме того, применение кайтов положительно влияет на экологическую ситуацию: при сокращении потребления топлива снижается количество вредных выбросов в атмосферу.

2. Кайты могут применяться как на новых судах, так и на судах старой постройки. Эксплуатация кайта позволяет также повысить ресурс главного двигателя за счет снижения нагрузки и, соответственно, снизить расход топлива.

3. Стоимость электроэнергии, произведенной на судне с помощью дизельного генератора, составляет 12–14 \$ за 1 кВт · ч, а с помощью ветрогенератора – 7 \$ за 1 кВт · ч по текущим ценам.

4. Генерация электрической энергии с помощью кайтов будет иметь ограниченный характер, поскольку данную систему можно применить не для каждого типа судна. Для установки контейнера и эксплуатации генератора, расположенного в нем, необходимо место.

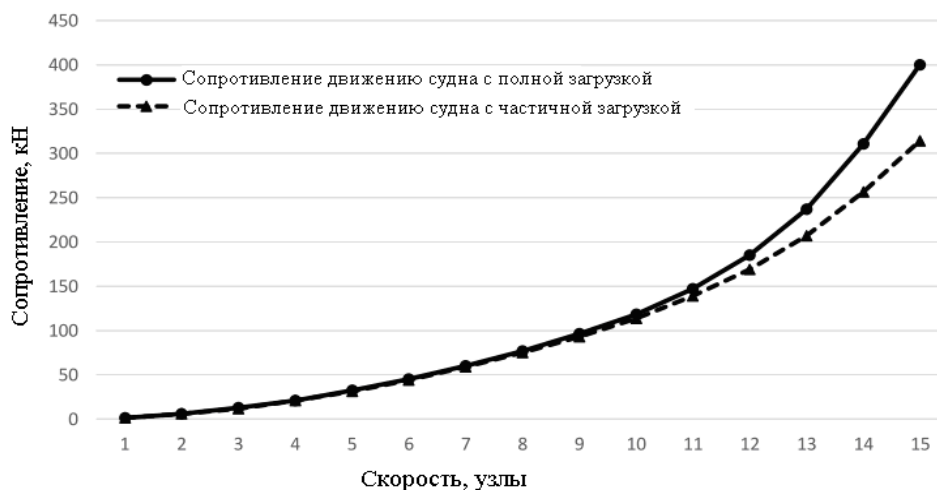


Рис. 5. Значения буксировочных сопротивлений

Fig. 5. Values of towing resistances

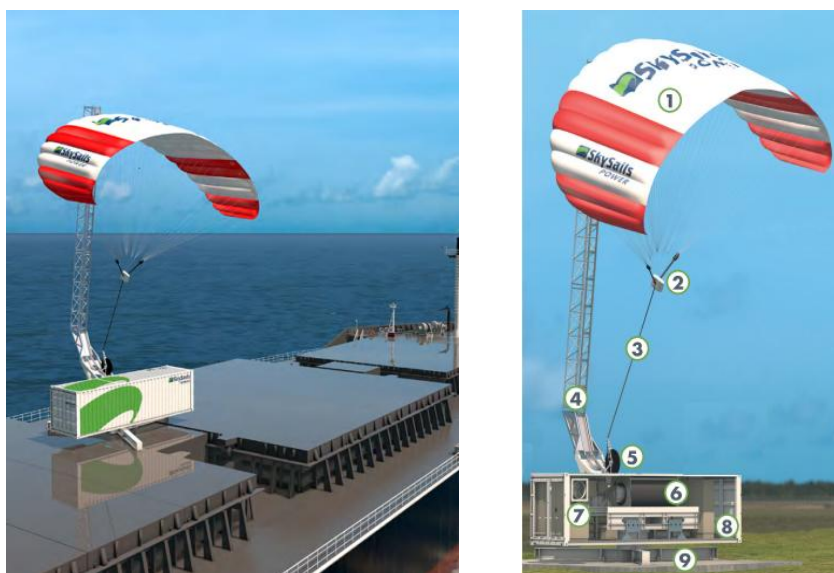


Рис. 6. Ветрогенератор: 1– кайт; 2 – блок сбора информации; 3 – трос; 4 – мачта для запуска кайта и его приземления; 5 – направляющий диск; 6 – лебедка с генератором; 7 – шкаф управления; 8 – стандартный контейнер; 9 – стойка с кольцевым креплением на фундаментной раме

Fig. 6. Wind generator: 1 – kite; 2 – block for collecting information; 3 – cable; 4 – mast for launching the kite and landing it; 5 – guide disc; 6 – a winch with a generator; 7 – control cabinet; 8 – standard container; 9 – rack with ring fastening on the base frame

Таблица 3. Технические характеристики кайта типа SKS PN14

Table 3. Technical characteristics of the kite type SKS PN14

Генерируемая мощность, кВт	80–200
Площадь кайта, м ²	90–180
Скорость ветра, м/с	3–25
Длина троса, м	800
Диаметр троса, мм	14
Размещение электростанции	30-футовый контейнер

ЛИТЕРАТУРА

- Руководство по применению положений Международной конвенции МАРПОЛ 73/78. НД № 2-030101-026. 2019. Санкт-Петербург: Российский морской регистр судоходства. 106 с.
- Руководство по сдвигу ветра на малых высотах. 2005. Doc 9817 AN/449. Изд. 1-е. Утв. генеральным секретарем Международной организации гражданской авиации. 258 с.
- MEPC.1/Circ.815. 17 June 2013. 2013. Guidance on treatment of innovative energy efficiency technologies for calculation and verification of the attained EEDI. URL: https://www.classnk.or.jp/hp/pdf/activities/statutory/eedi/mepc_1-circ_815.pdf.
- Morales Vásquez C.A. 2014. A methodology to select the electric propulsion system for Platform Supply Vessels (PSV). *Master's Dissertation*. Universidade de São Paulo. 246 p. DOI: 10.11606/D.3.2014.tde-26122014-164655.
- Moritz Diehl. 2013. Airborne Wind Energy: Basic Concepts and Physical Foundations. URL: <https://homes.esat.kuleuven.be/~highwind/wp-content/uploads/2013/08/Diehl2013a.pdf>
- Rules VI Additional Rules and Guidelines. 2013. Part 13 Energy Efficiency. Chapter 1 Guidelines for Determination of the Energy Efficiency Design Index. Germanischer Lloyd SE. Edition. URL: <https://rules.dnvgl.com>
- Turn wind into profit. Technology information. URL: <https://www.skysails.com>
- Wind-powered auxiliary generator skysails power S-CLASS. URL: <https://skysails-power.com/wpag.html>

REFERENCES

- Guide for the application of the provisions of the International Convention MARPOL 73/78. ND № 2-030101-026. 2019. St. Petersburg. Russian Maritime Register of Shipping. 106 p. (in Russian).
- Manual on Low-Level Wind Shear. 2005. Doc 9817 AN/449. Ed. 1st. Approved Secretary General of the International Civil Aviation Organization. 258 p. (in Russian).
- MEPC.1/Circ.815. 17 June 2013. 2013. Guidance on treatment of innovative energy efficiency technologies for calculation and verification of the attained EEDI. URL: https://www.classnk.or.jp/hp/pdf/activities/statutory/eedi/mepc_1-circ_815.pdf
- Morales Vásquez C.A. 2014. A methodology to select the electric propulsion system for Platform Supply Vessels (PSV). *Master's Dissertation*. Universidade de São Paulo. 246 p. DOI: 10.11606/D.3.2014.tde-26122014-164655.
- Moritz Diehl. 2013. Airborne Wind Energy: Basic Concepts and Physical Foundations. URL: <https://homes.esat.kuleuven.be/~highwind/wp-content/uploads/2013/08/Diehl2013a.pdf>
- Rules VI Additional Rules and Guidelines. 2013. Part 13 Energy Efficiency. Chapter 1 Guidelines for Determination of the Energy Efficiency Design Index. Germanischer Lloyd SE. Edition. URL: <https://rules.dnvgl.com>
- Turn wind into profit. Technology information. URL: <https://www.skysails.com>.
- Wind-powered auxiliary generator skysails power S-CLASS. URL: <https://skysails-power.com/wpag.html>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ
INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Рак Александр Николаевич – Донецкий национальный технический университет; 83000, Украина, Донецк; кандидат технических наук, доцент кафедры «Электромеханика и теоретические основы электротехники», электромеханик морских судов; Alexander.Rak@mail.ru. SPIN-код: 3020-4185.

Rak Alexander Nikolaevich – Donetsk National Technical University, 683000, Ukraine, Donetsk; Candidate of Technical Sciences, Associated Professor of Electromechanics and Theoretical Foundations of Electrical Engineering Chair, electro-technical officer of motor vessels; Alexander.Rak@mail.ru. SPIN-code: 3020-4185.

Царенко Сергей Николаевич – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологические машины и оборудование»; tzarenko@rambler.ru. SPIN-код: 4554-4579; Researcher ID: P-9864-2015; Scopus ID: 56596593600.

Tsarenko Sergey Nikolaevich – Kamchatka State Technical University; 683003, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russian Federation, Candidate of Technical Sciences, Associated Professor of Technological Machines and Equipment Chair; tzarenko@rambler.ru. SPIN-code: 4554-4579; Researcher ID: P-9864-2015; Scopus ID: 56596593600.

Костенко Андрей Викторович – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Технологические машины и оборудование»; andr13kost@list.ru. SPIN-код: 8772-3835

Kostenko Andrei Victorovich – Kamchatka State Technical University; Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003, Russian Federation, Candidate of Technical Sciences, Head of Technological Machines and Equipment Chair; andr13kost@list.ru. SPIN-code: 8772-3835.

ТЕХНОЛОГИЯ SOFTWARE DEFINED RADIO В ЗАДАЧАХ КОНТРОЛЯ РАДИОШУМОВ

Сивоконь В.П.^{1,2}, Лапшов Д.В.¹

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

² Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, п. Паратунка, ул. Мирная, 7.

Статья посвящена исследованию свойств атмосферных помех диапазона промежуточных и декаметровых волн в Западно-Беринговоморской зоне, где ранее подобные наблюдения не проводились. Поскольку радиооборудование судов для подобных измерений использовать невозможно, нами применялись устройства, использующие технологию программно-определяемых радиосистем. Измерения проводились вдоль побережья Камчатки и позволили установить характерные временные, пространственные и частотные вариации параметров атмосферных помех. Установлено, что распределения интенсивности радишумов, предлагаемые в рекомендациях Международного союза электросвязи, существенно отличаются от реальных. Анализ полученных данных показал возможность реализации неблагоприятного для радиотехнических систем декаметрового диапазона приполярных широт – резкое увеличение интенсивности радишума за счет совпадения во времени нескольких очагов грозовой активности и одновременного уменьшения поглощения в ионосфере.

Ключевые слова: атмосферные помехи, грозовая активность, программно-определяемые приемники, работоспособность радиосистем.

SOFTWARE DEFINED RADIO TECHNOLOGY IN THE TASKS OF RADIONOISE CONTROL

Sivokon V.P.^{1,2}, Lapshov D.V.¹

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

² Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Paratunka village, Mirnaya Str. 7.

The article is dedicated to study of the atmospheric noise properties in the range of intermediate and decimeter waves in the Western Bering Sea zone, where such observations were not carried out earlier. Since it is impossible to use the radio equipment of ships for such measurements, we used devices using the technology of software-defined radio systems. The measurements were carried out along the coast of Kamchatka and made it possible to establish the characteristic temporal, spatial and frequency variations in the parameters of atmospheric noise. It was found that the radio noise intensity distributions proposed due the recommendations of the International Telecommunication Union differ significantly from the real ones. The obtained data analysis showed the possibility of realizing a decimeter range of circumpolar latitudes, unfavorable for radio engineering systems – a sharp increase in the intensity of radio noise due to the coincidence in time of several thunderstorm activity foci and a simultaneous decrease in absorption in the ionosphere.

Key words: atmospheric noise, thunderstorm activity, software-defined receivers, operability of radio systems.

ВВЕДЕНИЕ

Пропускная способность радиоканала и его помехоустойчивость зависят от отношения сигнал/помеха. В полной мере это относится и к радиосистемам ГМССБ. В диапазоне промежуточных и коротких волн основными видами помех являются индустриальные и атмосферные. Ограниченные размеры рыболовецких судов при большой насыщенности их радиоэлектронным и электротехническим оборудованием приводят к существенному уровню индустриальных помех. Однако при правильной организации мероприятий по обеспечению электромагнитной совместимости эти помехи, как правило, минимизируются. В то же время атмосферные помехи обусловлены природными процессами, вызванными грозовой активностью, и являются случайными процессами, имеющими большой динамический диапазон амплитуд и частот. В связи с преимущественным переходом от аналоговых к цифровым системам связи оценка свойств атмосферных помех становится весьма актуальной. Если в аналоговых системах радиосвязи повышение уровня помех приводит к ухудшению качества канала связи, то для цифровых каналов это грозит потерей информации.

Для оценки атмосферных помех Международным консультативным комитетом по радио (МККР) были предложены две величины: эффективный коэффициент помех, представляющий энергетическую характеристику, и распределение вероятности амплитуд атмосферных помех, с помощью которых можно в большинстве случаев решить практические задачи по организации радиосвязи и радиовещания. Позднее Международный союз электросвязи опубликовал Рекомендации МСЭ-R P.372-11 [Рекомендации..., 2013], в кото-

рых приводятся карты «базовых уровней радиочастотного шума». Мы не случайно использовали формулировку, приведенную в рекомендациях, поскольку, например исследования, проведенные на севере Австралии [Giesbrecht, 2008], показали, что реальные параметры атмосферных помех в 2–3 раза больше приведенных в рекомендациях. Вместе с тем нами не выявлены публикации, в которых приводятся результаты исследования атмосферных помех в приполярных широтах. Рыболовецкие и транспортные суда, базирующиеся на Камчатке и работающие в Западно-Беринговоморской зоне, заходят в приполярные и полярные широты. По-прежнему является актуальной задача проводки судов Северным морским путем, что в целом делает актуальной разработку метода контроля атмосферных помех в северных широтах.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изучение свойств атмосферных помех проводится достаточно давно, но в основном в диапазонах низких и очень низких частот [Документы X пленарной ассамблеи, 1963; Watt, 1957; Осинин, 1973; Осинин, 1982; Осинин, Осинин, 1991; Ремизов, 1985; Калитёнков, Милкин, 2012]. Существует несколько методов измерений [Clarke, 1962; Ibukun, 1964; Ibukun, 1966; Watterson, Coon, 1969; Watterson et. al., 1970; Lemmon, Behm, 1991; Lemmon, Behm, 1993], но в конечном счете они сводятся к двум методам:

1. Узкополосный со ступенчатым изменением частоты.
2. Широкополосный.

Поскольку ГМССБ использует фиксированные частоты, целесообразно применять первый подход. Что касается методики оценки уровня шумов применительно к декаметровому диапазону длин волн,

считаем необходимым провести анализ опубликованных в 2013 году сектором радиосвязи Международного союза электросвязи рекомендаций МСЭ-R P.372-11 «Радиосум». В них содержатся сведения о базовых уровнях радиочастотного шума в диапазоне частот 0,1 Гц – 100 ГГц. В этой информации принимается во внимание шум, обусловленный грозowymi разрядами, промышленными источниками, галактическим шумом и температурой в нижних слоях атмосферы. Для оценки уровня шумов предлагается использовать коэффициент шума приемной системы, который складывается из отдельных составляющих, вносимых рядом источников шума на входе приемной системы. Рассматривать следует как внутренний, так и внешний шум. Заметим, что для диапазона промежуточных и коротких волн внутренние шумы незначительны. Следовательно, контрольной точкой для оценки коэффициента шума приемной радиосистемы является вход эквивалентной свободной от потерь приемной антенны. Понятно, что реальные антенны обладают потерями. Тогда коэффициент шума радиосистемы можно определить как

$$f = f_a + (f_c - 1) + l_c(f_t - 1) + l_c l_t(f_r - 1), \quad (1)$$

где $f_a = \frac{P_n}{k t_0 b}, \quad (2)$

$$f_c = 1 + (l_c - 1) \left(\frac{t_c}{t_0} \right), \quad (3)$$

$$f_t = 1 + (l_t - 1) \left(\frac{t_t}{t_0} \right), \quad (4)$$

P_n – допустимая мощность шума с выхода эквивалентной антенны без потерь;

k – постоянная Больцмана;

t_0 – эталонная температура (К), принятая равной 290 К;

b – ширина полосы приемной системы на уровне мощности шума (Гц);

f_c – коэффициент шума, связанный с потерями в цепи антенны;

f_t – коэффициент шума, связанный с потерями в линии передачи;

t_c – реальная температура (К) антенны;

t_t – реальная температура (К) линии передачи;

l_c – потери в цепи антенны (входная номинальная мощность/выходная номинальная мощность),

l_t – потери в линии передачи (входная номинальная мощность/выходная номинальная мощность).

Допустив, что выполняется условие $t_c = t_t = t_0$, уравнение (1) можно записать как

$$f = f_a + (f_c - 1) + l_c(f_t - 1) + l_c l_t(f_r - 1). \quad (5)$$

Подставляя в (5) выражения (3–4), получим:

$$f = f_a - 1 + l_c l_t f_r. \quad (6)$$

Из уравнения (2) допустимую мощность шума в абсолютных величинах можно определить как

$$P_n = f_a k t_0 b.$$

При переводе в дБ выражение примет вид:

$$P_n(\text{дБ}) = F_a + B(\text{дБ}) + 10 \log(k t_0). \quad (7)$$

В зависимости от типа приемной антенны обычно выбирают короткий (размеры во много раз меньше длины волны) либо полуволновый вибратор.

Изложенный в рекомендациях МСЭ-R P.372-11 подход применительно к приполярным районам, на наш взгляд, имеет существенный недостаток, заключающийся в том, что он не учитывает особенностей распространения волн декаметрового

диапазона. В рекомендациях считают, что распределение амплитуд атмосферных помех подчиняется логарифмически нормальному закону. Как правило, в качестве основания для применения такой модели распределения приводится экспоненциальная зависимость амплитуд импульсов помехи от затухания на трассе их распространения, что эквивалентно утверждению о нормальном распределении процесса, имеющего физический смысл флуктуаций затухания на трассе [Beckman, 1964]. Но флуктуации затухания с логнормальным распределением характерны для медленных замираний, которые являются лишь одним из их видов. На наш взгляд, атмосферные помехи в северных широтах нужно рассматривать как специфический интегральный шум от множества областей грозовой активности, испытавший преломление в ионосфере. В связи с этим свойства атмосферных помех в определенной мере должны соответствовать свойствам радиосигналов на протяженных трассах. Например, ранее считалось, что атмосферные помехи обладают преимущественно горизонтальной поляризацией. Проведенные нами исследования поляризационных свойств атмосферных помех [Сивоконь, 2007] показали, что, как и для радиосигналов, их поляризационные свойства определяются ориентацией относительно силовых линий магнитного поля Земли и протяженностью трассы, на которых они наблюдаются.

Для реализации наблюдений нами планировалось использовать морскую практику на одном из судов Камчатки. Таковым оказался морской сейнер-траулер СТР-420 «Путятин». Использовать радиотехнические системы судна для наблюдений нецелесообразно как по техническим, так и организационным причинам. Поскольку у нас имеется определенный опыт использования для проведения научных

исследований программно-определяемых радиосистем [Sivokon et. al., 2018; Сивоконь, 2020], было принято решение использовать их. Программно-определяемое радио (SDR – Software Defined Radio) – это радиоборудование, в котором большая часть функционала физического уровня выполняется посредством электронно-вычислительной машины с помощью специализированного программного обеспечения. Эта технология позволяет, в том числе дистанционно, устанавливать или изменять частоту, полосу частот сигнала, тип демодуляции, отключение/включение автоматической регулировки усиления (APU) и т. д.

Для проведения исследований свойств атмосферных помех были использованы следующие средства:

- ноутбук с установленным программным обеспечением HDSDR;
- приемник SDR;
- коаксиальный кабель с разъемом типа SMA для подключения антенны;
- судовая ненаправленная антенна типа «наклонный луч» длиной 10 метров.

В качестве частот наблюдения были использованы шесть аварийных частот ГМССБ в режиме радиотелефонии: 2182, 4125, 6215, 8291, 12290 и 16420 кГц. Запись на этих частотах производится восемь раз в сутки каждый день в течение рейса.

Для конфигурирования и настройки приемника SDR необходимо соответствующее программное обеспечение. Из существующих программ наиболее подходящий для проведения эксперимента функционал предоставляет программа HDSDR, важной особенностью которой является возможность настройки расписания, в соответствии с которым выполняется автоматическая запись определенных частот при настройке прочих временных и радиочастотных параметров (время записи, длительность, полоса приема, модуляция).

С использованием указанной программы на приемнике были установлены следующие параметры:

- полоса демодуляции – 20 кГц;
- режим демодуляции USB – однополосная демодуляция верхней боковой частоты;
- усиление – 0 дБ;
- АРУ – выключена;
- восемь временных «точек», в которые производилась запись шести частот: 00.00, 03.00, 06.00, 09.00, 12.00, 15.00, 18.00, 21.00 локального времени;
- длительность записи одной частоты – 1 минута;
- частота дискретизации – 48 000 Гц.

Результатом записи на одной частоте являлся аудиофайл формата wav размером около 5 Мбайт. Общий объем данных, полученных за время наблюдений с 26 марта по 6 июля 2020 года, составил около 30 Гбайт. Первоначально для обработки данных использовалась программа SpectraLab, имеющая утилиту DataLogging, что позволяет получить усредненные по времени значения мощности шумов. Для получения статистических характеристик атмосферных помех использовался пакет «Анализ данных» стандартной программы Excel.

Однако вследствие большого объема полученных данных такой подход требует значительного времени и представляет некоторые неудобства в обработке и систематизации полученной информации. Поэтому в дальнейшем использовалась программа Matlab, блок-схема процесса обработки и анализа данных в которой приведена на рисунке 1.

На рисунке 1 цифрами обозначены:

1) задание исходных данных, импорт списка имен обрабатываемых файлов Names; Index – индекс текущей размерности массивов данных и, соответственно, обрабатываемого временного блока (шесть частот во временном блоке);

2) начало цикла обработки, цикл от 1 до конечного индекса списка Names с шагом 6;

3) задание переменных индексов, булевских переменных;

4–9) цикл обработки текущего временного блока – пока переменная Flag равна «Истине»;

5) импорт файла записи формата wav (в дискретной форме в массив data);

6) вычисление усредненной по времени мощности шума для текущей частоты Power Total;

7) запись массива Power Total в общий массив частот для текущего временного блока;

10–11) цикл от 1 до 6 с шагом 1: вычисление распределения амплитуд интенсивности радишума;

12) запись обработанных данных в таблицы: Big Tab Mean – массив средних значений мощности; Big Tab PW – многомерный массив значений мощности, усредненных по времени; Big Tab Dist – массив значений распределения амплитуд мощности радишума;

13) сохранение в отдельный файл обработанных данных.

Для привязки измерений к положению судна использовалась судовая картографическая система.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

С практической точки зрения важным для успешного функционирования системы ГМССБ, как и любой другой системы радиосвязи декаметрового диапазона, является уровень помех. Для периода апрель – июнь 2020 года и района Западно-Беринговоморской зоны результаты обработки полученных данных представлены в таблице.

Из анализа приведенных в таблице данных следует, что наименее подвержена

помехам частота 8291 кГц, следовательно, она обеспечивает оптимальный параметр «сигнал/шум». Судно, на котором проводились исследования, перемещалось вдоль побережья Камчатки, поэтому есть воз-

можность отследить изменение интенсивности помех в зависимости от его местоположения. Если построить зависимость интенсивности помех от широты, то она выглядит как показано на рисунке 2.

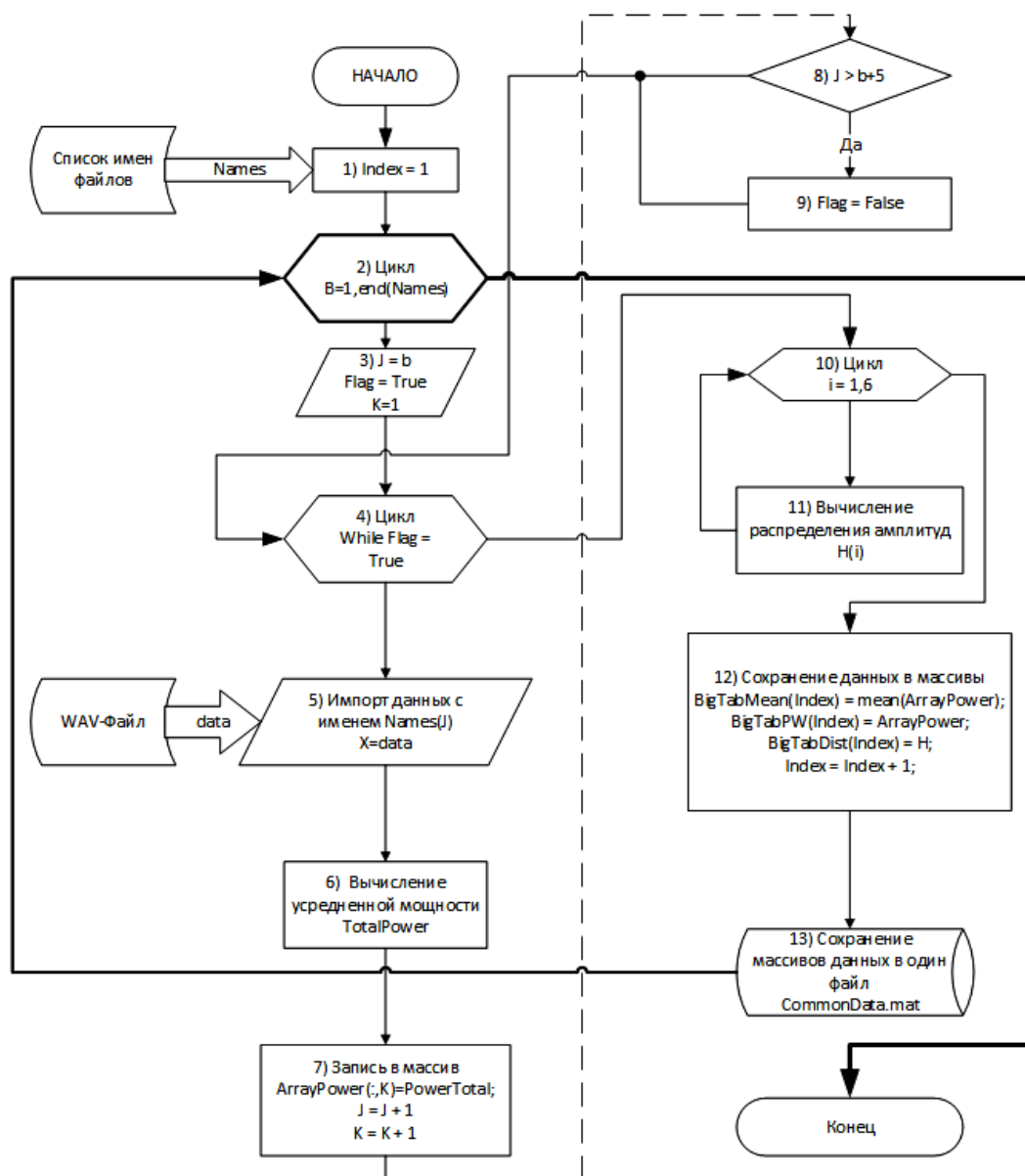


Рис. 1. Блок-схема алгоритма обработки записей атмосферных помех

Fig. 1. Block diagram of the algorithm for processing atmospheric noise records

Таблица. Средняя интенсивность помех на разных частотах

Table. Average intensity of noise at different frequencies

Частота (кГц)	2182	4125	6215	8291	12 290	16 420
Средняя интенсивность (дБ)	-138	-137	-135	-144	-138	-140

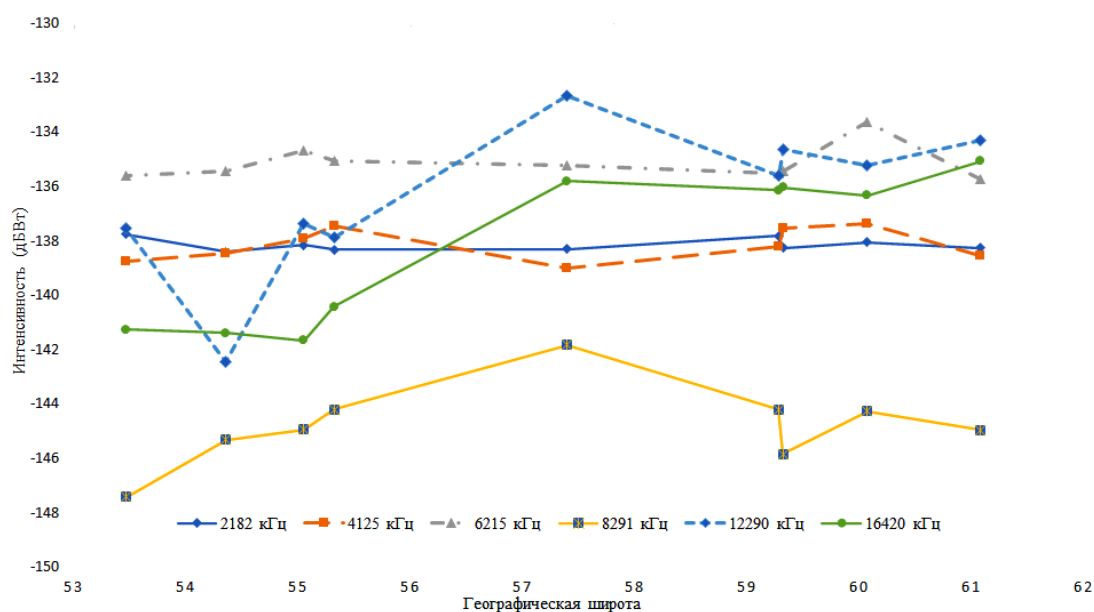


Рис. 2. Широтное распределение интенсивности помех

Fig. 2. Latitudinal distribution of interference intensity

Из рисунка 2 видно, что значительно меньше интенсивность помех на частоте 8291 кГц, при этом уровень помех на всех частотах зависит от широты наблюдения. Частотно-широтные вариации интенсивности атмосферных помех вероятнее всего объясняются условиями их распространения. Для Камчатки в целом и для Западно-Беринговоморской зоны в частности не характерны грозы, являющиеся основным источником атмосферных помех. С учетом этого обстоятельства можно считать, что атмосферные помехи в этих районах формируются за счет атмосферных процессов в областях, находящихся южнее и поэтому их свойства будут определяться не только грозовой активностью в этих областях, но и особенностями распространения на большие расстояния. Из этого следует, что принятые в МСЭ-R P.372-11 законы распределения амплитуд могут существенно отличаться от реальных. Заметим, что распределение вероятности амплитуд имеет важное значение в тех случаях, когда требуется знание вероятности превышения помехой определенного уровня (например,

в случае радиосвязи с помощью бинарных амплитудных посылок).

В процессе обработки полученных данных нами установлено, что законы распределения амплитуд могут иметь аномальный характер, т. е. иметь бимодальный, а в ряде случаев и полимодальный вид. Для обработки полученной информации в полном объеме требуется значительное время, и мы планируем в следующих публикациях их показать. Здесь же хотелось бы представить интересное явление, которое, на наш взгляд, хорошо иллюстрирует особенности атмосферных помех приполярных широт.

Во время проведения наблюдений 17 мая 2010 года зафиксировано резкое увеличение уровня помех. Для сравнения приводим распределение амплитуд за 16 мая (среднее значение интенсивности помех) и 17 мая. Поскольку на одном графике привести распределение амплитуд для всех частот наблюдения затруднительно, мы условно разбили частоты на два диапазона: низкие – 2, 4, 6 МГц (рис. 3) и высокие – 8, 12, 16 МГц (рис. 4).

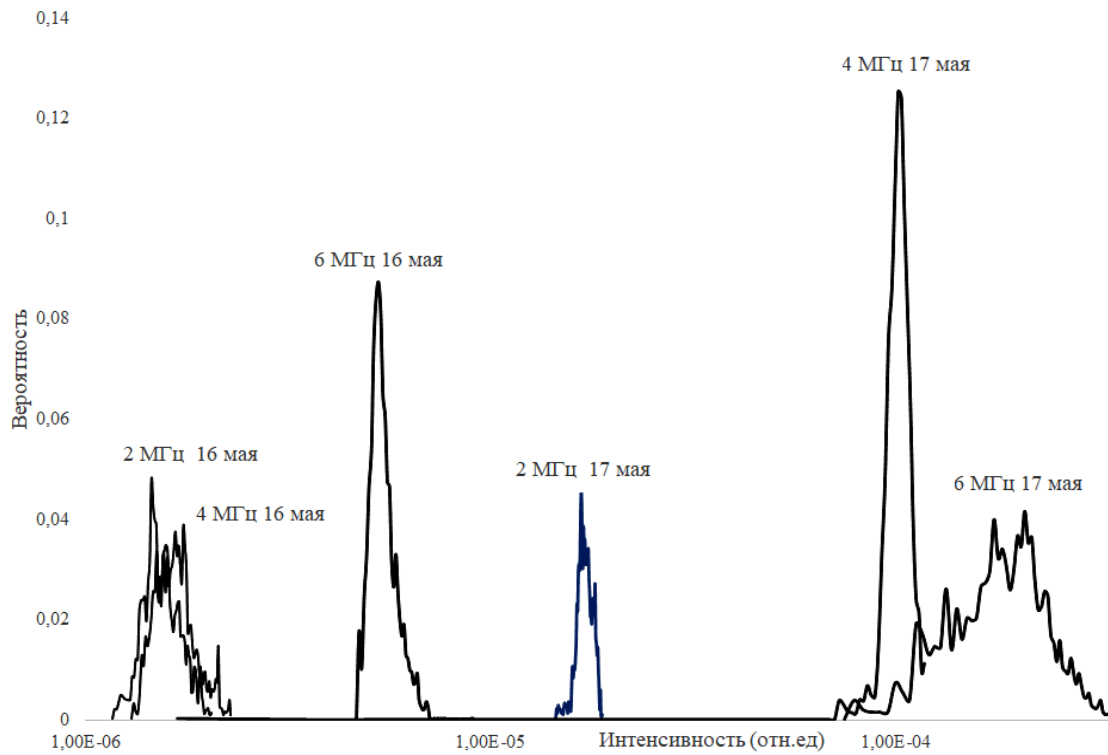


Рис. 3. Распределение амплитуд в событиях 16 и 17 мая 2020 года. Частоты 2, 4, 6 МГц

Fig. 3. Distribution of amplitudes in May 16 and 17, 2020. 2.4.6 MHz frequencies

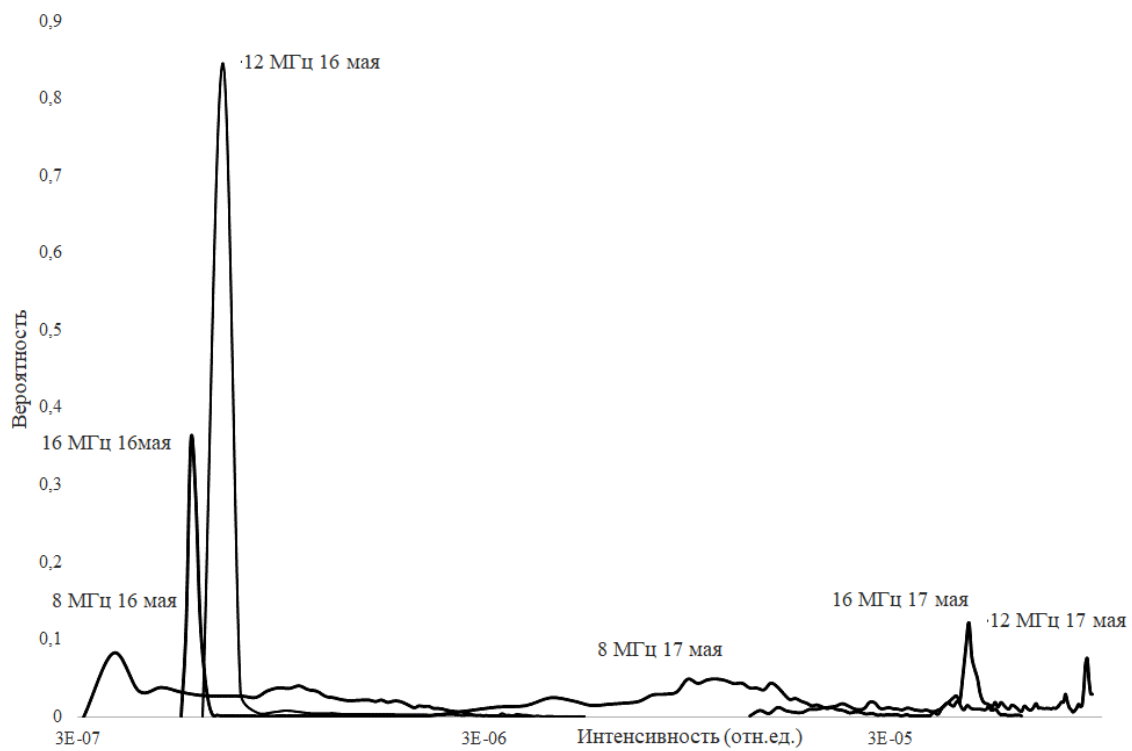


Рис.4. Распределение амплитуд в событиях 16 и 17 мая 2020 года. Частоты 8,12,16 МГц

Fig. 4. Distribution of amplitudes in May 16 and 17, 2020. 8.12.16 MHz frequencies

Из рисунков 3 и 4 видно, что интенсивность помех как минимум на порядок выше 17 мая, нежели в предшествующий день. Распределение амплитуд не только нормальное, но и аномальное, например, 17 мая на частоте 6 МГц как минимум имеет бимодальный характер (рис. 3).

Можно предположить, что увеличение интенсивности помех связано с увеличением грозовой активности в этот день, а изменение характера распределения амплитуд связано с наличием нескольких центров такой активности. Для проверки этого предположения нами использованы данные World Wide Lightning Location Network (WWLLN). Оказалось, что 17 мая зафиксировано три пункта с повышенной грозовой активностью, показанных на рисунке 5. Такое сочетание в другие дни наблюдений не установлено. Более того, из доступных ионосферных данных на рисунке 6 станция вертикального зондирования Eareckson, находящаяся вблизи трассы источника 3, показывает уменьшение поглощения 17 мая по сравнению с 16 мая. На ионограмме 16 мая четко прослеживается наличие слоя E, который является в данном случае поглощающим, поскольку мода

распространения для частот 2, 4, 6, 8 МГц – 3F2 и 2F2 – для частот 12, 16 МГц. Таким образом, резкий рост интенсивности помех, вероятнее всего, объясняется увеличением грозовой активности, сопровождающейся улучшением прохождения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показывают:

1. Возможность использования технологии SDR для оценки параметров атмосферных помех в приполярных областях.

2. Наличие в приполярных областях выбросов амплитуды атмосферных помех, обусловленных вариациями грозовой активности и гелиогеофизической обстановки.

3. Присутствие аномальных распределений амплитуд атмосферных помех в высоких широтах в сочетании с выбросами амплитуд (п. 2) может существенно уменьшить эффективность функционирования системы ГМССБ в районе А4.

4. Необходимость проведения наблюдений в более высоких широтах для обеспечения надежного функционирования системы ГМССБ на трассе Северного морского пути.



Рис. 5. Очаги грозовой активности 17 мая 2020 года

Fig. 5. Centers of thunderstorm activity on May 17, 2020

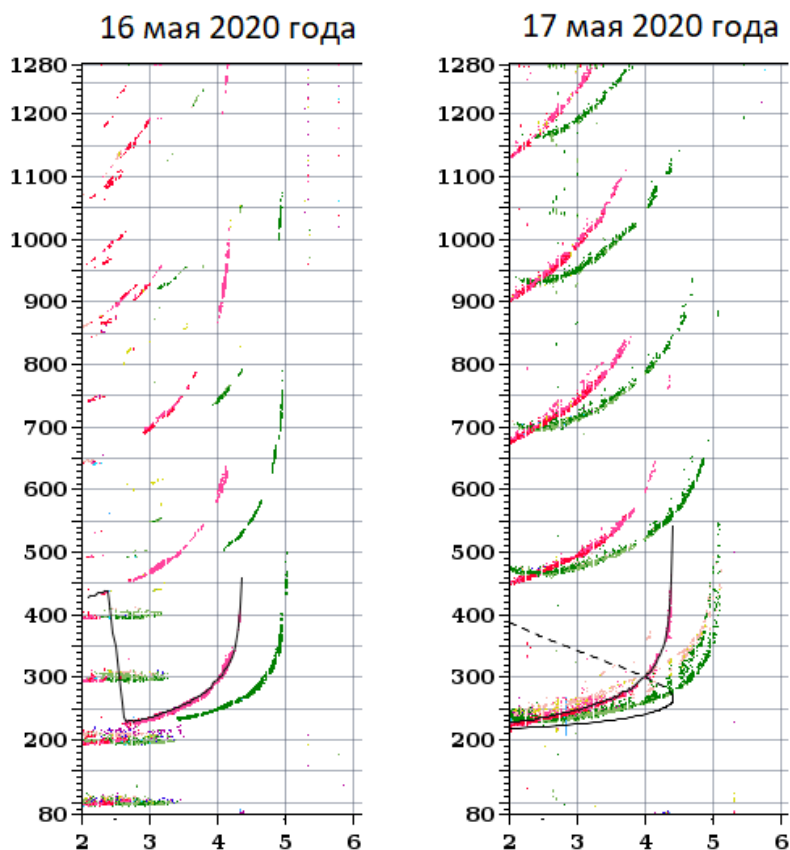


Рис. 6. Сопоставление фрагментов ионограмм 16 и 17 мая 2021 года

Fig 6. Comparison of fragments of ionograms on May 16 and 17, 2021

ЛИТЕРАТУРА

Документы X пленарной ассамблеи. Женева, 1963. Отчет 322. Распределение по земному шару атмосферных помех и их характеристики. Москва: Связь. 80 с.

Калитёнков Н.В., Милкин В.И. 2012. Особенности двойного назначения использования диапазона электромагнитных волн при связи с погруженными подводными объектами. *Сборник трудов региональной XVIII конференции по распространению радиоволн*. Санкт-Петербург. С. 24–27.

Осинин В.Ф. 1973. Об определении среднеквадратичной и средней напряженности поля атмосферных радиопомех. Доклад АН СССР. Т. 210. № 5. С. 1078–1080.

Осинин В.Ф., Осинин И.В. 1991. Представление интегральных вероятностных распределений ОНЧ-радиопомех

обобщающей эмпирической моделью. *Тезисы трудов IX Всесоюзной конференции по ОНЧ-излучениям*. Москва: ИЗМИРАН. С. 37.

Осинин В.Ф. 1982. Радиопомехи естественных источников на Востоке СССР. Москва: Наука. 161 с.

Рекомендации международного союза электросвязи МСЭ-R P. 372–11 «Радиопомехи». 2013. URL: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.372-11-201309-S!!PDF-R.pdf.

Ремизов Л.Т. 1985. Естественные радиопомехи. Москва: Наука. 200 с.

Сивоконь В.П. 2007. Поляризация коротких волн в ионосферном канале связи. *Электросвязь*. № 7. С. 35–39.

Сивоконь В.П. 2020. Новый метод исследования магнитоориентированных неоднородностей ионосферы с использованием программно-определяемых

- радиосистем. Геомагнетизм и аэронавигация. Т. 60. № 2. С. 242–249.
- Beckman P. 1964. Amplitude-probability distribution of atmospheric radio noise. *Radio science*. V. 68D. № 6. P. 192–203.
- Clarke C. 1962. Atmospheric radio-noise studies based on amplitude-probability measurements at Slough, England during the International Astrophysical Year. *Proceedings of the IEE*. № 109 (B). P. 393–404.
- Giesbrecht J.E. 2008. Aspects of HF Communications: HF Noise and Signal Features. Thesis for PhD. Electrical and Electronic Engineering the University of Adelaide.
- Ibukun O. 1964. Measurements of atmospheric noise levels. *Radio and Electronics Engineering*. № 28. P. 405–415.
- Ibukun O. 1966. Structural aspects of atmospheric radio noise in the tropics. *Proceedings of the IEEE*. № 54(3). P. 361–367.
- Lemmon J.J., Behm C.J. 1991. Wideband HF noise/interference modeling Part I: First-order statistics. Technical Report 91–277. U.S. Department of Commerce, National Telecommunications and Information Administration (NTIA).
- Lemmon J.J., Behm C.J. 1993. Wideband HF noise/interference modeling Part II: Higher-order statistics. Technical Report 93–293. U.S. Department of Commerce, National Telecommunications and Information Administration (NTIA).
- Sivokon V.P., Masharova A.E., Matanskaya E.V. 2018. Ionosphere modification and software-defined radio technology. *Proceedings 24th International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics*; 108339K.
- Watt A.D. 1957a. Measured statistical characteristics of VLF atmospheric noise. *Proc. IRE*. V. 45. P. 55–62.
- Watt A.D. 1957b. Characteristics of atmospheric noise from 1 to 100 kc. *Proc. IRE*. V. 45. P. 787–793.
- Watterson C.C., Coon R.M. 1969. Recommended specifications for ionospheric noise simulators. Technical Report ERL-127-ITS-89, Environmental Science Services Administration (ESSA).
- Watterson C.C., Juroshek, J.R., Bensema, W.D. 1970. Experimental confirmation of an HF channel model. *IEEE Transactions on Communication Technology COM*. № 18. WWLLN. URL: <http://wwlln.net/storms/>.

