

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**

**59**

**2022**

**Петропавловск-Камчатский**

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

## EDITORIAL BOARD

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

## Содержание

### РАЗДЕЛ I. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Сивоконь В.П.**

Геофизический аспект катастрофического запуска спутников Starlink.....6

**Благонравова М.В., Самохин А.В.**

Исследование показателей качества, безопасности и пищевой ценности сушеной пищевой продукции из покровных тканей кальмара..... 15

**Ключникова Л.А., Бадмаева И.И.**

Обоснование технологии функционального продукта «Сосиски рыбные» для детей младшего возраста .....24

### РАЗДЕЛ II. БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Токранов А.М.**

Состав прибрежной ихтиофауны юго-восточной Камчатки после вредоносного цветения водорослей осенью 2020 года .....38

**Виноградская А.В., Матвеев А.А., Терентьев Д.А.**

Новые данные по промыслу и состоянию запасов скатов семейства Arhynchobatidae у западного побережья Камчатки .....49

**Овчеренко Р.Т.**

Половое созревание двух видов камбал (*Pleuronectes quadrituberculatus* и *Limanda aspera*) (Pleuronectidae) у берегов юго-восточной Камчатки.....62

**Лобков Е.Г.**

Питание кречета (*Falco rusticolus*, Falconiformes, Falconidae) на Камчатке .....75

**Шушпанова Д.В., Капралова Д.О.**

Возможности использования бурых водорослей для производства биогаза .....90

Правила направления, рецензирования и опубликования рукописей статей.....106

Правила оформления рукописей статей.....109

## Contents

### SECTION I. TECHNICAL SCIENCES

<b>Sivokon V.P.</b> Geophysical aspect of a catastrophic launch of Starlink satellites .....	6
<b>Blagonravova M.V., Samokhin A.B.</b> Investigation of the quality, safety and nutrition values of dried food products from integrated squid tissues .....	15
<b>Klyuchnikova L.A., Badmaeva I.I.</b> Substantiation of functional product “Fish sausages” technology for younger children .....	24

### SECTION II. BIOLOGICAL SCIENCES

<b>Tokranov A.M.</b> Composition of the coastal ichthyofauna of the South-Eastern Kamchatka after harmful algal bloom in autumn 2020 .....	38
<b>Vinogradskaya A.V., Matveev A.A., Terentyev D.A.</b> New data on fisheries and stocks of stingrays (family Arhynchobatidae) from western coast of Kamchatka .....	49
<b>Ovcherenko R.T.</b> Puberty of two species of flounder ( <i>Pleuronectes quadrituberculatus</i> and <i>Limanda aspera</i> ) (Pleuronectidae) off the coasts of South-Eastern Kamchatka.....	62
<b>Lobkov E.G.</b> The feeding of gyrfalcon ( <i>Falco rusticolus</i> , Falconiformes, Falconidae) in Kamchatka.....	75
<b>Shushpanova D.V., Kapralova D.O.</b> Possibilities of using brown seaweeds in biogas production.....	90
Regulations for manuscripts direction, reviewing and publication .....	106
Manuscripts guidelines .....	109

## ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ АСПЕКТ КАТАСТРОФИЧЕСКОГО ЗАПУСКА СПУТНИКОВ STARLINK

Сивоконь В.П.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Камчатский государственный технический университет, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Ключевская, 35.

<sup>2</sup> Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, п. Паратунка, ул. Мирная, 7.

3 февраля 2022 г. в рамках программы SpaceX состоялся запуск очередного носителя Falcon 9 со спутниками Starlink. Запуск оказался неудачным, что привело к потере 40 спутников из 49. По версии специалистов SpaceX причиной этого события стало увеличение плотности атмосферы на промежуточной орбите, обусловленное магнитной бурей, последовавшее за этим торможение и потеря спутников. В статье, исходя из анализа геомагнитной обстановки, показана нецелесообразность рассмотрения в качестве причины катастрофы только возможного изменения плотности атмосферы. Вероятнее всего, причина носит комплексный характер и предполагает в том числе сбой в работе радиоэлектронного оборудования спутников, обусловленный индуцированными токами и их электризацией.

**Ключевые слова:** индуцированные токи, магнитная буря, спутниковые системы, электроджет.

## GEOPHYSICAL ASPECT OF A CATASTROPHIC LAUNCH OF STARLINK SATELLITES

Sivokon V.P.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Kamchatka State Technical University, Petropavlovsk-Kamchatsky, Klyuchevskaya Str. 35.

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

On February 3, 2022, as part of the SpaceX program, the next Falcon 9 carrier with Starlink satellites was launched. The launch was unsuccessful, which led to the loss of 40 out of 49 satellites. According to SpaceX experts, the cause of this event was an increase in the density of the atmosphere in the intermediate orbit, due to a magnetic storm, followed by deceleration and loss of satellites. Based on the analysis of the geomagnetic situation, the article shows that it is not enough to limit ourselves to consider only a possible change in the density of the atmosphere as the cause of the catastrophe. Most likely, the reason is complex and involves, among other issues, a failure in the operation of the radio-electronic equipment of the satellites due to induced currents and their electrification.

**Key words:** induced currents, magnetic storm, satellite systems, electrojet.

## ВВЕДЕНИЕ

8 февраля 2022 г. на сайте программы SpaceX появилось сообщение: «Геомагнитная буря и недавно развернутые спутники Starlink» [<https://www.spacex.com/updates/>]. В нем сообщалось: «В четверг, 3 февраля, в 1:13 североамериканского стандартного времени (06:13 UT. – *Прим. авт.*) со стартового комплекса 39A (LC-39A) космического центра Кеннеди во Флориде носитель Falcon 9 вывел 49 спутников Starlink на низкую околоземную орбиту. Вторая ступень Falcon 9 вывела спутники на намеченную орбиту с перигеем примерно в 210 км над Землей, при этом каждый спутник осуществлял контролируемый полет.

SpaceX выводит свои спутники на эти более низкие орбиты с тем, чтобы в очень редких случаях, когда какой-либо спутник не проходит первоначальную проверку системы, он мог быть быстро выведен с орбиты за счет торможения в атмосфере. Низкая высота развертывания требует большей энергетики спутников при значительных затратах, однако мы пошли на это для поддержания устойчивости космической среды.

К сожалению, на спутники, развернутые в четверг, сильно повлияла геомагнитная буря в пятницу. Эти штормы вызывают нагревание атмосферы и увеличение ее плотности на малых высотах развертывания спутников. Фактически бортовой