REFERENCES

- X Plenary Assembly documents. Geneva, 1963: Report 322. Distribution of atmospheric disturbances over the globe and their characteristics. Moscow: Communication. 80 p. (in Russian).
- Kalitenkov N.V., Milkin V.I. 2012. Features of dual-use use of the electromagnetic wave range when communicating with submerged underwater objects. *Proceedings of the Regional XVIII Conference on Radio Wave Propagation*. St. Petersburg. P. 24–27 (in Russian).
- Osinin V.F. 1973. On the determination of the mean square and average field strength of atmospheric radio interference. *Report of the USSR Academy of Sciences*. T. 210. № 5. P. 1078–1080 (in Russian).
- Osinin V.F., Osinin I.V. 1991. Representation of the integral probabilistic distributions of VLF radio noise by a generalized empirical model. *Proceedings of the IX All-Union Conference on VLF Radiation*. Moscow: IZMIRAN. P. 37 (in Russian).
- Osinin V.F. 1982. Radio noise from natural sources in the East of the USSR. Moscow: Science. 161 p. (in Russian).
- International Telecommunication Union Recommendations ITU-R P. 372–11 “Radio noise”. 2013. URL: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.372-11-201309-S!!PDF-R.pdf. (in Russian).

- Remizov L.T. 1985. Natural radio interference. Moscow: Science. 200 p. (in Russian).
- Sivokon V.P. 2007. Polarization of short waves in the ionospheric communication channel. *Electrosvaz' (Electro-communication)*. № 7. P. 35–39 (in Russian).
- Sivokon V.P. 2020. A new method for studying magnetically oriented ionospheric irregularities using software-defined radio systems. *Geomagnetizm i aeronomiya (Geomagnetism and Aeronomy)*. Т. 60. № 2. P. 242–249 (in Russian).
- Beckman P. 1964. Amplitude-probability distribution of atmospheric radio noise. *Radio science*. V. 68D. № 6. P. 192–203.
- Clarke C. 1962. Atmospheric radio-noise studies based on amplitude-probability measurements at Slough, England during the International Astrophysical Year. *Proceedings of the IEE*. № 109(B). P. 393–404.
- Giesbrecht J.E. 2008. Aspects of HF Communications: HF Noise and Signal Features. Thesis for PhD. Electrical and Electronic Engineering the University of Adelaide.
- Ibukun O. 1964. Measurements of atmospheric noise levels. *Radio and Electronics Engineering*. № 28. P. 405–415.
- Ibukun O. 1966. Structural aspects of atmospheric radio noise in the tropics. *Proceedings of the IEEE*. № 54(3). P. 361–367.
- Lemmon J.J., Behm C.J. 1991. Wideband HF noise/interference modeling Part I: First-order statistics. Technical Report 91-277. U.S. Department of Commerce, National Telecommunications and Information Administration (NTIA).
- Lemmon J.J., Behm C.J. 1993. Wideband HF noise/interference modeling Part II: Higher-order statistics. Technical Report 93-293. U.S. Department of Commerce, National Telecommunications and Information Administration (NTIA).
- Sivokon V.P., Masharova A.E., Matanskaya E.V. 2018. Ionosphere modification and software-defined radio technology. Proceedings 24th International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics; 108339K.
- Watt A.D. 1957a. Measured statistical characteristics of VLF atmospheric noise. *Proc. IRE*. V. 45. P. 55–62.
- Watt A.D. 1957b. Characteristics of atmospheric noise from 1 to 100 kc. *Proc. IRE*. V. 45. P. 787–793.
- Watterson C.C., Coon R.M. 1969. Recommended specifications for ionospheric noise simulators. Technical Report ERL-127-ITS-89, Environmental Science Services Administration (ESSA).
- Watterson C.C., Juroshek J.R., Bensema W.D. 1970. Experimental confirmation of an HF channel model. *IEEE Transactions on Communication Technology COM*. № 18. WWLLN. URL: <http://wwlln.net/storms/>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Сивоконь Владимир Павлович – Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН; 684034, Россия, Камчатский край, Паратунка; Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; доктор технических наук; доцент; профессор кафедры «Энергетические установки и электрооборудование судов»; vsivokon@mail.ru. SPIN-код: 8755-5892; Author ID: 243393; Scopus ID: 57194558775.

Sivokon Vladimir Pavlovich – Institute of Cosmophysical Researches and Radio Wave Propagation; 684034, Russia, Kamchatka region, Paratunka; Kamchatka State Technical University; Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia, 683003; Doctor of Technical Sciences; Docent; Professor of Power Plants and Electrical Equipment of Ships Chair; vsivokon@mail.ru. SPIN-code: 8755-5892; Author ID: 243393; Scopus ID: 57194558775.

Лапшов Денис Вадимович – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский, курсант; xdan-faros@yandex.ru

Lapshov Denis Vadimovich – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Student, xdan-faros@yandex.ru.

**ВЛИЯНИЕ МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ
НА КАЧЕСТВО СЫРОВАЯЛЕННЫХ КОЛБАСОК ИЗ СЕВЕРНОЙ ПУТАССУ:
ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ**

Глухарев А.Ю., Демид А.В., Чурилина А.С., Барабашина С.И., Волченко В.И.

Мурманский государственный технический университет, г. Мурманск, ул. Спортивная, 13.

Исследование сосредоточено на оценке эффективности использования штаммов молочнокислых бактерий (МКБ) – двух *Lactobacillus* и одного *Streptococcus* – в качестве потенциальных стартовых культур при производстве сыровяленых колбасок из мяса северной путассу (*Micromesistius poutassou*). О биохимической активности штаммов МКБ судили по изменению pH, общей кислотности, содержанию небелкового и аминного азота. Установлено, что при моделировании процесса производства рыбных сыровяленых колбасок с использованием *L. casei* и *Str. thermophilus* не удалось достичь желаемого эффекта, а применение *L. plantarum* обеспечивает снижение pH, увеличение общей кислотности, улучшение органолептических свойств готового продукта. Указано, что наилучший микробиологический рост в экспериментах продемонстрировал штамм *L. plantarum*. Необходима дальнейшая работа по оптимизации условий для развития штамма *L. plantarum*, выбранного после первого этапа исследования, чтобы улучшить его полезные функции при производстве рыбных сыровяленых колбасных изделий.*

Ключевые слова: молочнокислые бактерии, северная путассу, сыровяленые колбаски, *Lactobacillus*, *Streptococcus thermophilus*.

**EFFECT OF LACTIC ACID BACTERIA ON DRIED SAUSAGES QUALITY MADE
FROM BLUE WHITING: PREMILINARY STUDY**

Glukharev A.Yu, Demid A.V., Churilina A.S., Barabashina S.I., Volchenko V.I.

Murmansk State Technical University, Murmansk, Sportivnaya Str. 13.

The estimation of effectiveness of using lactic acid bacteria (LAB) strains – two *Lactobacillus* and one *Streptococcus* – as potential starter cultures in the production of dried sausages from blue whiting (*Micromesistius poutassou*) was given in the work. The biochemical activity of the LAB strains was monitored by changes in pH, total acidity and the content of non-protein and amine nitrogen. It was found that when modeling the production process of dried fish sausages using *L. casei* and *Str. thermophilus*, it was not possible to achieve the desired effect, but the use of *L. plantarum* provides a decrease in pH, an increase in total acidity and an improvement in the organoleptic properties of the finished product. It is shown that the best microbiological growth in experiments was demonstrated by the strain of *L. plantarum*. Further work is needed to optimize the conditions for the development of the *L. plantarum* strain, selected after the first stage of research, in order to improve its useful functions in the production of dried fish sausages.

Key words: lactic acid bacteria, blue whiting, dried sausages, *Lactobacillus*, *Streptococcus thermophilus*.

* Работа выполнена при поддержке РФФ в рамках научного проекта № 16-16-00076 (This work was supported by the Russian Science Foundation (RSF) (project No. 16-16-00076)).

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время совершенствование технологии рыбных продуктов связано с разработкой и внедрением биотехнологических методов обработки сырья, в особенности основанных на применении микроорганизмов, позволяющих сохранить ценную мышечную массу рыбы, улучшить ее органолептические свойства, повысить питательную ценность и/или усвояемость. В качестве микроорганизмов, обладающих рядом полезных технологических и функциональных свойств, обычно используют различные штаммы молочнокислых бактерий (МКБ) [Françoise, 2010; Журавлева и др., 2014; Semjonovs et al., 2015; Никифорова и др., 2021].

МКБ могут действовать как пробиотики – функциональные пищевые ингредиенты, оказывающие нормализующее воздействие на состав и биологическую активность микрофлоры пищеварительного тракта [Charalampourous, Rastall, 2009]. Традиционно пробиотики используют в продуктах, вырабатываемых из молока (кисломолочные продукты). Тем не менее сейчас наблюдается повышение потребительского спроса на немолочные продукты с пробиотиками (фруктовые и овощные соки, мясные и рыбные продукты и др.). Такие продукты могут иметь особое преимущество на рынке в случаях непереносимости лактозы, молочной аллергии и др. [Rivera-Espinoza, Gallardo-Navarro, 2010; Ranadheera et al., 2017].

В этой связи целенаправленное применение МКБ для создания новых рыбных продуктов привлекает все больший интерес исследователей и производителей [Ghanbari et al., 2013]. Однако до сих пор выбор и применение определенных штаммов МКБ в рыбных продуктах является весьма ограниченным, имеется мало сведений об их использовании в этих продуктах, что глав-

ным образом связано с технологией производства, специфичностью данного вида сырья и особыми питательными потребностями микроорганизмов [Квасников, Нестеренко, 1975; Charalampourous..., 2009].

Сыровяленые (мясные) колбасные изделия являются одним из самых употребляемых продовольственных продуктов среди колбасных изделий. Уникальная технология изготовления позволяет использовать МКБ при производстве и сохранять их в готовом продукте. Однако сыровяленые колбасные изделия – это деликатесный продукт, который не рекомендовано употреблять часто из-за высокой калорийности и жирности [Toldrá et al., 2007]. Таким образом, представляет особый интерес вовлечение в производство нетрадиционных видов сырья, использование которых позволит совершенствовать технологию и создать уникальный продукт, способный заинтересовать самых изощренных гурманов. В качестве нетрадиционного сырья может использоваться мясо рыбы, которое по пищевой ценности не уступает мясу теплокровных животных, а во многих отношениях даже превосходит его [Сарбатова, Шебела, 2015].

Северная путассу (*Micromesistius poutassou*) относится к недоиспользуемым видам рыб, она широко распространена и промышленно вылавливается в Северо-Восточной Атлантике [Трояновский, 1997]. Ассортимент продуктов из путассу недостаточно разнообразен, в основном он представлен замороженной и вяленой продукцией. Относительно большие запасы, ограниченное применение и невысокая стоимость позволяют использовать путассу в качестве перспективного сырья для разработки продуктов, содержащих МКБ.

В данном исследовании предлагается использовать *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Streptococcus thermophilus*.

Выбор данных МКБ обуславливается их использованием в качестве стартовых культур при производстве мясных продуктов [Квасников, Нестеренко, 1975; Trzaskowska et al., 2014], что предполагает возможность их применения в технологии рыбных продуктов.

Таким образом, цель данного исследования заключалась в оценке эффективности использования штаммов МКБ – *Str. thermophilus*, *L. plantarum* и *L. casei* – при производстве рыбных сыровяленых колбасок из мяса северной путассу. При этом решены следующие задачи: разработан рыбный продукт с добавленной стоимостью; изучено влияние штаммов МКБ на микробиологические, биохимические, физические и органолептические показатели образцов колбасок; выбран штамм МКБ, улучшающий органолептические характеристики образцов колбасок.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Предметами исследования являлись: неразделанная мороженая северная путассу (*Micromesistius poutassou*), отвечающая требованиям ТУ 10.20.10-210-00472093-2017, хранившаяся при температуре не выше минус 18°C в течение месяца; лиофилизированные образцы микроорганизмов (*Lactobacillus plantarum* Lp39, *Lactobacillus casei* subsp. *casei* 7 и *Streptococcus thermophilus* BC 113), полученные из коллекции фонда Национального биоресурсного центра – Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов НИЦ «Курчатовский институт» (ГосНИИ генетика) [Всероссийская коллекция...]; образцы сыровяленых колбасок из мяса северной путассу, полученные с применением штаммов МКБ.

Рецептурный состав колбасного фарша для приготовления образцов рыбных сыровяленых колбасок приведен в таблице 1.

Таблица 1. Рецептурный состав колбасного фарша для приготовления рыбных сыровяленых колбасок

Table 1. The composition of minced sausage for the preparation of dried fish sausages

Основное сырье (несоленое), кг на 100 кг	
Фарш из северной путассу	90,0
Масло подсолнечное рафинированное дезодорированное	10,0
Пряности и материалы, г на 100 кг несоленого сырья	
NaCl	2 000,0
Сахароза	1 500,0
Смесь пряностей (белый перец молотый : черный перец молотый; 1 : 1)	200,0
Гуаровая камедь (E412)	300,0
Витамин С	100,0
Стартовая культура	1 000,0 см ³

Образцы колбасок готовили по традиционной технологии [Винникова, 2006]. Мороженую северную путассу размораживали, промывали и разделывали на филе, которое затем измельчали с помощью мясорубки. В полученный фарш добавляли NaCl, сахарозу, гуаровую камедь и перемешивали в течение 1–2 мин. Аналогичным образом добавляли подсолнечное масло, смесь пряностей и витамин С и перемешивали в течение 1–2 мин. В конце процесса инокулировали в колбасный фарш бактериальную стартовую культуру (до конечного уровня 6 log КОЕ/г), содержащую один из используемых штаммов (1 – *Str. thermophilus*, 2 – *L. plantarum*, 3 – *L. casei*), и перемешивали в течение 5 мин. Контрольный образец был приготовлен без использования стартовой культуры. Полученный колбасный фарш помещали в натуральную оболочку (свиная черева) и высушивали в универсальной коптильно-сушильной установке при температуре 23°C и скорости воздуха 0,5 м/с в течение 5 суток. Образцы колбасок отбирали для анализа каждые 24 ч. В ходе высушивания оценивали изменения микробиологических,

биохимических и физических свойств образцов колбасок. В конце высушивания проводили органолептическую оценку образцов.

Отбор проб для исследований осуществляли в соответствии с ГОСТ 31339-2006.

Содержание влаги, белка, жира и золы определяли по ГОСТ 7636-85. Массовую долю воды определяли методом высушивания при 105°C, белка – методом Кьельдаля, жира – методом Сокслета, золы – методом сжигания при 550°C. Массовую долю небелкового (НБА) и аминного азота (АА) определяли методами осаждения и формольного титрования [Волченко и др., 2020].

Активную кислотность (рН) измеряли в водной вытяжке потенциметрическим методом на рН-метре-иономере «ЭКСПЕРТ-001» по ГОСТ 28972-91. Общую (титруемую) кислотность – по ГОСТ 27082-2014.

Подготовку проб для определения микробиологических показателей проводили по ГОСТ 31904-2012. Количественный учет МКБ проводили по ГОСТ Р 56139–2014.

Структурно-механические показатели (твердость продукта) определяли пенетрометрическим методом с помощью прочностномера «Food Checker», снабженного металлическим сферическим индентором с диаметром 8 мм [Куранова, 2011]. Глубина погружения индентора в исследуемый образец составляла 10 мм.

Органолептические показатели колбасок определяли по ГОСТ 7631-2008. Уровень качества готовых колбасок определяли по пятибалльной шкале, специально разработанной для этого вида продукта, с учетом коэффициентов значимости.

Обработка результатов балльной шкалы заключается в расчете среднего балла и среднего балла с учетом коэффициента значимости по каждому показателю [Волченко и др., 2020]; расчет уровня качества q , %, проведен по формуле:

$$q = \frac{\sum_{i=1}^n (B_i - B_{\min}) \cdot K_{\text{зн. } i} \cdot 100}{(B_{\max} - B_{\min}) \cdot \sum_{i=1}^n K_{\text{зн. } i}},$$

где B_i – средний балл по i -му показателю; B_{\min} и B_{\max} – соответственно минимально и максимально возможные баллы по одному показателю; $K_{\text{зн. } i}$ – коэффициент значимости для i -го показателя.

Экспериментальная часть работы выполнена на базе научно-исследовательской лаборатории кафедры технологий пищевых производств (ТПП) ФГАОУ ВО «Мурманский государственный технический университет» (МГТУ). Изготовление опытных образцов колбасок проводили в учебно-экспериментальном цехе кафедры ТПП МГТУ. Микробиологические исследования проводили в микробиологической лаборатории Центра исследования сырья и продукции кафедры ТПП МГТУ.

Все эксперименты проводились в трехкратной повторности. Результаты выражались в виде среднего значения и стандартного отклонения. Статистический анализ проводился с использованием пакета программ Microsoft Office Excel 2007. Уровень значимости был установлен на уровне $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

О биохимической активности штаммов МКБ в процессе сушки образцов колбасок судили по изменению количества жизнеспособных клеток (рис. 1), рН (рис. 2, а) и общей кислотности (рис. 2, б), содержанию НБА и АА (табл. 2).

Микробиологические исследования

На рисунке 1 показано, что наилучший микробиологический рост во время всего периода сушки продемонстрировал *L. plantarum*. Количество клеток *Str. thermo-*

philus постепенно уменьшалось и достигло минимального значения 4,5 log КОЕ/г на третьи сутки, а затем произошла полная гибель клеток. *L. casei* не продемонстрировал значительного роста во время высушивания образцов. Таким образом, максимальное количество клеток *Str. thermophilus* в образцах составило 5,5 log КОЕ/г на нулевые сутки, *L. plantarum* – 7,9 log КОЕ/г – на пятые сутки, *L. casei* – 6,3 log КОЕ/г – на пятые сутки. Необходимо отметить, что в контрольном образце (данные не представлены на рис. 1) без внесения стартовых культур рост МКБ, относящихся к естественной микробиоте рыб [Ringø, Gatesouper, 1998], отсутствовал в течение пяти суток.

Рост клеток МКБ обычно связан с содержанием в среде необходимых питательных веществ и углеводов, являющихся источником энергии. Поэтому более активный рост *L. plantarum* по сравнению с *L. casei* и *Str. thermophilus*, вероятно, связан с высокой способностью данного вида бактерий усваивать сахарозу. Кроме того, *L. plantarum* является характерным представителем полезной микрофлоры мясных сырокопченых и сыровяленых продуктов и колбас, играет важную роль при приготовлении традиционного филиппинского

рыбного продукта – Burong Dalag [Квасников, Нестеренко, 1975]. В том числе зарубежными исследователями было показано наличие *L. plantarum* в сырой рыбе [Lindgren, Dobrogosz, 1990; Speranza et al., 2017]. За счет этих особенностей *L. plantarum* показывает хороший рост в рыбном колбасном фарше при сушке.

Результаты химического анализа

Значения pH образцов, наблюдаемые в течение пяти суток сушки, представлены на рисунке 2, а. В начале процесса сушки во всех образцах установлено небольшое повышение pH. Вероятно, это происходит из-за образования продуктов гидролиза рыбных белков, возникающих при воздействии температуры и ферментных систем микроорганизмов на колбасный фарш. Снижение pH образцов с *L. plantarum* и *L. casei* наблюдается после трех суток сушки. Так, значения pH образцов снизились с третьих по пятые сутки на 0,2 ед. для *L. plantarum*, и на 0,1 ед. для *L. casei*. Образцы с *Str. thermophilus* и без использования стартовых культур (контроль) не продемонстрировали падение pH за весь период сушки.

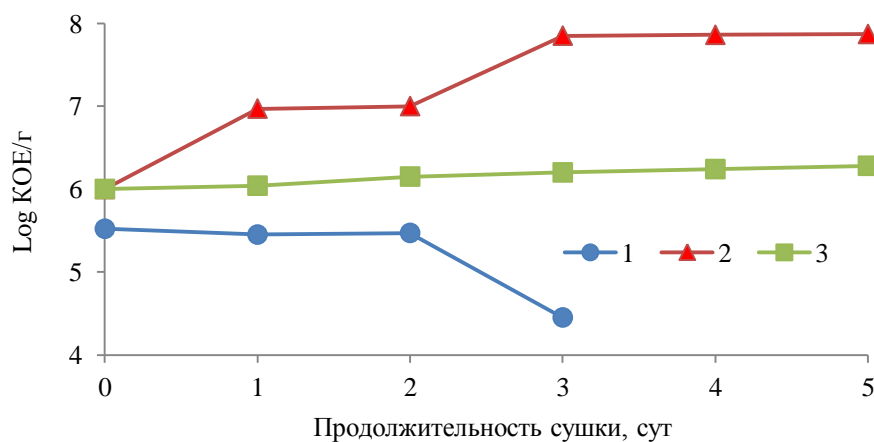


Рис. 1. Изменение количества клеток МКБ (1 – *Str. thermophilus*, 2 – *L. plantarum*, 3 – *L. casei*) в образцах рыбных колбасок в процессе сушки

Fig. 1. Change in the quantity of viable cells LAB (1 – *Str. thermophilus*, 2 – *L. plantarum*, 3 – *L. casei*) in fish sausages samples during drying

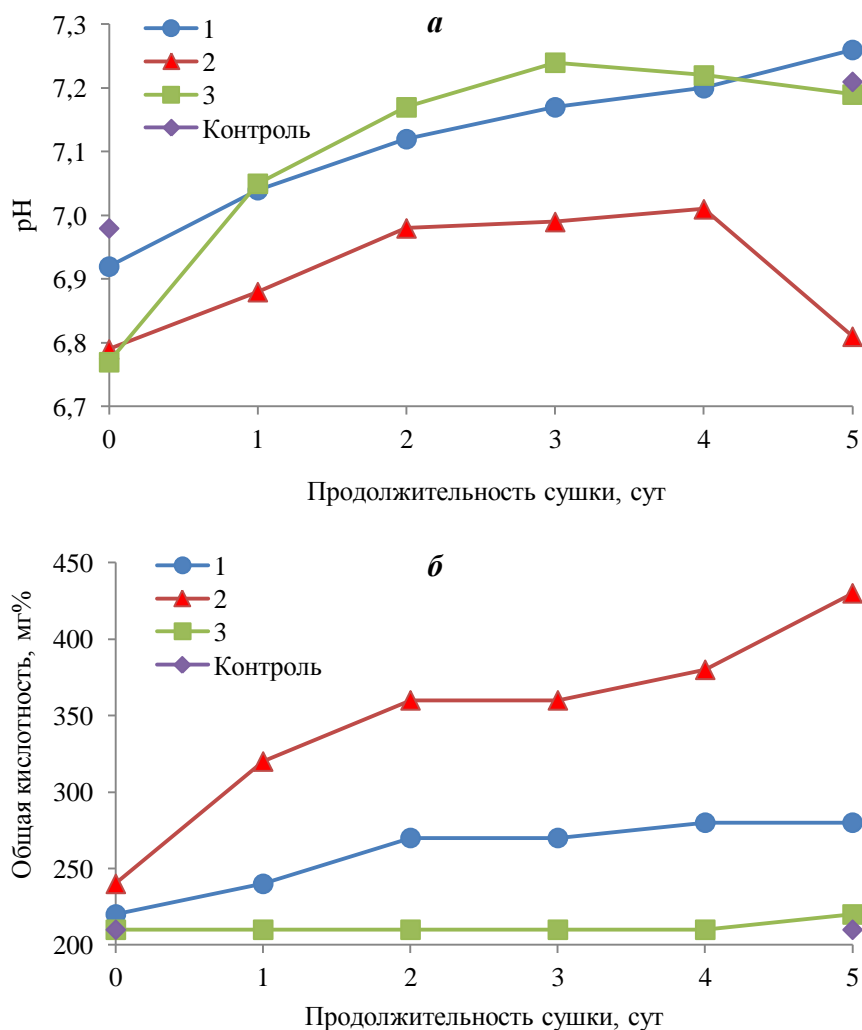


Рис. 2. Изменение pH (а) и общей кислотности (б) образцов рыбных колбасок (1 – *Str. thermophilus*, 2 – *L. plantarum*, 3 – *L. casei*) в процессе сушки

Fig. 2. Change in pH (a) and total acidity (b) of fish sausages samples (1 – *Str. thermophilus*, 2 – *L. plantarum*, 3 – *L. casei*) during drying

Таблица 2. Изменение химического состава образцов рыбных колбасок в процессе сушки

Table 2. Changes in the chemical composition of fish sausage samples during drying

Продолжительность сушки, сутки	Образец			
	1	2	3	4
	<i>Str. thermophilus</i>	<i>L. plantarum</i>	<i>L. casei</i>	Контроль
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Белок, %				
0	14,75 ± 0,71	15,38 ± 0,33	14,69 ± 0,37	15,06 ± 0,50
5	26,19 ± 1,34	31,63 ± 0,25	33,13 ± 2,10	31,06 ± 1,68
НБА, %				
0	0,28 ± 0,02	0,28 ± 0,03	0,26 ± 0,01	0,28 ± 0,02
5	0,42 ± 0,05	0,58 ± 0,03	0,52 ± 0,02	0,39 ± 0,03
АА, мг%				
0	1,92 ± 0,12	1,89 ± 0,13	1,62 ± 0,23	1,84 ± 0,03
5	6,18 ± 0,13	5,48 ± 0,13	6,61 ± 0,25	4,57 ± 0,15

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5
Влага, %				
0	70,67 ± 0,22	70,17 ± 0,40	69,72 ± 0,23	70,24 ± 0,22
5	44,05 ± 1,66	30,14 ± 1,34	35,83 ± 1,27	32,17 ± 1,59
Липиды, %				
0	9,17 ± 0,24	10,10 ± 0,33	9,74 ± 0,13	9,36 ± 0,11
5	17,28 ± 0,96	25,57 ± 0,18	21,51 ± 0,31	20,88 ± 1,59
Зола, %				
0	2,95 ± 0,05	2,76 ± 0,05	2,85 ± 0,06	2,82 ± 0,10
5	5,62 ± 0,20	5,37 ± 0,16	5,95 ± 0,07	6,55 ± 0,08

Было установлено увеличение общей кислотности (в пересчете на молочную кислоту) всех образцов, за исключением контрольного (рис. 2, б). Отметим, что образование молочной кислоты происходило быстрее всего в образцах с *L. plantarum*. Так, общая кислотность увеличилась на 190 мг% в образцах с *L. plantarum*, на 60 мг% – с *Str. thermophilus*, на 10 мг% – с *L. casei*. Таким образом, данные показывают, что скорость подкисления зависит от используемого штамма и его роста (рис. 1). При этом подкисление образцов происходит из-за молочной кислоты, образовавшейся в результате метаболизма сахарозы МКБ. Молочная кислота необходима для сохранения продукта от порчи и обеспечения его безопасности [Ghanbari et al., 2013]. Следовательно, штамм *L. plantarum*, показывающий наилучшие результаты по снижению pH и увеличению общей кислотности образцов в эксперименте, больше подходит при производстве рыбных сыровяленых колбасок из мяса северной путассу.

Влияние продолжительности сушки и используемого штамма МКБ на изменение массовой доли влаги в образцах рыбных колбасок представлено на рисунке 3. В процессе сушки постепенно снижается массовая доля влаги в образцах, что объясняется передачей им тепла за счет энергии воздуха, циркулирующего в сушильной камере. Стоит отметить, что изменение массовой доли влаги в образцах при

обезвоживании было неодинаково. Массовая доля влаги в конце сушки была ниже всего в образцах с *L. plantarum*. Удаление влаги из образцов с *Str. thermophilus* и *L. casei* на последних этапах сушки проходило медленнее. Так, потеря влаги в образце с *L. plantarum* за пять дней изготовления составила 40%, в контрольном образце – 38%, в образце с *L. casei* – 34%, в образце с *Str. thermophilus* – 27%. Известно, что процесс обезвоживания сыровяленых колбас зависит от водоудерживающей способности белков, которая связана со значением pH. Результаты показали, что выбор штамма МКБ оказывает влияние на скорость обезвоживания образцов. Наиболее кислотообразующие штаммы МКБ вызывают более быстрое снижение величины pH (рис. 2, а) в образцах колбасок, что приводит к уменьшению водоудерживающей способности белков [Huff-Lonergan, Lonergan, 2005]. При этом увеличение pH и проходящие автолитические процессы повышают водоудерживающую способность [Hamm, 1960].

Изменение основных химических показателей образцов рыбных колбасок в процессе сушки представлено в таблице 2. Проведенные исследования показали увеличение массовой доли белков, липидов и золы при значительном снижении массовой доли влаги во всех образцах в конце сушки. Между высушенными образцами наблюдалась разница в содержании белка,

липидов и золы, что, вероятно, в большей степени связано с конечным уровнем влаги. Так, в образцах с *L. plantarum* содержание влаги в конце высушивания было самым низким, что, возможно, является причиной более низкого значения рН в эксперименте (рис. 2, а). Наблюдаемый рост количества НБА и АА в образцах отображает проходящий гидролиз рыбных белков, катализируемый под действием протеолитической активности ферментных систем микроорганизмов. Использование МКБ приводит к более высокому уровню содержания НБА и АА в образцах по сравнению с контролем. Результаты могут иметь хорошее практическое применение, т. к. использование МКБ позволит сократить продолжительность высушивания, в том числе повысить усвояемость продукта за счет частичного гидролиза белков.

Структурно-механические исследования

Для контроля качественной характеристики – консистенции образцов рыбных колбасок в процессе высушивания – проводили испытание методом принудитель-

ного внедрения индентора в продукт на заданную глубину с постоянной скоростью, при котором усилие сопротивления фиксировалось датчиком давления [Косой и др., 2005]. Полученные значения являются показателем устойчивости продукта к деформации. В процессе высушивания установлено, что все образцы колбасок постепенно увеличивали прочность структуры – твердость (рис. 4). Это в первую очередь связано с постепенным удалением влаги из образцов в процессе сушки (рис. 3). Наблюдаемые различия в прочности образцов возникают из-за проходящего гидролиза белковых веществ (табл. 2), а также изменения рН (рис. 2, а). Интересным является тот факт, что более низкие значения твердости наблюдаются в опытных образцах по сравнению с контролем. Известно, что протеолиз вызывает структурные изменения тканей рыбы, выражающиеся в изменении консистенции – размягчении тканей [Быков, 1987]. Так, данные о накоплении НБА и АА, представленные в таблице 2, свидетельствуют о том, что биохимические процессы идут более активно в опытных образцах в сравнении с контролем.

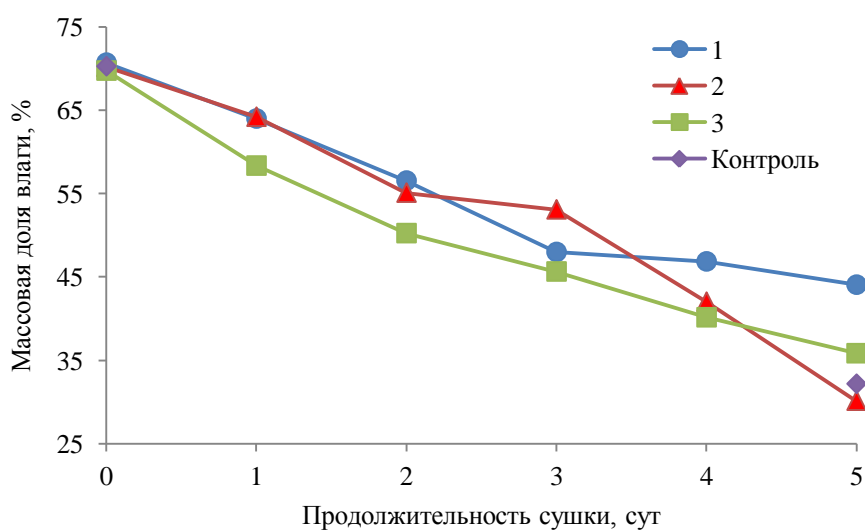


Рис. 3. Изменение массовой доли влаги образцов рыбных колбасок (1 – *Str. thermophilus*, 2 – *L. plantarum*, 3 – *L. casei*) в процессе сушки

Fig. 3. Change in moisture content in fish sausage samples (1 – *Str. thermophilus*, 2 – *L. plantarum*, 3 – *L. casei*) during drying

Органолептическая оценка

На следующем этапе исследования проводилась органолептическая оценка. Полученные рыбные колбаски представляли собой батончики с чистой сухой поверхностью. На разрезе фарш равномерно пере-

мешан, цвет продукта бежевый с серым оттенком, с включением пряностей. Запах и вкус продукта приятный, консистенция плотная и твердая. Результаты исследования по влиянию используемого штамма МКБ на уровень качества (q) получаемой продукции представлены на рисунке 5.

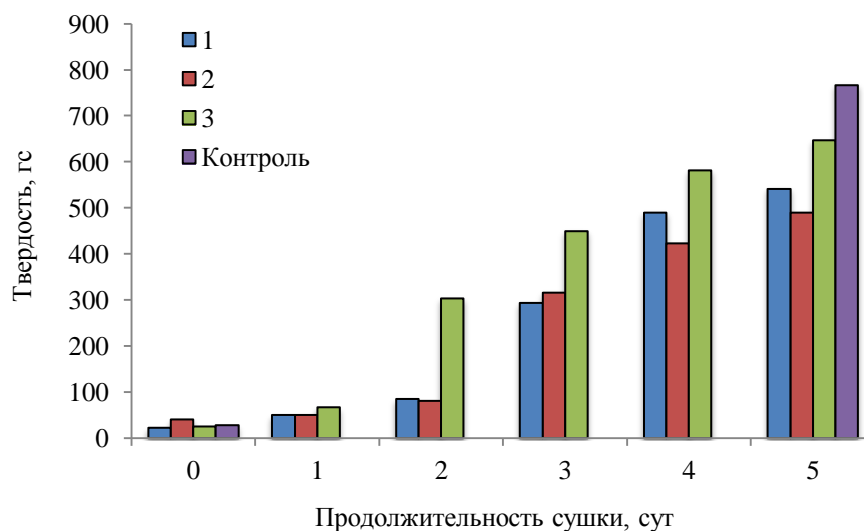


Рис. 4. Изменение твердости образцов рыбных колбасок (1 – *Str. thermophilus*, 2 – *L. plantarum*, 3 – *L. casei*) в процессе сушки

Fig. 4. Change in the hardness of fish sausage samples (1 – *Str. thermophilus*, 2 – *L. plantarum*, 3 – *L. casei*) during drying

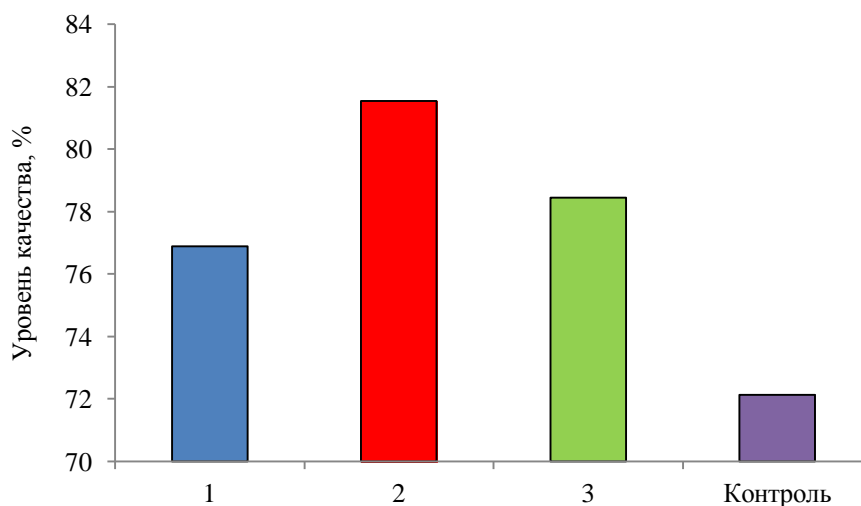


Рис. 5. Изменение уровня качества образцов рыбных колбасок в зависимости от используемого штамма МКБ (1 – *Str. thermophilus*, 2 – *L. plantarum*, 3 – *L. casei*)

Fig. 5. Change in the quality level of fish sausage samples depending on the used strain of LAB (1 – *Str. thermophilus*, 2 – *L. plantarum*, 3 – *L. casei*)

По органолептическим показателям (внешний вид, цвет и вид на разрезе, запах, консистенция, вкус) образцы с добавлением *L. plantarum* получили наилучшую оценку, что обусловлено более приятным ароматом, мягким вкусом с кисловатым оттенком и светлым цветом. Образовавшиеся органические кислоты, главным образом молочная, в процессе высушивания образцов маскируют рыбный запах и приводят к появлению легкого своеобразного кисломолочного аромата и привкуса в результате кислотной денатурации мышечных белков. По внешнему виду контрольные и опытные образцы колбасок выглядели практически одинаково. В целом более низкий уровень качества наблюдался у контрольного образца и колбас с добавлением *Str. thermophilus* и *L. casei*. Это было связано с меньшим или отсутствующим кисломолочным ароматом и привкусом, более интенсивным рыбным запахом и серым цветом. Таким образом, результаты показывают, что более высокая кислотность рыбных сыровяленых колбасок положительно влияет на органолептические свойства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования была оценена эффективность использования трех штаммов МКБ – *L. plantarum*, *L. casei* и *Str. thermophilus* – при производстве рыбных сыровяленых колбасных изделий из мяса северной путассу. Предварительные результаты экспериментов позволили выбрать штамм *L. plantarum* в качестве стартовой культуры для приготовления новых сыровяленых продуктов из рыбного сырья. Был разработан пищевой продукт на основе фарша из путассу, содержащий значительное количество МКБ ($7,9 \log$ КОЕ/г), которые могут действовать как пробиотики, что позволяет

отнести такой продукт к категории обогащенной продукции.

Необходима дальнейшая работа по поиску оптимально подходящего рецептурного состава колбасного фарша и совершенствованию технологии приготовления, чтобы улучшить развитие и полезные свойства штамма *L. plantarum* при производстве рыбных сыровяленых колбасных изделий.

ЛИТЕРАТУРА

- Быков В.П. 1987. Изменения мяса рыбы при холодильной обработке: Автотитические и бактериальные процессы. Москва: Агропромиздат. 221 с.
- Винникова Л.Г. 2006. Технология мяса и мясных продуктов. Киев: Фирма «ИНКОС». 600 с.
- Волченко В.И., Николаенко О.А., Шокина Ю.В. 2020. Методы исследования рыбы и рыбных продуктов. Учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Санкт-Петербург: Лань. 148 с.
- Всероссийская коллекция промышленных микроорганизмов (НБЦ ВКПМ). ФГУП «Государственный научно-исследовательский институт генетики и селекции промышленных микроорганизмов Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (<https://vkpm.genetika.ru/>).
- Журавлева С.В., Бойцова Т.М., Прокопцев Ж.Г. 2014. Молочнокислые микроорганизмы в технологии продуктов с использованием сырья морского генеза. *Вестник биотехнологии и физико-химической биологии имени Ю.А. Овчинникова*. Т. 10. № 2. С. 28–31.
- Квасников Е.И., Нестеренко О.А. 1975. Молочнокислые бактерии и пути их использования. Москва: Наука. 384 с.
- Косой В.Д., Виноградов Я.И., Малышев А.Д. 2005. Инженерная реология

- биотехнологических сред. Санк-Петербург: ГИОРД. 648 с.
- Куранова Л.К. 2011. Использование прибора Food Checker для исследования структурно-механических свойств пищевых продуктов. *Материалы международной научно-технической конференции «Наука и образование – 2011»*. Мурманск: МГТУ. С. 908–911.
- Никифорова А.П., Хазагаева С.Н., Хамагаева И.С. 2021. Изучение процесса ферментации байкальского омуля с применением молочнокислых бактерий. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. № 55. С. 17–28.
- Сарбатова Н.Ю., Шебела К.Ю. 2015. Особенности технологии производства колбас с добавлением рыбного сырья. *Молодой учёный*. № 5-1 (85). С. 41–43.
- Трояновский Ф.М. 1997. Технохимические свойства промысловых рыб Северной Атлантики и прилегающих морей Северного Ледовитого океана. Мурманск: ПИНРО. 183 с.
- Charalampopoulos D., Rastall R.A. 2009. *Prebiotics and Probiotics Science and Technology*. New York: Springer. 1273 p.
- Françoise L. 2010. Occurrence and role of lactic acid bacteria in seafood products. *Food Microbiology*. № 27 (6). P. 698–709. DOI: 10.1016/j.fm.2010.05.016.
- Ghanbari M., Jami M., Domig K.J., Kneifel W. 2013. Seafood biopreservation by lactic acid bacteria – A review. *Journal of LWT – Food Science and Technology*. № 54. P. 315–32. DOI: 10.1016/j.lwt.2013.05.039.
- Hamm R. 1960. Biochemistry of meat hydration. *Advances in Food Research*. № 10. P. 355–463. DOI: 10.1016/s0065-2628(08)60141-x.
- Huff-Lonergan E., Lonergan S.M. 2005. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science*. № 71 (1). P. 194–204. DOI: 10.1016/j.meatsci.2005.04.022.
- Lindgren S.E., Dobrogosz W.J. 1990. Antagonistic activities of lactic acid bacteria in food and feed fermentations. *FEMS Microbiology Reviews*. № 7(1–2). P. 149–63. DOI: 10.1111/j.1574-6968.1990.tb04885.x. PMID: 2125429.
- Ranadheera C.S., Vidanarachchi J.K., Rocha R.S., Cruz A.G., Ajlouni S. 2017. Probiotic Delivery through Fermentation: Dairy vs. Non-Dairy Beverages. *Journal of Fermentation*. № 3 (4). DOI: 10.3390/fermentation3040067.
- Ringø E., Gatesouper F.J. 1998. Lactic acid bacteria in fish: a review. *Aquaculture*. № 160 (3–4). P. 177–203. DOI: 10.1016/S0044-8486(97)00299-8.
- Rivera-Espinoza Y., Gallardo-Navarro Y. 2010. Non-dairy probiotic products – Review. *Food Microbiology*. № 27 (1). P. 1–11. DOI: 10.1016/j.fm.2008.06.008.
- Semjonovs P., Auzina L., Upite D., Grube M., Švirksts K., Linde R., Denina I., Bormanis A., Upitis A., Ruklisha M., Parele E., Gailitis J., Silina L., Kozlinskis E., Marauska M., Danilevich A., Dlohi R. 2015. Application of *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* as Starter Culture for Fermentation of Baltic Herring (*Clupea harengus membras*) Mince. *American Journal of Food Technology*. № 10. P. 184–194. DOI: 10.3923/ajft.2015.184.194.
- Speranza B., Racioppo A., Beneduce L., Bevilacqua A., Sinigaglia M., Corbo M. 2017. Autochthonous lactic acid bacteria with probiotic aptitudes as starter cultures for fish-based products. *Food Microbiology*. № 65. P. 244–253. DOI: 10.1016/j.fm.2017.03.010.
- Toldrá F., Hui Y.H., Astiasarán I., Sebrañek J.G., Talon R. 2007. *Handbook of Fermented Meat and Poultry*. Ames, Iowa: Blackwell Publishing Professional. 555 p.

Trzaskowska M., Kołozyn-Krajewska D., Wójciak K., Dolatowski Z. 2014. Microbiological quality of raw-fermented sausages with *Lactobacillus casei* LOCK 0900 probiotic strain. *Food Control*. № 35 (1). P. 184–191. DOI: 10.1016/j.foodcont.2013.07.002.

REFERENCES

- Bykov V.P. 1987. Changes in Fish Meat During Refrigeration: Autolytic and bacterial process. Moscow: Agropromizdat. 221 p. (in Russian).
- Vinnikova L.G. 2006. Technology of meat and meat products. Kiev: Firm “INKOS”. 600 p. (in Russian).
- Volchenko V.I., Nikolaenko O.A., Shokina Yu.V. 2020. Research methods for fish and fish products. A manual for graduate students. 2nd ed., reprint. and an additional. St. Petersburg: Lan. 148 p. (in Russian).
- State Research Institute of Genetics and Selection of Industrial Microorganisms (“Genetika”) Federal Institution “State Research Institute of Genetics and Selection of Industrial Microorganisms of the National Research Center” Kurchatov Institute (<https://vkpm.genetika.ru/>) (in Russian).
- Zhuravleva S.V., Boytsova T.M., Prokopenko J.G. 2014. Lactic acid bacteria in food technology using raw materials of marine origin. *Vestnik biotekhnologii i fiziko-himicheskoy biologii imeni Yu.A. Ovchinnikova (Yu.A. Ovchinnikov Bulletin of Biotechnology and Physical and Chemical Biology)*. Vol. 10. № 2. P. 28–31 (in Russian).
- Kvasnikov E.I., Nesterenko O.A. 1975. Lactic acid bacteria and ways of their use. Moscow: Science. 384 p. (in Russian).
- Kosoy V.D., Vinogradov Ya.I., Malyshev A.D. 2005. Engineering rheology of biotechnological systems. St. Petersburg: GIORD. 648 p. (in Russian).
- Kuranova L.K. 2011. Use of the food checker device to study the physical properties of food products. “*Proceedings of International scientific and technical conference Science and education – 2011*”. Murmansk: Murmansk State Technical University. P. 908–911. (in Russian).
- Nikiforova A.P., Khazagaeva S.N., Khamaeva I.S. 2021. Study of fermentation process of baikal omul with the use of lactic acid bacteria. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 55. P. 17–28. (in Russian).
- Sarbatova N.Yu., Shebela K.Yu. 2015. Features of the sausage production technology with the addition of fish raw materials. *Molodoj uchyonyj (Young Scientist)*. №. 5-1 (85). P. 41–43 (in Russian).
- Troyanovsky F.M. 1997. Technochemical properties of commercial fish in the North Atlantic and adjacent seas of the Arctic Ocean. Murmansk: PINRO. 183 p. (in Russian).
- Charalampopoulos D., Rastall R.A. 2009. Prebiotics and Probiotics Science and Technology. New York: Springer. 1273 p.
- Françoise L. 2010. Occurrence and role of lactic acid bacteria in seafood products. *Food Microbiology*. № 27 (6). P. 698–709. DOI: 10.1016/j.fm.2010.05.016.
- Ghanbari M., Jami M., Domig K. J., Kneifel W. 2013. Seafood biopreservation by lactic acid bacteria – A review. *Journal of LWT – Food Science and Technology*. № 54. P. 315–32 DOI: 10.1016/j.lwt.2013.05.039.
- Hamm R. 1960. Biochemistry of meat hydration. *Advances in Food Research*. № 10. P. 355–463. DOI: 10.1016/s0065-2628(08)60141-x.

- Huff-Lonergan E., Lonergan S.M. 2005. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science*. № 71 (1). P. 194–204. DOI: 10.1016/j.meatsci.2005.04.022.
- Lindgren S.E., Dobrogosz W.J. 1990. Antagonistic activities of lactic acid bacteria in food and feed fermentations. *FEMS Microbiology Reviews*. № 7 (1–2). P. 149–163. DOI: 10.1111/j.1574-6968.1990.tb04885.x. PMID: 2125429.
- Ranadheera C.S., Vidanarachchi J.K., Rocha R.S., Cruz A.G., Ajlouni S. 2017. Probiotic Delivery through Fermentation: Dairy vs. Non-Dairy Beverages. *Journal of Fermentation*. № 3 (4). DOI: 10.3390/fermentation3040067
- Ringø E., Gatesouper F.J. 1998. Lactic acid bacteria in fish: a review. *Aquaculture*. № 160 (3–4). P. 177–203. DOI: 10.1016/S0044-8486(97)00299-8.
- Rivera-Espinoza Y., Gallardo-Navarro Y. 2010. Non-dairy probiotic products – Review. *Food Microbiology*. № 27 (1). P. 1–11. DOI: 10.1016/j.fm.2008.06.008.
- Semjonovs P., Auzina L., Upite D., Grube M., Švirks K., Linde R., Denina I., Bormanis A., Upitis A., Ruklisha M., Parele E., Gailitis J., Silina L., Kozlinskis E., Marauska M., Danilevich A., Dlohi R. 2015. Application of *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* as Starter Culture for Fermentation of Baltic Herring (*Clupea harengus* membras) Mince. *American Journal of Food Technology*. № 10. P. 184–194. DOI: 10.3923/ajft.2015.184.194.
- Speranza B., Racioppo A., Beneduce L., Bevilacqua A., Sinigaglia M., Corbo M. 2017. Autochthonous lactic acid bacteria with probiotic aptitudes as starter cultures for fish-based products. *Food Microbiology*. № 65. P. 244–253. DOI: 10.1016/j.fm.2017.03.010.
- Toldrá F., Hui Y.H., Astiasarán I., Sebraňek J.G., Talon R. 2007. Handbook of Fermented Meat and Poultry. Ames, Iowa: Blackwell Publishing Professional. 555 p.
- Trzaskowska M., Kołozyn-Krajewska D., Wójciak K., Dolatowski Z. 2014. Microbiological quality of raw-fermented sausages with *Lactobacillus casei* LOCK 0900 probiotic strain. *Food Control*. № 35 (1). P. 184–191. DOI: 10.1016/j.foodcont.2013.07.002.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Глухарев Андрей Юрьевич – Мурманский государственный технический университет; 183010, Россия, Мурманск; аспирант кафедры технологий пищевых производств; GlukharevAYu@yandex.ru. SPIN-код: 8485-0558, Author ID: 1102651.

Glukharev Andrey Yurievich – Murmansk State Technical University; 183010, Russia, Murmansk; Postgraduate of the Food Production Technology Chair; GlukharevAYu@yandex.ru. SPIN-code: 8485-0558, Author ID: 1102651.

Демид Александра Владимировна – Мурманский государственный технический университет; 183010, Россия, Мурманск; инженер Центра исследования сырья и продукции кафедры технологий пищевых производств; DemidAV@mstu.edu.ru.

Demid Alexandra Vladimirovna – Murmansk State Technical University; 183010, Russia, Murmansk; Engineer of the Raw Materials and Foodstuffs Research Center of the Food Production Technology Chair; DemidAV@mstu.edu.ru.

Чурилина Анастасия Сергеевна – Мурманский государственный технический университет; 183010, Россия, Мурманск; лаборант Центра исследования сырья и продукции кафедры технологий пищевых производств; ChurilinaAS@mstu.edu.ru. SPIN-код: 8922-8761, Author ID: 1005828.

Churilina Anastasia Sergeevna – Murmansk State Technical University; 183010, Russia, Murmansk; Laboratory Assistant of the Raw Materials and Foodstuffs Research Center of the Food Production Technology Chair; ChurilinaAS@mstu.edu.ru. SPIN-code: 8922-8761, Author ID: 1005828.

Барабашина София Игоревна – Мурманский государственный технический университет; 183010, Россия, Мурманск; аспирант кафедры технологий пищевых производств; BarabashinaSI@yandex.ru. SPIN-код: 7444-7244, Author ID: 1104411.

Barabashina Sofia Igorevna – Murmansk State Technical University; 183010, Russia, Murmansk; PhD Postgraduate of the Food Production Technology Chair; BarabashinaSI@yandex.ru. SPIN-code: 7444-7244, Author ID: 1104411.

Волченко Василий Игоревич – Мурманский государственный технический университет; 183010, Россия, Мурманск; кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры технологий пищевых производств; VolchenkoVI@mstu.edu.ru. SPIN-код: 2505-1928, Author ID: 290653; Scopus ID: 57200379875.

Volchenko Vasily Igorevich – Murmansk State Technical University; 183010, Russia, Murmansk; Candidate of Technical Sciences, Docent, Professor of the Food Production Technology Chair; VolchenkoVI@mstu.edu.ru. SPIN-code: 2505-1928, Author ID: 290653; Scopus ID: 57200379875.

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СОУСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ РЫБНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ

Титова И.М., Мошарова М.Э.

Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Советский проспект, 1.

В статье представлены исследования по обоснованию технологии соуса для повышения пищевой ценности рыбных полуфабрикатов. Установлено оптимальное соотношение составных частей соуса (яблочного пюре, полученного из выжимок от производства сока прямого отжима и томатного пюре) по органолептическим показателям, содержанию сухих веществ и вязкости. Проведен сравнительный анализ реологических характеристик разработанного соуса с образцом, применяемым в промышленности. Исследованы изменения показателя вязкости соуса в зависимости от различных температурных технологических режимов.

Ключевые слова: вязкость, рыбный полуфабрикат, томатный соус, яблочные выжимки, яблочное пюре.

SUBSTANTIATION OF SAUCE TECHNOLOGY USING VEGETABLE RAW MATERIALS PROCESSING PRODUCTS TO INCREASE THE NUTRITIONAL VALUE OF FISH SEMI-FINISHED PRODUCTS

Titova I.M., Mosharova M.E.

Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Soviet Avenue 1.

The research on the justification of sauce technology to increase the nutritional value of fish semi-finished products is represented. The optimal ratio of the sauce components (apple sauce, obtained from pomace during direct-pressed juice production, and tomato puree) according to organoleptic parameters, dry matter content and viscosity has been established. A comparative analysis of the rheological characteristics of the developed sauce with a sample used in industry is carried out. The changes in the viscosity index of the sauce depending on different temperature technological modes are investigated.

Key words: viscosity, fish prepared food, tomato sauce, apple pomace, apple sauce.

ВВЕДЕНИЕ

Согласно Стратегии повышения качества пищевой продукции Российской Федерации до 2030 года значимым направлением является продвижение принципов здорового питания и разработка инноваци-

онных технологий глубокой переработки сельскохозяйственного сырья для получения новых видов специализированной, функциональной и обогащенной пищевой продукции.

Одним из способов улучшения вкусовых характеристик и повышения пищевой

ценности рыбной продукции, готовой к употреблению, является использование соуса в качестве обогащающего компонента. Соусы выполняют определенную технологическую нагрузку в случае, когда блюдо доводят до кулинарной готовности путем запекания, что позволяет сделать его более сочным. Наиболее часто в основе соусов используют пшеничную муку, крахмал и другие загустители, а также большое количество ароматизаторов и консервантов, поэтому они не могут обеспечить требования концепции здорового питания. Поэтому важно при моделировании состава соуса учитывать аспекты, позволяющие не только улучшать вкусовые качества готового продукта, но и повышать пищевую ценность за счет функциональных ингредиентов в своем составе.

Одним из пребиотических ингредиентов продуктов питания выступают пищевые волокна. Дефицит пищевых волокон в рационе питания человека приводит к замедлению кишечной перистальтики, развитию дискинезии, является одной из причин учащения случаев кишечной непроходимости, аппендицита, геморроя, полипоза кишечника, а также рака его нижних отделов [Истомин, Пилат, 2009].

Томатные соусы получили широкое распространение и стали привычным компонентом в рационах питания, но при этом имеют целый ряд отрицательных свойств: высокое содержание соли и простых сахаров, наличие в составе синтетических красителей и ароматизаторов, крахмала и других загустителей. Использование натуральных ингредиентов позволяет создавать рецептуры соусов на основе томатов, отвечающих категориальным требованиям к продуктам здорового питания.

На сегодняшний день производители промышленных соусов все чаще стали использовать натуральные загустители, такие

как пектин и агар, однако это приводит к увеличению стоимости готовой продукции.

В большинстве случаев основным сырьем для производства пектина являются вторичные сырьевые ресурсы производства соков прямого отжима – выжимки из яблок. Вторичное сырье в виде яблочных выжимок состоит на 95% из яблочной кожицы и мякоти, от 2 до 4% – семян и 1% – стеблей [Perussello et al, 2017].

Яблочные выжимки являются ценным источником пищевых волокон, содержат сухие вещества в пределах 18%, из них около 9% приходится на сахара, при этом редуцирующие сахара преобладают и составляют 83,5% от общей массы сахаров. Также в составе яблочных выжимок присутствуют антиоксиданты, которые наряду с белками, углеводами и жирами признаются незаменимой частью функционального, профилактического и здорового питания [Перфилова, 2017].

Таким образом, с точки зрения химического состава яблочные выжимки служат источником биологически активных веществ – витаминов С, Р, Е, β-каротина, тритерпеновых соединений, витаминов группы В, минеральных элементов, пищевых волокон, в том числе пектиновых веществ. Существует множество способов переработки яблочных выжимок, одним из которых является получение пюре [Чалдаев, Свечников, 2014].

Внесение пюре, изготовленного из вторичных продуктов производства яблочного сока прямого отжима, в томатный соус, с одной стороны, позволит повысить его пищевую ценность, а с другой – пектиновые вещества яблок обеспечат стабилизацию консистенции готового соуса.

Цель исследования – научное обоснование и разработка рецептуры томатного соуса, обогащенного вторичными продуктами переработки растительного сырья для рыбных полуфабрикатов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования явились:

- образцы соусов для рыбных полуфабрикатов на основе томатного пюре и яблочного пюре, полученного из выжимок от производства сока прямого отжима;
- промышленный томатный соус, произведенный компанией ООО «ПС Фудмикс», предназначенный для полуфабрикатов.

Для проведения исследований были изготовлены семь опытных образцов соуса с различным соотношением томатного пюре и яблочного пюре, полученного из выжимок (табл. 1).

Таблица 1. Соотношение составных частей (томатного и яблочного пюре) в составе соуса

Table 1. The ratio of the ingredients (tomato and apple puree) in the sauce

№ образца	Соотношение составных частей соуса, %	
	Томатное пюре	Яблочное пюре
1	100	0
2	90	10
3	80	20
4	70	30
5	60	40
6	50	50
7	60	40

Маркетинговые исследования предпочтений потребителей при выборе соусов проводились среди населения Калининградской области путем проведения онлайн-опроса на платформе Google. Органолептические, физико-химические показатели образцов определяли и анализировали стандартными методами исследований. Образцы оценивали по специально разработанной шкале в соответствии с ГОСТ 8756.1-2017 по следующим органолептическим показателям: внешний вид, цвет, консистенция, вкус и запах. Содержание сухих веществ определяли по ГОСТ 33977-2016.

Реологическая оценка исследуемых образцов проводилась при помощи ротационного вискозиметра Brookfield DV-II + Pro с использованием шпинделя RV/HA/HB-4 при скорости вращения 60 об/мин в соответствии с методикой, приведенной в руководстве по эксплуатации прибора (версия Rheocalcv.3.3 build 49-1).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Определение существующего и предполагаемого запроса на расширение ассортимента соусов, используемых в составе рыбных полуфабрикатов, проводили путем маркетинговых исследований. Полученные данные о предпочтениях потребителей в выборе соусов представлены на рисунке 1.

Согласно представленным данным следует, что большая часть потребителей (50,8%) предпочитают употреблять в пищу рыбные полуфабрикаты с соусом.

Анкетирование позволило установить, что, несмотря на разнообразие соусов, используемых как в промышленном производстве, так и в ресторанном бизнесе, большинство респондентов (37,5 %) предпочитают томатный соус в сочетании с рыбными фаршевыми продуктами (рис. 2).

Полученные данные подтверждают перспективность разработки рецептуры томатного соуса пребиотической направленности для рыбных полуфабрикатов.

Определяющим фактором для выбора той или иной рецептуры соуса являются органолептические характеристики. Сравнение внешнего вида, вкуса, аромата и консистенции опытных образцов соусов позволяет выявить предпочтительный состав. Результаты представлены на рисунках 3–11.

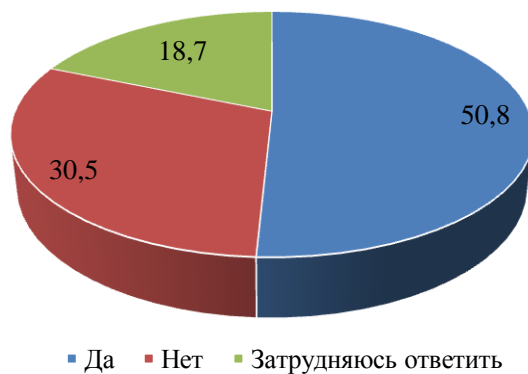


Рис. 1. Распределение ответов респондентов на вопрос анкеты «Предпочитаете ли Вы употреблять в пищу полуфабрикаты с соусом?»

Fig. 1. Distribution of respondents' answers to the question of the questionnaire "Do you prefer to eat semi-finished products with sauce?"

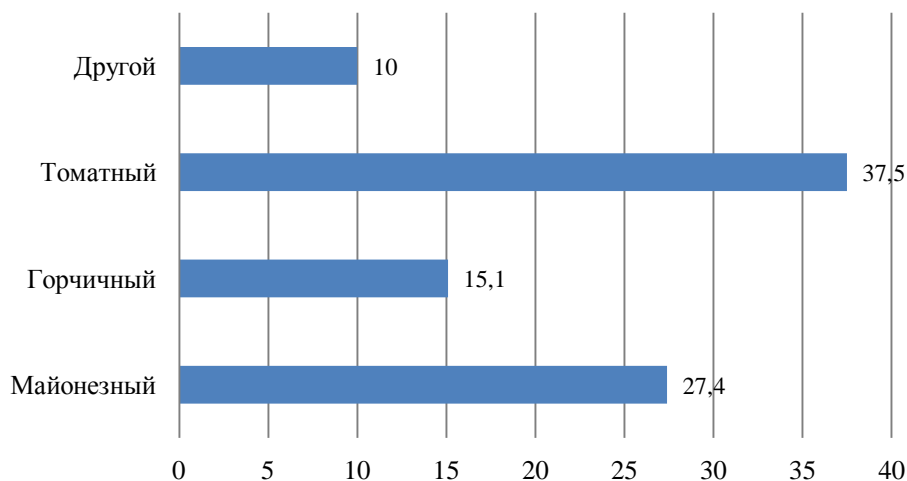


Рис. 2. Предпочтения потребителей в выборе соуса для рыбных полуфабрикатов

Fig. 2. The consumer preferences in choosing a sauce for fish semi-finished products

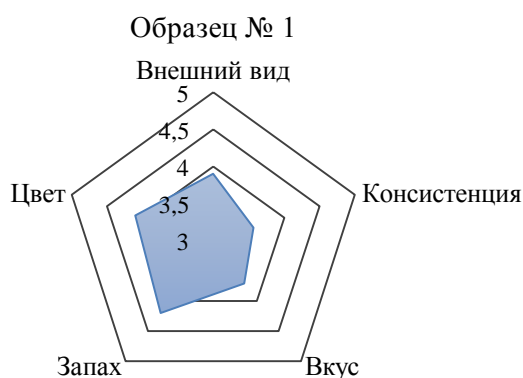


Рис. 3. Профилограмма органолептической оценки образца № 1

Fig. 3. Profilogram of organoleptic evaluation of sample № 1

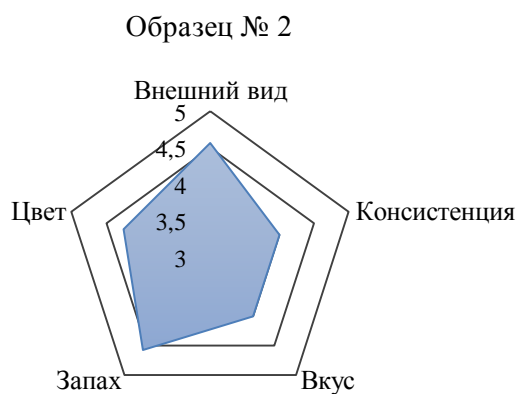


Рис. 4. Профилограмма органолептической оценки образца № 2

Fig. 4. Profilogram of organoleptic evaluation of sample № 2

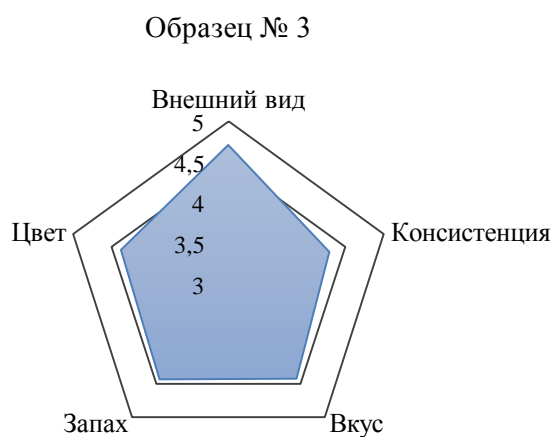


Рис. 5. Профилограмма органолептической оценки образца № 3

Fig. 5. Profilogram of organoleptic evaluation of sample № 3

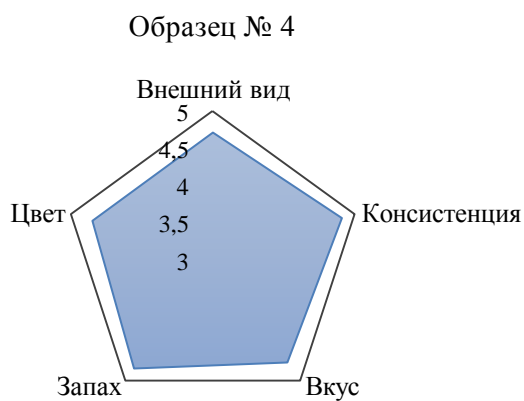


Рис. 6. Профилограмма органолептической оценки образца № 4

Fig. 6. Profilogram of organoleptic evaluation of sample № 4

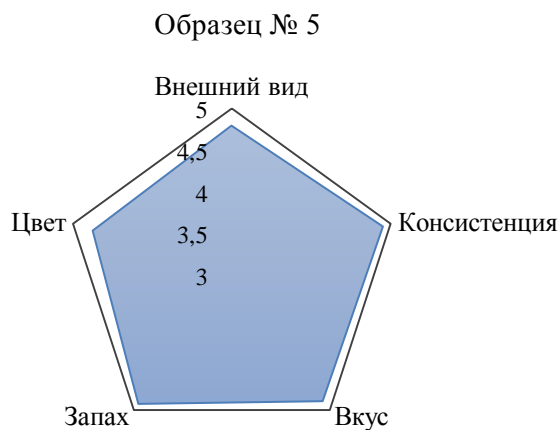


Рис. 7. Профилограмма органолептической оценки образца № 5

Fig. 7. Profilogram of organoleptic evaluation of sample № 5

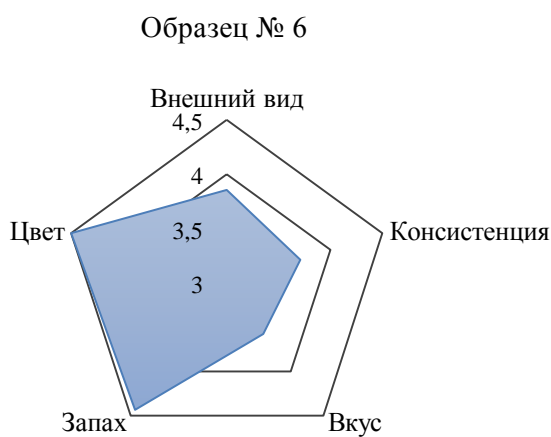


Рис. 8. Профилограмма органолептической оценки образца № 6

Fig. 8. Profilogram of organoleptic evaluation of sample № 6

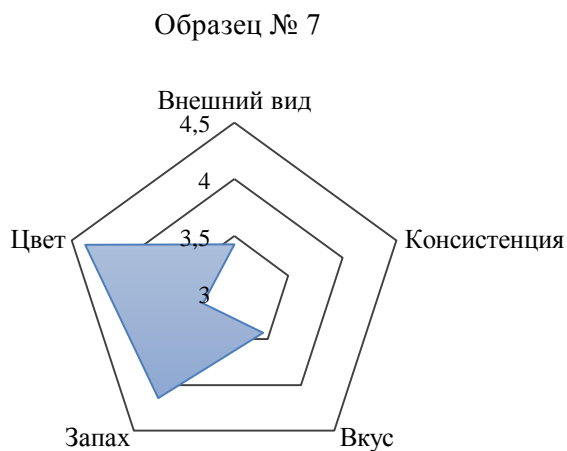


Рис. 9. Профилограмма органолептической оценки образца № 7

Fig. 9. Profilogram of organoleptic evaluation of sample № 7

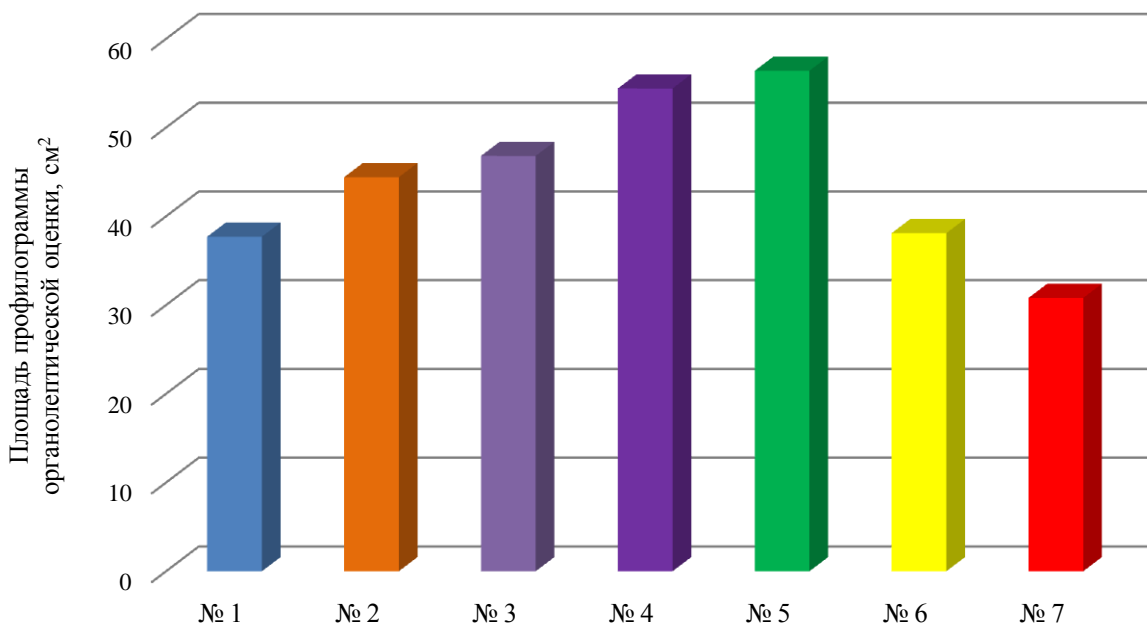


Рис. 10. Площади профилограмм органолептической оценки образцов соуса

Fig. 10. Square of profilograms of organoleptic evaluation of sauce samples

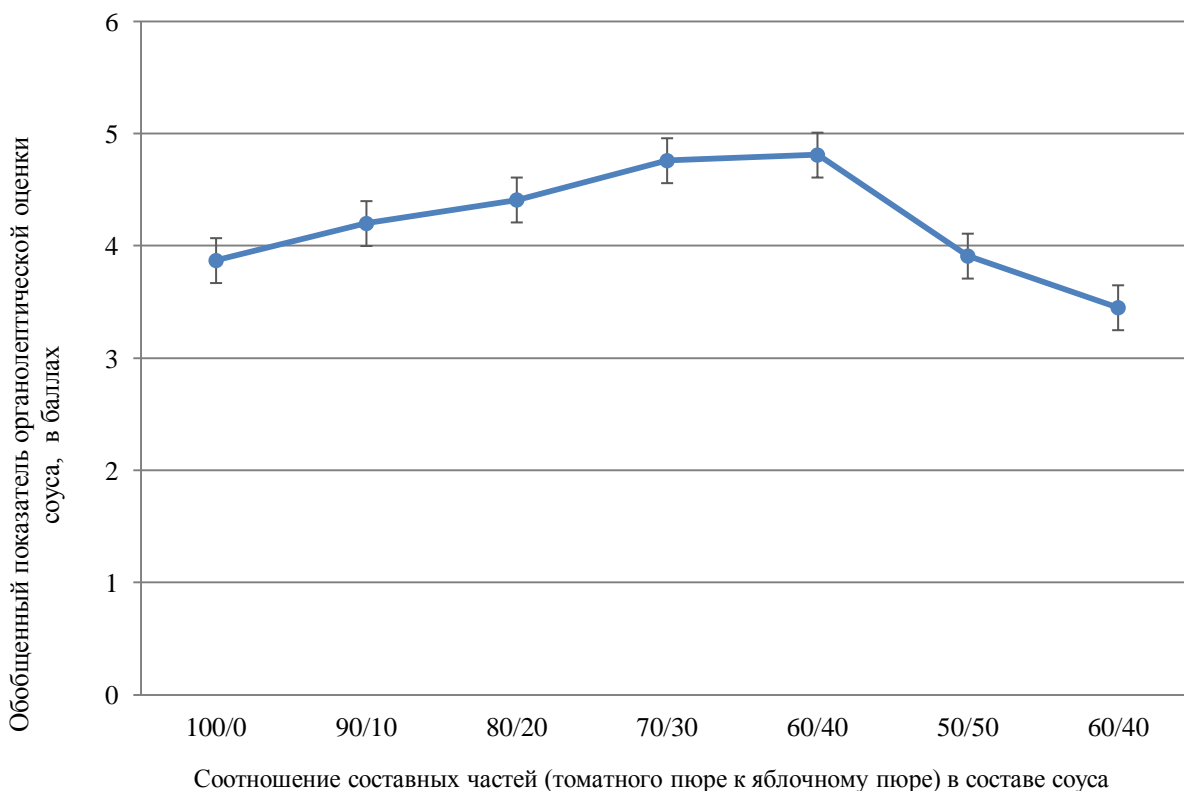


Рис. 11. Обобщенный показатель органолептической оценки образцов соуса

Fig. 11. Summarized indicator of organoleptic evaluation of sauce samples

Наибольшие баллы по результатам органолептической оценки получили образцы под номерами 3, 4 и 5 с соотношением массовой доли томатного и яблочного пюре 80 : 20, 70 : 30 и 60 : 40 соответственно. Дегустаторы отметили у этих образцов однородную консистенцию соуса и приятный цвет. При этом у образца № 5 выделили консистенцию соуса как достаточно густую, а вкус – сбалансированный, без преобладания одного из компонентов с приятными гармоничными нотками специй.

Для соуса как гомогенной структуры одной из определяющих качественных характеристик является консистенция. Соус должен быть однородным, плотным, не должно происходить расслоения при хранении и температурной обработке. Варьирование соотношения основных компонентов рецептуры соуса приводит к изменениям реологических показателей, которые впоследствии влияют на органолептические характеристики готового продукта.

Определение вязкости и содержания сухих веществ в образцах под номерами 3, 4 и 5 выявило высокую степень корреляции между органолептическими и инструментальными показателями соусов. Полученные результаты представлены в таблицах 2 и 3. Установлено, что образец № 5 обладает наиболее высокими органолептическими характеристиками, содержит максимальное, по сравнению с другими вариантами рецептур, количество сухих веществ и вязкость 171 мПа · с, которая характерна для консистенции соусов данного типа.

Таблица 2. Содержание сухих веществ в образцах соусов

Table 2. The dry matter content of sauce samples

Показатель	Образец № 3	Образец № 4	Образец № 5
Содержание сухих веществ, %	28 ± 1	32 ± 1	35 ± 1

Таблица 3. Вязкость образцов соуса

Table 3. The viscosity of sauce samples

Показатель	Образец № 3	Образец № 4	Образец № 5
Вязкость, мПа · с	157 ± 3	165 ± 3	171 ± 3

Содержание сухих веществ в яблочном пюре, полученном из яблок, как правило, колеблется в пределах 10–12%. В рецептуре разрабатываемого соуса предлагается использовать пюре, полученное из выжимок яблок (вторичного сырья от производства сока прямого отжима). При производстве сока прямого отжима удаляется значительная часть влаги, порядка 45%, в связи с этим содержание сухих веществ в пюре, полученном из яблочных выжимок, выше, чем у пюре, полученном из яблок. И оно составляет уже порядка 15–20% в зависимости от сорта яблок и степени их зрелости. Поэтому увеличение доли яблочного пюре в рецептуре соуса приводит к повышению содержания сухих веществ, а также происходит рост концентрации пищевых волокон, в частности пектина, в соусе, что оказывает влияние на повышение показателя вязкости соуса. Известно, что после отжима сока в выжимках остаются связанные с целлюлозой высокоэтерифицированные пектины (протопектины), которые обладают большим связующим действием [Хрундин, 2015.]. Однако соотношение яблочного пюре к томатному 50 : 50 и дальнейшее увеличение доли яблочного пюре в составе соуса, несмотря на повышение показателей содержания сухих веществ и вязкости, приводят к значительному снижению органолептических показателей. К тому же образцы соуса под номерами 6 и 7 имеют слишком густую консистенцию, что может привести к затруднительности подбора дозирующего оборудования при промышленном производстве для заливки полуфабрикатов соусом.

На основании полученных результатов установили, что предпочтительным является соотношение массовых долей томатного и яблочного пюре – 60 : 40 соответственно.

С целью верификации разработанной рецептуры были проведены сравнительные исследования экспериментального образца соуса (рецептура № 5) с широко применяемым в промышленном производстве соусом, произведенным компанией ООО «ПС Фудмикс» (контрольный образец), предназначенным для полуфабрикатов.

Вязкость является объективным показателем, позволяющим установить различие между промышленным образцом и экспериментальным. В связи с тем, что контрольный образец используется на многих предприятиях и имеет положительные оценки как потребителей, так и технологов, то он может быть выбран в качестве эталонного. Показатели исследования вязкости представлены в таблице 4.

Определение вязкости позволило установить, что разработанный соус имеет вязкость $171 \text{ мПа} \cdot \text{с}$, что незначительно ниже, всего на 4%, показателя вязкости промышленного соуса – $178 \text{ мПа} \cdot \text{с}$. При этом важно отметить, что при разработке рецептуры предлагаемого соуса не используются технологические вспомогательные вещества, такие как загустители, что позволяет отнести его к продукции для здорового питания.

Разработанный соус не является самостоятельным продуктом, а используется при изготовлении рыбных полуфабрикатов. В связи с этим важным является установление стабильности консистенции соуса при изменении его агрегатного состояния и воздействия высоких температур. Экспериментальный образец подвергали шоковому замораживанию и хранению замороженных полуфабрикатов при температуре минус $(18 \pm 2)^\circ\text{C}$. Такая температура замораживания и хранения, как правило, отрицательно сказывается на качестве соусов, которые при размораживании имеют тенденцию к расслаиванию. Предположили, что добавление яблочного пюре в состав соуса позволит избежать расслоения при размораживании за счет пектина, связывающего влагу и способствующего развитию консистенции с тиксотропными свойствами. Изменения показателя вязкости соусов в процессе размораживания представлены в таблице 4 и на рисунке 12. Установлено, что изменение вязкости разработанного соуса после размораживания не превышает 1%.

Не менее важным показателем качества соуса является стабильность консистенции в процессе доведения до кулинарной готовности. Изменения показателя вязкости соусов в зависимости от температуры запекания представлены на рисунке 13.

Таблица 4. Изменения показателя вязкости соусов при холодильной обработке

Table 4. The changes in the viscosity of sauces during refrigeration processing

Образцы	Вязкость, $\text{мПа} \cdot \text{с}$		
	До замораживания	После размораживания	Изменение показателя вязкости, в %
Контрольный образец (соус компании ООО «ПС Фудмикс»)	178 ± 3	176 ± 3	1,1
Разработанный соус (образец № 5)	171 ± 3	170 ± 3	0,6

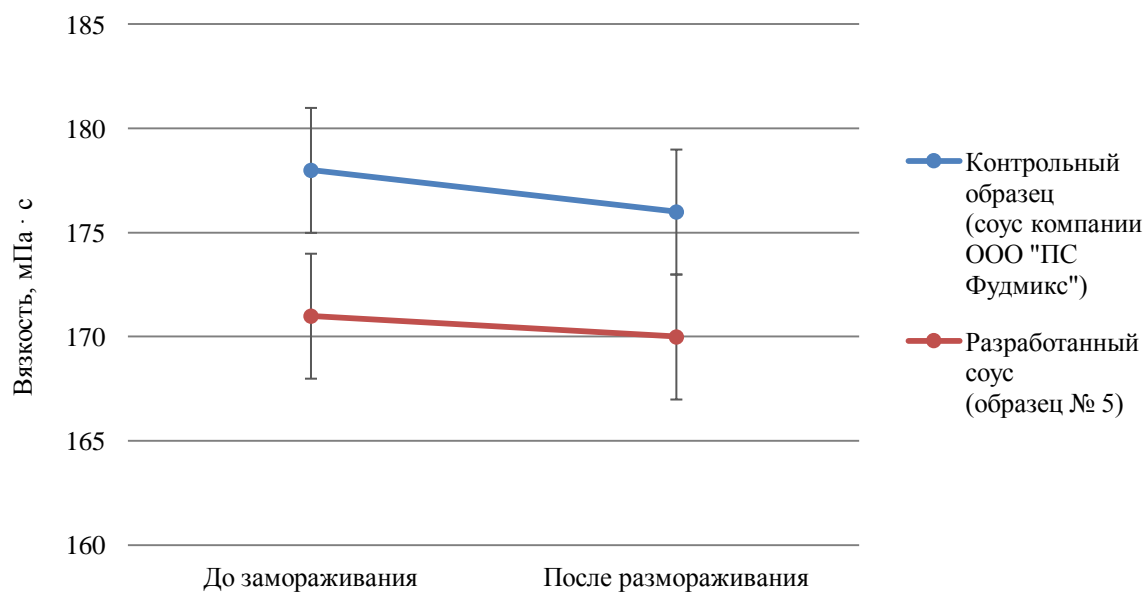


Рис. 12. Изменение вязкости соусов при холодильной обработке

Fig. 12. The changes in the viscosity of sauces during refrigeration processing

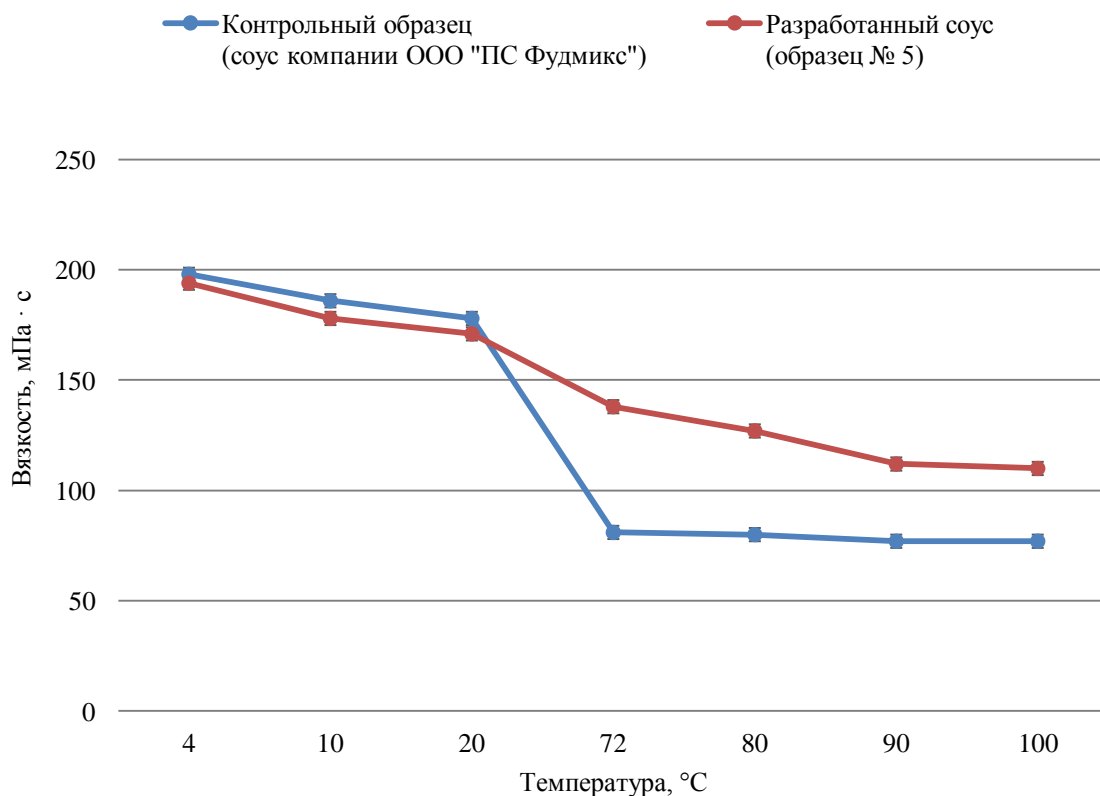


Рис. 13. Изменение вязкости соусов в зависимости от температурных режимов

Fig. 13. The change in the viscosity of sauces depending on temperature conditions

Установлено, что при термическом воздействии соус сохранил свои свойства, что также обеспечивается присутствием натуральных пектинов в составе яблочного пюре, которые формируют структуру соуса и поддерживают ее в стабильном состоянии.

В процессе нагревания вязкость промышленного соуса была более стабильна при температуре 72°C и выше в сравнении с разработанным за счет присутствия в составе загустителей. Однако вязкость разработанного соуса остается стабильной при температуре 90°C и выше, что является определяющим фактором, так как в процессе приготовления рыбных полуфабрикатов с соусом продукт рекомендуется доводить до готовности при температуре греющей среды 180°C.

При повышении температуры показатель вязкости промышленного соуса в процессе нагревания значительно снижается в сравнении с разработанным.

Снижение показателя вязкости промышленного соуса может быть связано со свойствами загустителей, используемых в его составе. В состав промышленных соусов для придания им густоты и гладкости вкуса добавляют ксантановую камедь. Многие загустители и стабилизаторы, в том числе растительного происхождения, такие как различные камеди и агар, не всегда обладают свойствами сохранения стабильной структуры при температурных нагрузках. Некоторые загустители, несмотря на значительное снижение показателя вязкости при воздействии высоких температур, обладают свойствами восстановления вязкости к исходному значению при охлаждении, однако это не является основополагающим фактором, оказывающим влияние на качество соусов. Исследования А. Аймесона [2012] позволили установить, что термостойкость ксантановой камеди выше, чем других загустителей –

даже в присутствии солей и/или кислот она отличается очень высокой стабильностью при нагревании. При повышении температуры вязкость раствора ксантановой камеди снижается, но при охлаждении возвращается к начальному значению. Так, вязкость при 70°C ниже, чем при 20°C, однако после охлаждения она почти полностью восстанавливается. После охлаждения раствора, подвергнутого жесткой термообработке (например, запекание или стерилизация при 130°C в течение нескольких минут), вязкость также возвращается к исходному значению. В отличие от ксантановой камеди, вязкость многих других загустителей при нагревании снижается и при охлаждении не восстанавливается. Поэтому, несмотря на снижение вязкости для данного типа продукции, это не может являться критическим фактором.

В разработанном соусе пищевые волокна, в частности пектин, оказывают стабилизирующее влияние на вязкость, в том числе и при тепловой обработке, за счет уникальных свойств пектиновых веществ, а именно способности к гелеобразованию при низких значениях pH и повышенной концентрации сахаров, а также способности стабилизировать эмульсию при наличии жировой фазы и препятствовать расслоению соуса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование показывает, что использование вторичных продуктов переработки яблок при производстве соусов является целесообразным и перспективным. Внесение натурального яблочного пюре, полученного из выжимок, позволяет рационально использовать ресурсы и способствует снижению себестоимости готовой продукции и повышению ее пищевой ценности.

Установлено, что предпочтительные органолептические характеристики имеет соус с соотношением массовой доли томатного и яблочного пюре 60 : 40.

Сравнительный анализ реологических характеристик позволил установить, что разработанная рецептура соуса по показателям вязкости не уступает лучшим образцам, применяемым в промышленности.

Доказано, что использование яблочного пюре за счет входящего в его состав пектина обеспечивает стабильность консистенции разработанного соуса как при изменении агрегатного состояния, так и при воздействии высоких температур.

ЛИТЕРАТУРА

- Аймесон А. 2012. Пищевые загустители, стабилизаторы, гелеобразователи. Пер. с англ. д-ра хим. наук С. В. Макарова. Санкт-Петербург: ИД «Профессия». 408 с.
- Истомин А.В., Пилат Т.Л. 2009. Гигиенические аспекты использования пектина и пектиновых веществ в лечебно-профилактическом питании. Пособие для врачей. Москва. 44 с.
- Перфилова О.В. 2017. Яблочные выжимки как источник биологически активных веществ в технологии продуктов питания. *Новые технологии*. № 4. С. 65–71.
- Хрундин Д.В. 2015. Некоторые аспекты применения пектиновых веществ в технологии пищевых производств. *Вестник технологического университета*. Т. 18. № 24. С. 53–56.
- Чалдаев П.А., Свечников А.Ю. 2014. Применение яблочных выжимок для производства продуктов питания. *Пищевая промышленность*. № 4. С. 40–41.
- Perussello Camila A., Zhang Z., Marzocchella A., Tiwari Brijesh K. 2017. Valorization of Apple Pomace by Extraction of Valuable. *Vsestoronnie obzory po pishchevoj nauke i bezopasnosti pishchevyh produktov (Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety)*. Vol. 16. № 5. P. 776–796.
- Aymeson A. 2012. Food thickeners, stabilizers, gelling agents. Translated. from English Dr. chemistry sciences S. V. Makarova. St. Petersburg: Publishing House “Profession”. 408 p. (in Russian).
- Istomin A.V., Pilat T.L. 2009. Hygienic aspects of the use of pectin and pectin substances in therapeutic and prophylactic nutrition. A guide for doctors. Moscow. 44 p. (in Russian).
- Perfilova O.V. 2017. Apple pomace as a source of biologically active substances in food technology. *Novye tekhnologii (New technologies)*. № 4. P. 65–71 (in Russian).
- Khrundin D.V. 2015. Some aspects of the use of pectin substances in food production technology. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta (Bulletin of the Technological University)*. Т. 18. № 24. P. 53–56 (in Russian).
- Chaldaev P.A., Svechnikov A.Yu. 2014. Application of apples pomace for food production. *Pishchevaya promyshlennost' (Food Industry)*. № 4. P. 40–41 (in Russian).
- Perussello Camila A., Zhang Z., Marzocchella A., Tiwari Brijesh K. 2017. Valorization of Apple Pomace by Extraction of Valuable. *Vsestoronnie obzory po pishchevoj nauke i bezopasnosti pishchevyh produktov (Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety)*. Vol. 16. № 5. P. 776–796.

REFERENCES

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ
INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Титова Инна Марковна – Калининградский государственный технический университет; 236022, Россия, Калининград; кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии продуктов питания; inna.titova@klgtu.ru. SPIN-код: 1676-6667; Author ID: 722866; Scopus ID: 57207189099.

Titova Inna Markovna – Kaliningrad State Technical University; 236022, Russia, Kaliningrad; Candidate of Technical Sciences, Docent, Head of the Food Technology Chair; inna.titova@klgtu.ru. SPIN-code: 1676-6667; Author ID: 722866; Scopus ID: 57207189099.

Мошарова Маргарита Эдуардовна – Калининградский государственный технический университет; 236022, Россия, Калининград; ассистент кафедры технологии продуктов питания; margarita.mosharova@klgtu.ru. SPIN-код: 8332-8119; Author ID: 1127718.

Mosharova Margarita Eduardovna – Kaliningrad State Technical University; 236022, Russia, Kaliningrad; Assistant of the Food Technology Chair; margarita.mosharova@klgtu.ru. SPIN-code: 8332-8119; Author ID: 1127718.

УДК 595.371(265.51)"2013"

DOI: 10.17217/2079-0333-2021-58-56-70

ВИДОВОЙ СОСТАВ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НЕПРОМЫСЛОВЫХ РАКООБРАЗНЫХ ШЕЛЬФА КАМЧАТСКОГО ЗАЛИВА В 2013 ГОДУ

Блохин И.А.^{1,2}

¹ Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО), г. Петропавловск-Камчатский, Набережная 18.

² Камчатский государственный технический университет, г. Петропавловск-Камчатский, Ключевская, 35.

По материалам 23 дночерпательных станций показано распределение плотности поселения и биомассы непромысловых ракообразных в шельфовой зоне Камчатского залива в 2013 г. Определено 130 видов непромысловых ракообразных, принадлежащих к 5 таксономическим группам. Наиболее обильными по запасам непромысловых ракообразных были глубины от 150 до 200 м. В северной части Камчатского залива у устья р. Камчатки сохранился биоценоз, выделенный ранее в своих исследованиях А.П. Кузнецовым, по результатам наших исследований в центральной части шельфа Камчатского залива на глубине 186 м можно выделить еще один биоценоз с доминированием амфипод. В шельфовой зоне Камчатского залива преобладают холодноводные виды бореально-арктического комплекса.

Ключевые слова: амфиподы, биомасса, биоценозы, зоогеографическая характеристика, изоподы, кумовые раки, плотность поселения, пространственное распределение.

SPECIES COMPOSITION AND DISTRIBUTION OF NON-COMMERCIAL CRUSTACEANS OF THE KAMCHATKA GULF SHELF IN 2013

Blokhin I.A.^{1,2}

¹ Kamchatka Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO), Petropavlovsk-Kamchatsky, Nabereznaija Str.18.

² Kamchatka State Technical University, Petropavlovsk-Kamchatsky, Klyuchevskaya Str. 35.

The distribution of settlement density and biomass of non-commercial crustaceans in the shelf zone of the Kamchatka Gulf in 2013 based on the materials of 23 dredging stations was shown. 130 species of non-commercial crustaceans belonging to 5 taxonomic groups were identified. The most abundant stocks of non-commercial crustaceans were depths from 150 to 200 m. In the northern part of the Kamchatka Gulf near the Kamchatka River mouth a biocenosis has been preserved, identified earlier by A.P. Kuznetsov in his research, and according to the results of our research conducted in the central part of the Kamchatka Gulf shelf at a depth of 186 m, another biocenosis with amphipod dominance can be identified. The cold-water species of the boreal-arctic complex predominate in the shelf zone of the Kamchatka Gulf.

Key words: amphipods, biomass, biocenoses, zoogeographic characteristics, isopods, cumin crayfish, spatial distribution, settlement density.

ВВЕДЕНИЕ

Первые планомерные и наиболее важные для изучения донного населения восточной Камчатки работы были проведены в 1949–1954 гг. экспедициями АН СССР на экспедиционном судне (э/с) «Витязь». За это время была исследована большая часть шельфа районов до глубин 2 000 м. Во время экспедиции э/с «Витязь» в Камчатском заливе было выполнено 23 станции и собрано 23 дночерпательных и девять траловых проб [Кузнецов, 1963].

В 1955 г. по материалам, собранным в рейсах э/с «Витязь», был составлен атлас, включавший в себя в том числе карты распределения биомассы кормового и общего бентоса различных районов камчатского шельфа [Атлас..., 1955].

Впоследствии Л.А. Зенкевичем и З.А. Филатовой на основе тех же материалов была выпущена обзорная работа, посвященная распределению общей биомассы бентоса, в том числе Камчатского залива, где приводится схема распределения общей биомассы морского макрозообентоса без подробного анализа его фауны [Зенкевич, Филатова, 1958].

А.П. Кузнецов одну из своих публикаций полностью посвятил распределению донной фауны Камчатского залива [Кузнецов, 1961а], в других своих работах, посвященных шельфу восточной Камчатки и северных Курильских островов, автор также упоминал о донной биоте Камчатского залива [Кузнецов, 1960, 1961а, 1961б, 1963]. В этих трудах автором подробно рассмотрено распределение биомассы общего макрозообентоса и биомассы различных систематических групп донных беспозвоночных, выделены экологические и трофические группировки морского зообентоса как отдельных заливов, так и в целом для района, составлены карты распре-

деления биоценозов и отдельных трофических групп бентосных беспозвоночных, рассмотрен состав отдельных биоценозов с выделением руководящих видов и видов, занимающих существенную часть по биомассе в биоценозах.

Кроме бентических работ, по материалам экспедиций э/с «Витязь» 1949–1954 гг. были составлены карты донного рельефа и распределения донных осадков района [Романкевич, 1958; Буданова, 1961; Кузнецов, 1963].

Следующим этапом в изучении бентоса Камчатского залива стала проведенная ТИНРО в 1984 году на шельфе восточной Камчатки дночерпательная съемка на НПС «Мыс Тихий». Всего было выполнено 140 станций, из них 30 в Камчатском заливе [Кобликов, Надточий, 1992; Дулепова, 1990]. Авторы оценили среднюю биомассу всего дночерпательного бентоса, отметив при этом вклад ракообразных – 4,95% от общей биомассы. На составленных ими картах количественного и качественного распределения бентоса в Камчатском заливе особо выделено сообщество Amphipoda в северной части залива на грунте, представленном песчаным илом, в котором на долю амфипод приходится около 42% от биомассы. Также отмечены кумовые ракообразные. Видовые списки не приведены [Кобликов, Надточий, 1992].

Е.П. Дулеповой [1990] по материалам проведенных комплексных съемок у западного и восточного побережий Камчатки 1982–1984 гг. были рассчитаны степени выедания бентоса бентофагами в различных районах шельфа западной и восточной Камчатки, в том числе и для Камчатского залива. Данная работа была выполнена на основе 116 тралений и 114 дночерпательных станций у западного побережья Камчатки и 283 тралений и 140 бентосных станций у восточного побережья, а также

с использованием данных А.П. Кузнецова [Кузнецов, 1963] с применением коэффициента пересчета к съемке 1984 г. В работе приведены средние биомассы и запас кормового бентоса (в состав которого традиционно включены полихеты, двустворчатые моллюски, офиуры и ракообразные) шельфов Камчатки. Исследованы трофические связи массовых видов донных рыб и показано, что основной пресс от выедания во всех районах камчатского шельфа приходится на полихет, декапод и амфипод.

После значительного перерыва в 2013 году ФГБНУ «КамчатНИРО» провело дночерпательную съемку на шельфе Камчатского залива. Всего было сделано 23 дночерпательные станции, собрано 46 количественных проб. По материалам съемки были опубликованы три работы [Блохин, Архипова, 2018; Блохин, 2018, Блохин, Морозов, 2021]. В этих работах приведены распределение и плотностные характеристики кормового бентоса «мелководья» Камчатского залива, в работах также показана роль иглокожих, полихет и моллюсков в биомассе и плотности поселения.

В настоящей работе мы пытаемся расширить имеющиеся сведения о фауне донных непромысловых ракообразных: привести список видов обнаруженных нами непромысловых ракообразных, а также показать распределение групп непромысловых ракообразных на шельфе Камчатского залива.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

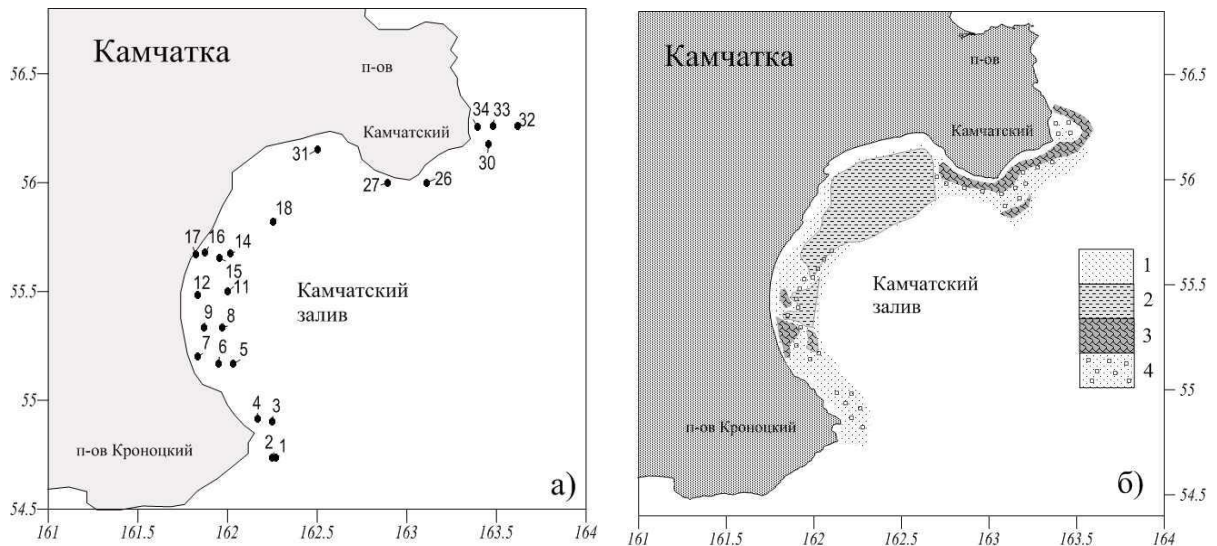
Материалом для работы послужили пробы макрозообентоса, собранные в июне 2013 года во время рейса на НИС «МРТК-316» в Камчатском заливе. Пробы грунта собирали дночерпателем «Океан-50» с площадью раскрытия $0,25 \text{ м}^2$ по стандартным методикам [Нейман, 1983]. Для анализа были определены 23 станции

в диапазоне глубин от 9 до 250 м, находящиеся в шельфовой части Камчатского залива. Сетка станций представлена на рисунке 1, а.

Карта-схема грунтов Камчатского залива составлена с использованием «Атласа карт океанографических данных промысловых районов Берингова и Охотского морей» [1955].

На каждой станции, как правило, брали две дночерпательные пробы, грунт промывали на промывочном столике, оснащенном системой сит с ячейей нижнего 1 мм. Промытый грунт с содержащимися в нем организмами помещали в матерчатый (шламовый) мешок и отправляли на фиксацию и хранение в бак с 4%-ным раствором формальдегида, буферизованного кальцинированной содой. При обработке каждой пробы в лабораторных условиях производили взвешивание и подсчет организмов с дальнейшим пересчетом на 1 м^2 поверхности дна. Найденные организмы сортировали по группам, фиксировали и хранили в 70%-ном растворе этилового спирта. Определение видового состава и количественную оценку бентосных организмов проводили в лабораторных условиях с использованием бинокля, а определенные организмы взвешивали на электронных весах с точностью до 1 мг [Гурьянова, 1951; Гурьянова, 1962; Головань, Малютина, 2010; Василенко, 1974; Ломакина, 1958]. Величина средней биомассы и плотности поселения непромысловых ракообразных и амфипод всей обследованной акватории подсчитана как среднее арифметическое этого показателя на всех станциях.

Карты распределения составляли с использованием программы Surfer (Golden Software, Inc.) методом Kriging, расчеты и построение графиков выполняли в программе Microsoft Excel.



1–34 номера станций

1–34 stations

Грунты: 1 – пески; 2 – алевритовые осадки; 3 – галечно-гравийные осадки; 4 – рассеянный галечно-гравийный материал (концентрация от 100 до 1 000 кг/м³)

Bottom: 1 – sands; 2 – silty sediments; 3 – pebble and gravel sediments; 4 – dispersed pebble and gravel material (concentration from 100 to 1 000 kg/m³)

Рис. 1. Карта-схема Камчатского залива с указанием сетки станций (а) и грунтов (б)

Fig. 1. The schematic map of the Kamchatka Bay with an indication of the grid of stations (a) and grounds (b)

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Видовой список ракообразных

В пробах было определено 130 видов ракообразных из 29 семейств, принадлежащих к пяти таксономическим группам (табл. 1). При этом около 95% численности и биомассы приходилось на представителей отряда амфиподы (гаммариды и капеллиды) (рис. 2).

Фауна амфипод на исследуемой акватории была представлена 114 видами. Самыми массовыми как по биомассе, так и по частоте встречаемости были представители надсемейства Lysianassidea и сем. Melitidae (*Hippomedon pacificus*, *H. propinquus eous*, *H. punctatus*, *Anonyx nugax*, *Melita denata*, *Melita sp.*), являющиеся хищниками и некрофагами, семейства Ampeliscidae (*Ampelisca macrocephala*, *A. eschrichtii*, *A. birulai*, *A. furcigera*, *Byblis erythropros*).

Максимальные значения плотности поселения и биомассы непромысловых ракообразных были зарегистрированы на глубинах 150–200 м. Средняя плотность поселения здесь составила 828 экз/м² при средней биомассе 9,138 г/м² (рис. 3).

Пространственная структура поселения и биомасса некоторых основных групп непромысловых ракообразных шельфа Камчатского залива

Непромысловые ракообразные распространены в Камчатском заливе практически повсеместно. Средняя плотность их поселения составляла $(301,5 \pm 212,6)$ экз/м², изменяясь от 8 до 1 156 экз/м². Средняя биомасса равнялась $(2,92 \pm 2,19)$ г/м², варьируя от 0,068 до 16,832 г/м². Распределение непромысловых ракообразных и самых массовых групп – амфипод и кумовых раков – показано на рисунке 4.

Таблица 1. Таксономический состав непромысловых ракообразных в Камчатском заливе в 2013 году

Table 1. The list of the non-commercial crustacean species of the Kamchatka inlet in 2013

№ Number	Таксон Taxon	Частота встречаемости, % Frequency of occurrence, %	Биомасса сред., г/м ² Biomass av., g/m ²	ст. ошибка, ± conf. int., ±	Плотность поселения сред., экз/м ² Density av., ind/m ²	ст. ошибка, ± conf. int., ±
1	2	3	4	5	6	7
АМФИПОДА						
Сем. Lysianassoidea Dana, 1849						
1	<i>Wecomedon kurilicus</i> Gurjanova, 1962	8,33	0,033	0,028	1,50	1,336
2	<i>Wecomedon wirketis</i> Gurjanova, 1962	12,50	0,056	0,036	4,33	2,680
3	<i>Wecomedon minusculus</i> Gurjanova, 1938	4,17	0,018	0,018	0,67	0,667
4	<i>Hippomedon pacificus</i> Gurjanova, 1962	25,00	0,328	0,132	13,83	6,523
5	<i>Hippomedon propinquus eous</i> Gurjanova, 1962	4,17	0,297	0,297	11,00	11,000
6	<i>Hippomedon punctatus</i> Gurjanova, 1962	16,67	0,149	0,122	2,67	1,627
7	<i>Hippomedon</i> sp.	8,33	0,012	0,011	1,33	0,953
8	<i>Orchomenella minuta</i> Krøyer, 1846	8,33	0,009	0,007	0,67	0,520
9	<i>Orchomenella pacifica</i> Gurjanova, 1938	4,17	0,013	0,013	0,17	0,167
10	<i>Orchomenella</i> sp.	4,17	0,002	0,002	0,50	0,500
11	<i>Onisimus normani</i> G.O. Sars, 1891	4,17	0,003	0,003	1,00	1,000
12	<i>Onisimus simus</i> Gurjanova, 1962	4,17	0,009	0,009	2,50	2,500
13	<i>Anonyx nugax pacificus</i> Gurjanova, 1962	4,17	0,064	0,064	0,17	0,167
14	<i>Anonyx nugax</i> Phipps, 1774	12,50	0,106	0,068	0,67	0,393
15	<i>Anonyx makarovi</i> Gurjanova, 1962	8,33	0,009	0,007	0,33	0,231
16	<i>Anonyx anivae</i> Gurjanova, 1962	4,17	0,012	0,012	0,17	0,167
17	<i>Anonyx compactus</i> Gurjanova, 1962	4,17	0,000	0,000	0,33	0,333
18	<i>Anonyx</i> sp.	4,17	0,013	0,013	0,50	0,500
19	<i>Kerguelenia borealis ochotica</i> Gurjanova, 1962	4,17	0,011	0,011	3,83	3,833
20	<i>Kerguelenia eoa</i> Gurjanova, 1962	4,17	0,025	0,025	0,67	0,667
21	<i>Lepidepcreum comatum</i> Gurjanova, 1962	4,17	0,001	0,001	0,17	0,167
22	<i>Lepidepcreum</i> sp.	8,33	0,045	0,045	2,17	2,000
23	<i>Paratryphosites abyssi</i> Goës, 1866	4,17	0,013	0,013	1,83	1,833
24	<i>Socarnes bidenticulatus</i> Spence Bate, 1858	4,17	0,001	0,001	0,33	0,333
25	<i>Lysianassidae</i> gen. sp.	8,33	0,019	0,018	5,17	4,996
Сем. Ischyroceridae Stebbing, 1899						
26	<i>Ischyrocerus commensalis</i> Chevreux, 1900	8,33	0,004	0,003	2,17	1,719
27	<i>Ischyrocerus dezhevi</i> Gurjanova, 1951	8,33	0,003	0,002	1,00	0,732
28	<i>Ischyrocerus anguipes</i> Krøyer, 1838	4,17	0,001	0,001	0,17	0,167
29	<i>Ischyrocerus krascheninnikovi</i> Gurjanova, 1951	8,33	0,009	0,006	4,33	3,083
30	<i>Ischyrocerus elongatus</i> Gurjanova, 1938	8,33	0,002	0,001	1,00	0,732
31	<i>Ischyrocerus tuberculatus</i> Hoek, 1882	4,17	0,001	0,001	0,17	0,167
32	<i>Ischyrocerus megacheir</i> Boeck, 1871	8,33	0,005	0,004	3,17	2,997
33	<i>Ischyrocerus</i> sp.	41,67	0,035	0,015	20,67	10,076
34	<i>Erichthonius tolli</i> Bruggen, 1909	12,50	0,014	0,011	2,17	1,560
35	<i>Erichthonius megalops</i> Sars G.O., 1879	4,17	0,006	0,006	1,83	1,833
36	<i>Erichthonius grebnitzkii</i> Gurjanova, 1951	8,33	0,011	0,010	5,17	4,996
Сем. Pontogeneiidae Stebbing, 1906						
37	<i>Pontogeneia andrijashevi</i> Gurjanova, 1951	4,17	0,013	0,013	0,50	0,500
Сем. Haustoriidae Stebbing, 1906						
38	<i>Eohaustorius eous</i> Gurjanova, 1951	25,00	0,010	0,004	5,50	2,557
39	<i>Haustoriidae</i> gen. sp.	8,33	0,04	0,004	0,67	0,461

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
Сем. Ampeliscidae Krøyer, 1842						
40	<i>Ampelisca macrocephala</i> Liljeborg, 1852	33,33	0,221	0,123	10,58	4,505
41	<i>Ampelisca furcigera</i> Bulyčeva, 1936	29,17	0,038	0,017	6,25	3,053
42	<i>Ampelisca birulai</i> Brügger, 1909	12,50	0,074	0,043	1,17	0,741
43	<i>Ampelisca eschrichtii</i> Krøyer, 1842	29,17	0,248	0,196	12,50	7,657
44	<i>Ampelisca eoa</i> Gurjanova, 1951	12,50	0,025	0,016	3,17	2,513
45	<i>Ampelisca</i> sp.	29,17	0,065	0,045	4,83	3,185
46	<i>Byblis erythrops</i> Sars, 1883	16,67	0,092	0,071	6,67	4,579
47	<i>Byblis longicornis</i> G.O. Sars, 1891	4,17	0,076	0,076	3,17	3,167
48	<i>Byblis gaimardii</i> Krøyer, 1846	4,17	0,010	0,010	0,17	0,167
49	<i>Byblis</i> sp.	4,17	0,027	0,027	2,83	2,833
Сем. Oedicerotidae Lilljeborg, 1865						
50	<i>Aceroides latipes latipes</i> Sars, 1883	4,17	0,003	0,003	1,50	1,500
51	<i>Bathymedon longimanus</i> Boeck, 1871	8,33	0,005	0,004	0,50	0,366
52	<i>Bathymedon obtusifrons</i> Hansen, 1883	4,17	0,029	0,029	1,00	1,000
53	<i>Bathymedon tilesii</i> Gurjanova, 1951	12,50	0,055	0,035	5,83	4,687
54	<i>Bathymedon</i> sp.	29,17	0,023	0,011	5,17	2,133
55	<i>Westwoodilla megalops</i> Sars, 1882	4,17	0,001	0,001	0,17	0,167
56	<i>Westwoodilla caecula</i> Spence Bate, 1857	4,17	0,000	0,000	0,17	0,167
57	<i>Westwoodilla abyssalis</i> Gurjanova, 1951	4,17	0,017	0,017	0,17	0,167
58	<i>Westwoodilla</i> sp.	4,17	0,000	0,000	0,17	0,167
59	<i>Monoculodes latimanus</i> Goës, 1866	8,33	0,014	0,014	9,83	9,661
60	<i>Monoculodes castalskii</i> Gurjanova, 1951	4,17	0,004	0,004	0,33	0,333
61	<i>Monoculodes crassirostris</i> Hansen, 1888	4,17	0,015	0,015	1,50	1,500
62	<i>Oedicerotidae</i> gen. sp.	4,17	0,001	0,000	0,17	0,167
Сем. Photidae Boeck, 1871						
63	<i>Photis reinhardi</i> Krøyer, 1842	8,33	0,003	0,002	2,00	1,685
64	<i>Photis vinogradovi</i> Gurjanova, 1951	4,17	0,003	0,003	1,67	1,667
Сем. Dulichiidae Dana, 1849						
65	<i>Dyopedos porrectus</i> Spence Bate, 1857	4,17	0,001	0,001	0,33	0,333
66	<i>Dulichia</i> sp.	8,33	0,005	0,004	1,17	0,816
Сем. Corophiidae Leach, 1814						
67	<i>Protomedeia gurjanovae</i> Bulyčeva, 1951	4,17	0,003	0,003	1,00	1,000
68	<i>Protomedeia fasciata</i> Krøyer, 1842	12,50	0,009	0,006	5,33	4,372
69	<i>Protomedeia popovi</i> Gurjanova, 1951	12,50	0,009	0,007	2,33	1,614
70	<i>Protomedeia grandimana</i> Brügger, 1906	8,33	0,009	0,006	1,33	1,040
71	<i>Protomedeia</i> sp.	25,00	0,008	0,005	5,25	2,997
72	<i>Pareurystheus dentatus</i> Holmes, 1908	4,17	0,011	0,011	3,00	3,000
73	<i>Crassicorophium crassicorne</i> Bruzelius, 1859	8,33	0,002	0,002	1,17	1,007
74	<i>Crassicorophium</i> sp.	8,33	0,001	0,001	1,00	0,732
Сем. Unciolidae Myers & Lowry, 2003						
75	<i>Unciola leucopis</i> Krøyer, 1845	12,50	0,042	0,028	2,08	1,349
Сем. Phoxocephalinae G.O. Sars, 1891						
76	<i>Grandifoxus longirostris</i> Gurjanova, 1938	37,50	0,060	0,027	19,67	8,479
77	<i>Grandifoxus nasuta</i> Gurjanova, 1936	12,50	0,022	0,014	4,83	3,257
78	<i>Grandifoxus robustus</i> Gurjanova, 1938	4,17	0,016	0,016	1,33	1,333
79	<i>Grandifoxus</i> sp.	8,33	0,001	0,001	0,33	0,231
80	<i>Paraphoxus simplex</i> Gurjanova, 1938	25,00	0,013	0,010	5,33	3,290
81	<i>Harpiniopsis kobjakovae</i> Bulyčeva, 1936	4,17	0,002	0,002	1,33	1,333
82	<i>Harpiniopsis moiseevi</i> Gurjanova, 1953	20,83	0,014	0,007	5,67	2,712
83	<i>Harpiniopsis schurini</i> Bulyčeva, 1936	4,17	0,001	0,001	1,50	1,500
84	<i>Harpiniopsis gurjanovae</i> Bulyčeva, 1936	8,33	0,005	0,004	4,17	3,279
85	<i>Phoxocephalidae</i> gen. sp.	4,17	0,000	0,000	0,17	0,167

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
Сем. Ochlesidae Stebbing, 1910						
86	<i>Cryptodius kelleri</i> Brügger, 1907	8,33	0,002	0,001	1,17	0,816
Сем. Eusiridae Stebbing, 1888						
87	<i>Rhachotropis aculeata</i> Lepechin, 1780	4,17	0,008	0,008	0,17	0,167
Сем. Atylidae Lilljeborg, 1865						
88	<i>Atylus atlassovi</i> Gurjanova, 1951	4,17	0,003	0,003	0,33	0,333
Сем. Argissidae Walker, 1904						
89	<i>Argissa hamatipes</i> Norman, 1869	4,17	0,001	0,001	0,67	0,667
Сем. Synopiidae Dana, 1853						
90	<i>Syrrhoë crenulata</i> Goës, 1866	16,67	0,009	0,006	1,33	0,749
91	<i>Syrrhoë sp.</i>	4,17	0,005	0,005	0,17	0,167
Сем. Photidae Boeck, 1871						
92	<i>Gammaropsis melanops</i> G.O. Sars, 1883	8,33	0,001	0,001	0,50	0,366
93	<i>Gammaropsis sp.</i>	4,17	0,001	0,001	0,17	0,167
94	<i>Photis beringiensis</i> Tzvetkova, 1980	4,17	0,001	0,001	0,33	0,333
95	<i>Photis sp.</i>	20,83	0,004	0,003	5,33	4,005
Сем. Melitidae Bousfield, 1973						
96	<i>Melita dentata</i> Krøyer, 1842	8,33	0,023	0,021	1,00	0,732
97	<i>Melita sp.</i>	29,17	0,038	0,023	3,33	1,680
98	<i>Maera sp.</i>	8,33	0,010	0,007	1,50	1,044
Сем. Stenothoidae Boeck, 1871						
99	<i>Metopa layi</i> Gurjanova, 1948	4,17	0,002	0,002	0,17	0,167
100	<i>Metopa boeckii</i> Sars, 1892	4,17	0,001	0,001	0,17	0,167
101	<i>Metopella longimana</i> Boeck, 1871	4,17	0,001	0,001	0,33	0,333
102	<i>Mesometopa sp.</i>	8,33	0,001	0,001	0,33	0,231
103	<i>Parametopella stelleri</i> Gurjanova, 1948	4,17	0,001	0,001	0,17	0,167
104	<i>Stenothoidae gen. sp.</i>	4,17	0,001	0,001	0,17	0,167
Сем. Pleustidae Buchholz, 1874						
105	<i>Pleusymtes glaber</i> Boeck, 1861	4,17	0,001	0,001	0,17	0,167
106	<i>Pleusymtes sp.</i>	4,17	0,001	0,001	0,33	0,333
Сем. Gammaridae Leach, 1814						
107	<i>Gammarus sp.</i>	4,17	0,001	0,001	0,17	0,167
Сем. Anisogammaridae Bousfield, 1977						
108	<i>Eogammarus sp.</i>	4,17	0,002	0,001	0,17	0,167
Сем. Pardaliscidae Boeck, 1871						
109	<i>Pardalisca tenuipes</i> Sars, 1893	4,17	0,001	0,001	0,17	0,167
110	<i>Gammaridea fam. sp.</i>	33,33	0,009	0,003	8,08	3,652
Caprelloidea Leach, 1814						
111	<i>Caprella linearis</i> Linnaeus, 1767	8,33	0,004	0,004	0,67	0,520
112	<i>Caprella septentrionalis</i> Krøyer, 1838	4,17	0,003	0,003	0,17	0,167
113	<i>Caprelloidea fam. sp.</i>	8,33	0,014	0,013	1,83	1,668
CUMACEA						
Сем. Diastylidae Bate, 1856						
114	<i>Diastylis bidentata</i> Calman, 1912	12,50	0,038	0,026	3,92	3,032
115	<i>Diastylis hirsuta</i> Lomakina, 1955	4,17	0,001	0,001	1,17	1,167
116	<i>Diastylis koreana</i> Calman, 1911	4,17	0,001	0,001	0,33	0,333
117	<i>Diastylis alaskensis</i> Calman, 1912	4,17	0,002	0,002	0,33	0,333
118	<i>Diastylis sp.</i>	4,17	0,001	0,001	0,33	0,333
Сем. Lampropidae Sars, 1878						
119	<i>Alamprops affinis</i> Lomakina, 1958	4,17	0,001	0,001	0,17	0,167

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
Сем. Leuconidae Sars, 1878						
120	<i>Leucon minor</i> Lomakina, 1955	4,17	0,001	0,001	0,33	0,333
121	<i>Eudorellopsis biplicata</i> Calman, 1912	4,17	0,002	0,002	1,50	1,500
122	<i>Eudorellopsis uschakovi</i> Lomakina, 1955	4,17	0,001	0,001	0,83	0,833
123	<i>Eudorella minor</i> Lomakina, 1952	4,17	0,017	0,017	3,83	3,833
Сем. Nannastacidae Bate, 1866						
124	<i>Campylaspis crisper</i> Lomakina, 1955	4,17	0,001	0,001	0,50	0,500
125	<i>Cumacea</i> fam. sp.	20,83	0,006	0,004	2,17	1,129
ISOPODA						
Сем. Munnidae G.O. Sars, 1897						
126	<i>Munna stephenseni</i> Gurjanova, 1933	8,33	0,003	0,002	0,83	0,589
127	<i>Isopoda</i> fam. sp.	4,17	0,001	0,001	0,17	0,167
128	OSTRACODA	16,67	0,002	0,001	0,83	0,416
DECAPODA						
129	<i>Pagurus</i> sp.	4,17	0,019	0,019	0,17	0,167
130	<i>Hyas</i> sp.	4,17	0,048	0,048	0,17	0,167
Итого CRUSTACEA			2,925	2,188	301,50	212,741

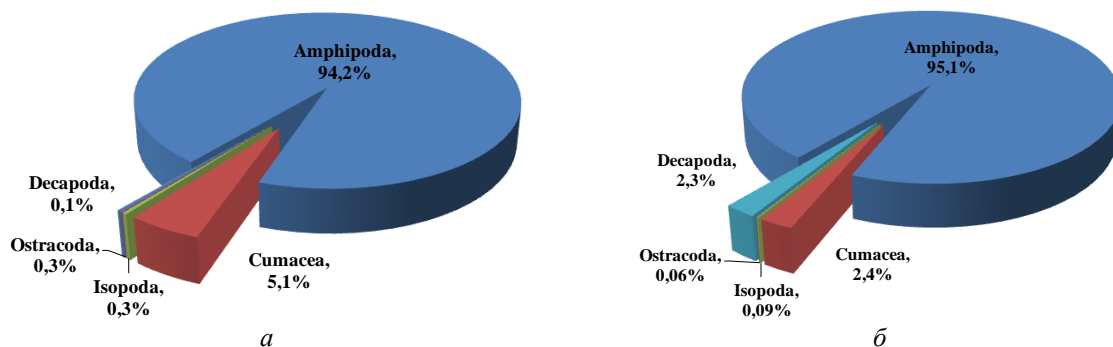


Рис. 2. Соотношение относительной плотности поселения (а) и относительной биомассы (б) различных таксономических групп непромысловых ракообразных в Камчатском заливе

Fig. 2. The relation of the abundance (a) and biomass (b) of non-commercial crustaceans by taxonomic groups

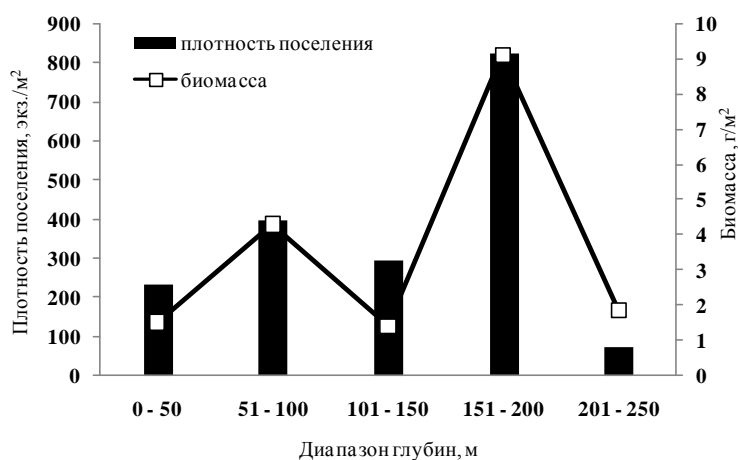


Рис. 3. Изменение плотностных характеристик непромысловых ракообразных с ростом глубины

Fig. 3. Distribution of quantitative indicators depending on the depth

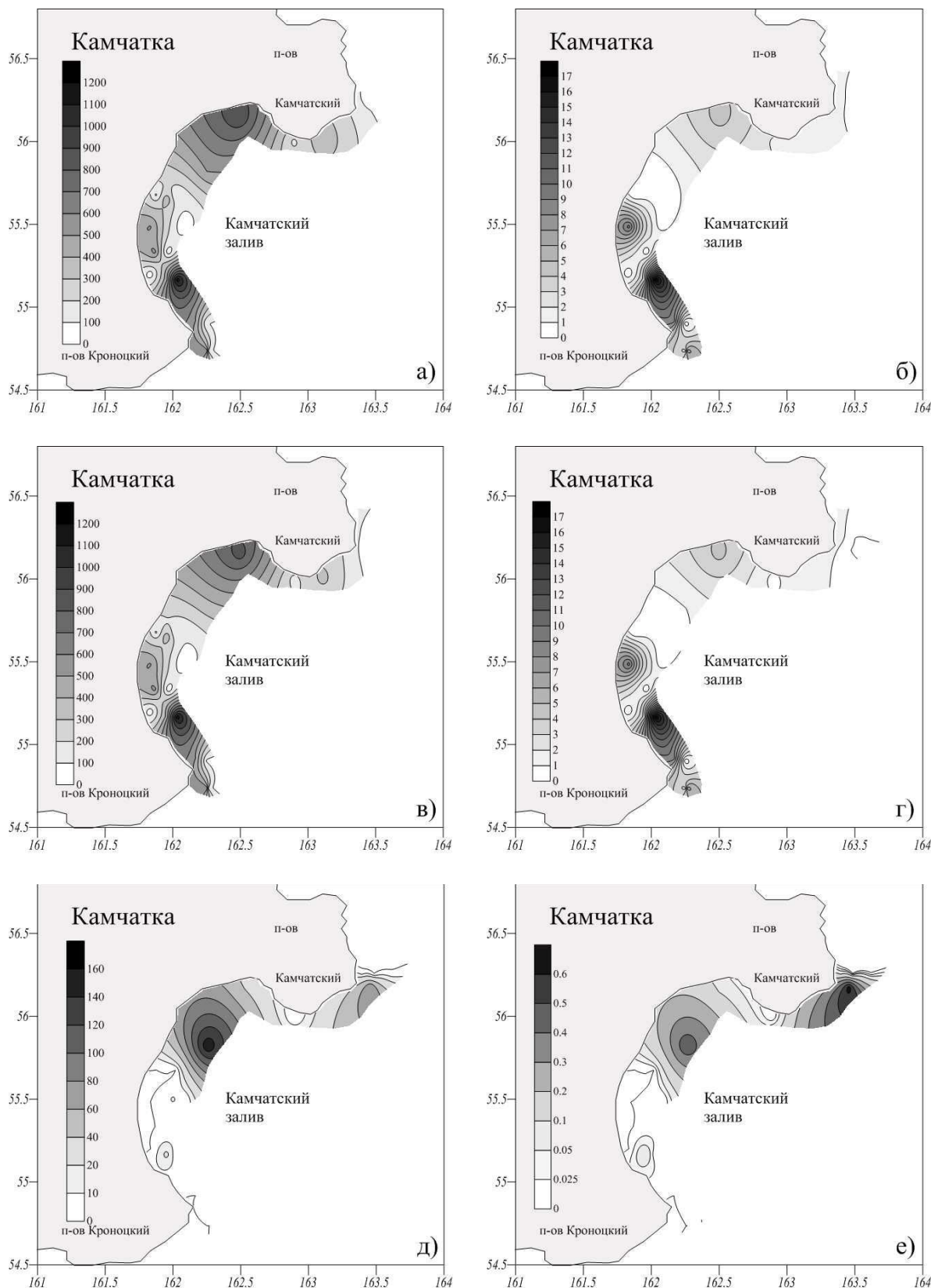


Рис. 4. Распределение плотности поселения и биомассы всех непромысловых ракообразных (а, б), амфипод (в, г) и кумовых раков (д, е) на шельфе Камчатского залива в 2013 г.

Fig. 4. Distribution of population density and biomass of all non-commercial crustaceans (a, б), amphipods (в, г) and cumaceans (д, е) in Kamchatka Bay in 2013

Максимальные значения численности и биомассы амфипод были отмечены на станции № 5 (ср. глубина 186 м), на грунте, представленном мелким илистым песком, и составили 1 156 экз/м² и 16,832 г/м² соответственно.

Кумовые раки отмечены на 10 станциях. Максимальная плотность поселения отмечена в центральной части Камчатского залива на ст. № 18 на глубине 200 м. Здесь обнаружены представители четырех видов кумовых: *Eudorella minor* – 92 экз/м² и 0,396 г/м²; *Diastylis hirsuta* – 28 экз/м² и 0,028 г/м²; *Eudorellopsis uschakovi* – 20 экз/м² и 0,24 г/м²; *Campylaspis crista* – 12 экз/м² и 0,02 г/м². Максимальную биомассу кумовых раков зафиксировали напротив м. Африка на глубине 50 м (ст. № 30) – 0,636 г/м², где доминировали представители вида *Diastylis bidentata*, биомасса которых составила 0,604 г/м².

Изоподы найдены на трех станциях. В одном случае организм был определен до вида *Munna stephenseni*, в двух других видовую принадлежность определить не удалось, животные были записаны как *Isopoda fam. sp.* Во всех случаях встречи были единичными, биомасса на станции не превышала 0,048 г/м².

Декаподы и остракоды попадались единично, встречаемость по численности составила 0,4%, а по биомассе – 2,3%. Из декапод были отмечены крабы-пауки *Huys* sp. и раки-отшельники *Pagurus* sp.

А.П. Кузнецовым для Камчатского залива показана средняя биомасса дночерпательного макрозообентоса, равная 174 г/м², из которых 4,2% приходится на долю ракообразных. Указан большой вклад в общую биомассу дночерпательного бентоса амфипод в северной части залива в районе впадения р. Камчатки, где наблюдается обеднение показателей количественного развития донной фауны в связи со значи-

тельным опреснением. В этом месте залива на крупноалевритовых грунтах на глубине 30–50 м автором был выделен биоценоз Cumacea, без указания видового состава кумовых раков, отмечено, что биоценоз на 30–50% состоит из кумовых раков, количество которых достигает местами 400–500 экз/м², и иногда к ним присоединяются мелкие бокоплавы из семейств Lysianassidae и Haustoriidae (500–100 экз/м² и более) [Кузнецов, 1961a].

В.Н. Кобликов и В.А. Надточий [1992] в своей работе, посвященной количественной оценке бентоса прибрежных вод оценивают среднюю биомассу всего дночерпательного бентоса в 206,4 г/м²; средняя биомасса ракообразных (Amphipoda и Decapoda) при этом составляла (4,4 ± 1,1) и (5,9 ± 4,5) г/м², или 2,1 и 2,85% от общей биомассы. В приведенных в работе картах количественного распределения донных сообществ в северной части залива на песчаных илах недалеко от устья р. Камчатки на глубинах 25–30 м, по данным двух дночерпательных станций, авторами было выделено сообщество Amphipoda средней биомассой 17,6 г/м², в котором на долю амфипод приходится 42% (7,4 г/м²). Численность представителей этой группы, в которой доминировали виды из семейства Lysianassidae, колебалась от 204 до 1 264 экз/м², в среднем составив 734 экз/м². Также в сообществе были отмечены кумовые раки (304 экз/м² и 0,4 г/м²), двустворчатые моллюски (2 экз/м² и 19 г/м²), полихеты *Nephtys longocetosa*, представители сем. Spionidae, Glyceridae. Видовые списки ракообразных в работе не приводились [Кобликов, Надточий, 1992].

В районе устья р. Камчатки в съемке, проведенной нами, была выполнена одна дночерпательная станция № 31 на глубине 31 м на грунте, представленном илистым

песком. На ней плотность поселения амфипод составила 852 экз/м² при биомассе 4,476 г/м². Были определены 21 вид амфипод и два вида кумовых раков, доминантами являлись виды из надсемейства Lysianassidae, их было определено девять видов при общей плотности поселения – 468 экз/м². Самым массовым представителем надсемейства Lysianassidae был хищник и некрофаг *Hippomedon pacificus* – 120 экз/м² и 1,216 г/м².

Таким образом, можно сказать, что биоценоз, отмеченный в работах А.П. Кузнецова [Кузнецов, 1961а, 1961б] и В.Н. Кобликова и В.А. Надточий [Кобликов, Надточий, 1992], сохранился.

Кроме того, по проведенным нами работам в южной части залива на станции № 5 на средней глубине 186 м (176 и 197 м по двум подъемам), на грунте, представленном мелким илистым песком, можно выделить еще один биоценоз, где преобладающими по численности являются амфиподы (рис. 4 в, з). Было отмечено 22 вида

амфипод общей численностью и биомассой 1 156 экз/м² и 16,832 г/м² соответственно, из которых доминирующими являлись подвижные сестонофаги (фильтраторы) семейства Ampeliscidae: *Ampelisca eschrichti* – 176 экз/м² и 4,704 г/м²; *A. macrocephala* – 68 экз/м² и 2,556 г/м²; *Byblis erythropis* – 108 экз/м² и 1,704 г/м²; *B. longicornis* – 76 экз/м² и 1,816 г/м² и полифаг *Hippomedon pacificus* – 32 экз/м² и 1,484 г/м². Также на этой станции были отмечены некрупные двустворчатые моллюски – 60 экз/м² и 51,228 г/м².

В фауне амфипод Камчатского залива нами установлено наличие трех зоогеографических комплексов (табл. 2). Больше половины фауны (54,9%) составляют бореально-арктические виды, 7,3% из них циркумполярны в Арктике. Доля эндемиков тихоокеанской бореальной области составляет 26,8%, причем 23,2% из них распространены только у азиатского побережья. Доля амфибореальных видов составляет 18,3%.

Таблица 2. Зоогеографический состав фауны амфипод шельфовой зоны Камчатского залива в 2013 г.

Table 2. Zoogeographic composition of the amphipod fauna of the Kamchatka Gulf shelf zone in 2013

Зоогеографический комплекс	Количество видов	Доля от общего числа видов, %
I. Эндемики Тихоокеанской бореальной области		
1. Тихоокеанские широкобореальные виды (ТШБ)	2	2,4
2. Тихоокеанские приазиатские широкобореальные виды (ТПШБ)	16	19,5
3. Тихоокеанские приазиатские высокобореальные виды (ТПВБ)	3	3,7
4. Тихоокеанские высокобореальные виды (ТВБ)	1	1,2
II. Бореально-арктические виды (Б-А)	39	47,6
1. Бореально-арктические циркумполярные в Арктике (Б-АЦ)	6	7,3
III. Амфибореальные виды (АБ)	15	18,3
ИТОГО	82	100,0

Примечание. Таблица составлена с использованием литературных данных [Гурьянова 1951, 1962; Василенко, 1974; Будникова, Безруков, 2018а, 2018б; Блохин, Морозов, 2021].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показали, что видовой состав непромысловых ракообразных в исследуемом районе довольно богат и насчитывает 130 видов. Самыми массовыми из непромысловых ракообразных как по биомассе, так и по частоте встречаемости, были амфиподы, занимавшие более 94% плотности поселения и более 95% биомассы всех, отмеченных нами в дночерпательном бентосе, ракообразных. В Камчатском заливе на глубины от 150 до 200 м приходились наибольшие плотности поселений непромысловых ракообразных.

Непромысловые ракообразные широко распространены по всей акватории Камчатского залива в широком диапазоне глубин. По биомассе и по частоте встречаемости чаще других доминировали представители надсемейства *Lysianassidea*, сем. *Melitidae* и сем. *Ampeliscidae*. Наиболее встречаемыми были виды *Hippomedon pacificus*, *H. propinquus eous*, *H. punctatus*, *Anonyx nugax*, *Melita denata*, *Ampelisca macrocephala*, *Ampelisca eschrichtii*, *Ampelisca birulai*, *Ampelisca furcigera*, *Byblis erythrops*, но ни один из этих видов не доминировал.

В Камчатском заливе сохранился биоценоз амфипод в районе устья р. Камчатки, выделенный при более ранних исследованиях, и в южной части шельфа Камчатского залива на глубине 186 м по результатам наших исследований можно выделить биоценоз с доминированием амфипод с преобладанием в нем подвижных сестонофагов (фильтраторов) семейства *Ampeliscidae*.

Особенностью зоогеографического состава фауны амфипод шельфовой зоны Камчатского залива является преобладание в ней представителей холодноводного бо-реально-арктического комплекса.

Следует отметить, что данные исследования следует проводить хотя бы раз в не-

сколько лет, чтобы иметь актуальные данные о видовом и количественном составе организмов макрозообентоса, составляющих основу рациона бентосоядных рыб.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает искреннюю благодарность бывшему сотруднику лаборатории гидробиологии КамчатНИРО, в настоящий момент заместителю директора по научной деятельности КФТИГ ДВО РАН Д.Д. Данилину за сбор материала для данной публикации.

ЛИТЕРАТУРА

- Атлас карт океанографических данных промысловых районов Берингова и Охотского морей. ИО АН СССР. 1955. 47 с.
- Буданова Л.Я. 1961. Батиметрическая карта северо-западной части Тихого океана в масштабе 1:5000000. *Океанология*. № 2.
- Блохин И.А. 2018. Непромысловые ракообразные Камчатского залива в 2013 г. *Тезисы докладов XIX международной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*. С. 215–218.
- Блохин И.А., Архипова Е.А. 2018. Исследование сообществ бентоса для оценки кормовой базы звездчатой камбалы *Platichthys stellatus* (Pallas) мелководья Камчатского залива в июне 2013 г. *Тезисы докладов XIX международной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*. С. 219–222.
- Блохин И.А., Морозов Т.Б. 2021. Таксономический состав амфипод шельфовой зоны Камчатского залива. *Материалы XII Национальной (всероссийской) научно-практической конференции «Природные ресурсы, их современное*

- состояние, охрана, промысловое и техническое использование». Ч. I. С. 16–23.
- Будникова Л.Л., Безруков Р.Г. 2018а. Таксономический состав и зонально-географические характеристики амфипод (Amphipoda: Gammaridea, Caprellidea) сублиторальной зоны Анадырского и Мечигменского заливов (Берингово море). *Сборник научных трудов «Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана»*. Вып. 50. С. 41–53.
- Будникова Л.Л., Безруков Р.Г. 2018б. Количественные характеристики амфипод (Amphipoda: Gammaridea, Caprellidea) сублиторальной зоны Анадырского и Мечигменского заливов (Берингово море). *Сборник научных трудов «Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана»*. Вып. 50. С. 54–63.
- Головань О.А., Малютина М.В. 2010. Биота российских вод Японского моря. Т. 9. Ч. 1. Равноногие раки (Isopoda). Под ред. А.В. Чернышева. Владивосток. Дальнаука. 357 с.
- Гурьянова Е.Ф. 1951. Бокоплавы морей СССР и сопредельных вод (Amphipoda-Gammarida). Ленинград: Наука. 1029 с. (Определители по фауне СССР. Зоол. ин-т АН СССР. Вып. 41).
- Гурьянова Е.Ф. 1962. Бокоплавы северной части Тихого океана. Ленинград: Наука. Ч. 1. 440 с. (Определители по фауне СССР. Зоол. ин-т АН СССР. Вып. 74).
- Василенко С.В. 1974. Капреллиды (морские козочки) морей СССР и сопредельных вод. Ленинград: Наука. 87 с. (Определители по фауне СССР. Зоол. ин-т АН СССР. Вып. 107).
- Дулупова Е.П. 1990. Кормовые ресурсы и степень их использования бентофагами в шельфовых районах Камчатки. *Биологические ресурсы шельфовых и окраинных морей*. Москва: Наука. С. 78–83.
- Зенкевич Л.А., Филатова З.А. 1958. Общая характеристика качественного состава и количественного распределения донной фауны дальневосточных морей СССР и северо-западной части Тихого океана. *Труды ИОАН СССР*. Т. 27. С. 154–160.
- Кобликов В.Н., Надточий В.А. 1992. Количественная оценка бентоса прибрежных вод некоторых районов Восточной Камчатки. В кн.: Биологические ресурсы Тихого океана. Москва. С. 100–116.
- Кузнецов А.П. 1960. К вопросу о взаимоотношениях видов в биоценозах. *Докл. АН СССР*. Т. 131. № 4.
- Кузнецов А. П. 1961а. Материалы по количественному учету донной фауны Камчатского залива. *Труды Института океанологии АН СССР*. Т. XLVI.
- Кузнецов А.П. 1961б. Материалы по экологии некоторых массовых форм бентоса из района восточной Камчатки и северных Курильских островов. *Труды Института океанологии АН СССР*. Т. XLVI.
- Кузнецов А.П. 1963. Фауна донных беспозвоночных прикамчатских вод Тихого океана и северных Курильских островов. Москва: АН СССР. 272 с.
- Ломакина Н.Б. 1958. Кумовые раки (Cuma-sea) морей СССР. Москва – Ленинград. 301 с. (Определители по фауне СССР. Зоол. ин-т АН СССР. Вып. 66).
- Нейман А.А. 1983. Рекомендации по исследованию бентоса шельфов. Москва: ВНИРО. 24 с.
- Романкевич Е.А. 1958. Органическое вещество в донных отложениях северо-западной части Тихого океана к востоку от Камчатки. *Диссертация (рукопись)*. Б-ка Ин-та океанологии. АН СССР. Москва.

REFERENCES

- Atlas of oceanographic data maps of fishing areas of the Bering and Okhotsk Seas. IO OF THE USSR Academy of Sciences. 1955. 47 p. (in Russian).
- Budanova L.Ya. 1961. Bathymetric map of the Northwest Pacific Ocean on a scale of 1:5000000. *Okeanologiya (Oceanology)*. № 2 (in Russian).
- Blokhin I.A. 2018. Non-commercial crustaceans of the Kamchatka Gulf in 2013. *Proceedings of XIX International conference "Conservation of the biodiversity of Kamchatka and adjacent seas"*. P. 215–218 (in Russian).
- Blokhin I.A., Arkhipova E.A. 2018. A study of benthic communities to assess the food supply of the star flounder *Platichthys stellatus* (Pallas) in the shallow waters of the Kamchatka Bay in June 2013. *Proceedings of XIX International conference «Conservation of the biodiversity of Kamchatka and adjacent seas»*. P. 219–222 (in Russian).
- Blokhin I.A., Morozov T.B. 2021. Taxonomic composition of amphipods of the Kamchatka gulf shelf zone. *Proceedings of XII National (All-Russian) scientific and practical conference "Natural resources, their present condition, protection, commercial and technical use"*. Part I. P. 16–23 (in Russian).
- Budnikova L.L., Bezrukov R.G. 2018a. Taxonomic composition and zonal-geographical characteristics of amphipods (Amphipoda: Gammaridea, Caprellidea) of the sublittoral zone of the Anadyr and Mechigmen bays (Bering Sea). *Collection of scientific papers "Studies of aquatic biological resources of Kamchatka and the north-western part of the Pacific Ocean"*. Issue 50. P. 41–53 (in Russian).
- Budnikova L.L., Bezrukov R.G. 2018b. Quantitative characteristics of amphipods (Amphipoda: Gammaridea, Caprellidea) of the sublittoral zone of the Anadyr and Mechigmen bays (Bering Sea). *Collection of scientific papers "Studies of aquatic biological resources of Kamchatka and the North-western Pacific Ocean"*. Issue 50. P. 54–63 (in Russian).
- Golovan O.A., Malyutina M.V. 2010. Biota of the Russian waters of the Sea of Japan. Vol. 9, part 1. Isopoda crayfish. Edited by A.V. Chernyshev. Vladivostok. Dalnauka. 357 p. (in Russian).
- Guryanova E.F. 1951. Bokoplavy seas of the USSR and adjacent waters (Amphipoda-Gammarida). Leningrad: Nauka. 1029 p. (Determinants of the fauna of the USSR. Zool. Institute of the USSR Academy of Sciences. Issue 41) (in Russian).
- Guryanova E.F. 1962. Bokoplavy of the North Pacific Ocean. Leningrad: Nauka. Ch. 1. 440 p. (Determinants of the fauna of the USSR. Zool. Institute of the USSR Academy of Sciences. Issue 74) (in Russian).
- Vasilenko S.V. 1974. Caprellids (Sea goats) of the seas of the USSR and adjacent waters. Leningrad: Nauka. 87 c. (Determinants of the fauna of the USSR. Zool. Institute of the USSR Academy of Sciences. Issue 107) (in Russian).
- Dulepova E.P. 1990. Fodder resources and the degree of their use by benthophages in the shelf areas of Kamchatka. Biological resources of shelf and marginal seas. Moscow: Nauka. P. 78–83 (in Russian).
- Zenkevich L.A., Filatova Z.A. 1958. General characteristics of the qualitative composition and quantitative distribution of the bottom fauna of the Far Eastern seas of the USSR and the Northwestern Pacific Ocean. Tr. IOAN of the USSR. Vol. 27. P. 154–160 (in Russian).
- Koblikov V.N., Nadtochiy V.A. 1992. Quantitative assessment of benthic coastal waters of some areas of Eastern Kamchatka.

- Biological Resources of the Pacific Ocean. Moscow. P. 100–116 (in Russian).
- Kuznetsov A.P. 1960. On the question of the relationship of species in biocenoses. Dokl. USSR Academy of Sciences. Vol. 131. №. 4. (in Russian).
- Kuznetsov A.P. 1961a. Materials on quantitative accounting of the bottom fauna of the Kamchatka Bay. *Proceedings of the Institute of Oceanology of the USSR Academy of Sciences*. Vol. XLVI (in Russian).
- Kuznetsov A.P. 1961b. Materials on ecology of some mass forms of benthos from the area of eastern Kamchatka and the northern Kuril Islands. *Proceedings of the Institute of Oceanology of the USSR Academy of Sciences*. Vol. XLVI (in Russian).
- Kuznetsov A.P. 1963. Fauna of benthic invertebrates of the Kamchatka waters of the Pacific Ocean and the Northern Kuril Islands. Moscow: USSR Academy of Sciences. 272 p. (in Russian).
- Lomakina N.B. 1958. Cumacea crayfish (Cumacea) of the seas of the USSR. Moscow – Leningrad., 301 p. (Determinants of the fauna of the USSR. Zool. Institute of the USSR Academy of Sciences. Issue 66). (in Russian).
- Neiman A.A. 1983. Recommendations for the study of benthic shelves. Moscow: VNIRO. 24 p. (in Russian).
- Romankevich E.A. 1958. Organic clothing in the bottom sediments of the northwestern Pacific Ocean east of Kamchatka. *Dissertation (manuscript)*. Oceanology Institute Library. USSR Academy of Sciences. Moscow (in Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Блохин Иван Алексеевич – Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО); 683000, Петропавловск-Камчатский; старший специалист; Камчатский государственный технический университет, 683003, Петропавловск-Камчатский; аспирант; ivblokhin@gmail.com. SPIN-код: 2186-1779, Autor ID: 618784.

Blokhin Ivan Alexeevich – Kamchatka Branch of the Russian Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO); 683000, Petropavlovsk-Kamchatsky; Senior Specialist; Kamchatka State Technical University, 683003, Petropavlovsk-Kamchatsky; Postgraduate, ivblokhin@gmail.com. SPIN-code: 2186-177, Autor ID: 618784.

ЦИТОЛОГИЧЕСКИЕ И КАРИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КАМЧАТСКИХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *ALARIA* (LAMINARIALES, PHAEOPHYCEAE)

Климова А.В., Клочкова Т.А.

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

Представлены новые данные по цитологии и кариологии представителей рода *Alaria*, произрастающих у берегов восточной Камчатки. Поскольку, несмотря на морфологические различия, ранее указываемые здесь как *A. angusta* и *A. marginata* виды оказались генетически идентичны и конспецифичны *A. esculenta*, нами была обоснована их самостоятельность в качестве внутривидовых таксонов *A. esculenta* – f. *angustifolia* и f. *latifolia* соответственно. Цитохимические исследования показали, что разные формы *A. esculenta* имеют различный олигосахаридный состав поверхности яйцеклеток и женских гаметофитов, т. е. на стадиях жизненного цикла, обеспечивающих поддержание гетерозиготности вида и, возможно, репродуктивную изоляцию его форм. В приазиатской части ареала *A. esculenta* имеет вдвое меньший, чем в атлантическом и арктическом районах, гаплоидный набор хромосом – 14 вместо 28, что дает основание говорить о том, что центром происхождения *A. esculenta* и ее расселения в Мировом океане является северо-западная Пацифика.*

Ключевые слова: Камчатка, кариотип, флуоресцеин-изотиоцианат (ФИТЦ)-меченные лектины, хромосомные числа, *Alaria esculenta* complex, Laminariales.

CYTOLOGICAL AND CHROMOSOMAL FEATURES OF *ALARIA* SPECIES (LAMINARIALES, PHAEOPHYCEAE) FROM KAMCHATKA

Klimova A.V., Klochkova T.A.

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

We present new data on cytology and karyology of representatives of the genus *Alaria* from the eastern Kamchatka. Since, despite morphological differences, taxa previously reported from this region as *A. angusta* and *A. marginata* turned out to be genetically identical and conspecific to *A. esculenta*, we substantiated their independence as intraspecific taxa, *A. esculenta* – f. *angustifolia* and f. *latifolia*, respectively. Cytochemical studies showed that different forms of *A. esculenta* have different oligosaccharide composition on the surface of oocytes and female gametophytes, i. e. during life cycle stages that ensure maintenance of species heterozygosity and, possibly, reproductive isolation of its forms. In Asian region, *A. esculenta* has a haploid chromosome number, which is half from that recorded from the Atlantic and Arctic regions, 14 instead of 28, suggesting that northwest Pacific is the center of *A. esculenta* origin and its settlement in the World Ocean.

Key words: Kamchatka, karyotype, FITC-lectins, chromosome number, *Alaria esculenta* complex, Laminariales.

* Исследование выполнено при поддержке РФФИ в рамках научных проектов № 16-34-00874 и № 19-04-00285 А (This study was supported by the grant from Russian Foundation for Basic Research (RFBR) (projects № 16-34-00874, № 19-04-00285 А)).

ВВЕДЕНИЕ

Большинство родов порядка Laminales являются монотипическими или включают в свой состав не более двух видов. *Alaria* – один из немногих его политипических родов [Bolton, 2010; Silberfeld et al., 2014; Guiry, Guiry, 2021]. Его представители широко распространены в умеренных и арктических водах Северного полушария, имеют высокую хозяйственную значимость.

Данный род был описан в первой трети XIX века Р.К. Гревилем [Greville, 1830]. Его типовым видом стала *A. esculenta*, ранее известная как *Fucus esculentus* [Linnaeus, 1753]. К середине прошлого века в связи с исключительной морфологической изменчивостью представителей рода *Alaria* для него было описано более ста видовых и внутривидовых таксонов [Widdowson, 1971]. В ходе региональных ревизий ламинариевых объем рода неоднократно пересматривался [Петров, 1973; Yendo, 1919]. Полная его ревизия в альгофлоре Мирового океана, основанная на изучении гербарных фондов разных стран, в том числе водорослевой коллекции БИН РАН, была проведена канадским альгологом Т.Б. Виддоусоном [Widdowson, 1971]. До внедрения в систематику методов молекулярной генетики большинство исследователей разделяли его взгляды на внутривидовую дифференциацию рода *Alaria*.

Появление для представителей этой группы молекулярно-филогенетических данных по северной Атлантике, северо-восточной Пацифике и Японии привело к существенному изменению ранее сложившихся представлений [Kraan, Guiry, 2000, 2001; Kraan et al., 2001; Lane et al., 2007; Grant, Bringloe, 2020; Kraan, 2020]. Исследования процитированных выше авторов показали, что в Атлантическом

и Северном Ледовитом океанах распространен только один весьма полиморфный вид – *A. esculenta*, а указывавшиеся здесь прежде *A. grandifolia* [Kraan et al., 2001] и *A. pylaiei* [Lüning, 1990] являются ее синонимами. Далее было установлено, что у тихоокеанских берегов Северной Америки встречается только один вид – *A. marginata*, а указывавшиеся здесь *A. nana*, *A. taeniata* и *A. tenuifolia* также являются ее синонимами [Lane et al., 2007].

У азиатского побережья Тихого океана молекулярно-филогенетическое изучение рода *Alaria* до наших исследований не проводилось. До недавнего времени здесь было известно семь видов [Климова, 2018]. Три из них – *A. angusta*, *A. marginata* и *A. ochotensis* – считались широкоареальными [Клочкова и др., 2009; Белый, 2013; Евсева, 2019; Yoshida et al., 2015], три – эндемиками о-вов Святого Лаврентия (*A. crispa*) [Lane et al., 2007] и Хоккайдо (*A. crassifolia*) [Yoshida et al., 2015], северных и средних Курил (*A. paradisea*) [Klimova et al., 2018b]. В отношении самостоятельности седьмого вида (*A. praelonga*), типовым местообитанием которого являются Командорские острова [Kjellman, 1889], мнения альгологов неоднозначны. Ю.Е. Петров [Петров, 1973], автор ревизии ламинариевых российского Дальнего Востока, и другие российские альгологи не признают его самостоятельности, японские ученые продолжают считать самостоятельными и указывать в альгофлоре о. Хоккайдо [Yoshida et al., 2015; Kawashima, 1993].

Присутствие вида *A. esculenta* в северной Пацифике считается спорным. Первые его указали здесь А.Ф. Постельс и Ф.И. Рупрехт [Постельс, Рупрехт, 1840]. Камчатских представителей вида они отнесли к «разностям»: *angustifolia*, *latifolia* и *pinnatifida*. Позднее эти «разности» получили таксономическое оформление:

две из них были возведены в ранг форм вида *angustifolia* и *latifolia*, а одна (*pinna-tifida*) признана *nomen illegitimum* [Klimova et al., 2018a].

Однако после упомянутой выше ревизии рода *Alaria* Ю.Е. Петрова [Петров, 1973] было принято считать, что *A. esculenta* в приазиатской альгофлоре отсутствует [Клочкова и др., 2009; Белый, 2013; Дуленин, Гусарова, 2016; Евсеева, 2019; Kawashima, 1993; Klochkova, 1998; Yoshida et al., 2015]. В научной литературе по альгофлоре восточной Камчатки до наших исследований указывали четыре вида: *A. angusta* и *A. marginata* [Ошурков и др., 1989; Клочкова, Березовская, 1997; Суховеева, Подкорытова, 2006; Клочкова и др., 2009; Klochkova, 1998], *A. ochotensis* [Зинова, 1954] и *A. macroptera* [Виноградова, 1973]. Последний вид, описанный для северо-западной Камчатки Ф.И. Рупрехтом [Ruprecht, 1850] как *Phasganon macropteron*, Ю.Е. Петров [Петров, 1973] считал синонимом *A. marginata*, Т.Б. Виддоусон [Widdowson, 1971] – синонимом *A. esculenta*, К.В. Виноградова – самостоятельным таксоном.

Проведенное нами молекулярно-филогенетическое исследование камчатских представителей рода *Alaria* выявило, что водоросли, ранее определяемые как *A. angusta* и *A. marginata*, несмотря на морфологические различия, имели практически идентичные последовательности трех генетических маркеров (совпадение по COI – 100%, rDNA – 99,8%, Rubisco – 100%) [Клочкова и др., 2019]. Более того, они были близки к комплексу видов *Alaria esculenta* и, по всей вероятности, являются формами *angustifolia* и *latifolia* [Klimova et al., 2018a]. Эти данные подтверждают взгляды А.Ф. Постельса и Ф.И. Рупрехта [Постельс, Рупрехт, 1840] и Т.Б. Виддоусона [Widdowson, 1971], считавших, что

ареал *A. esculenta* кроме Атлантики, арктического побережья Евразии и Северной Америки охватывает северо-западную Пацифику. Дополнительно следует отметить, что совсем недавно на основе полногеномного исследования некоторых видов рода *Alaria*, в том числе алариевых водорослей Авачинского залива, последние были отнесены к *A. crispa* [Bringloe et al., 2021]. В настоящее время этот вид наряду с *A. praelonga* и собственно *A. esculenta* формируют комплекс видов ‘*A. esculenta*’ (= *A. esculenta* complex). Мы полагаем, что введение в альгофлору Камчатки нового вида преждевременно и, вероятно, в будущем может привести к путанице. Окончательно разрешить сложившуюся ситуацию с видовым названием возможно только после генетических исследований водорослей с Командорских островов. Ведь именно о. Беринга является типовым местообитанием для *A. angusta*, *A. praelonga*, *A. lanceolata* и *A. taeniata* [Kjellman, 1889]. Поэтому далее в настоящей работе алариевые водоросли Камчатки обозначены нами как *A. esculenta* f. *angustifolia* и *A. esculenta* f. *latifolia*.

Учитывая высокую степень морфологической изменчивости представителей рода *Alaria* и перекрываемость большинства признаков, представляется актуальным выявить дополнительные критерии, позволяющие обосновать их внутривидовую дифференциацию. Изучение особенностей строения споронной ткани и развития гаметофитов у *A. esculenta* f. *angustifolia* и *A. esculenta* f. *latifolia* (как *A. angusta* и *A. marginata*) с побережья Камчатки выявило ряд различий [Климова, Клочкова, 2014, 2017], которые позволили предположить, что данные формы могут быть генетически детерминированы. В представленной работе продолжено изучение *A. esculenta* у побережья Камчатки. Цель данного исследования заключалась в обосновании

самостоятельности внутривидовых форм *angustifolia* и *latifolia* с помощью цитологических и кариологических методов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Используемые материалы

Образцы водорослей были собраны в Авачинском заливе в 2015–2018 гг. (рис. 1). Исследованные образцы надежнее всего различались строением спорофиллов. Так, у *A. esculenta* f. *angustifolia* они

узкие, ланцетовидные, плотные, не имеют петиолей, собраны в плотные пучки или расставлены вдоль черешка (рис. 1, 1–3). В местах с высокой подвижностью воды они спиралевидно закручиваются. Сорусы спорангиев у представителей этой формы развиваются практически по всей поверхности спорофиллов, стерильной у них остается только узкая краевая кайма. Обычным местом произрастания *A. esculenta* f. *angustifolia* являются участки берега с высокой подвижностью воды.

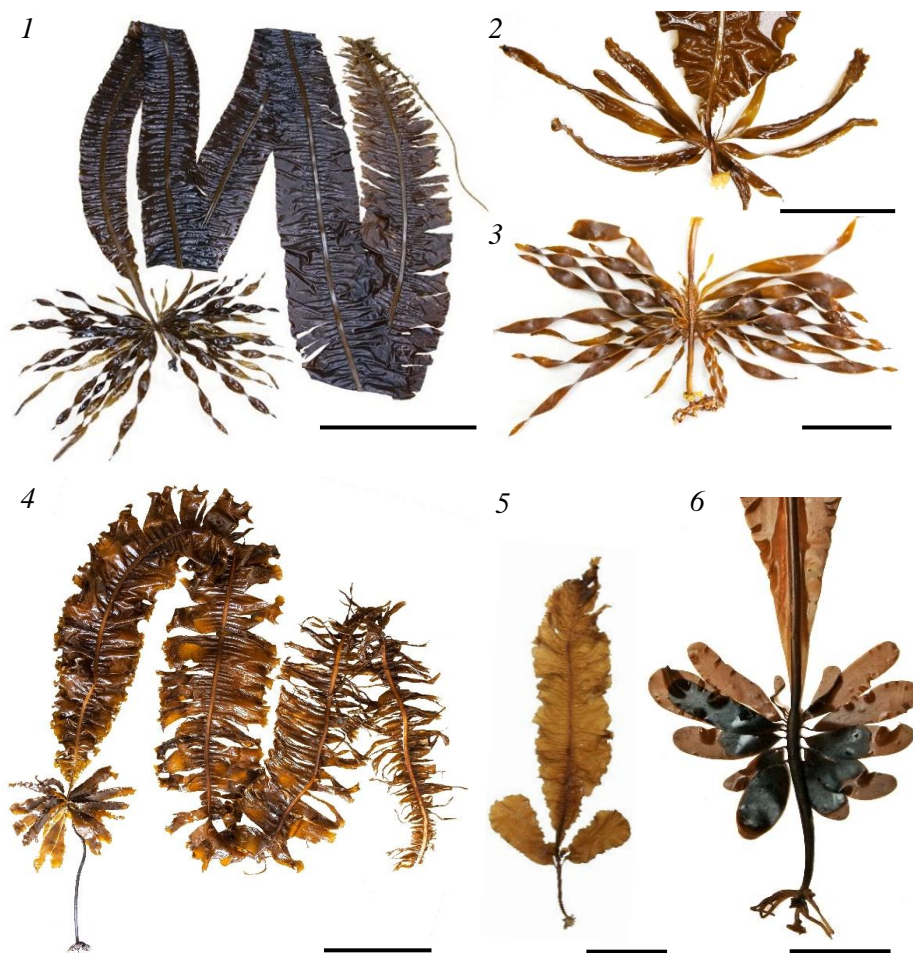


Рис. 1. *Alaria esculenta* у берегов восточной Камчатки. 1–3 – *A. esculenta* f. *angustifolia*: 1 – образец, собранный у мыса Маячный, 2 – ювенильный образец со стерильными спорофиллами, 3 – образец 2-го года жизни со зрелыми спорофиллами; 4–6 – *A. esculenta* f. *latifolia*: 4 – образец со зрелыми спорофиллами 3-го года жизни из бухты Шлюпочная, 5 – ювенильный образец 1-го года жизни, 6 – пучок спорофиллов у водоросли 2-го года жизни. Масштаб: 1 – 50 см; 2, 3, 5, 6 – 10 см; 4 – 30 см

Fig. 1. Morphology of *Alaria esculenta* from Eastern Kamchatka. 1–3 – *A. esculenta* f. *angustifolia*: 1 – specimen collected near Mayachny cape, 2 – juvenile algae with sterile sporophylls, 3 – 2nd year old specimen with a spore-bearing sporophylls; 4–6 – *A. esculenta* f. *latifolia*: 4 – 3rd year old specimen with a spore-bearing sporophylls collected from Shlyupochnaya bay, 5 – juvenile algae, 6 – 2nd year old specimen with a spore-bearing sporophylls. Scale bar: 1 – 50 cm; 2, 3, 5, 6 – 10 cm; 4 – 30 cm

У представителей *A. esculenta* f. *latifolia* спорофиллы широколанцетовидные или почти овальные, с хорошо выраженными петиолями, собраны в пучки или расставлены вдоль черешка (рис. 1, 4–6). Спороносная ткань покрывает только их нижнюю часть, верхняя, нередко большая по площади, остается стерильной. Типичные представители данной формы вида встречаются у слабоприбойных участков берега.

Для проведения цитологических и кариологических исследований использовали гаметофиты и проростки спорофитов из лабораторных культур, полученных от зооспор. Методы постановки и поддержания лабораторных культур подробно описаны в нашей работе [Климова, Клочкова, 2017]. Развитие гаметофитов от оседания зооспор до появления спорофитов контролировали с помощью обычного светового и инвертированного микроскопов Olympus BX53 и Olympus IX70. Для фото- и видеодокументирования результатов окрашивания половых клеток и клеток гаметофитов использовали цифровую фотокамеру Olympus DP73 с программным обеспечением Cell Sens Standard (Olympus, Japan).

Цитохимические исследования

Видоспецифичные различия полисахаридного состава на поверхности репродуктивных и вегетативных клеток гаметофитов определяли путем их флуоресцентного окрашивания с помощью коммерческого набора флуоресцеин-изотиоцианат (ФИТЦ)-меченных лектинов Fluorescent Lectin Kit-2100 (Vector laboratories, Burlingame, CA, USA) (табл. 1). Для получения их растворов использовали фосфатный буфер (0,2 г KCl; 1,44 г Na₂HPO₄ I; 0,24 г KH₂PO₄ и 1 л ddH₂O) в концентрации 10 мкг/мл.

Кариологические исследования

Для определения хромосомного числа использовали зооспоры и выращенные в лабораторных условиях гаметофиты. Для этого изучаемый живой биологический материал помещали на предметное стекло в каплю красителя и придавливали покровным стеклом для разрушения клеточных стенок и ядерных мембран. Хромосомы окрашивали раствором ацетокармина в уксусной кислоте (кармин – 2 г, уксусная кислота – 45 мл, ddH₂O – 50 мл) по методике, описанной Г.Х. Кимом с соавторами [Kim et al., 2008].

Давленные препараты нагревали над паром в течение 2–3 минут до полного высыхания ацетокармина и далее использовали для подсчета хромосомных чисел. Для этого, меняя глубину резкости препарата под микроскопом Olympus BX53, получали серию фотографий окрашенных хромосом одной и той же клетки. Каждую из них затем маркировали, далее их множественные изображения накладывали друг на друга. Таким образом получали четкое изображение хромосом и определяли их количество в клетке. В ходе кариологических исследований изучали биологический материал, изначально полученный от разных водорослей. Всего для каждой разновидности *Alaria* было проанализировано 20 обнаруженных в давленных препаратах митотических ядер, находящихся в стадии профазы или ранней метафазы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Окрашивание ФИТЦ-мечеными лектинами образцов из лабораторных культур показывает, что поверхность некоторых клеток различается олигосахаридным составом рецепторов, обеспечивающих ви-

доспецифичные комплементарные лектин-углеводные связи при оплодотворении яйцеклеток. У гаметофитов, принадлежащих к формам *angustifolia* и *latifolia*, характерная для ФИТЦ-меченных лектинов флуорес-

ценция наблюдалась только на определенных участках поверхности клеток (рис. 2 и 3). При этом окрашивание лектинами разных в функциональном отношении клеток отличалось (табл. 2).

Таблица 1. Флуоресцеин-изогиоцианат (ФИТЦ)-меченные лектины и специфичные им моносахариды

Table 1. FITC-labelled lectins and their specific carbohydrates

Лектины	Субстрат
Concanavalin A (ConA)	α -D-glucose, α -D-mannose
<i>Dolichos biflorus</i> agglutinin (DBA)	α -N-acetyl-galactosamine
Peanut agglutinin (PNA)	β -D-galactose, D-galactose- β -galactosamine
<i>Ricinus communis</i> agglutinin (RCA)	β -D-galactose
Soybean agglutinin (SBA)	N-acetyl-galactosamine
<i>Ulex europaeus</i> agglutinin (UEA)	L-fucose
Wheat germ agglutinin (WGA)	N-acetyl-glucosamine

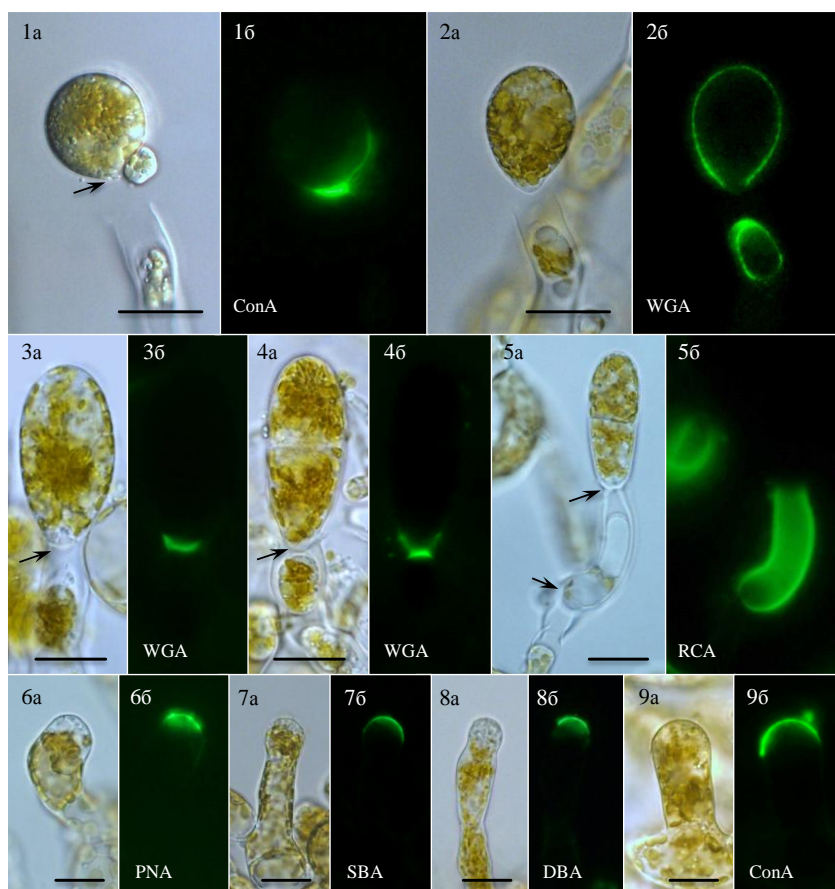


Рис. 2. Окрашивание гаметофитов и репродуктивных клеток *Alaria esculenta* f. *angustifolia* флуоресцеин-изогиоцианат (ФИТЦ)-мечеными лектинами. Масштаб: 20 мкм. Стрелки указывают на место реакции

Fig. 2. FITC-labeled lectins binding patterns of gametophyte and reproductive cells of *Alaria esculenta* f. *angustifolia*. Scale bar: 20 μ m. Arrows indicate the positive labeling

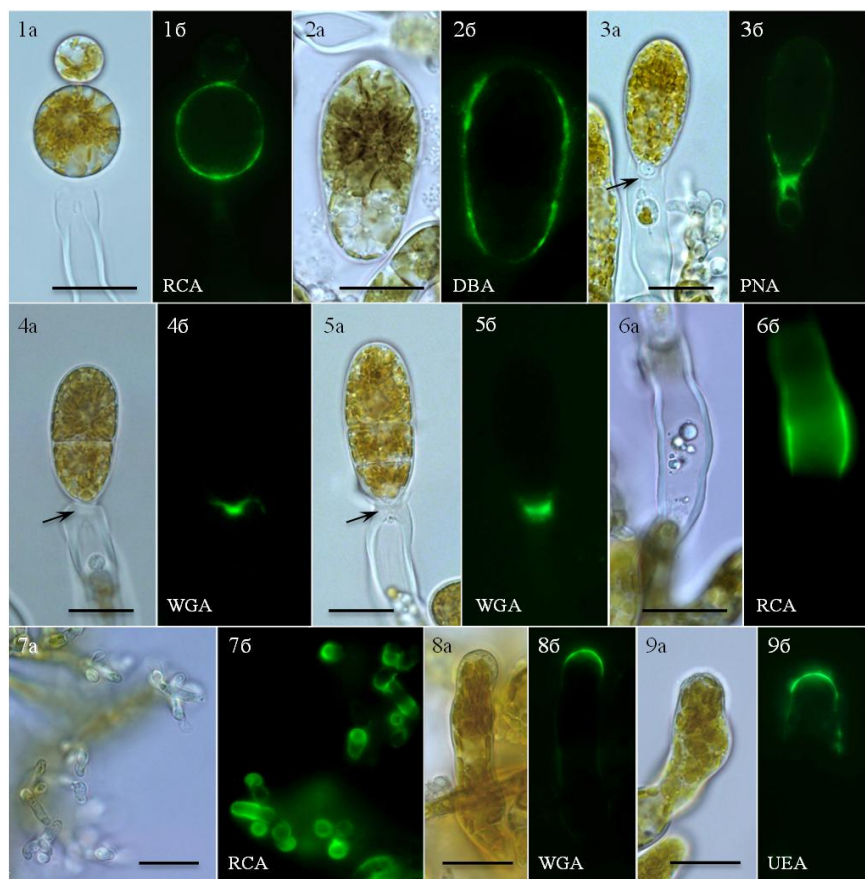


Рис. 3. Окрашивание гаметофитов и репродуктивных клеток *Alaria esculenta* f. *latifolia* флуоресцеин-изотиоцианат (ФИТЦ)-мечеными лектинами. Масштаб: 20 мкм. Стрелки указывают на место реакции

Fig. 3. FITC-labeled lectins binding patterns of gametophyte and reproductive cells of *Alaria esculenta* f. *latifolia*. Scale bar: 20 µm. Arrows indicate the positive labeling

Таблица 2. Результаты окрашивания гаметофитов и репродуктивных клеток камчатских форм *Alaria esculenta* флуоресцеин-изотиоцианат (ФИТЦ)-мечеными лектинами

Table 2. FITC-labelled lectins binding pattern of gametophytes and gametes of *Alaria esculenta*

Образец	Зона окрашивания	Лектин						
		DBA	PNA	RCA	SBA	UEA	WGA	ConA
<i>Alaria esculenta</i> f. <i>angustifolia</i>								
Женский гаметофит	Апикальная зона растущих боковых ветвей	+	+	-	+	-	-	+
	Вышедшая из оогония яйцеклетка	-	-	-	-	-	+	-
	Базальная часть яйцеклетки	-	-	-	-	-	-	+
	Пустой оогоний	-	-	+	-	-	-	-
Мужской гаметофит	Антеридии	-	-	-	-	-	-	-
	Антерозоиды	-	-	-	-	-	-	-
<i>Alaria esculenta</i> f. <i>latifolia</i>								
Женский гаметофит	Апикальная зона растущих боковых ветвей	-	-	-	-	+	+	-
	Вышедшая из оогония яйцеклетка	-	-	+	-	-	-	-
	Базальная часть яйцеклетки	-	-	-	-	-	-	-
	Пустой оогоний	-	-	+	-	-	-	-
Мужской гаметофит	Антеридии	-	-	+	-	-	-	-
	Антерозоиды	-	-	-	-	-	-	-

Примечание. + положительная реакция, - отрицательная реакция.

Лектины WGA и PNA у обеих форм вида окрасили не всю клеточную поверхность, а только места прикрепления клеток спорофитов к оболочкам оогониев (рис. 2, 3; 2, 4; 3, 3; 3, 4; 3, 5). Лектин RCA у разных форм *A. esculenta* целиком окрасил оболочку оогониев (рис. 2, 5; 3, 6). Лектины PNA, SBA, DBA и ConA проявились в апикальной части инициальной клетки оогония (рис. 2 и 3).

Разными лектинами у разных форм вида окрасилась поверхность яйцеклеток. У *A. esculenta* f. *angustifolia* неоплодотворенные яйцеклетки почти целиком окрасил лектин WGA (рис. 2, 2, табл. 2) и только их небольшой базальный участок – лектин ConA (рис. 2, 9). У *A. esculenta* f. *latifolia* всю поверхность неоплодотворенной яйцеклетки окрасил лектин RCA (рис. 3, 1). Различия в окрашивании лектинами неоплодотворенных яйцеклеток у разных форм вида свидетельствуют о разнородности их углеводных рецепторов, что не исключает возможности репродуктивной изоляции между ними. Антерозоиды обеих форм вида не окрасились. Исключение составил только лектин RCA, проявившийся на апикальной поверхности зрелых антеридиев у *A. esculenta* f. *latifolia* (рис. 3, 7).

Проведенное исследование показало, что на одноклеточной стадии жизненного цикла и ранних стадиях развития женских гаметофитов между *A. esculenta* f. *angustifolia* и *A. esculenta* f. *latifolia* имеются отчетливые цитохимические различия. Мы полагаем, что эти особенности связаны с видоспецифичным узнаванием гамет при наружном оплодотворении в окружающей среде и, вероятно, с наличием репродуктивного барьера между этими формами. Они свидетельствуют также о том, что в приазиатской части ареала вид претерпел внутреннюю дифференциацию, повлекшую определенные изменения клеточной организации на физиолого-биохимическом уровне.

Изучение внутриклеточного строения у представителей разных форм вида *A. esculenta*

lenta показало, что их клетки одноядерные. У вегетативных клеток гаметофитов ядро занимает центральное, чаще пристеночное положение. В примордиальных клетках оогониев оно смещается в их апикальную часть.

Поперечник ядер вегетативных клеток женских гаметофитов *A. esculenta* f. *angustifolia* изменяется от 2,6 до 5 мкм, у мужских он, как правило, не превышает 4 мкм. Хромосомы у представителей данной формы вида мелкие, их средняя длина не более 1 мкм. Хромосомное число (n) равно 14 (10–14) (рис. 4, 1–2). У гаметофитов *A. esculenta* f. *latifolia* оно, как и у предыдущей формы вида, равно 14 (10–14) (рис. 4, 3–5). Размеры ядер у них варьируют в пределах 2,5–5 мкм в поперечнике. У проростков спорофитов они немного крупнее – 3,3–5,5 мкм в поперечнике.

Кариологические исследования ламинариевых, произрастающих в прибрежных водах российского Дальнего Востока, не проводились, за исключением вида *Tauya basicrassa*, спорофиты которого имели число хромосом $2n = 20$ [Klochkova et al., 2017]. Вместе с тем в эпоху доминирования в биологической систематике молекулярно-генетических методов исследования цитогенетические методы позволяют получить дополнительную информацию, ценную для понимания филогении близких видов и филогеографии, а в некоторых случаях они предоставляют основополагающие сведения для идентификации форм или стадий жизненного цикла организмов [Klochkova et al., 2017]. В.А. Лухтанов и В.Г. Кузнецова в своей работе писали, что «... используя в систематике и филогенетике молекулярные, цитогенетические и морфологические структуры, мы не только увеличиваем число признаков, но и вовлекаем в исследование принципиально разные методологические подходы» [Лухтанов, Кузнецова, 2009, с. 433].

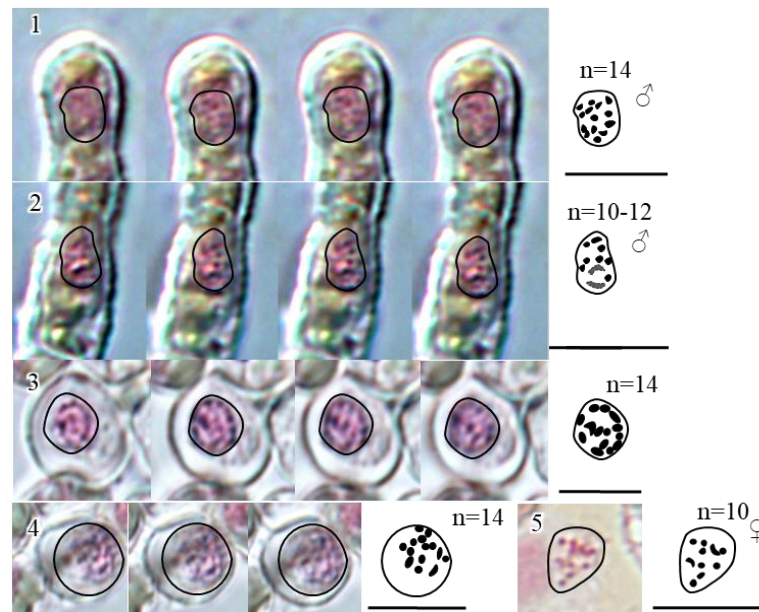


Рис. 4. Клетки гаметофитов *Alaria esculenta*, окрашенные ацетокармином, и соответствующие им хромосомные карты: 1–2 – мужские гаметофиты *A. esculenta* f. *angustifolia*; 3–5 – гаметофиты *A. esculenta* f. *latifolia*. Масштаб – 5 мкм

Fig. 4. Acetocarmine staining of chromosomes of *Alaria esculenta* gametophytes: 1–2 – Male gametophytes of *A. esculenta* f. *angustifolia*; 3–5 – Gametophytes of *A. esculenta* f. *latifolia*. Scale bar: 5 μ m

У азиатского побережья Пацифики представители *A. esculenta* имеют вдвое меньшее, чем в Атлантике, хромосомное число [Lewis, 1996]. В современной кариологии сложилось представление о том, что район, в котором вид имеет одинарный набор хромосом, является центром его происхождения, а полиплоидность у него возникает в ходе расширения и освоения ареала. Исходя из этого, родиной *A. esculenta* может являться западная Пацифика. Этот вывод не противоречит принятым ныне представлениям об историческом развитии порядка Laminariales в Мировом океане и путях миграции его родов и видов [Stam, et al., 1988; Lüning, 1990; Lüning, Tom Dieck, 1990; Bolton, 2010; Kawai, 2014]. Он в корне меняет концепцию происхождения и расселения *A. esculenta*, выдвинутую европейскими учеными [Kraan, Guiry, 2000], считавшими, что местом ее происхождения является Атлантика и что именно отсюда в ходе экспансии ареала этот вид проник в Арктику.

Обсуждая результаты изучения рода *Alaria* в северной-восточной Пацифике, отметим, что объединение на основе генетической идентичности в один полиморфный вид нескольких ранее описанных видов требует, на наш взгляд, разработки его внутривидовой систематики и выделения морфологических форм, отражающих прежде всего его географическую и экологическую изменчивость. Показанные для приазиатских форм *A. esculenta* цитологические различия дают основание предполагать, что подобная внутривидовая дифференциация этого вида имеет место и в других районах ее произрастания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

У берегов Камчатки *A. esculenta* представлена двумя формами вида – *angustifolia* и *latifolia*. Наличие этих форм – результат экологической изменчивости вида, повлекший не только изменение их морфологии, но и цитохимической организации на ран-

них стадиях жизненного цикла, обеспечивающих их репродуктивную изоляцию. В целом использование в систематике наряду с молекулярными данными дополнительной информации по цитологии, морфологии и экологии изучаемых водорослей позволяет выявить признаки для описания криптических видов и обоснованно выделить границы между близкородственными таксонами.

Для окончательной ревизии рода *Alaria* в приазиатских водах необходимо молекулярно-филогенетическое изучение известных для этого региона видов *A. taeniata*, *A. angusta*, *A. praelonga* и *A. ochotensis* с использованием для секвенирования образцов из их типовых местообитаний. Дополнительно должно быть продолжено изучение распространения *A. esculenta* в пределах всего Дальнего Востока.

ЛИТЕРАТУРА

- Белый М.Н. 2013. Водоросли-макрофиты северной части Охотского моря и их значение как нерестового субстрата сельди. Магадан: Новая полиграфия. 194 с.
- Виноградова К.Л. 1973. Видовой состав водорослей на литорали и сублиторали северо-западной части Берингова моря. *Новости систематики низших растений*. Т. 10. С. 32–44.
- Дуленин А.А., Гусарова И.С. 2016. Широтные изменения состава и структуры растительности в северо-западной части Татарского пролива. *Биология моря*. Т. 42. № 4. С. 260–267.
- Евсеева Н.В. 2019. Дополнения к флоре морских водорослей северо-западной части Берингова моря. *Труды ВНИРО*. Т. 175. С. 7–19.
- Зинова Е.С. 1954. Морские водоросли юго-восточной Камчатки. *Труды Ботанического института АН СССР*. Сер. II. Вып. 9. С. 365–400.
- Климова А.В. 2018. Род *Alaria* Greville (Phaeophyceae, Laminariales) в прикамчатских водах: видовой состав, экология и биология развития. *Диссертация ... канд. биол. наук*. Петропавловск-Камчатский. 162 с.
- Климова А.В., Клочкова Т.А. 2014. Особенности развития гаметофитной стадии ламинариевой водоросли *Alaria marginata* из Авачинской губы (юго-восточная Камчатка) в искусственных условиях. *Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана*. Вып. 35. С. 6–12.
- Климова А.В., Клочкова Т.А. 2017. Особенности развития морской бурой водоросли *Alaria angusta* в искусственных условиях (Alariaceae, Ochrophyta). *Биология моря*. Т. 43. № 1. С. 32–38.
- Клочкова Н.Г., Березовская В.А. 1997. Водоросли камчатского шельфа. Распространение, биология, химический состав. Владивосток: Дальнаука. 155 с.
- Клочкова Н.Г., Королева Т.А., Кусиди А.Э. 2009. Атлас водорослей-макрофитов прикамчатских вод. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. Т. 1. 216 с.
- Клочкова Т.А., Климова А.В., Клочкова Н.Г. 2019. Распространение *Alaria esculenta* (Phaeophyceae, Laminariales) в Охотском море. *Вестник Камчатского государственного технического университета* [Bulletin of Kamchatka State Technical University]. № 50. С. 46–56.
- Лухтанов В.А., Кузнецова В.Г. 2009. Молекулярно-генетические и цитогенетические подходы к проблемам видовой диагностики, систематики и филогенетики. *Журнал общей биологии*. Т. 70. № 5. С. 415–437.

- Ошурков В.В., Бажин А.Г., Буяновский А.И., Иванюшина Е.А., Стрелков В.И., Ржавский А.В. 1989. Видовой состав и распределение сообществ бентоса в Авачинской губе. Гидробиологические исследования в Авачинской губе. Владивосток: ДВО АН СССР. С. 4–14.
- Петров Ю.Е. 1973. Род *Alaria* Grev. в морях СССР. *Новости систематики низших растений*. Т. 10. С. 49–59.
- Постельс А., Рупрехт Ф.И. 1840. Изображения и описания морских растений, собранных в северном Тихом океане у берегов российских владений в Азии и Америке в путешествие вокруг Света, совершенное по повелению Государя Императора Николая I на военном шлюпе Сияявине в 1826, 1827, 1828 и 1829 годах под командою флота капитана Федора Литке. Санкт-Петербург: 22 с.
- Суховеева М.В., Подкорытова А.В. 2006. Промысловые водоросли и травы морей Дальнего Востока: биология, распространение, запасы, технология переработки. Владивосток: ТИПРО-центр. 243 с.
- 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., Sauermann R., Krause-Jensen D., Olesen B., Klimova A., Klochkova T., Verbruggen H. 2021. High-throughput sequencing of the kelp *Alaria* (Phaeophyceae) reveals novel epi-endobiotic associations, including a putative phaeophycean parasite. *European Journal of Phycology*. Vol. 56. Issue 4. P. 494–504.
- Grant W.S., Bringloe T.T. 2020. Pleistocene ice ages created new evolutionary lineages, but limited speciation in northeast Pacific winged kelp. *Journal of Heredity*. Vol. 111. № 7. P. 593–605.
- Greville R.K. 1830. *Algae britannicae, or descriptions of the marine and other inarticulated plants of the British islands, belonging to the order Algae; with plates illustrative of the genera*. Edinburgh & London: McLachlan & Stewart; Baldwin & Cradock. 218 p.
- 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.
- Kawai H. 2014. Recent advances in the phylogeny and taxonomy of Laminariales, with special reference to the newly discovered basal member *Aureophycus*. *Perspectives in Phycology*. Vol. 1. № 1. P. 27–40.
- Kawashima S. 1993. Laminariacean algae of Japan. Muroran. 230 p.
- Kim G.H., Han H.K., Lim K.J. 2008. Taxonomic re-appraisal of *Anthithamnion sparsum* Tokida (Ceramiaceae, Rhodophyta). *Journal of Environmental Biology*. Vol. 29. № 4. P. 547–553.
- Kjellman F.R. 1889. Om Beringhafvets algflora. Kongl. *Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar*. Vol. 23. № 8. P. 1–58.
- Klimova A., Klochkova T., Klochkova N. 2018a. Lectotypification of some formae of *Alaria esculenta* (Linnaeus) Greville (Phaeophyceae, Alariaceae) described in Postels and Ruprecht's *Illustrationes algarum*. *Notulae Algarum*. № 84. URL: <http://www.notulaealgarum.com/documents/Notulae%20algarum%20No.%2084.pdf>.
- Klimova A.V., Klochkova T.A., Klochkova N.G., Kim G.H. 2018b. Morphological and molecular identification of *Alaria paradisea* (Phaeophyceae, Laminariales) from the Kurile Islands. *Algae*. Vol. 33. № 1. P. 37–48.

- Klochkova N.G. 1998. An annotated bibliography of marine macroalgae of the north-west coast of the Bering Sea and South-east Kamchatka. First Revision of Flora. *Algae*. Vol. 13. № 4. P. 375–418.
- Klochkova T.A., Klochkova N.G., Yotsukura N., Kim G.H. 2017. Morphological, molecular, and chromosomal identification of dwarf haploid parthenosporophytes of *Tauya basicrassa* (Phaeophyceae, Laminaiales) from the sea of Okhotsk. *Algae*. Vol. 32. Issue 1. P. 15–28.
- Kraan S. 2020. Concise review of the genus *Alaria* Greville, 1830. *Journal of Applied Phycology*. Vol. 32. P. 3543–3560.
- Kraan S., Guiry M.D. 2001. Phase II: Strain hybridization field experiments and genetic fingerprinting of the edible brown seaweed *Alaria esculenta*. *Marine Resource Series*. Vol. 18. P. 1–33.
- Kraan S., Guiry M.D. 2000. Sexual hybridization experiments and phylogenetic relationships as inferred from Rubisco spacer sequences in the genus *Alaria* (Phaeophyceae). *Journal of Phycology*. Vol. 36. P. 190–198.
- Kraan S., Rueness J., Guiry M.D. 2001. Are North Atlantic *Alaria esculenta* and *A. grandifolia* (Alariaceae, Phaeophyceae) conspecific? *European Journal of Phycology*. Vol. 39. P. 35–42.
- Lane C.E., Lindstrom S.C., Saunders G.W. 2007. A molecular assessment of north-east Pacific *Alaria* species (Laminariales, Phaeophyceae) with reference to the utility of DNA barcoding. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. Vol. 44. P. 634–648.
- Lewis R.J. 1996. Chromosomes of the brown algae. *Phycologia*. Vol. 35. P. 19–40.
- Linnaeus C. 1753. Species plantarum, exhibentes plantas rite cognitatas, ad genera relatas, cum differentiis specificis, nominibus trivialibus, synonymis selectis, locis natalibus, secundum systema sexuale digestas. Vol. 2. Holmiae [Stockholm]: Impensis Laurentii Salvii. 1200 p.
- Lüning K. 1990. Seaweeds: their environment, biogeography and ecophysiology. New York. 527 p.
- Lüning K., Tom Dieck I. 1990. The distribution and evolution of the Laminariales: North Pacific-Atlantic relationships. In: Garbary D.J., South G.R. (eds) Evolutionary biogeography of the marine Algae of the North Atlantic. NATO ASI Series, Springer, Berlin. P. 187–204.
- Ruprecht F.J. 1850. Algae Ochotenses: Die ersten sicheren Nachrichten uuber die Tange des Ochotskischen Meeres. St. Petersburg. 243 p.
- Silberfeld T., Rousseau F., de Rivers B. 2014. An updated classification of brown algae (Ochrophyta, Phaeophyceae). *Cryptogamie, Algologie*. Vol. 35. № 2. P. 117–156.
- Stam W.T., Bot P.V.M., Boele-Bos S.A., van Rooij J.M., van den Hoek C. 1988. Single-copy DNA-DNA hybridizations among species of *Laminaria* (Phaeophyceae): phylogenetic and biogeographic implications. *Helgoländer Meeresunters*. Vol. 42. P. 251–267.
- Widdowson T.B. 1971. A taxonomic revision of the genus *Alaria* Greville. *Syesis*. Vol. 4. P. 11–49.
- Yendo K. 1919. A monograph of the genus *Alaria*. *Journal of the College of Science*. Tokyo Imperial University. Vol. 43. P. 1–145.
- Yoshida T., Suzuki M., Yoshinaga K. 2015. Checklist of marine algae of Japan (Revised in 2015). *Japanese Journal of Phycology*. Vol. 63. P. 129–189.

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 tipografija. 194 p. (in Russian).
- Vinogradova K.L. 1973. Species composition of algae on the littoral and sublittoral of the north-western part of the Bering Sea. *Novosti sistematiki nizshih rastenij (News of Systematics of Non-vascular Plants)*. Vol. 10. P. 32–44 (in Russian).
- Dulenin A.A., Gusarova I.S. 2016. Latitudinal changes in the composition and structure of vegetation in the north-western part of the Tatar Strait. *Biologiya morya (Russian Journal of Marine biology)*. Vol. 42. №. 4. P. 260–267 (in Russian).
- Evseeva N.V. 2019. Additions to the flora of marine algae of the north-western part of the Bering Sea. *Trudy VNIRO (Proceedings of VNIRO)*. Vol. 175. P. 7–19 (in Russian).
- Zinova E.S. 1954. Seaweed of southeastern Kamchatka. *Trudy Botanicheskogo instituta AN SSSR (Proceedings of the Botanical Institute AS USSR)*. Vol. II. Issue 9. P. 365–400 (in Russian).
- Klimova A.V. 2018. Genus *Alaria* Greville (Phaeophyceae, Laminariales) in the Kamchatka waters: species composition, ecology and developmental biology. *Candidacy dissertation for biological sciences*. Petropavlovsk-Kamchatsky. 162 p. (in Russian).
- Klimova A.V., Klochkova T.A. 2014. Development of gametophytes of laminariacean algae *Alaria marginata* from the Avacha bay (Southeast Kamchatka) under laboratory-controlled conditions. *Issledovaniya 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. 35. P. 6–12 (in Russian).
- Klimova A.V., Klochkova T.A. 2017. Features of the development of marine brown algae *Alaria angusta* in artificial conditions (Alariaceae, Ochrophyta). *Biologiya morya (Russian Journal of Marine biology)*. Vol. 43. №. 1. P. 32–38 (in Russian).
- Klochkova N.G., Berezovskaya V.A. 1997. Algae of the Kamchatka shelf. Distribution, biology, chemical composition. Vladivostok: Dalnauka. 155 p. (in Russian).
- Klochkova N.G., Koroleva T.A., Kusidi A.E. 2009. Atlas of macrophyte algae of the Kamchatka waters. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO. Vol. 1. 216 p. (in Russian).
- Klochkova T.A., Klimova A.V., Klochkova N.G. 2019. Distribution of *Alaria esculenta* (Phaeophyceae, Laminariales) in the Sea of Okhotsk. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tehniceskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 50. P. 46–56 (in Russian).
- Lukhtanov V.A., Kuznetsova V.G. 2009. Molecular genetic and cytogenetic approaches to the problems of species diagnostics, taxonomy and phylogenetics. Molecular and cytogenetic approaches to species diagnostics, systematics, and phylogenetics. *Zhurnal obshhej biologii (Biology Bulletin Reviews)*. Vol. 70. № 5. P. 415–437 (in Russian).
- Oshurkov V.V., Bazhin A.G., Buyanovsky A.I., Ivanyushina E.A., Strelkov V.I., Rzhavsky A.V. 1989. Species composition and distribution of benthic communities in Avacha Bay. Hydrobiological studies in Avacha Bay. Vladivostok: DVO of the USSR Academy of Sciences. P. 4–14 (in Russian).
- Petrov Yu.E. 1973. Genus *Alaria* Grev. in the seas of the USSR. *Novosti sistematiki nizshih rastenij (News of Systematics of Non-vascular Plants)*. Vol. 10. P. 49–59 (in Russian).

- Postels A., Ruprecht F. 1840. Illustrationes algarum in itinere circa orbem jussu Imperatoris Nicolai I. atque auspiciis Navarchi Friderici Lütke annis 1826, 1827, 1828 et 1829, celoce Seniavin executo in Oceano Pacifico, imprimis septemtrionalio ad littora Rossica Asiatico-Americana collectarum. Petropoli. 22 p. (in Russian).
- Sukhoveeva M.V., Podkorytova A.V. 2006. Commercial algae and grasses of the seas of the Far East: biology, distribution, reserves, processing technology. Vladivostok: TINRO-center. 243 p. (in Russian).
- 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., Sauer mann R., Krause-Jensen D., Olesen B., Klimova A., Klochkova T., Verbruggen H. 2021. High-throughput sequencing of the kelp *Alaria* (Phaeophyceae) reveals novel epibiotic associations, including a putative phaeophycean parasite. *European Journal of Phycology*. Vol. 56. Issue 4. P. 494–504.
- Grant W.S., Bringloe T.T. 2020. Pleistocene ice ages created new evolutionary lineages, but limited speciation in northeast Pacific winged kelp. *Journal of Heredity*. Vol. 111. № 7. P. 593–605.
- Greville R.K. 1830. *Algae britannicae*, or descriptions of the marine and other inarticulated plants of the British islands, belonging to the order Algae; with plates illustrative of the genera. Edinburgh & London: McLachlan & Stewart; Baldwin & Cradock. 218 p.
- 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.
- Kawai H. 2014. Recent advances in the phylogeny and taxonomy of Laminariales, with special reference to the newly discovered basal member *Aureophycus*. *Perspectives in Phycology*. Vol. 1. № 1. P. 27–40.
- Kawashima S. 1993. Laminariacean algae of Japan. Muroran. 230 p.
- Kim G.H., Han H.K., Lim K.J. 2008. Taxonomic re-appraisal of *Anthithamnion sparsum* Tokida (Ceramiaceae, Rhodophyta). *Journal of Environmental Biology*. Vol. 29. № 4. P. 547–553.
- Kjellman F.R. 1889. Om Beringhafvets algflora. Kongl. Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar. Vol. 23. № 8. P. 1–58.
- Klimova A., Klochkova T., Klochkova N. 2018a. Lectotypification of some formae of *Alaria esculenta* (Linnaeus) Greville (Phaeophyceae, Alariaceae) described in Postels and Ruprecht's *Illustrationes algarum*. *Notulae Algarum*. № 84. URL: <http://www.notulaealgarum.com/documents/Notulae%20algarum%20No.%2084.pdf>.
- Klimova A.V., Klochkova T.A., Klochkova N.G., Kim G.H. 2018b. Morphological and molecular identification of *Alaria paradisea* (Phaeophyceae, Laminariales) from the Kurile Islands. *Algae*. Vol. 33. № 1. P. 37–48.
- Klochkova N.G. 1998. An annotated bibliography of marine macroalgae of the northwest coast of the Bering Sea and Southeast Kamchatka. First Revision of Flora. *Algae*. V. 13. № 4. P. 375–418.
- Klochkova T.A., Klochkova N.G., Yotsukura N., Kim G.H. 2017. Morphological, molecular, and chromosomal identification of dwarf haploid parthenosporophytes of *Tauya basicrassa* (Phaeophyceae, Laminariales) from the sea of Okhotsk. *Algae*. Vol. 32. Issue 1. P. 15–28.

- Kraan S. 2020. Concise review of the genus *Alaria* Greville, 1830. *Journal of Applied Phycology*. Vol. 32. P. 3543–3560.
- Kraan S., Guiry M.D. 2001. Phase II: Strain hybridization field experiments and genetic fingerprinting of the edible brown seaweed *Alaria esculenta*. *Marine Resource Series*. Vol. 18. P. 1–33.
- Kraan S., Guiry M.D. 2000. Sexual hybridization experiments and phylogenetic relationships as inferred from Rubisco spacer sequences in the genus *Alaria* (Phaeophyceae). *Journal of Phycology*. Vol. 36. P. 190–198.
- Kraan S., Rueness J., Guiry M.D. 2001. Are North Atlantic *Alaria esculenta* and *A. grandifolia* (Alariaceae, Phaeophyceae) conspecific? *European Journal of Phycology*. Vol. 39. P. 35–42.
- Lane C.E., Lindstrom S.C., Saunders G.W. 2007. A molecular assessment of north-east Pacific *Alaria* species (Laminariales, Phaeophyceae) with reference to the utility of DNA barcoding. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. Vol. 44. P. 634–648.
- Lewis R.J. 1996. Chromosomes of the brown algae. *Phycologia*. Vol. 35. P. 19–40.
- Linnaeus C. 1753. *Species plantarum, exhibentes plantas rite cognitatas, ad genera relatas, cum differentiis specificis, nominibus trivialibus, synonymis selectis, locis natalibus, secundum systema sexuale digestas*. Vol. 2. Holmiae [Stockholm]: Impensis Laurentii Salvii. 1200 p.
- Lüning K. 1990. *Seaweeds: their environment, biogeography and ecophysiology*. New York. 527 p.
- Lüning K., Tom Dieck I. 1990. The distribution and evolution of the Laminariales: North Pacific-Atlantic relationships. In: Garbary D.J., South G.R. (eds) *Evolutionary biogeography of the marine Algae of the North Atlantic*. NATO ASI Series, Springer, Berlin. P. 187–204.
- Ruprecht F.J. 1850. *Algae Ochotenses: Die ersten sicheren Nachrichten uuber die Tange des Ochotskischen Meeres*. St. Petersburg. 243 p.
- Silberfeld T., Rousseau F., de Rivers B. 2014. An updated classification of brown algae (Ochrophyta, Phaeophyceae). *Cryptogamie, Algologie*. Vol. 35. № 2. P. 117–156.
- Stam W.T., Bot P.V.M., Boele-Bos S.A., van Rooij J.M., van den Hoek C. 1988. Single-copy DNA-DNA hybridizations among species of *Laminaria* (Phaeophyceae): phylogenetic and biogeographic implications. *Helgoländer Meeresunters*. Vol. 42. P. 251–267.
- Widdowson T.B. 1971. A taxonomic revision of the genus *Alaria* Greville. *Syesis*. Vol. 4. P. 11–49.
- Yendo K. 1919. A monograph of the genus *Alaria*. *Journal of the College of Science, Tokyo Imperial University*. Vol. 43. P. 1–145.
- Yoshida T., Suzuki M., Yoshinaga K. 2015. Checklist of marine algae of Japan (Revised in 2015). *Japanese Journal of Phycology*. Vol. 63. P. 129–189.

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-code: 3188-5428, Author ID: 732623; Scopus ID: 56711736100.

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

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

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

СОСТОЯНИЕ ВОДООХРАННЫХ ЗОН РЕК ВОЛГИ И КИЗАНИ В РАЙОНАХ ПОВЫШЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА

Мельник И.В.¹, Васильева Е.Г.¹, Филипова М.В.²

¹ Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань, ул. Татищева, 16.

² Русенский университет имени Ангела Кънчева, Болгария, г. Русе, ул. Студентска, 8.

Нарастание антропогенной нагрузки на гидросистемы рек в настоящее время приобретает угрожающий характер. Целью работы являлась оценка состояния растительности и почвы на территории водоохраных зон рек дельтовой части бассейна Волги в районах повышенного экологического риска. Были использованы стандартные методики биотестирования и биоиндикации на территориях двух водоохраных зон. Результаты исследований показали, что наибольшей токсичностью обладают почвы Соколовских нефтяем: всхожесть тест-объекта (кресс-салата) в 6 раз ниже, чем на других мониторинговых площадках. Все мониторинговые площадки в течение летнего и осеннего сезонов характеризовались максимальными показателями встречаемости и обилия типичных представителей местной флоры – верблюжьей колючки обыкновенной (*Alhagi pseudalhagi*) и лопуха большого (*Arctium lappa*). На протяжении 2018–2020 гг. показатели обилия всех 13 зарегистрированных видов растений на нефтезагрязненной территории (Соколовские ямы) имеют положительную динамику.

Ключевые слова: биоиндикация, биотестирование, водоохранная зона, тяжелые металлы, фитотоксичность, флористический состав.

THE STATE OF WATER PROTECTION ZONES OF THE VOLGA AND KIZAN RIVERS IN HIGH ECOLOGICAL RISK AREAS

Melnik I.V.¹, Vasileva E.G.¹, Filipova M.V.²

¹ Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Tatishcheva Str. 16.

² Ruse University Angel Kanchev, Bulgaria, Ruse, Studentska Str. 8.

The growing anthropogenic load on fluvial hydrosystems is now becoming a real threat. The aim of the research was to assess the state of vegetation and soil in the territory of water protection river zones in the delta part of the Volga river in high ecological risk areas. In order to achieve it, standard methods of biotesting and bioindication were used in the territories of two water protection zones. The results of the research showed that the soils of Sokolovsky Oil Pits are the most toxic of all: the germination capacity of the test object (watercress) is 6 times lower than that at other monitoring sites. In summer and autumn, all monitored sites demonstrated the maximum rates of occurrence and abundance of typical representatives of the local flora these are camel thorn (*Alhagi pseudalhagi*) and greater burdock (*Arctium lappa*). In 2018–2020, indicators of abundance of all thirteen-plant species registered in the oil-contaminated area (Sokolovsky Oil Pits) have a positive trend, the area gets more and more overgrown.

Key words: bioindication, biotesting, water protection zone, heavy metals, phytotoxicity, phytocenotic composition.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях растущего развития добывающей, перерабатывающей промышленности, топливно-энергетического комплекса, сельского хозяйства возрастает антропогенная нагрузка на гидросистемы Волги [Быстрова и др., 2018; Gusarov, 2020]. Комплексные оценки экологического состояния Волжского бассейна свидетельствуют о его неблагополучии [Moiseenko et al., 2008]. Трансформации подвергается и дельтовая часть реки, являющаяся весьма ценным компонентом ландшафта планеты, с одной стороны, а с другой – подвергающаяся значительным изменениям под воздействием антропогенных нагрузок [Бреховских и др., 2011]. Дельтовые участки выполняют важные экосистемные функции – участие в глобальных круговоротах; самоорганизация, самоочищение; поддержание, сохранение биоразнообразия и обеспечение населения пресной водой [Gómez-Baggethun et al., 2019]. Изменение качественных параметров водоемов дельты Волги также сказывается на загрязнении Каспийского моря, которое в настоящий момент испытывает значительное воздействие как природного, так и техногенного характеров [Lattuada et al., 2019].

Значительным нагрузкам подвергаются и прибрежные водоохранные зоны, что способствует ухудшению качества водоемов, в том числе и высшей рыбохозяйственной категории, трансформации водных экосистем [Веницианов и др., 2019]. Согласно законодательству Российской Федерации водоохранная зона – это территория, примыкающая к береговой линии водоема. В этой зоне осуществляется особый режим хозяйственной деятельности, накладываются ограничения на ее использование [Водный кодекс РФ, 2006]. Зона имеет особое значение для предотвраще-

ния загрязнения водоемов и сохранения среды обитания объектов животного и растительного мира. Растения же здесь могут выступать, с одной стороны, как биоиндикаторы территории, с другой – играть важнейшую роль в ее экологической реабилитации. Изучение адаптационных механизмов растений в ответ на действие нефти позволяет определить признаки устойчивости растений в условиях нефтяного загрязнения в целях их применения при разработке методов рекультивации и подборки для нее устойчивых к нефтяному загрязнению видов растений [Гут, 2013].

Гидрологический режим Волги характеризуется наличием весеннего половодья [Цыценко, Шалыгин, 2002]. В этот период могут повышаться уровни загрязняющих веществ в водоемах за счет смыва с прилегающих затопленных участков [Rupp et al., 2010]. Также имеет место постоянное поступление поллютантов с грунтовыми водами. Особую опасность представляют собой объекты накопленного экологического ущерба, расположенные по берегам рек, оказывающие негативное воздействие в течение длительного времени – от нескольких десятков до более сотни лет. К ним на территории Астраханской области относятся Соколовские нефтяные ямы, располагающиеся в водоохранной зоне реки Кизани (рукав Волги) и характеризующиеся очень сильной степенью и чрезвычайно опасной категорией загрязнения земель [Васильева и др., 2019].

Целью данного исследования является оценка состояния растительности водоохранных зон рек Волги и Кизани (дельтовая часть бассейна) в районах повышенного экологического риска. Оценка проведена по двум компонентам – почве и растительному покрову. Состояние растительности может являться важным показателем экологического состояния территории [Chen

et al., 2014]. Комплексные исследования происходящих изменений важны для принятия решений по восстановлению роли водоохраных зон на дельтовых участках бассейна Волги, относящихся к категории уязвимых [Choudhary et al., 2018].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Мониторинг почвы и растительного покрова осуществлялся в течение 2018–2020 гг. в летний сезон (июль – август) на территориях двух водоохраных зон – в районах населенного пункта (п. Ильинка) и объекта прошлой хозяйственной деятельности (Соколовских нефтяных ям); контрольным вариантом являлся участок рекреационной зоны (Ассадулаевский пляж) со схожими почвенными условиями (рис. 1). В ходе исследования

проведены рекогносцировочное обследование почвы и оценка ее токсичности методом биотестирования. Исследованы почвы Соколовских нефтяных ям, представляющие собой две грунтовые емкости нефтешламонакопителей и расположенные в Приволжском районе Астраханской области на берегу реки Кизани вблизи поселка Первое мая. Они были организованы в начале XX века купцом Соколовым и использовались в течение длительного периода для приема нефтепродуктов, а также нефтесодержащих отходов. Полная чистка емкостей и откачка из них нефтепродуктов не производилась, после завершения эксплуатации ямы засыпали грунтом. В настоящее время наблюдается выдавливание и утечка нефтепродуктов, частичное загрязнение грунтов, поверхностных, а также грунтовых вод.

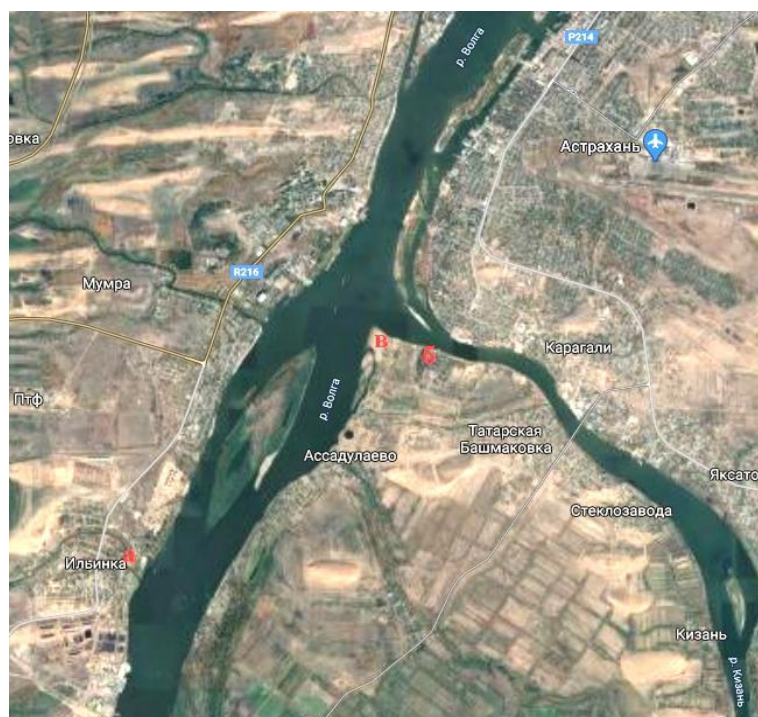


Рис. 1. Схема районов исследования: *а* – водоохранная зона реки Волги в районе п. Ильинка, *б* – водоохранная зона реки Кизани, район расположения Соколовских нефтяных ям, *в* – рекреационная зона (Ассадулаевский пляж)

Fig. 1. Map of the study areas: *a* – water protection zone of the Volga River near the village of Ilinka, *b* – water protection zone of the Kizan River near the location of the Sokolovsky oil pits, *v* – recreational zone (Assadulaevsky beach)

В работе применялся метод биотестирования по соотношению непроросших семян в контроле и в опытных группах. В каждом опыте использовалось по 100 семян растения. В качестве тест-объекта применялся кресс-салат. Проращивание осуществлялось в лабораторных условиях на базе Астраханского государственного технического университета. Данные по всхожести в опытных вариантах выражались в процентах. Применяли следующую градацию: 100% прорастания – проба не токсична, 80–90% – очень слабая, 60–80% – слабая, 40–60% – средняя, 20–40% – высокая токсичность, 0–20% – очень высокая, близкая к летальной [Федорова, Никольская, 2001]. Также определены длина, вес надземной и подземной частей опытных растений.

Для оценки состояния растительности использовались геоботанические и морфологические методы, в соответствии с которыми определялись проективное покрытие на почву по шкале численности Браун-Бланке, обилие видов согласно шкале Друде [Новикова и др., 2000]. Образцы растений отобраны по периметру исследуемых участков, а также в их центральной части. Определено содержание (массовая доля) тяжелых металлов (кадмия, мышьяка, ртути и свинца) в листьях трех видов растений, представляющих различные жизненные формы: травянистые растения – лопух большой (*Arctium lappa*); кустарники – лох узколистый (*Elaeagnus angustifolia*) и дерева – вяз мелколистный (*Ulmus parvifolia*). Анализ осуществлялся на базе аккредитованной лаборатории ФГБУ «Государственный центр агрохимической службы «Астраханский»» в соответствии со стандартными методиками [Даукаев и др., 2018].

При обработке полученного материала использовали следующие статистические подходы и показатели: в качестве критерия достоверности результатов – критерий

Стьюдента, в качестве ошибок средних величин – стандартные ошибки среднего. Полученные цифровые данные подвергались статистическому анализу при помощи компьютерной программы Microsoft Excel. На графиках и в таблицах приведены средние величины показателей с указанием доверительных интервалов. Оценка обилия растительного покрова дана в абсолютных величинах по результатам анализа данных на опытных площадках.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Почвы дельты Волги располагаются в области пустынно-степного почвообразования, основными чертами которого являются малая гумусность, высокая минерализация почвенных растворов и грунтовых вод. Эти свойства являются следствием влияния весьма неблагоприятных климатических условий: незначительного количества атмосферных осадков, высокого испарения, сухости воздуха, частых и сильных иссушающих почву ветров восточного направления и резких смен температур. Однако эти зональные климатические черты далеко неполно сказываются на почвообразовании в дельте Волги благодаря тому, что она, изобилуя пресными волжскими водами, как бы выходит за пределы зоны недостаточного увлажнения [Бармин, 2007].

На исследуемых водоохранных зонах и прилегающих территориях выделяется гидроморфное направление почвообразования, при котором данный процесс протекает в условиях сложного взаимодействия речных и грунтовых вод, почвообразующей породы и организмов, при условии притока веществ извне. Почвообразующими породами на описываемой территории являются современные аллювиальные отложения различного гранулометрического состава.

Состав почвогрунтов по результатам рекогносцировочных обследований на всех

мониторинговых участках включает в себя песчано-растительный слой (до 20 см), суглинки серовато-бурые, глину серую и песок (пылеватый и мелкий), что является характерным для данной природной зоны. Отличительной особенностью территории расположения Соколовских нефтяем является то, что на глубине 0,7–2,2 м отмечались линзы мазута мощностью от 0,3 до 1,3 см. Образцы почв рекреационной зоны отличались большим содержанием песка (песчано-растительный слой до 40 см).

В ходе эксперимента с образцами почв выявлено, что наилучшая динамика прорастания семян кресс-салата характерна для почвы водоохранной зоны реки Волги в районе населенного пункта п. Ильинка. Первые проростки появились уже на вторые сутки опыта одновременно с контролем, при этом количество семян в данной группе максимально, всхожесть на 7-е сутки составила $(87 \pm 5,3)\%$ (рис. 2). Это свидетельствует о хорошем качестве почвенных образцов, фитотоксичность которых оценена как очень слабая (табл. 1). В данной группе также отмечались наилучшие морфометрические показатели растений. Вес надземной части проростков превышал на 40% показатели в контроле. Это объясняется разными условиями прорастания, и, несмотря на то что контрольные образцы почвы отобраны в зоне с наименьшим антропогенным воздействием, она характеризуется большим количеством содержания песка и минимальным гумуса. Поэтому и прорастание семян идет медленнее, но количество проросших семян сопоставимо с предыдущими образцами. Всхожесть на 7-е сутки была несколько ниже и составила $(82 \pm 4,7)\%$. Морфометрические параметры также характеризовались незначительным отставанием.

Почвенные образцы с территории Соколовских нефтяем оказались токсичными для растений. Очень высокая, близкая к ле-

тальной токсичность характерна для образца с участка нефтяемы № 2. Всхожесть на 7-е сутки составила всего лишь $(10 \pm 2,6)\%$. Средней токсичностью обладали пробы, отобранные в районе нефтяемы № 1, всхожесть на 7-е сутки – $(30 \pm 2,6)\%$. Состояние растений, выращенных на данных почвенных образцах, оставалось угнетенным, что выразилось в минимальных морфометрических показателях. Токсичность данных почвенных образцов объясняется высокой степенью загрязнения исследуемых участков нефтепродуктами. Неоднократно различными исследователями отмечалось отрицательное воздействие загрязнений нефтепродуктами на рост и развитие растений [Березин, Заушинцена, 2015; Кольцова и др. 2016]. Среднее содержание нефтепродуктов в пробах, отобранных в районе нефтяемы № 1, – $(6972,2 \pm 245)$ мг/кг, нефтяемы № 2 – $(3274,6 \pm 180)$ мг/кг, что гораздо выше предельно допустимой концентрации (при ПДК 300 мг/кг).

При изучении фитоценоза нами выявлен флористический состав слагающих его растений и составлен список зафиксированных видов. На исследуемых территориях отмечено 13 наземных видов растений, относящихся к трем различным жизненным формам – травянистые растения, кустарники и деревья (табл. 2). Для оценки состояния фитоценозов определено проективное покрытие растительности на почву.

Наименее распространенными видами на всех исследуемых участках являются сушак зонтичный (*Butomus umbellatus*), покрытие – от 0,5 до 0,9% и подсолнечник однолетний (*Helianthus annuus*), покрытие – 1%. Водоохранная зона р. Волги в районе п. Ильинка характеризовалась очень обильным (сор 3) распространением верблюжьей колочки обыкновенной (*Alhagi pseudalhagi*), значительным распространением лопуха большого (*Arctium lappa*) (сор 1) и лютика едкого (*Ranunculus acris*) (сор 2).

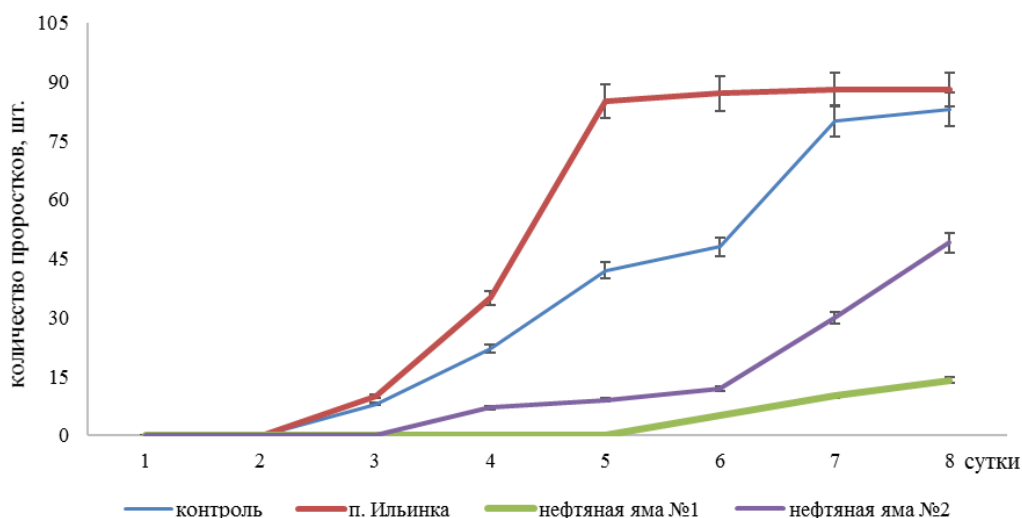


Рис. 2. Динамика прорастания семян кресс-салата на опытных образцах почвы

Fig. 2. Dynamics of cress seed germination on experimental soil samples

Таблица 1. Обобщенные данные оценки фитотоксичности почв водоохранных зон

Table 1. Generalized data on the assessment of phytotoxicity of soils in water protection zones

Наименование показателя	р. Волга в районе п. Ильинка	р. Кизань (нефтяема № 1)	р. Кизань (нефтяема № 2)	Контроль
Длина корней, см	5,5 ± 0,3	4,4 ± 0,9	3,5 ± 0,7	4,3 ± 0,3
Длина надземной части, см	17,5 ± 1,3	3,8 ± 1,2	5 ± 0,7	13 ± 0,7
Вес надземной части, мг	1300 ± 47	635 ± 12	753 ± 35	903 ± 22
Вес корней, мг	800 ± 12	415 ± 25	320 ± 17	650 ± 18
Фитотоксичность, %	88 ± 5,3 Очень слабая	14 ± 2,6 Очень высокая	49 ± 0,7 Средняя	83 ± 0,6 Очень слабая

Таблица 2. Оценка растительного покрова водоохранных зон в летний период 2020 года

Table 2. Assessment of vegetation cover of water protection zones in the summer of 2020

Вид растения	р. Кизань (нефтяема № 1)		р. Кизань (нефтяема № 2)		р. Волга в районе п. Ильинка	
	Балл обилия по Друде	Проективное покрытие, %	Балл обилия по Друде	Проективное покрытие, %	Балл обилия по Друде	Проективное покрытие, %
1	2	3	4	5	6	7
Лютик едкий (<i>Ranunculus acris</i>)	sol	3	Sp	18	cop 1	23
Лопух большой (<i>Arctium lappa</i>)	cop 1	32	Sp	23	cop 2	30
Тамариск четырехтычинковый (<i>Tamarix tetrandra</i>)	sol	8	Sol	8	sp	12
Полынь горькая (<i>Artemisia absinthium</i>)	sp	13	sp	24	cop 1	18
Верблюжья колючка обыкновенная (<i>Alhagi pseudalhagi</i>)	cop 3	65	cop 3	77	cop 3	74

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7
Рогоз широколистный (<i>Typha latifolia</i>)	sp	9	cop 2	53	sp	13
Лох узколистный (<i>Elaeagnus angustifolia</i>)	cop 2	52	cop 2	63	sol	9
Сусак зонтичный (<i>Butomus umbellatus</i>)	sol	0,5	sol	0,9	sol	0
Лебеда раскидистая (<i>Atriplex patula</i>)	sol	8	sol	9	cop 1	12
Подсолнечник однолетний (<i>Helianthus annuus</i>)	sol	1	sol	1	sol	4
Паслен черный (<i>Solanum nigrum</i>)	sp	14	sp	20	sol	7
Вяз мелколистный (<i>Ulmus parvifolia</i>)	sp	24	sol	9	sol	8
Шелковица черная (<i>Morus nigra</i>)	sp	23	sol	6	sol	9

Примечание. Характеристика обилия, соответствующая баллу обилия: sol – очень редки; sp – рассеяно; cop 1 – довольно обильно; cop 2 – обильно; cop 3 – очень обильно; cop – сплошное распространение.

Наибольший балл обилия по Друде характерен для верблюжьей колючки – сор 3. Похожие результаты отмечены и в районе расположения нефтямы: наибольшие показатели проективного покрытия отмечены для верблюжьей колючки (*Alhagi pseudalhagi*), лоха узколистного (*Elaeagnus angustifolia*), лопуха большого (*Arctium lappa*). Кроме того, значительные показатели покрытия в отличие от предыдущей зоны характерны для рогоза широколистного (*Typha latifolia*), полыни горькой (*Artemisia absinthium*), паслена черного (*Solanum nigrum*). Наибольший балл обилия по Друде в этом районе характерен также для верблюжьей колючки (сор 3), являющейся типичным представителем для данной зоны.

Учитывая, что исследуемые участки подвержены длительному антропогенному загрязнению, а почвенные образцы при исследовании оказались фитотоксичными, предположительно данные виды обладают устойчивостью к нефтяному загрязнению, которое в определенных (оптимальных) пропорциях может стимулировать рост растений [Назаров, 2007]. Высокие кон-

центрации нефтепродуктов в почве приводят к физиологическим и морфологическим нарушениям, что и наблюдалось нами в местах выклинивания нефтешламов на поверхность почвы. Здесь регистрировалась карликовость растений, пожелтение и скручивание листьев и стеблей, их усыхание и увядание в середине вегетационного сезона.

Предположение об устойчивости отдельных видов к загрязнениям подтверждается и исследованием динамики показателя проективного покрытия в 2018–2020 гг. в летние и осенние периоды (рис. 3 и 4). Наибольшие показатели покрытия в динамике по годам за осенний сезон отмечены у верблюжьей колючки обыкновенной: в 2018 г. – 45%, в 2019 г. – 48%, в 2020 г. – 60%. Кроме этого, в 2018 г. регистрировалось значительное количество лопуха большого (55%). Общая динамика показателя свидетельствует о разрастании на мониторинговых участках всех обильно распространенных видов. Особенно выражено оно для рогоза, лопуха, лютика едкого, показатели проективного покрытия которых

увеличились за три года на 18, 23 и 13% соответственно.

На рисунке 4 показана годовая динамика наибольших показателей проективного покрытия за летний период, которая в максимальной форме представлена так же, как и в осенний период, у верблюжьей колючки обыкновенной: в 2018 г. – 47%, в 2019 г. – 50%, в 2020 г. – 62%. В 2018 г. регистрировалось также значительное количество лопуха большого (57%). В целом на протяжении трех лет показатели проективного покрытия в осенний и летний периоды имеют положительную динамику. Происходит все большее зарастание поверхности исследуемого района.

Водоохранная зона р. Волги в районе п. Ильинка за все годы исследования характеризуется доминированием в осенний период двух видов травянистых растений – верблюжьей колючки и лопуха большого (рис. 5). При этом отмечена динамика увеличения обилия всех наиболее распространенных видов. Ярче всего она выражена для верблюжьей колючки – площадь ее проективного покрытия за три года исследования выросла на 30%, при этом происходит ежегодное снижение обилия растения *лютик едкий*. В летние периоды мони-

торинговых исследований показатели аналогичны (рис. 6). Они также характеризуются ростом площади произрастания верблюжьей колючки и снижением обилия лютика едкого. Характерно, что, несмотря на распространение на данной территории кустарникового растения – тамарикса четырехтычинкового, – разрастания его не происходит.

Для более полной оценки экологического состояния растений на мониторинговых площадках проведена оценка содержания четырех тяжелых металлов (кадмия, мышьяка, ртути и свинца) в листьях исследуемых видов, представляющих три группы жизненных форм – травянистые растения (лопух большой), кустарники (лох узколистый) и деревья (вяз мелколистный) (табл. 3). Тяжелые металлы занимают особое место среди других антропогенных загрязнителей, так как в отличие от углеводородных соединений не подвергаются физико-химической или биологической деградации. Они способны накапливаться в почве, изменяя ее свойства, активно включаться в процессы миграции по трофическим цепям. Разные виды растений обладают неодинаковой способностью накапливать тяжелые металлы [Юдина, 2017; Chandrasekhar, Ray, 2019].

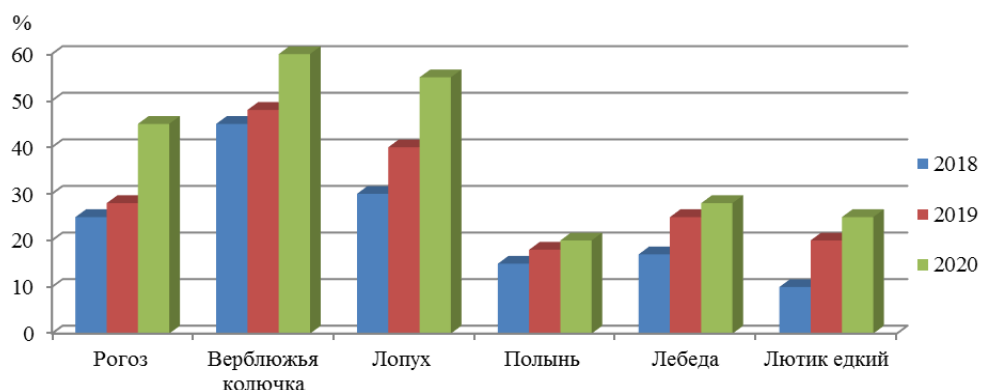


Рис. 3. Наибольшие показатели проективного покрытия растений в осенние периоды в водоохранной зоне реки Кизани в 2018–2020 гг.

Fig. 3. The highest indicators of the projected coverage of plants in the autumn periods in the Kizan River water protection zone in 2018–2020

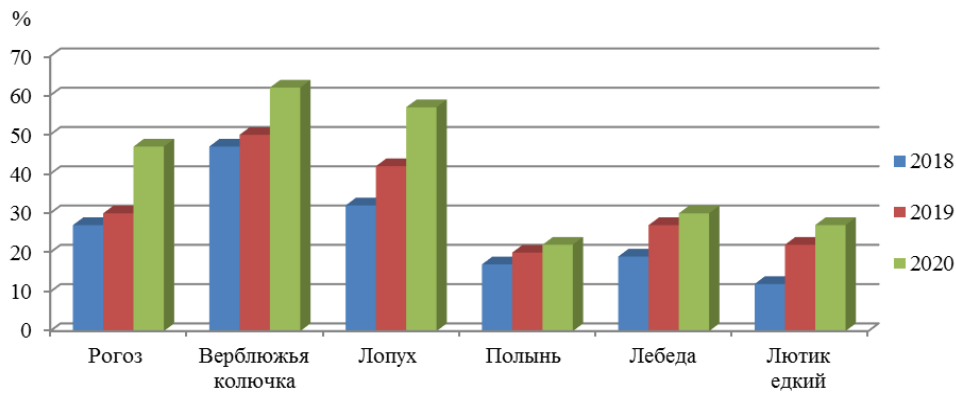


Рис. 4. Наибольшие показатели проективного покрытия растений в летний период в водоохранной зоне реки Кизани в 2018–2020 гг.

Fig. 4. The highest indicators of the projected coverage of plants in the summer period in the Kizan River water protection zone in 2018–2020

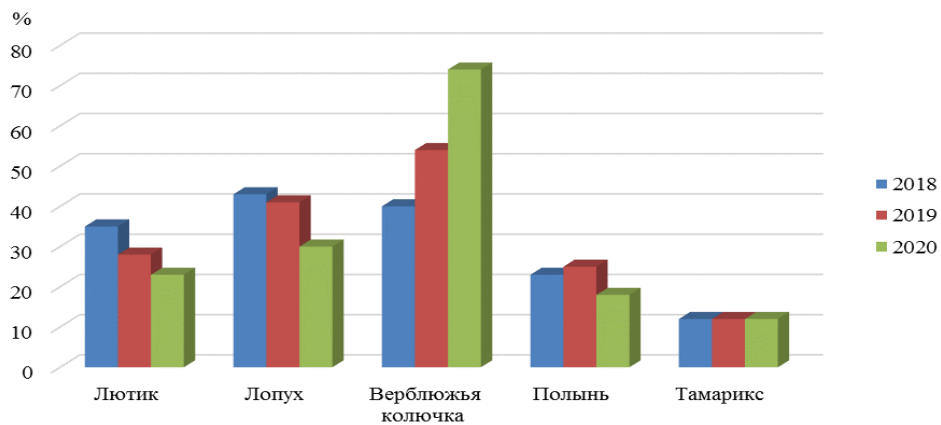


Рис. 5. Наибольшие показатели проективного покрытия растений в осенний период в водоохранной зоне реки Волги в районе п. Ильинка в 2018–2020 гг.

Fig. 5. The highest indicators of the projected coverage of plants in the autumn period in the water protection zone of the Volga River near Ilinka village in 2018–2020

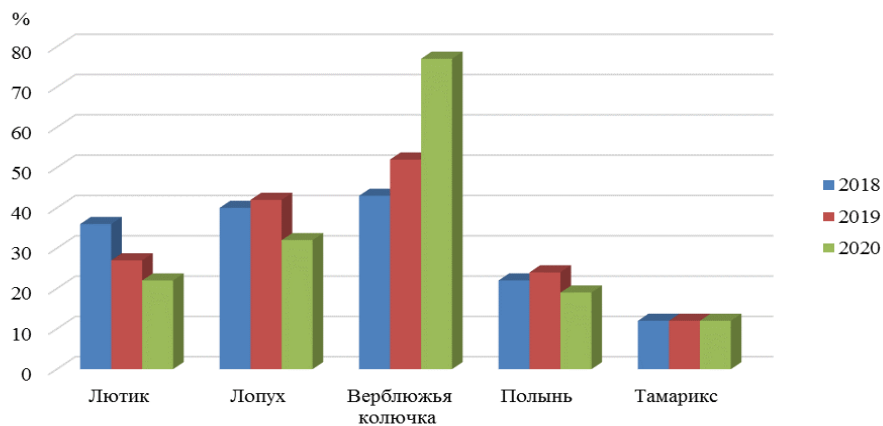


Рис. 6. Наибольшие показатели проективного покрытия растений в летний период в водоохранной зоне реки Волги в 2018–2020 гг.

Fig. 6. The highest indicators of the projected coverage of plants in the summer period in the Volga River water protection zone in 2018–2020

Таблица 3. Содержание тяжелых металлов в листьях растений водоохраных зон

Table 3. Heavy metal content in plant leaves of water protection zones

Наименование растения	Наименования района исследования		
	Волга в районе п. Ильинка	Кизань в районе расположения Соколовских нефтям	Рекреационная зона (контроль)
Массовая доля ртути в листьях, мг/кг			
Лопух большой	0,021 ± 0,007	0,022 ± 0,008	0,023 ± 0,007
Лох узколистный	0,026 ± 0,009	0,029 ± 0,009	0,025 ± 0,009
Вяз мелколистный	0,031 ± 0,011	0,034 ± 0,010	0,043 ± 0,012
Массовая доля мышьяка в листьях, мг/кг			
Лопух большой	0,045 ± 0,007	0,049 ± 0,007	0,045 ± 0,007
Лох узколистный	0,043 ± 0,005	0,051 ± 0,008	0,043 ± 0,006
Вяз мелколистный	0,044 ± 0,006	0,040 ± 0,005	0,060 ± 0,009
Массовая доля свинца в листьях, мг/кг			
Лопух большой	0,44 ± 0,021	0,55 ± 0,025	0,47 ± 0,024
Лох узколистный	0,83 ± 0,038	1,61 ± 0,083	0,76 ± 0,038
Вяз мелколистный	0,65 ± 0,032	0,52 ± 0,031	0,74 ± 0,036

Согласно результатам исследований содержание ртути (массовой доли) в листьях растений находится в пределах от (0,022 ± 0,007) до (0,043 ± 0,012) мг/кг. Концентрация ртути в листьях растений имеет четко выраженную зависимость от жизненной формы как на нефтямах, так и в контроле. Максимальный показатель (0,043 мг/кг) характерен для деревьев, минимальный (0,022 мг/кг) – для травянистых растений, причем наиболее высокие концентрации зарегистрированы в рекреационной зоне, за исключением лоха узколистного. Данное обстоятельство обусловлено возрастом растений, т. е. чем старше растение, тем больше в нем концентрация металла [Liu et al., 2017]. В соответствии с выводами других авторов минимальное количество ртути накапливается в растениях, произрастающих на почвах с низкими ее концентрациями, но по мере повышения концентрации в почве содержание ртути в надземных и корневых органах растений увеличивается [Qian et al., 2018]. Некоторые исследователи отмечают, что повышение уровня содержания гуминовых кислот в почве снижает количество ртути, усваиваемой растениями, за счет образова-

ния ртутьорганических комплексов. В целом ртуть является очень сильным токсикантом, вызывая ингибирование клеточного дыхания, понижение ферментативной активности и др. Повреждение растений наблюдается даже при концентрации ртути в питательном растворе в 1,0 мкг/кг [Федорова, Никольская, 2001].

В наших экспериментах содержание валовой доли мышьяка в листьях растений составляет, от (0,040 ± 0,005) до (0,060 ± 0,009) мг/кг. Максимальное содержание мышьяка (0,060 ± 0,009 мг/кг) отмечено у вяза мелколистного в рекреационной зоне, минимальное (0,043 ± 0,005 мг/кг) – у лоха узколистного в водоохранной зоне в районе п. Ильинка и в рекреационной зоне. В целом концентрация мышьяка в листьях растений на нефтямах превышает таковую в контроле и в водоохранной зоне п. Ильинка, за исключением вяза мелколистного (0,043 ± 0,012 мг/кг). Мышьяк является высокоопасным химическим элементом и способен оказывать токсическое действие на растения. Загрязнение почвы мышьяком, кроме влияния на развитие растений и содержание в них мышьяка, воздействует также на поглощение ими многих макро-

и микроэлементов, в частности калия. Эти изменения не всегда благоприятны для растений, так как могут нарушать их ионное равновесие [Wang et al., 2020; Bhat et al., 2021]. При попадании в почвенный слой часть мышьяка трансформируется при взаимодействии с веществами и минералами, входящими в состав почвы. Реальную угрозу для экосистем представляет не валовое содержание мышьяка, а его содержание в подвижной форме. Мышьяк в данной форме из загрязненной им почвы проникает в растения и оказывает на них негативное воздействие. Поступающие из почвенных растворов токсичные элементы накапливаются в корневой системе и в других органах растений [Плешакова и др., 2010].

По нашим данным самые высокие показатели отмечались по свинцу, его содержание в листьях растений на порядок выше, чем ртути и мышьяка (от $0,47 \pm 0,024$ до $1,61 \pm 0,083$ мг/кг). Это объяснимо большим распространением данного загрязнителя в Астраханской области [Месякина и др., 2015]. Максимальное содержание свинца отмечено на нефтямах у лоха узколистного ($1,61 \pm 0,083$ мг/кг), минимальное ($0,47 \pm 0,024$ мг/кг) – у лопуха большого в рекреационной зоне. В целом концентрация свинца в листьях растений на нефтямах превышает таковую в контроле, за исключением вяза мелколистного. Содержание свинца в районе водоохранной зоны р. Волги в створе п. Ильинка сопоставимо с контрольными значениями. В целом свинец является токсичным загрязнителем. Некоторые почвенные и растительные факторы (например, низкий рН почв, низкое содержание фосфора в почве, присутствие органических лигандов) способствуют поглощению свинца корнями или перемещению его в надземные части растений. Накопление свинца в поверхностном слое почв имеет также огромное эко-

логическое значение, потому что этот элемент сильно воздействует на биологическую активность почв [Кашин, Иванов, 2008; Xing et al., 2020]. В последнее время свинец привлекает большое внимание как один из главных компонентов химических загрязнений среды и как элемент, токсичный для растений. Поглощение и аккумуляция в больших количествах пагубно воздействует на клетки, ткани и органы растительных организмов [Ольшанская и др., 2013].

На всех мониторинговых площадках кадмия нами не было зарегистрировано в листьях ни одного из растений.

В целом следует обратить внимание на то, что концентрации тяжелых металлов в листьях вяза мелколистного в контроле (рекреационная зона – пляж) выше, чем на участке нефтям. Так, например, на территории рекреационной зоны массовая доля ртути составляет 0,043, а на нефтяме – 0,034; мышьяка – 0,060 на пляже, на нефтяме – 0,048; свинца – 0,78 на пляже и 0,52 – на нефтямах. Содержание ртути и мышьяка в листьях лоха узколистного имеют незначительные отличия по мониторинговым площадкам, однако по свинцу здесь отмечаются существенные различия – на пляже 0,76, а на территории нефтям – 1,61 мг/кг.

Таким образом, максимальные концентрации ртути, мышьяка и свинца в листьях растений зафиксированы на нефтезагрязненной территории у двух жизненных форм – травянистых растений и кустарников. Для деревьев (вяз мелколистный) с длительным жизненным циклом характерно повышенное содержание тяжелых металлов в рекреационной зоне (пляж). Поскольку эта территория находится на небольшом удалении от нефтям (150–200 м), то она также является неблагоприятной для многолетних растений, в особенности деревьев. В данном аспекте особый интерес представляет

загрязнение подземных вод по причине их близкого залегания (в отдельных местах до 0,3–0,5 м) и поднятия к поверхности в период естественного подтопления. Однолетники за свой непродолжительный жизненный цикл успевают аккумулировать незначительные концентрации данных поллютантов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования установлено, что почва в водоохранной зоне р. Кизани в районе расположения Соколовских нефтям является токсичной для растений – всхожесть тест-объекта (кресс-салата) на 7-е сутки в шесть раз ниже, чем на других мониторинговых площадках при минимальных морфометрических показателях надземной и подземной частей растений. Почва в водоохранной зоне в районе населенного пункта (п. Ильинка) слаботоксична. Фитоценотический состав на всех мониторинговых площадках характеризуется максимальными показателями встречаемости и обилия у типичных представителей данной природной климатической зоны – верблюжьей колючки обыкновенной (*Alhagi pseudalhagi*) и лопуха большого (*Arctium lappa*) в течение летнего и осеннего сезонов. На протяжении 2018–2020 гг. показатели обилия всех зарегистрированных на территории Соколовских нефтям видов имеют положительную динамику, происходит все большее зарастание данного участка водоохранной зоны р. Кизани, что свидетельствует об устойчивости и приспособляемости растений к нефтяному загрязнению. Для мониторинговой площадки в районе п. Ильинка данная тенденция сохраняется, за исключением лютика едкого, отличающегося снижением показателя обилия за исследуемый период.

Показано, что содержание ртути в листьях растений имеет четко выраженную зависимость от жизненной формы как на нефтямах, так и в контроле. Максимальный показатель (0,043 мг/кг) характерен для деревьев, минимальный (0,022 мг/кг) – для травянистых растений, причем наиболее высокие концентрации зарегистрированы в рекреационной зоне, за исключением лоха узколистного (кустарник). Максимальное содержание мышьяка (0,06 мг/кг) отмечено у вяза мелколистного в рекреационной зоне, минимальное (0,043 мг/кг) – у лоха узколистного в рекреационной зоне. Максимальное содержание свинца отмечено на нефтямах у лоха узколистного (1,6 мг/кг), минимальное (0,47 мг/кг) – у лопуха большого в рекреационной зоне (контроль). На всех мониторинговых площадках в листьях растений кадмия обнаружено не было.

Наиболее неблагоприятные условия для произрастания имеют растения водоохранной зоны реки Кизани в районе расположения Соколовских нефтям – источника длительного антропогенного воздействия, что подтверждается данными биотестирования почвы. При этом результаты биоиндикации свидетельствуют об очистительной роли растений, аккумулирующих в своих листьях мышьяк, ртуть и свинец.

ЛИТЕРАТУРА

- Бармин А.Н. 2007. Почвы бурые полупустынные. Астраханская энциклопедия: В 3 т. Т. 1: Природа: А–Я. Астрахань: Из-во «Кто есть кто». 261 с.
- Березин В.Ю., Заушинцева А.В. 2015. Влияние нефтепродуктов на всхожесть семян и динамику роста растений тимфеевки луговой (*Phleumpratense* L.). *Вестник Кемеровского государственного университета*. № 4 (64). С. 8–11.

- Бреховских В.Ф., Волкова З.В., Монахов С.К. 2011. Динамика потоков загрязняющих веществ в дельте р. Волги. *Вода: химия и экология*. № 4. С. 9–17.
- Быстрова И.В., Смирнова Т.С., Бычкова Д.А., Мелихов М.С. 2018. Экологические проблемы при освоении шельфа северо-западного Прикаспия. *Геология, география и глобальная энергетика*. № 4. С. 81–86.
- Васильева Е.Г., Мельник И.В., Южалина А.А., Обухова О.В. 2019. Оценка фитотоксичности почвенных вытяжек «Соколовских нефтяем» методом биоиндикации. *Астраханский вестник экологического образования*. № 4 (52). С. 33–36.
- Веницианов Е.В., Кирпичникова Н.В., Тиунов А.А. 2019. Расчет распространения загрязнений в Клязьминском водохранилище от береговых источников диффузного характера. *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*. № 5. С. 64–79.
- Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ. 2006. *Собрание законодательства РФ*. № 23. С. 2380.
- Гут Т.М. 2013. Влияние нефтяного загрязнения на флористический состав сообществ. *Вестник Оренбургского государственного университета*. № 6 (155). С. 42–45.
- Даукаев Р.А., Ларионова Т.К., Афонькина С.Р., Аллаярлова Г.Р., Адиева Г.Ф., Печерская В.Л., Зеленковская Е.Е., Фазлыева А.С., Усманова Э.Н. 2018. Изучение загрязнения тяжёлыми металлами растительной продукции, выращенной на территории промышленного региона. *Медицина труда и экология человека*. № 3 (15). С. 22–27.
- Кашин В.К., Иванов Г.М. 2008. Особенности накопления свинца в растениях. *Экология*. № 4. С. 316–318.
- Кольцова Т.Г., Григорьян Б.Р., Сунгатуллина Л.М., Петров А.М., Башкиров В.Н. 2016. Оценка фитотоксичности серых лесных почв в условиях нефтяного загрязнения. *Вестник Казанского технологического университета*. Т. 19. № 18. С. 185–191.
- Мелякина Э.И., Мусаев М.А., Гундарева А.Н. 2015. Особенности содержания микроэлементов в различных типах почв Астраханской области. *Научный альманах*. № 9 (11). С. 1037–1040.
- Назаров А.В. 2007. Влияние нефтяного загрязнения почвы на растения. *Вестник Пермского университета. Серия: Биология*. № 5 (10). С. 134–141.
- Новикова Н.М., Ильина И.С., Сафронова И.Н. 2000. О картографировании пойменной растительности нижней Волги. *Геоботаническое картографирование*. С. 62–75.
- Ольшанская Л.Н., Халиева А.С., Титоренко О.В., Ефремова Н.А. 2013. Влияние меди и свинца на развитие высших растений и фиторемедиацию почвы. *Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология*. Т. 56 (4). С. 127–130.
- Плешакова Е.В., Решетников М.В., Любунь Е.В., Беляков А.Ю., Турковская О.В. 2010. Биогенная миграция Cd, Pb, Ni и As в системе “почва-растения” и изменение биологической активности почвы. *Известия Саратовского университета. Серия: Науки о Земле*. Т. 10 (2). С. 59–66.
- Федорова А.И., Никольская А.Н. 2001. Практикум по экологии и охране окружающей среды. Москва: ВЛАДОС. 288 с.
- Цыценко К.В., Шалыгин А.Л. 2002. Оценка заливаемости дельты Волги в современных условиях. *Метеорология и гидрология*. № 2. С. 80–88.

- Юдина Е.В. 2017. Закономерности накопления и распределения тяжелых металлов в системе «почва-растение» в условиях городской среды. *Агрохимический вестник*. № 3. С. 40–44.
- Bhat J.A., Ahmad P., Corpas F.J. 2021. Main nitric oxide (NO) hallmarks to relieve arsenic stress in higher plants. *Journal of Hazardous Materials*. Vol. 406. P. 124289.
- Chandrasekhar C., Ray J.G. 2019. Lead accumulation, growth responses and biochemical changes of three plant species exposed to soil amended with different concentrations of lead nitrate. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. Vol. 171. P. 26–36.
- Chen L., Michishita R., Xu B. 2014. Abrupt spatiotemporal land and water changes and their potential drivers in Poyang Lake, 2000–2012. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. Vol. 98. P. 85–93.
- Choudhary K., Singh M.B., Kupriyanov A. 2018. Spatial modelling for natural and environmental vulnerability through remote sensing and GIS in Astrakhan, Russia. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. Vol. 21 (2). P. 139–147.
- Gómez-Baggethun E., Tudor M., Doroftei M., Covaliov S., Năstase A., Onăreă D.-F., Mierlă M., Marinov M., Doroencu A.-C., Lupu G., Teodorof L., Tudor I.-M., Köhlerd B., Museth J., Aronsen E., Johnsen S.I., Ibram O., Marin E., Crăciun A., Cioacă E. 2019. Changes in ecosystem services from wetland loss and restoration: An ecosystem assessment of the Danube Delta (1960–2010). *Ecosystem Services*. Vol. 39. P. 100965.
- Gusarov A.V. 2020. The response of water flow, suspended sediment yield and erosion intensity to contemporary long-term changes in climate and land use / cover in river basins of the Middle Volga Region, European Russia. *Science of the Total Environment*. Vol. 719. P. 134770.
- Lattuada M., Albrecht C., Wilke T. 2019. Differential impact of anthropogenic pressures on Caspian Sea ecoregions. *Marine Pollution Bulletin*. Vol. 142. P. 274–281.
- Liu Z., Wang L., Xu J., Ding S., Feng X., Xiao H. 2017. Effects of different concentrations of mercury on accumulation of mercury by five plant species. *Ecological Engineering*. Vol. 106 (Part A). P. 273–278.
- Moiseenko T.I., Gashkina N.A., Sharova Y.N., Kudryavtseva L.P. 2008. Ecotoxicological assessment of water quality and ecosystem health: A case study of the Volga River. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. Vol. 71 (3). P. 837–850.
- Qian X., Wu Y., Zhou H., Xu X., Xu Z., Shang L., Qiu G. 2018. Total mercury and methylmercury accumulation in wild plants grown at wastelands composed of mine tailings: Insights into potential candidates for phytoremediation. *Environmental Pollution*. Vol. 239. P. 757–767.
- Rupp H., Rinklebe J., Bolze S. 2010. Meissner R. A scale-dependent approach to study pollution control processes in wetland soils using three different techniques. *Ecological Engineering*. Vol. 36 (10). P. 1439–1447.
- Wang K.T., Li Y.P., Wu Y.C., Qiu Z.Q., Ding Z.X., Wang X., Chen W., Wang R., Fu F.F., Rensing C., Yang G. 2020. Improved grain yield and lowered arsenic accumulation in rice plants by inoculation with arsenite-oxidizing *Achromobacter xylosoxidans* GD03. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. Vol. 206. P. 111229.
- Xing W., Liu H., Banet T., Wang H., Ippolito J.A., Li L. 2020. Cadmium, copper, lead and zinc accumulation in wild plant species near a lead smelter. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. Vol. 198. P. 110683.

REFERENCES

- Barmin A.N. 2007. The soils are brown semi-desert. Astrakhan Encyclopedia: In 3 vols. Vol. 1: Nature: A–Ya. Astrakhan: “Who is who”. 261 p. (in Russian).
- Berezin V.Yu., Zaushintsena A.V. 2015. Influence of petroleum products on seed germination and plant growth dynamics of meadow timothy (*Phlum pratense* L.). *Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta (Bulletin of the Kemerovo State University)*. Vol. 4 (64). P. 8–11 (in Russian).
- Brekhovskih V.F., Volkova Z.V., Monakhov S.K. 2011. Dynamics of pollutant flows in the delta of the Volga River. *Voda: Khimiya I Ekologiya (Water: Chemistry and Ecology)*. № 4. P. 9–17 (in Russian).
- Bystrova I.V., Smirnova T.S., Bychkova D.A., Melikhov M.S. 2018. Ecological problems in the process of the North-West Caspian shelf development. *Geologiya, geographiya i globalnaya energetika (Geology, geography and global energy)*. Vol. 4. P. 81–86 (in Russian).
- Vasilyeva E.G., Melnik I.V., Yuzhalina A.A., Obukhova O.V. 2019. Assessment of phytotoxicity of soil extracts of “Sokolovsky Oil Pits” by bioindication method. *Astrahanskij vestnik ekologicheskogo obrazovaniya (Astrakhan Bulletin for Environmental Education)*. Vol. 4 (52). PP. 33–36 (in Russian).
- Venitsianov E.V., Kirpichnikova N.V., Tiunov A.A. 2019. Calculation of the distribution of pollution in the Klyazma reservoir from coastal sources of diffuse nature. *Vodnoe hozhrajstvo Rossii: problemy, tehnologii, upravlenie (Water sector of Russia: problems, technologies, management)* Vol. 5. P. 64–79 (in Russian).
- Water Code of the Russian Federation as of 03.06.2006 № 74-FZ. 2006. Collection of the Russian Federation Legislation. № 23. P. 2380.
- Gut T.M. 2013. The influence of oil pollution on the floristic composition of communities. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta (Bulletin of the Orenburg State University)*. Vol. 6 (155). P. 42–45 (in Russian).
- Daukaev R.A., Larionova T.K., Afonkina S.R., Allayarova G.R., Adieva G.F., Pecherskaya V.L., Zelenkovskaya E.E., Fazlyeva A.S., Usmanova E.N. 2018. Study of heavy metal contamination of plant products grown on the territory of an industrial region. *Medicina truda i ekologiya cheloveka (Occupational medicine and human ecology)*. Vol. 3 (15). P. 22–27 (in Russian).
- Kashin V.K., Ivanov G.M. 2008. Features of lead accumulation in plants. *Ekologiya (Russian Journal of Ecology)*. Vol. 4. P. 316–318 (in Russian).
- Koltsova T.G., Grigoryan B.R., Sungatulina L.M., Petrov A.M., Bashkirov V.N. 2016. Assessment of phytotoxicity of gray forest soils under conditions of oil pollution. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta (Bulletin of the Technological University)*. Vol. 19, № 18. P. 185–191 (in Russian).
- Melyakina E.I., Musaev M.A., Gundareva A.N. 2015. Features of the content of trace elements in various types of soils of the Astrakhan region. *Nauchnyj al'manah (Science Almanac)*. Vol. 9 (11). P. 1037–1040 (in Russian).
- Nazarov A.V. 2007. The effect of oil pollution of the soil on plants. *Vestnik Permskogo universiteta. Seriya: Biologiya (Bulletin of the Perm University: Biology)*. Vol. 5 (10). P. 134–141 (in Russian).
- Novikova N.M., Ilyina I.S., Safronova I.N. 2000. On mapping of flood-lands vegetation in the Lower Volga. *Geobotanicheskoe*

- kartographirovanie (Geobotanical mapping)*. P. 62–75 (in Russian).
- Olshanskaya L.N., Khaleeva A.S., Titorenko O.V., Efremova N.A. 2013. The influence of copper and lead on the development of higher plants and phytoremediation of the soil. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Himiya i himicheskaya tekhnologiya (Russian Journal of Chemistry and Chemical Technology (ChemChemTech))*. Vol. 56 (4). P. 127–130 (in Russian).
- Pleshakova E.V., Reshetnikov M.V., Lyubun E.V., Belyakov A.Yu., Turkovskaya O.V. 2010. Biogenic migration of Cd, Pb, Ni, and As in the soil-plant system and changes in the biological activity of the soil. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Seriya: Nauki o Zemle (Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences)*. Vol. 10 (2). P. 59–66 (in Russian).
- Fedorova A.I., Nikolskaya A.N. 2001. Practical course in Ecology and Environment Protection. Moscow: VLADOS. 288 p. (in Russian).
- Cyenko K.V., Shalygin A.L. 2002. Assessment of the floodability of the Volga Delta in modern conditions. *Meteorologiya i gidrologiya (Meteorology and Hydrology)*. Vol. 2. P. 80–88 (in Russian).
- Yudina E.V. 2017. Regularities of accumulation and distribution of heavy metals in the “soil-plant” system in the urban environment. *Agrohimicheskij vestnik (Agrochemical Herald)*. Vol. 3. P. 40–44 (in Russian).
- Bhat J.A., Ahmad P., Corpas F.J. 2021. Main nitric oxide (NO) hallmarks to relieve arsenic stress in higher plants. *Journal of Hazardous Materials*. Vol. 406. P. 124289.
- Chandrasekhar C., Ray J.G. 2019. Lead accumulation, growth responses and biochemical changes of three plant species exposed to soil amended with different concentrations of lead nitrate. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. Vol. 171. P. 26–36.
- Chen L., Michishita R., Xu B. 2014. Abrupt spatiotemporal land and water changes and their potential drivers in Poyang Lake, 2000–2012. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. Vol. 98. P. 85–93.
- Choudhary K., Singh M.B., Kupriyanov A. 2018. Spatial modelling for natural and environmental vulnerability through remote sensing and GIS in Astrakhan, Russia. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. Vol. 21 (2). P. 139–147.
- Gómez-Baggethun E., Tudor M., Doroftei M., Covaliov S., Năstase A., Onăra D.-F., Mierlă M., Marinov M., Doroencu A.-C., Lupu G., Teodorof L., Tudor I.-M., Köhler B., Museth J., Aronsen E., Johnsen S.I., Ibram O., Marin E., Crăciun A., Cioacă E. 2019. Changes in ecosystem services from wetland loss and restoration: An ecosystem assessment of the Danube Delta (1960–2010). *Ecosystem Services*. Vol. 39. P. 100965.
- Gusarov A.V. 2020. The response of water flow, suspended sediment yield and erosion intensity to contemporary long-term changes in climate and land use / cover in river basins of the Middle Volga Region, European Russia. *Science of the Total Environment*. Vol. 719. P. 134770.
- Lattuada M., Albrecht C., Wilke T. 2019. Differential impact of anthropogenic pressures on Caspian Sea ecoregions. *Marine Pollution Bulletin*. Vol. 142. P. 274–281.
- Liu Z., Wang L., Xu J., Ding S., Feng X., Xiao H. 2017. Effects of different concentrations of mercury on accumulation of mercury by five plant species. *Ecological Engineering*. Vol. 106 (Part A). P. 273–278.

- Moiseenko T.I., Gashkina N.A., Sharova Y.N., Kudryavtseva L.P. 2008. Ecotoxicological assessment of water quality and ecosystem health: A case study of the Volga River. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. Vol. 71 (3). P. 837–850.
- Qian X., Wu Y., Zhou H., Xu X., Xu Z., Shang L., Qiu G. 2018. Total mercury and methylmercury accumulation in wild plants grown at wastelands composed of mine tailings: Insights into potential candidates for phytoremediation. *Environmental Pollution*. Vol. 239. P. 757–767.
- Rupp H., Rinklebe J., Bolze S. 2010. Meissner R. A scale-dependent approach to study pollution control processes in wetland soils using three different techniques. *Ecological Engineering*. Vol. 36 (10). P. 1439–1447.
- Wang K.T., Li Y.P., Wu Y.C., Qiu Z.Q., Ding Z.X., Wang X., Chen W., Wang R., Fu F.F., Rensing C., Yang G. 2020. Improved grain yield and lowered arsenic accumulation in rice plants by inoculation with arsenite-oxidizing *Achromobacter xylosoxidans* GD03. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. Vol. 206. P. 111229.
- Xing W., Liu H., Banet T., Wang H., Ippolito J.A., Li L. 2020. Cadmium, copper, lead and zinc accumulation in wild plant species near a lead smelter. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. Vol. 198. P. 110683.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Мельник Ирина Викторовна – Астраханский государственный технический университет; 414025, Россия, Астрахань; кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры «Гидробиология и общая экология»; irina_Imelnik@mail.ru. SPIN-код: 9210-0110, Author ID: 569973.

Melnik Irina Viktorovna – Astrakhan State Technical University; 414025, Russian Federation, Astrakhan; Candidate of Biological Sciences; Docent, Assistant Professor of Hydrobiology and General Ecology Chair; irina_Imelnik@mail.ru. SPIN-code: 7534-7736, Author ID: 664379.

Васильева Екатерина Геннадьевна – Астраханский государственный технический университет; 414025, Россия, Астрахань; кандидат биологических наук, доцент кафедры «Гидробиология и общая экология»; katerina.84@mail.ru. SPIN-код: 8112-2025 AuthorID: 628826; Scopus ID: 12792241800.

Vasileva Ekaterina Gennadievna – Astrakhan State Technical University; 414025, Russian Federation, Astrakhan; Candidate of Biological Sciences; Assistant Professor of Hydrobiology and General Ecology Chair; irina_Imelnik@mail.ru. SPIN-code: 8112-2025, Author ID: 628826; Scopus ID: 12792241800.

Филипова Маргаритка Василева – Русенский университет имени Ангела Кънчева; 7071, Болгария, Русе; доцент кафедры «Теплотехника, гидравлика и инженерная экология», доктор PhD; mfilipova@uni-ruse.bg. Scopus ID: 57191851311.

Filipova Margaritka Vasileva – Ruse University Angel Kanchev, 7071, Bulgaria, Ruse; Associate Professor, Doctor PhD, Heat Engineering, Hydraulics and Environmental Engineering Chair of Ruse University “Angel Kanchev”, mfilipova@uni-ruse.bg. Scopus ID: 57191851311.

МОРСКИЕ КОЛОНИАЛЬНЫЕ ПТИЦЫ ОСТРОВА МЕДНОГО (КОМАНДОРСКИЕ ОСТРОВА)

Пилипенко Д.В.

Государственный природный биосферный заповедник «Командорский» имени С.В. Маракова; Камчатский край, Алеутский район, с. Никольское, ул. 50 лет Октября, 31.

Приведены результаты учетов морских колониальных птиц на о. Медном и проанализированы изменения численности и распределения за последние 20–30 лет. Количество колоний на острове не изменилось. Общая численность гнездящихся на острове 19 видов составляет более 200 тыс. пар. Колонии располагаются на острове относительно равномерно по всему побережью, и их основу составляют пять видов – глупыш *Fulmarus glacialis*, моевка *Rissa tridactyla*, красноногая говорушка *Rissa brevirostris* и два вида кайр. Самым многочисленным видом остается глупыш. Заметно увеличилась численность тонкоклювой кайры *Uria aalge*, в меньшей степени серокрылой чайки *Larus glaucescens*, большой конюги *Aethia cristatella*, ипатки *Fratercula corniculata* и топорка *Lunda cirrhata*. Уменьшилась численность белобрюшки *Cyclorhynchus psittacula*. Для остальных видов значительных изменений не выявлено.

Ключевые слова: Командорские острова, морские колониальные птицы, о. Медный, орнитофауна, размещение колоний, численность.

COLONIAL SEABIRDS OF MEDNY ISLAND (COMMANDER ISLANDS)

Pilipenko D.V.

Nature and Biosphere Reserve Commander Islands named after Marakov S.V., Kamchatka Territory, Aleutskiy District, Nikolskoe village, 50 years of October Str. 31.

The results of colonial seabird surveys on Medny Island were presented and the changes in numbers and distribution over the past 20–30 years were analyzed. The number of colonies on the island has not changed. The total number of individuals belonging to 19 species is more than 200 thousand pairs. The colonies are distributed on the island relatively evenly along the whole coast and are based on five species – northern fulmar *Fulmarus glacialis*, black-legged kittiwake *Rissa tridactyla*, red-legged kittiwake *Rissa brevirostris* and two species of guillemots. The most numerous species is Northern fulmar. The abundance of the common guillemot *Uria aalge* has noticeably increased. The glaucous-winged gull *Larus glaucescens*, the crested auklet *Aethia cristatella*, the moth horned puffin *Fratercula corniculata* and the tufted puffin *Lunda cirrhata* has increased less. The number of parakeet auklet *Cyclorhynchus psittacula* has decreased. There was not found significant changes for the rest of species.

Key words: Commander Islands, colonial seabirds, Medny Island, ornitofauna, location of colonies, number.

ВВЕДЕНИЕ

Морские колониальные птицы – самая многочисленная группа в орнитофауне Командорских островов. Они гнездятся практически всюду на скалистых побережьях основных островов архипелага, а также на островках и кекурах-останцах в прибрежной зоне.

Уже первые исследователи орнитофауны островов [Stejneger, 1885; Бианки, 1909; Иогансен, 1934] уделяли большое внимание этой группе птиц. Для некоторых видов они указывают конкретные пункты размещения главных колоний, но данные об их численности имеют в основном описательный характер. Впервые целенаправленный сбор материала о видовом составе и численности колоний на о. Медном выполнил в 1950-е гг. С.В. Маракон [1963]. Еще более подробную количественную характеристику колоний на этом острове дал Н.Н. Карташев [1961], посетивший Командоры в 1960 г. и проводивший исследования на о. Медном с 28 июня по 1 августа. Автором были проведены учеты численности гнездящихся птиц в ряде крупных колоний, расположенных в районе бух. Бобровой, на мысах Матвея и Песчаном, западнее с. Преображенского, на мысах Саклов, Жировом и Черном.

Первая полная инвентаризация гнездовых поселений морских птиц на Командорских островах была выполнена в 1986–1994 гг. Ю.Б. Артюхиным [1991, 1999], который провел обследование всего побережья архипелага, в результате чего составил кадастр колоний с подробным описанием размещения, состава и оценок численности всех гнездящихся видов морских птиц. На о. Медном эти работы проходили в 1986, 1988 и 1994 гг., и было осмотрено все побережье острова и подсчитаны птицы во всех колониях. Позже, в 1999 и 2004 гг.,

на части береговой линии о. Медного такую работу повторила Л.А. Зеленская [2004]. В 1999 г. она обследовала только участки от бух. Середка до бух. Солдатская I и между бухтами Гладковской и Корабельной (около 20% береговой линии острова). В 2004 г. Л.А. Зеленская осмотрела почти все восточное побережье острова, но сроки проведения учетов, 28–29 апреля, были очень ранними, и это не могло не отразиться на результатах, что признается самим автором.

Остров Медный в настоящее время необитаем. В 1977 г. здесь был официально расформирован единственный населенный пункт – с. Преображенское, хотя люди его покинули еще в 1970 г. Сейчас остров посещают лишь участники научных экспедиций и немногочисленные туристы. Таким образом, в течение последних 50 лет морские колониальные птицы не подвержены негативному воздействию традиционного промысла, который активно практиковался местным населением в XIX–XX вв. [Маракон, 1963; Артюхин, 1991].

В 1993 г. на Командорских островах был создан заповедник, в состав которого вошла, кроме самих островов, и 30-мильная акватория. Одной из задач научного отдела заповедника является мониторинг состояния популяций птиц, в том числе морских колониальных. Учитывая, что инвентаризационные работы для этой группы на островах уже давно не проводились, такие исследования актуальны и важны для анализа изменений, происходящих в населении птиц в последние десятилетия.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Полевые работы на о. Медном проводились нами в период с 10 июня по 14 августа 2017 г., в течение которого обследовали гнездовые поселения морских птиц

на всем побережье острова. Большую часть береговой линии (всю юго-западную сторону острова и участок от м. Юго-Восточного до бух. Перешеек) исследовали с 15 по 21 июля, побережье между бухтами Перешеек и Благодатной – с 19 июня по 9 июля, от м. Северо-Восточного до гав. Преображенской – 1–2 августа.

Здесь следует отметить, что 17 июля в акватории Командорских островов произошло сильнейшее землетрясение в регионе магнитудой до 7,8 балла [Лутиков и др., 2019]. Как оказалось, это землетрясение серьезно повлияло на состояние гнездовых: некоторые скалы, на которых они располагались, обрушились. Например, колония кайр к северу от гав. Преображенской была полностью уничтожена. Ниже в повидовых очерках более подробно расскажем о последствиях этого землетрясения.

Учеты проводили в основном с надувной лодки с подвесным мотором; часть колоний (обычно на выходах из бухт) осматривали с берега. Морские учеты проводились в хорошую погоду при отсутствии сильной волны и наката, пешие – преимущественно во время отлива. Учетные данные суммировали в границах участков, выделенных еще Ю.Б. Артюхиным [1999], только объединили в один участок м. Черный и бух. Кухнинскую.

Основным методом был фотоучет. Все колонии кайр, моевок, говорушек были отсняты цифровой фотокамерой с объективом 100–400 мм в виде панорам, которые позже были «склеены», и затем по ним с монитора в графическом редакторе осуществлялся подсчет птиц. Практически все колонии располагались преимущественно на вертикальных скальных поверхностях, поэтому точность подсчета птиц в них не вызывает каких-либо сомнений, хотя в отдельных случаях за счет складчатости

рельефа возможно незначительное занижение результатов. Отдельно следует остановиться на самой крупной колонии, расположенной на о. Сивучий Камень в северо-западной части острова, где гнездятся преимущественно тонкоклювые кайры. При проведении съемки с лодки в кадр не попадают плохо просматриваемые верхние плоскостные части этого острова, кроме того, здесь очень высокая плотность кайр (рис. 1, *a–в*), и, располагаясь на относительно ровных участках поверхности, первые ряды закрывают от наблюдателя следующие, и поэтому результаты учета птиц в горизонтальной плоскости здесь существенно занижены. По данным фотоучета 2017 г. было насчитано 16 696 тонкоклювых и 448 толстоклювых кайр. В 2018 г. Е.Г. Мамаевым была отснята эта колония с помощью квадрокоптера (рис. 1, *a–в*). Сверху птицы хорошо просматриваются, и это позволило нам пересчитать здесь практически всех кайр – 33 705 особей. В 2017 г. количество толстоклювых кайр в этой колонии составило 2,6% от общего числа птиц этого рода и, исходя из того, что принципиальных изменений в распределении птиц на этом островке мы не увидели, это соотношение принято и для учета 2018 г. – 32 829 тонкоклювых кайр и 876 толстоклювых. Так как предыдущие исследователи проводили учеты с лодки или берега, мы также при анализе изменений в данной колонии используем результаты учета 2017 г., а данные 2018 г. позволяют более точно оценить реальную численность гнездящихся здесь кайр.

У моевки и красноногой говорушки подсчитывали как занятые гнезда, так и пары, сидящие у недостроенных гнезд. Оба вида кайр считали поголовно, и для корректности сравнения с данными Ю.Б. Артюхина [1999] вслед за ним принимали количество учтенных особей за число

гнездящихся пар. В основном нам удалось отснять птиц достаточно близко для определения их до вида, включая кайр. В некоторых случаях, как например, в районе бух. Преображенской, где колонии находились на большой высоте, мы визуальнo определяли соотношение видов на пробных площадках, а при подсчете на фотографиях общую численность распределяли согласно этому соотношению. Большинство колоний берингова и краснолицего бакланов также были отсняты, но в некоторых из них мы подсчитывали птиц на месте при осмотре

берега с суши. Серокрылую чайку, тихоокеанского чистика, ипатку и топорка учитывали по всему побережью, в том числе при проходе от одной колонии к другой. В случае с серокрылой чайкой небольшие колонии и даже отдельные пары хорошо видны, особенно с лодки, проходящей в нескольких десятках или сотнях метров от берега. Для остальных видов мы делали остановки и осматривали побережье, особенно тщательно в местах потенциального гнездования, и учитывали птиц на скалах, рифах и на воде возле мест гнездования.

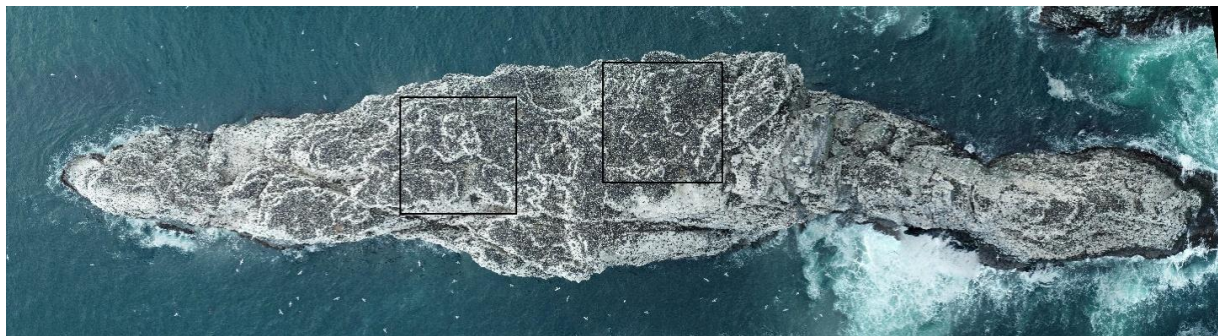


Рис. 1, а. Панорама о. Сивучий Камень (вид сверху), отснятая квадрокоптером 08.08.2018 г.

Fig. 1, a. Panorama of Sivuchiy Kamen Island (top view), made by a quadcopter 08.08.2018



Рис. 1, б и в. Отдельные участки колонии на о. Сивучий Камень, выделенные черными квадратами на рис. 1, а

Fig. 1, б and в. Separate sections of the colony on Sivuchiy Kamen Island, highlighted by black squares on fig. 1, а

Численность тихоокеанского чистика указана нами в особях, и для корректности сравнения мы использовали учетные данные Ю.Б. Артюхина [1999], а не оценочную численность. Такую же методику мы использовали для ипатки и топорка, только численность указывалась в парах.

Белобрюшку учитывали визуально; места, где этот вид встречался в прошлом, посещали неоднократно для выявления максимальной численности. Данные по сизой и северной качуркам и малой конюге получили в ходе визуальных наблюдений, а также с помощью сонгметров SM2+, на которые вели запись голосов птиц в бух. Бобровой, Маленькой и Гладковской. Глупыша мы попытались подсчитать по фотографиям пробных площадок в различных частях острова; но оказалось, что такой подход не дает достоверных результатов, поэтому точную численность данного вида нам установить не удалось.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам наших наблюдений на о. Медном расположены 17 птичьих базаров – поливидовых колоний, основу которых составляют кайры и моевки (табл. 1, рис. 2), что соответствует данным Ю.Б. Артюхина [1999]. В двух поселениях гнездится только моевка (по 50 пар в каждой), в двух – только кайры обоих видов, в одном – моевка и красноногая говорушка. В двух случаях гнездятся три вида – моевка и два вида кайр, и в 11 случаях птичьих базары формируют все четыре основных вида. Общая численность птиц всех видов в колониях варьирует от 50 до почти 30 тыс. пар, наиболее крупные – в районе бух. Забобровой и м. Сивучьего (36 955 пар) и на участке м. Черный – бух. Кухнинская (22 372 пары). Три колонии имеют численность до 100 пар, еще пять – от 100 до 1 тыс. пар, семь – от 1 тыс. и до 10 тыс. пар.

Ниже мы приводим данные отдельно по видам.

Глупыш *Fulmarus glacialis*. Многочисленный гнездящийся вид. Как уже сказано ранее, нам не удалось провести полноценный учет этого вида, но, судя по нашим наблюдениям, каких-либо значительных изменений в численности за последние годы не произошло. Например, 28 июня на участке от гав. Преображенской до бух. Благодатной на расстоянии не более 1 км от берега мы насчитали около 16 тыс. кормящихся птиц. В 1994 г. на этом участке побережья было учтено 12 тыс. пар [Артюхин, 1999]. В небольших колониях между бух. Гладковской и Топлевской и на Бобровых Камнях, где в 1994 г. было учтено по 100 пар, мы насчитали такое же количество. Понятно, что такие точечные учеты не дают точной картины о состоянии вида в настоящее время, и мы согласны с Ю.Б. Артюхиным [1999], что для определения реальной численности учеты этого вида следует проводить в конце апреля – начале мая. Учитывая высокое доленое участие глупыша (121 тыс. пар) [Артюхин, 1999] в населении птиц Медного, следует дополнительно выполнить его учеты.

Северная *Oceanodroma leucorhoa* и сизая *O. furcata* качурки. Визуально нами была встречена только сизая качурка: 21 июля одна особь у м. Гладкого. Однако благодаря анализу записей сонгметров удалось получить некоторые результаты по обоим видам. С 15 по 17 июля приборы были установлены в бух. Бобровой, с 19 на 20 июля – в бух. Маленькой и с 4 по 8 августа – в бух. Гладковской. В последнем случае сонгметр был установлен неудачно, и посторонние звуки заглушили голосовую активность птиц, но в двух первых бухтах выявлено присутствие обоих видов, с явным преобладанием сизой качурки. Вероятно, оба вида довольно обычны и широко распространены на острове [Артюхин,

1999] и, скорее всего, здесь преобладает сизая качурка, что отмечают и другие исследователи [Карташев, 1961; Мараков, 1965]. Например, северная качурка в отличие от сизой не обнаружена в поедях песцов (*Vulpes lagopus semenovi*) между бухтами Ожидания и Корабельной [Шиенок, 2011], не найдена она и в бух. Глинка [Кленова, 2018]. С другой стороны, доля северной качурки среди останков птиц у нор песцов оказалась выше на юго-восточной оконечности острова [Шиенок, 2011]. Оценка численности более 1 тыс. пар для каждого вида [Артюхин, 1999] дает представление о долевом участии этих видов в общем населении, однако в силу особенностей биологии трудно оценить их реальную численность.

Берингов баклан *Phalacrocorax pelagicus*. Учтено 284 пары в 19 точках гнездования, размеры колоний некрупные – максимум 51 пара (табл. 2). Наиболее крупное поселение – между бухтами Гладковской и Жировой. Единственное место, где не исключен пропуск отдельных пар и небольших колоний – это участок побережья между бухтами Глинка и Перешеек. В целом в 2017 г. численность этого вида была очень низкой, по сравнению с данными 1990-х гг. почти в четыре раза меньше. Вряд ли здесь следует говорить о тенденции, вероятно, это связано с особенностями конкретного года, биологии вида, учитывая, что с краснолицым бакланом ситуация противоположная.

Таблица 1. Численность (пары) основных видов морских птиц в колониях на о. Медном в 2017 г.

Table 1. Abundance (pairs) of the main species of seabirds in the colonies on Medny Island in 2017

№	Место расположения	Тонкоклювая кайра	Толстоклювая кайра	Моевка	Красноногая говорушка	Всего
1	м. Песчаный	115	582	106	3	806
2	бух. Песчаная – гав. Преображенская	2 116	8 466	0	0	10 582
3	м. Саклов	1 331	2 580	1 452	112	5 475
4	м. Арий	2 507	3 260	784	12	6 563
5	м. Жировой	199	3 345	644	120	4 308
6	м. Черный и бух. Кухнинская	11 807	6 558	3 978	29	22 372
7	м. Дровяные Столбы	84	614	120	30	848
8	бух. Дырвая – м. Южный	0	0	196	1	197
9	м. Говорушечий – бух. Марьинская	327	1 386	164	7	1 884
10	м. Длинный	12	67	0	0	79
11	бух. Говорушечья – бух. Запалата	319	120	16	0	455
12	м. Горелый	0	0	50	0	50
13	м. Нерпичий	0	0	50	0	50
14	Непропуск южнее м. Косой Камень	3 774	2 221	942	22	6 959
15	м. Сенькинский – м. Маленькой бухты	2 485	1 814	293	13	4 605
16	м. Завасильевский	75	361	4	0	440
17	бух. Забобровая – м. Сивучий	16 904	1 561	1 750	178	20 393
	ВСЕГО	42 055	32 935	10 549	527	86 066

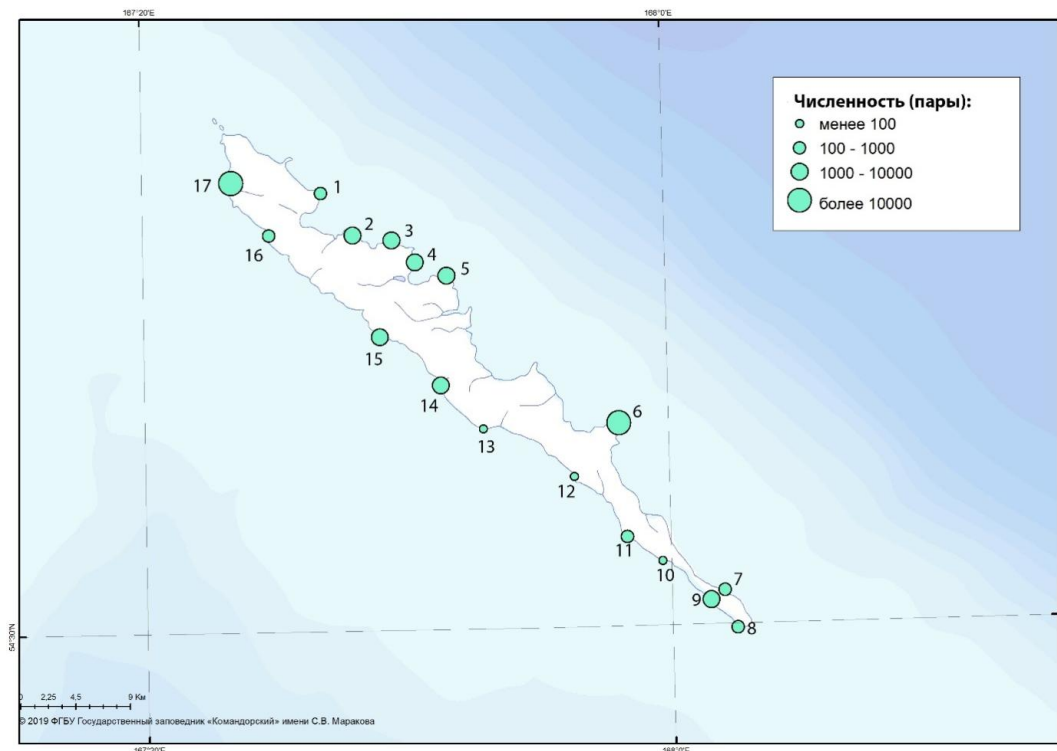


Рис. 2. Места расположения и численность основных колоний морских птиц на о. Медном. Названия колоний приведены в таблице 1

Fig. 2. Location and number of the main seabird colonies on Medny Island. Colony names are shown in table 1

Таблица 2. Численность (пары) бакланов и серокрылой чайки на о. Медном в разные периоды исследований

Table 2. Abundance (pairs) of cormorants and glaucous-winged gull on Medny Island in different periods of research

Участок побережья	Вид и год проведения учета								
	Берингов баклан			Краснолицый баклан			Серокрылая чайка		
	1986	1993	2017	1986	1993	2017	1986	1993	2017
<i>1</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10
м. Северо-Западный – м. Матвея	2	0	10	5	0	143	8	4	1
м. Матвея	0	10	0	20	24	0	20	15	2
м. Матвея – бух. Песчаная	10	32	13	18	28	407	19	9	6
бух. Песчаная – гав. Преображенская	1	0	10	3	3	40	11	12	1
гав. Преображенская – бух. Благодатная	19	3	6	15	0	110	23	–	1
бух. Благодатная – бух. Жировая	54	22	23	14	13	141	122	94	400
бух. Жировая – бух. Гладковская	23	59	51	9	56	63	15	24	29
бух. Гладковская – бух. Тополевская	8	35	21	6	0	42	34	39	83
бух. Тополевская – бух. Корабельная	0	0	0	0	0	0	5	5	0
бух. Корабельная – бух. Ожидания	69	121	27	18	9	166	13	15	16
м. Черный	24	37	26	3	29	245	23	6	5
бух. Кухнинская – м. Глупышинные Столбы	2	2	0	4	4	0	6	3	0
м. Глупышинные Столбы – бух. Глинка	0	0	0	0	0	0	4	2	0
бух. Глинка – бух. Перешеек	38	57	0	21	20	0	14	11	0
бух. Перешеек – м. Юго-Восточный	81	120	2	15	54	16	12	6	2
м. Юго-Восточный – бух. Марьинская	54	40	2	33	1	7	>10	17	3
бух. Марьинская – бух. Секачинская	45	63	0	2	13	0	12	2	0

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
бух. Секачинская – непропуск южнее бух. Говорушечьей	93	50	0	0	0	0	13	3	0
Непропуск – бух. Бабичья	11	74	0	8	18	0	6	6	0
бух. Бабичья – бух. Лебяжья	42	89	2	2	0	11	7	3	0
бух. Лебяжья – бух. Середка	36	35	28	0	1	39	9	8	19
бух. Середка – бух. Маленькая	80	91	36	18	20	61	26	26	4
бух. Маленькая – бух. Сенькина	14	18	18	3	0	8	10	3	0
бух. Сенькина – бух. Солдатская II	34	57	3	0	2	78	8	8	0
бух. Солдатская II – бух. Солдатская I	4	0	0	1	9	9	10	11	46
бух. Солдатская I – бух. Полуденная	9	6	0	11	7	0	7	7	0
бух. Полуденная – бух. Васильевская	25	9	2	1	0	0	9	5	3
бух. Васильевская – бух. Гавриловская	3	28	1	2	11	28	4	3	0
бух. Гавриловская – бух. Бобровая	0	7	0	3	0	60	21	23	3
бух. Бобровая – м. Северо-Западный	2	16	0	67	113	416	9	12	3
о-ва Бобровые Камни	0	0	3	0	2	29	30	20	103
ВСЕГО	783	1 081	284	302	437	2119	520	402	730

Краснолицый баклан *Phalacrocorax urile*. Всего учтено 2 119 пар. Причем в отличие от предыдущего вида некоторые поселения были очень крупными. Например, колония из 407 пар обнаружена между бух. Песчаной и м. Матвея (в 2019 г. ее уже не было), а на о. Сивучий Камень учтено 416 пар (в 2018 г. здесь гнездились гораздо меньше птиц, около 200 пар). Вид выявлен в 21 точке побережья, а количество пар в колониях варьировало от 7 до 416 (табл. 2).

Касательно соотношения численности двух видов бакланов можно сказать, что 2017 г. был не характерным в сравнении с предыдущими периодами наблюдений. Так, в 1960 г. на острове было 25–35% краснолицего баклана и 65–75 – берингова [Карташев, 1961], хотя по данным С.В. Маркова [1963], к 1957–1961 гг. численность краснолицего баклана выросла почти вдвое и достигла 3–4 тыс. пар – сколько было и у берингова баклана. В конце XX в. численность берингова баклана оценивалась в 1 090 пар, а краснолицего – в 440, т. е. 71 против 29% [Артюхин, 1999]. Таким образом, прежде на острове практически всегда доминировал берингов баклан, и причины обратной ситуации в 2017 г. неясны. Для иллюстрации значительной

межгодовой динамики численности и соотношения видов приведем примеры по другим островам архипелага. Так, в 2018 г. на о. Арий Камень было учтено всего по три пары обоих видов, хотя в 2016 г. здесь было насчитано 240 пар краснолицих и 185 пар беринговых бакланов. В 2019 г. на о. Топорков краснолицые бакланы не гнездились вообще, хотя их численность в 2016 г. достигала 223 пар, а беринговых бакланов было 15 пар вместо 177. На о. Беринга ситуация с этими видами противоположная, здесь берингов баклан преобладает. В 2015 г. только на юго-западном побережье было учтено 1 013 пар берингова баклана и 85 краснолицего, в 2018 г. на этом же участке уже было 527 и 10 пар соответственно.

Таким образом, можно предположить, что в 2017–2019 гг. произошло снижение численности не только берингова, но и краснолицего баклана на всех островах архипелага.

Тихоокеанская чайка *Larus schistisagus*. Кроме одиночной птицы, отмечавшейся несколько дней подряд в бух. Гладковской, мы наблюдали гнездящуюся, смешанную с серокрылой чайкой, пару на Бобровых Камнях. Учитывая, что такие

случаи уже имели место на о-вах Топорков и Арий Камень [Артюхин, 1999; Пилипенко, 2016], в этом нет ничего необычного.

Серокрылая чайка *Larus glaucescens*. Всего было учтено 730 пар. Наиболее крупные поселения находятся на о. Сивучий Камень Восточный – 366 пар, на Бобровых Камнях – 103 пары, на кекурах между мысами Гладковским и Жировым – 83 пары и между бухтами Солдатской I и Солдатской II – 46 пар. По сравнению с данными 1994 г. численность серокрылой чайки на о. Медном выросла в полтора-два раза (табл. 2).

Моевка *Rissa tridactyla*. Многочисленный гнездящийся вид. Всего было учтено 10 549 пар. Наиболее крупная колония располагается на м. Черном и в бух. Кухнинской (3 978 пар), хотя по сравнению с 1986 г. количество птиц здесь не-

сколько уменьшилось (табл. 3). В целом можно говорить о некотором увеличении численности вида, так как в 1986 г. на острове было учтено 9 988 пар, а в 1994 г. – 6 020 пар, без учета колонии на м. Саклов [Артюхин, 1999]. В восьми из 15 колоний моевки численность увеличилась, а в остальных – уменьшилась. Учитывая, что большинство поселений мы обследовали уже после землетрясения, можно предположить, что часть гнезд обвалилась, и реальная численность изначально была несколько выше.

Если сравнить наши результаты учетов моевки с данными 1960 г. [Карташев, 1961], то и здесь численность птиц заметно увеличилась (табл. 3). Данные 2004 г. нам кажутся некорректными из-за слишком ранних сроков проведения учетов (28–29 апреля), когда колонии еще не сформировались.

Таблица 3. Численность (пары) моевки и красноногой говорушки на о. Медном в разные периоды исследований

Table 3. Abundance (pairs) of black-legged kittiwake and red-legged kittiwake on Medny Island in different periods of research

Место расположения колонии	Вид и год проведения учета					
	Моевка			Красноногая говорушка		
	1986	1994	2017	1986	1994	2017
м. Песчаный	280	127	106	1	0	3
бух. Песчаная – гав. Преображенская	0	0	0	0	0	0
м. Саклов	573	–	1 452	0	–	112
м. Арий	732	577	784	1	0	12
м. Жировой	200	202	644	100	81	120
м. Черный и бух. Кухнинская	4 120	1790	3 978	20	7	29
м. Дровяные Столбы	410	352	120	40	53	30
бух. Дырявая – м. Южный	200	339	196	100	42	1
м. Говорущий – бух. Марьинская	445	229	164	5	6	7
м. Длинный	0	0	0	0	0	0
бух. Говорущья – бух. Запалата	400	296	16	0	0	0
м. Горелый	40	0	50	0	0	0
м. Нерпичий	107	31	50	0	0	0
Непропуск южнее м. Косой Камень	884	596	942	0	5	22
м. Сенькинский – м. Маленькой бухты	220	255	293	6	16	13
м. Завасильевский	0	0	4	0	0	0
бух. Забобровая – м. Сивучий	1 377	1 226	1 750	173	173	178
ВСЕГО	9 988	6 020	10 549	446	383	527

Красноногая говорушка *Rissa brevirostris*. Малочисленный гнездящийся вид. Всего на о. Медном учтено 527 пар в 11 пунктах (табл. 4). Значительных изменений в численности вида на острове за последние годы не произошло, но в целом наблюдается небольшое увеличение. Однако оно может оказаться не столь значимым, так как в 1994 г. не был проведен учет на м. Саклов, где мы насчитали 112 пар, т. е. более 20% всех говорушек о. Медного.

Единственная колония, где численность заметно снизилась, находится у м. Южного. Здесь она сократилась со 100 пар в 1986 г. до 42 – в 1994 г. и до одной – в 2017 г.; при этом количество моевки в этой колонии изменилось не так значительно. В остальных колониях, кроме м. Дровяные Столбы, отмечен рост численности.

Тонкокловая кайра *Uria aalge*. Многочисленный гнездящийся вид. Всего учтено 42 055 особей, а учитывая данные

2018 г., общая численность гнездящихся птиц составляет 58 188 пар. Численность за последние 20 лет значительно выросла (табл. 5). В 1994 г. было учтено 17 727 птиц, в 1986 г. кайр по видам не разделяли. В целом по отдельным колониям наблюдается увеличение численности, и только между бух. Песчаной и гав. Преображенской нами было учтено меньше птиц – 2 116 против 2 954 особей в 1994 г. Однако напоминаем, что землетрясение 17 июля спровоцировало сход скальников, и некоторые колонии, особенно расположенные в верхних частях береговых обрывов, частично пострадали либо вообще были уничтожены, например, в районе гав. Преображенской.

Наиболее значительное увеличение численности зафиксировано на м. Черном и в бух. Кухнинской, где нами учтено 11 807 особей против 4 915 – в 1994 г., а также между бух. Забобровой и м. Сивучим – 16 904 и 4 131 особей соответственно.

Таблица 4. Изменение численности моевки в некоторых колониях о. Медного за последние 60 лет

Table 4. Change in the number of black-legged kittiwake in some colonies of Medny Island over the past 60 years

Место расположения колонии	Год проведения учетов				
	1960	1986	1994	2004	2017
м. Саклов	1 000	573	–	3 941	1 452
м. Жировой	200–300	200	202	251	644
м. Черный – бух. Кухнинская	3 000–3 500	4 120	1 790	5 620	3 978
бух. Забобровая – м. Сивучий	Более 1 000	1 377	1 226	–	1 750

Таблица 5. Численность кайр (пары) в колониях на о. Медном в разные периоды исследований

Table 5. The number of guillemots (pairs) in the colonies on Medny Island in different periods of research

Место расположения колонии	Вид и год проведения учета				
	Кайры	Тонкокловая кайра		Толстокловая кайра	
	1960	1994	2017	1994	2017
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
м. Песчаный	450–500	10	115	427	582
бух. Песчаная – гав. Преображенская	7 000–8 000	2 954	2 116	11 814	8 466
м. Саклов	5 000–8 000	–	1 331	–	2 580
м. Арий		1 671	2 507	4 255	3 260
м. Жировой	3000	117	199	1 048	3 345
м. Черный и бух. Кухнинская	12 000–15 000	4 915	11 807	3 571	6 558

Окончание табл. 5

1	2	3	4	5	6
м. Дровяные Столбы		5	84	317	614
м. Говорушечий – бух. Марьинская		38	327	1 165	1 386
м. Длинный		2	12	100	67
бух. Говорушечья – бух. Запалата		204	319	381	120
Непропуск южнее Косого Камня		2 675	3 774	2 486	2 221
м. Сенькинский – м. Маленькой бухты		1 005	2 485	2 436	1814
м. Завасильевский		0	75	95	361
бух. Забобровая – м. Сивучий	5 000–6 000	4 131	16 904	2 702	1561
	ВСЕГО	17 727	42 055	30 797	32 935

Толстоклювая кайра *Uria lomvia*. Многочисленный гнездящийся вид. Всего учтено 32 935 особей, что сопоставимо с данными Ю.Б. Артюхина [1999], который в 1994 г. насчитал 30 797 птиц и на этом основании общую численность оценил в 32 100 пар (табл. 5). Учитывая данные 2018 г., общая численность гнездящихся на острове птиц сейчас составляет 33 363 пары. Значительное увеличение численности оказалось на м. Черном и в бух. Кухнинской (почти в два раза) и на м. Жировом (почти в три раза). При этом на о. Сивучий Камень на фоне роста численности тонкоклювой кайры количество толстоклювой, наоборот, уменьшилось почти в два раза.

На о. Медном кардинально изменилось соотношение двух видов кайр. Если в середине XX в. [Карташев, 1961] на тонкоклювую кайру приходилось 1–5%, реже больше (на некоторых уступах и карнизах на м. Черном до 20–30%), а в конце столетия [Артюхин, 1999] – в среднем 37%, то сейчас доля этого вида увеличилась до 56%, а с учетом данных 2018 г. – до 61%.

Тихоокеанский чистик *Serphus columba*. Обычный гнездящийся вид. Общая численность учтенных чистиков составила 576 особей, что в целом сопоставимо с данными 1986 и 1994 гг. [Артюхин, 1999] с увеличением на 10 и 7% соответственно (табл. 6). Наиболее значимой разницей оказалась на м. Матвея, где этот вид нами вообще не обнаружен, а также между бухтами Гладковской и Тополевской и на Боб-

ровых Камнях, результаты наших учетов оказались заметно выше, чем прежде.

Старик *Synthliboramphus antiquus*. Редкий гнездящийся вид [Артюхин, 2013]. В период наших исследований мы этот вид визуально не наблюдали, но при анализе записей сонметра был выявлен голос старика в бух. Бобровой. В 1994 г. в этом районе на м. Сивучьем было найдено крыло из поедей песка [Артюхин, 1999]. Кроме того, в 2009–2012 гг. останки стариков в поедях песка находили на мысах Черном, Дровяные Столбы, Поганом, Говорушечьем и на Юго-Восточном лежбище [Шиенок, 2011; Кленова, Шиенок, 2012]. В конце XX в. численность старика на о. Медном оценивалась в более 100 пар [Артюхин, 1999]. На данный момент мы не можем дать какую-либо количественную оценку для этого вида.

Большая конюга *Aethia cristatella*. Редкий гнездящийся вид, отмеченный только на м. Черном. Максимальное количество учтенных птиц было 1 июля – 75 особей. Вероятно, здесь можно говорить об увеличении численности, т. к. в 1994 г. здесь было встречено лишь 20 птиц [Артюхин, 1999], а в 2012 г. – до 40 особей [Кленова, Шиенок, 2012]. Кроме этой точки, останки больших конюг находили у мысов Длинного и Юго-Восточного в 2010 и 2012 гг. соответственно [Шиенок, 2011; Кленова, Шиенок 2012].

Малая конюга *Aethia pygmaea*. Обычный гнездящийся вид. Визуально мы отмечали малых конюг несколько раз. Так,

10 июня у северного побережья острова в районе Бобровых Камней было встречено около 1 200 птиц, а одиночек отмечали в районе м. Нерпичьего 20 июля и в водорослевых полях в километре к юго-востоку от южной оконечности острова 21 июля. Кроме того, по данным записей сонметра этот вид фиксировался в бухтах Бобровой и Маленькой, но в меньшем числе, чем качурки. По предыдущей оценке [Артюхин, 1999] численность малой конюги на о. Медном более 1 тыс. пар. Скорее всего, численность этого вида стабильна, а возможно даже увеличилась.

Конюга-крошка *Aethia pusilla*. Редкий, вероятно, гнездящийся вид. Выявлена всего одна пара 2 июля на м. Черном. В конце XX в. этот вид на о. Медном не обнаружен [Артюхин, 1999], но позже именно на м. Черном отмечались от двух до семи особей конюги-крошки [Кленова, Шиенок, 2012].

Белобрюшка *Cyclorhynchus psittacula*. Редкий гнездящийся вид. Регулярно отмечался у мысов Жирового и Черного, где было учтено максимально девять и 30 птиц соответственно. Кроме того, две особи встречены у м. Песчаного и одиночка – у м. Матвея. В конце XX в. на о. Медном белобрюшек учитывали чаще [Артюхин, 1999]: у м. Матвея – до 46 особей, у м. Сивучий Камень – 15, на м. Черном – до 52. В последнем пункте в 2012 г. наблюдали до 57 особей [Кленова, Шиенок, 2012]. В середине XX в. численность белобрюшки у мысов Жирового и Матвея оценивалась в 150–200 пар [Мараков, 1963]. Таким образом, общая численность белобрюшки на о. Медном сократилась, что отчетливо прослеживается на примере м. Жирового, т. к. в 2017 г. мы бывали здесь неоднократно и полагаем, что учли в этой колонии большую часть птиц.

Таблица 6. Численность тихоокеанского чистика (особи), ипатки и топорка (пары) на о. Медном в разные периоды исследований

Table 6. Abundance of pigeon guillemot (individuals), horned puffin and tufted puffin (pairs) on the Medny Island in different periods of research

Участок побережья	Вид и год проведения учета								
	Тихоокеанский чистик			Ипатка			Топорок		
	1986	1994	2017	1986	1994	2017	1986	1994	2017
<i>1</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10
м. Северо-Западный – м. Матвея	7	15	19	12	11	25	3	33	4
м. Матвея	4	26	0	2	22	18	45	135	321
м. Матвея – бух. Песчаная	31	1	15	26	33	104	93	88	284
бух. Песчаная – гав. Преображенская	10	21	29	22	36	248	15	5	29
гав. Преображенская – бух. Благодатная	29	–	17	22	–	107	>100	–	167
бух. Благодатная – бух. Жировая	14	53	37	56	62	99	17	36	35
бух. Жировая – бух. Гладковская	5	22	45	42	67	73	31	69	16
бух. Гладковская – бух. Тополевская	2	12	59	7	1	35	3	0	7
бух. Тополевская – бух. Корабельная	0	3	0	5	10	0	3	1	0
бух. Корабельная – бух. Ожидания	0	11	27	8	40	28	7	57	23
м. Черный	35	8	21	52	80	173	160	270	80
бух. Кухнинская – м. Глупышинные Столбы	0	0	0	10	24	0	9	18	0
м. Глупышинные Столбы – бух. Глинка	0	0	1	8	20	32	0	1	0
бух. Глинка – бух. Перешеек	0	2	0	4	7	0	2	0	0
бух. Перешеек – м. Юго-Восточный	63	72	51	19	7	19	11	7	2
м. Юго-Восточный – бух. Марьянская	13	56	18	8	24	17	>100	80	8

Окончание табл. 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
бух. Марьинская – бух. Секачинская	24	1	0	52	6	0	>27	1	0
бух. Секачинская – непропуск южнее бух. Говорущечьей	8	13	1	18	6	11	5	1	0
Непропуск – бух. Бабичья	31	15	0	5	11	0	3	6	0
бух. Бабичья – бух. Лебяжья	0	0	6	0	1	25	0	2	2
бух. Лебяжья – бух. Середка	2	0	6	11	45	27	8	17	18
бух. Середка – бух. Маленькая	26	67	49	29	75	72	19	29	20
бух. Маленькая – бух. Сенькина	15	24	25	14	4	34	0	3	4
бух. Сенькина – бух. Солдатская II	21	10	23	28	49	20	11	13	4
бух. Солдатская II – бух. Солдатская I	30	10	15	23	34	16	8	11	5
бух. Солдатская I – бух. Полуденная	76	2	0	17	12	0	22	7	0
бух. Полуденная – бух. Васильевская	13	10	18	6	8	19	1	2	3
бух. Васильевская – бух. Гавриловская	17	13	5	21	36	4	7	6	8
бух. Гавриловская – бух. Бобровая	27	32	13	22	30	18	4	5	3
бух. Бобровая – м. Северо-Западный	13	30	10	16	41	65	12	22	4
о-ва Бобровые Камни	0	7	66	0	2	13	0	0	12
ВСЕГО	516	536	576	565	804	1 302	726	925	1 059

Ипатка *Fratercula corniculata*. Обычный гнездящийся вид. Всего учтено 1 302 пары, что более чем в полтора раза больше, чем в 1994 г. [Артюхин, 1999] (табл. 6). Увеличение численности зафиксировано на большей части островного побережья, особенно заметное между бух. Песчаной и гав. Преображенской (248 пар против 36 в 1994 г). Вместе с тем значительно меньше птиц было на юго-западной стороне острова между бухтами Сенькина и Гавриловской. Если в 1994 г. здесь было учтено 169 пар, то в 2017 г. – лишь 77. По сравнению с данными середины XX в. [Карташев, 1961] лишь на м. Матвея произошло значительное снижение численности в 11–17 раз.

Топорок *Lunda cirrhata*. Обычный гнездящийся вид. Всего учтено 1 059 пар (табл. 6). Довольно крупные колонии находятся на м. Матвея (321 пара) и между м. Матвея и бух. Песчаной (284 пары), где в сравнении с результатами 1994 г. произошло увеличение численности в 2,4 и 3,2 раза соответственно. Появились новые гнездовья на Бобровых Камнях, где мы впервые обнаружили 12 пар топорка. В то же время значительно снизилась чис-

ленность на м. Черном: в три раза по сравнению с концом XX в. [Артюхин, 1999] и на порядок – с серединой XX в. [Карташев, 1961].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время на о. Медном гнездятся 19 видов морских колониальных птиц. За последние четверть века общая численность этой группы (исключая глупыша, по которому у нас нет точных данных) выросла почти в полтора раза и сейчас составляет около 100 тыс. пар. Прирост населения произошел в основном за счет тонкоклювой кайры. В меньшей степени численность выросла у серокрылой чайки, большой конюги, ипатки и топорка, но снизилась у белобрюшки. Численность глупыша, по всей видимости, не претерпела существенных изменений. Таким образом, о. Медный является важным местом обитания морских птиц, а создание заповедника с включением в его состав 30-мильной буферной зоны сыграло важную роль в сохранении популяций морских птиц, гнездящихся на Командорских островах.

БЛАГОДАРНОСТИ

В проведении учетных работ неоценимую помощь оказал участковый государственный инспектор В.В. Ушаков, колония на о. Сивучий Камень была отснята с помощью квадрокоптера Е.Г. Мамаевым, а А.В. Кленова предоставила нам сонгметр SM2+ и расшифровала записи с него, за что автор настоящей статьи выражает всем глубокую благодарность, а также Ю.Б. Артюхину за консультации при написании этой работы.

ЛИТЕРАТУРА

- Артюхин Ю.Б. 1991. Гнездовая авифауна Командорских островов и влияние человека на ее состояние. *Природные ресурсы Командорских островов: запасы, состояние, вопросы охраны и использования*. Москва: Изд-во Моск. унта. С. 99–137.
- Артюхин Ю.Б. 1999. Кадастр колоний морских птиц Командорских островов. *Биология и охрана птиц Камчатки*. Вып. 1. Москва: Диалог-МГУ. С. 25–35, 139–144.
- Артюхин Ю.Б. 2013. Ревизия видовой принадлежности кладки пёстроного пыжика *Brachyramphus perdix* с Командорских островов. *Русский орнитологический журнал*. Т. 22. Экспресс-выпуск 851. С. 532–538.
- Бианки В.Л. 1909. Краткий обзор авифауны Командорских островов. *Ежегодник зоологического музея Академии наук*. Т. 14. № 1–2. С. 48–76.
- Иогансен Г.Х. 1934. Птицы Командорских островов. *Труды Томского государственного университета*. Т. 86. С. 222–266.
- Зеленская Л.А. 2004. Результаты учетов морских колониальных и гусеобразных птиц на побережье острова Медного, Командорские острова. *Биология и охрана птиц Камчатки*. Вып. 6. Москва: Изд-во ЦОДП. С. 79–84.
- Карташев Н.Н. 1961. Птицы Командорских островов и некоторые предложения по рациональному их использованию. *Зоологический журнал*. Т. 40. Вып. 9. С. 1395–1410.
- Кленова А.В. 2018. Сезонная изменчивость акустической активности двух ночных видов морских птиц: сизой *Oceanodroma furcata* и северной *O. leucorhoa* качурок. *Русский орнитологический журнал*. Т. 27. № 1556. С. 207–218.
- Кленова А.В., Шиенок А.Н. 2012. Встречи редких видов чистиковых птиц на о. Медном (Командорские острова) летом 2012 г. *Материалы XIII Международной научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*. С. 238–242.
- Лутиков А.И., Рогожин Е.А., Донцова Г.Ю., Жуковец В.Н. 2019. Землетрясение 17.07.2017 г., $M_w = 7.8$ вблизи Командорских островов и сильные сейсмические проявления в западном сегменте Алеутской островной дуги. *Вулканология и сейсмология*. № 2. С. 52–66.
- Мариков С.В. 1963. Птичьи базары острова Медного и возможности их практического использования. *Сборник научно-технической информации*. ВНИИЖП. Вып. 5. С. 51–65.
- Мариков С.В. 1965. Морские колониальные птицы Командорских островов. *Новости орнитологии*. Алма-Ата: Наука КазССР. С. 229–231.
- Пилипенко Д.В. 2016. О птицах о. Топорков (Командорские острова). *Материалы XVII Международной научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 316–320.

Шиенок А.Н. 2011. Орнитологические находки на норах песцов на о. Медном (Командорские о-ва). *Тезисы докладов XII международной научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 272–274.

Stejneger L. 1885. Results of ornithological explorations in the Commander Islands and in Kamtschatka. *Bull. U.S. Natl. Mus.* №. 29. 382 p.

REFERENCES

- Artyukhin Y.B. 1991. Nesting avifauna of the Commander Islands and human influence on its condition. *Natural resources of the Commander Islands (reserves, condition, issues of protection and use)*. Moscow: Publishing house Mosk. un-that. P. 99–137 (in Russian).
- Artyukhin Y.B. 1999. Cadastre of seabird colonies on the Commander Islands. *Biologiya i ohrana ptic Kamchatki (The Biology and Conservation of the Birds of Kamchatka)*. Issue 1. Moscow: Dialogue-MGU. P. 25–35, 139–144 (in Russian).
- Artyukhin Y.B. 2013. Re-evaluation of the clutch of the long-billed murrelet *Brachyramphus perdix* from the Commander Islands. *Russkij ornitologicheskij zhurnal (The Russian Journal of Ornithology)*. V. 22. Express issue 851. P. 532–538 (in Russian).
- Bianki V.L. 1909. A brief overview of the avifauna of the Commander Islands. *Yearbook of Zoological Museum of Academy of Sciences*. T. 14. № 1–2. P. 48–76 (in Russian).
- Johansen G.H. 1934. Birds of the Commander Islands. *Trudy Tomskogo gosudarstvennogo universiteta (Trudy of Tomsk University)* V. 86. P. 222–266 (in Russian).
- Zelenskaya L.A. 2004. Results of surveys of colonial seabirds and anseriformes on the coast of Medny Island, Commander Islands. *Biologiya i ohrana ptic Kamchatki (The Biology and Conservation of the Birds of Kamchatka)*. Issue 6. Moscow: Publishing house TSODP. P. 79–84 (in Russian).
- Kartashev N.N. 1961. Birds of the Commander Islands and some suggestions for their rational use. *Zoologicheskij zhurnal (Russian Journal of Zoology)*. V. 40. № 9. P. 1395–1410 (in Russian).
- Klenova A.V. 2018. Seasonal variability of acoustic activity of two nocturnal seabird species: the fork-tailed *Oceanodroma furcata* and the leach's *Oceanodroma leucorhoa* storm-petrels. *Russkij ornitologicheskij zhurnal (The Russian Journal of Ornithology)*. V. 27. Express issue. 1556. P. 207–218 (in Russian).
- Klenova A.V., Shienok A.N. 2012. Encounters of rare species of auks on the Medny island (Commander Islands) in the summer of 2012. *Proceedings of the XIII International scientific conference "Conservation of the biodiversity of Kamchatka and adjacent seas"*. Petropavlovsk-Kamchatsky. P. 238–242 (in Russian).
- Lutikov A.I., Rogozhin E.A., Dontsova G.Yu., Zhukovets V.N. 2019. Earthquake of July 17, 2017, $M_w = 7.8$ near the Commander Islands and strong seismic manifestations in the western segment of the Aleutian island arc. *Vulkanologiya i seismologiya (Journal of Volcanology and Seismology)*. № 2. P. 52–66 (in Russian).
- Marakov S.V. 1963. Bird colonies of Medny Island and the possibility of their practical use. *Collection of scientific and technical information. All-Union Scientific Research Institute of Animal Raw Materials and Furs*. Issue 5. P. 51–65 (in Russian).

- Marakov S.V. 1965. Seabirds of the Commander Islands. *News of ornithology*. Alma-Ata: Science of the Kazakh SSR. P. 229–231 (in Russian).
- Pilipenko D.V. 2016. About birds of the Toporkov Island (Commander Islands). *Proceedings of the XVII International scientific conference "Conservation of the biodiversity of Kamchatka and adjacent seas"*. Petropavlovsk-Kamchatsky. P. 316–320 (in Russian).
- Shienok A.N. 2011. Ornithological findings in the dens of arctic foxes on the Medny Island (Commander Islands). *Proceedings of the XII International scientific conference "Conservation of the biodiversity of Kamchatka and adjacent seas"*. Petropavlovsk-Kamchatsky. P. 272–274 (in Russian).
- Stejneger L. 1885. Results of ornithological explorations in the Commander Islands and in Kamtschatka. *Bull. U.S. Natl. Mus.* № 29. 382 p.

**ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ
INFORMATION ABOUT THE AUTHOR**

Пилипенко Дмитрий Владимирович – Государственный природный биосферный заповедник «Командорский» имени С.В. Маракова; 684500, Камчатский край, Алеутский район, с. Никольское; начальник научного отдела; pilipenko.dv@mail.ru.

Pilipenko Dmitriy Vladimirovich – Nature and Biosphere Reserve Commander Islands named Marakov S.V.; 684500, Kamchatka Territory, Aleutskiy District, Nikolskoe village; Head of Scientific Department; pilipenko.dv@mail.ru.

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

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

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 fucallean 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 (Rissian 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.

Образец оформления рисунков и таблиц в конце статьи

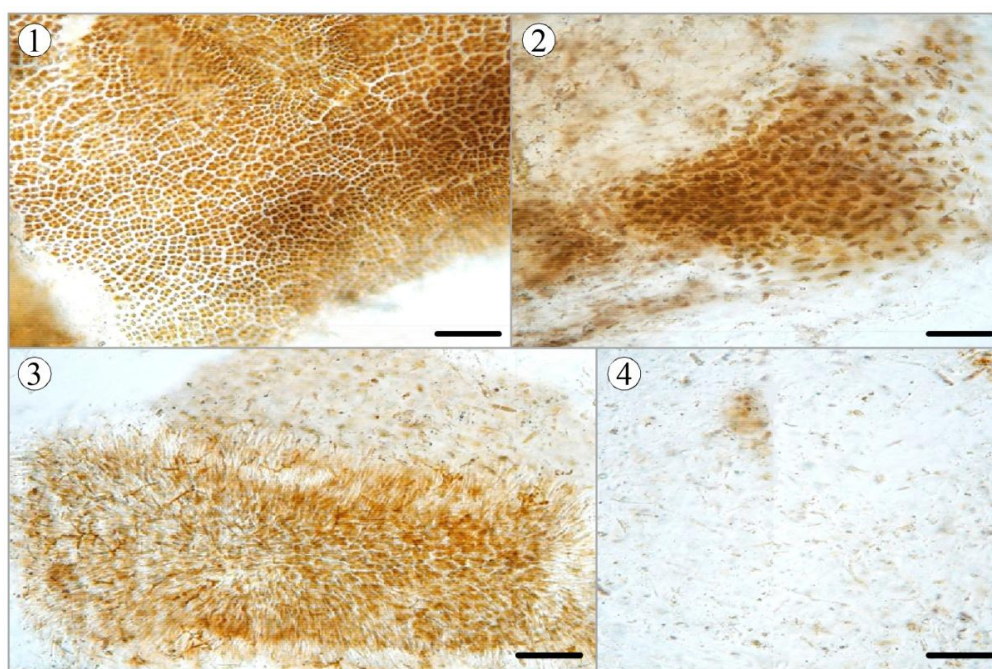


Рис. 1. Последовательность мацерации тканей *Saccharina bongardiana*: 1 – разделение дорсальной и вентральной половин слоевища и разрыхление корового слоя; 2 – разрыхление и дезинтеграция клеток меристодермы и медуллярной ткани; 3 – фрагмент соруса спорангиев с дезинтегрированными зооспорангиями и парафизами; 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 подкорки 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 подкорки и меристодермы, увеличение вязкости биогеля

**АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В ЖУРНАЛЕ
«ВЕСТНИК КАМЧАТГТУ» В 2021 ГОДУ (№ 55–58)**

Авдощенко В.Г., Климова А.В.	
Оценка загрязнения растительного покрова города Петропавловска-Камчатского (Камчатский край) тяжелыми металлами в 2017–2020 гг.	55 89–101
Алексеева С.С., Соломаха С.В., Наумова Н.Л.	
Применение порошка из сублимированной облепихи в рецептуре хлебобулочных изделий	56 6–18
Альшевская М.Н., Анистратова О.В.	
Обоснование способа посола сельди атлантической в условиях малых производств.....	55 6–16
Артюхин Ю.Б.	
Взаимодействия морских птиц с орудиями лова на промысле минтая и сельди в Охотском море в зимне-весенний период 2020 г.	57 44–53
Благонравова М.В., Самохин А.В.	
Обоснование технологических параметров сушки покровных тканей кальмара с использованием инфракрасного излучения	57 30–43
Блохин И.А.	
Видовой состав и распределение непромысловых ракообразных шельфа Камчатского залива в 2013 году	58 56–70
Богданов В.Д., Панкина А.В.	
Обоснование параметров сушки макруруса малоглазого (<i>Albatrossia pectoralis</i>) в процессе производства из него сушено-вяленой продукции.....	56 19–27
Глухарев А.Ю., Демид А.В., Чурилина А.С., Барабашина С.И., Волченко В.И.	
Влияние молочнокислых бактерий на качество сыровяленых колбасок из северной путассу: предварительное исследование	58 29–42
Гончаров Б.И., Снегур П.П.	
Использование трифторуксусной кислоты в ацетоллизе пыльцевых зерен при мелиссопалинологическом анализе.....	57 96–100
Григорьев С.С.	
Распространение минтая (<i>Gadus chalcogrammus</i>) в северной части Тихого океана: результат воздействия экологических факторов в ранний период развития	55 73–88
Ефанов В.Н., Митусова Е.В.	
Урожайность, хозяйственно-ценные показатели и химический состав жимолости голубой в условиях муссонного климата Сахалина	56 64–73
Захарова О.А., Зудина С.М.	
Размерно-весовая структура и плодовитость анадромной симы (<i>Oncorhynchus masou</i>) на западной Камчатке	56 74–87
Каленик Т.К., Дарвиш Ф., Альраджаб М., Разгонова М.П., Сенотрусова Т.А., Моткина Е.В.	
Влияние CO ₂ -экстрактов мяты (<i>Mentha piperita</i> L.) и гвоздики (<i>Syzygium aromaticum</i> L.) на окислительную стабильность соевого масла	55 29–40
Климова А.В., Клочкова Т.А., Клочкова Н.Г.	
Распространение редкой эндемичной водоросли <i>Phyllariella ochotensis</i> (Laminariales, Phaeophyceae) в Охотском море	57 82–95
Климова А.В., Клочкова Т.А.	
Цитологические и кариологические особенности камчатских представителей рода <i>Alaria</i> (Laminariales, Phaeophyceae)	58 71–86
Клочкова Н.Г., Клочкова Т.А., Климова А.В.	
Флора водорослей-макрофитов Командорских островов: ревизия-2021. II. Rhodophyta	55 41–72

Клочкова Т.А.		
Получение альгинатсодержащего геля из камчатской бурой ламинариевой водоросли <i>Eualaria fistulosa</i>	56	28–41
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 маршрута	57	20–29
Коваль В.Т., Петраченко Н.Е., Сошина Н.С., Зорченко Н.К.		
Адаптация экипажа судна к условиям длительного плавания по характеристикам работы сердца	57	6–19
Курочкин И.Н., Кулагина Е.Ю., Чугай Н.В.		
Анализ динамики структуры землепользования и показателей почвенного плодородия на территории бассейна р. Клязьма	56	88–98
Лукин А.А., Бец Ю.А., Наумова Н.Л.		
Использование ядер бразильского ореха в технологии фаршированных мясных изделий	56	42–53
Мельник И.В., Васильева Е.Г., Филипова М.В.		
Состояние водоохранных зон рек Волги и Кизани в районах повышенного экологического риска	58	87–103
Никифорова А.П., Хазагаева С.Н., Хамагаева И.С.		
Изучение процесса ферментации байкальского омуля с применением молочнокислых бактерий	55	17–28
Пилипенко Д.В.		
Морские колониальные птицы острова Медного (Командорские острова)	58	104–119
Просеков А.Ю.		
Крапивинский гидроузел: текущее состояние вопроса и возможные риски реализации	56	54–63
Рак А.Н., Царенко С.Н., Костенко А.В.		
Оценка эффективности применения ветроэнергетических установок на современных судах	58	6–16
Сивоконь В.П., Лапшов Д.В.		
Технология Software Defined Radio в задачах контроля радишумов	58	17–28
Титова И.М., Мошарова М.Э.		
Обоснование технологии соуса с использованием продуктов переработки растительного сырья для повышения пищевой ценности рыбных полуфабрикатов ..	58	43–55
Токранов А.М.		
Особенности размерно-возрастной структуры некоторых представителей отрядов Scorpaeniformes и Perciformes прикамчатских вод	57	54–69
Юодвиршис С.В., Стариков В.П.		
Некоторые аспекты экологии мелких млекопитающих урбанизированных территорий в снежный период года	57	70–81
Estabrooks A.C.		
Current stock status, ecosystem considerations, and bycatch in the Eastern Bering Sea pollock fishery	57	101–106
Knapp G.P.		
The economic value of Alaska sport fisheries	57	107–111

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. Клочкова

Редактор О.В. Ольхина
Верстка, оригинал-макет Е.Е. Бабух

Адрес редакции, издателя, типографии:

683003, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Ключевская, 35
Тел. (4152) 300-953. Факс (4152) 42-05-01
E-mail: kamchatgtu@kamchatgtu.ru
www.kamchatgtu.ru

Дата выхода в свет 30.12.2021 г.
Формат 60*84/8. Печать цифровая. Гарнитура Times New Roman
Авт. л. 10,32. Уч.-изд. л. 11,01. Усл. печ. л. 15,81
Тираж 500 экз. Заказ № 16

Подписной индекс в каталоге «Пресса России» 81288

Цена свободная

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

ISSN 2079-0333



9 772079 033418 >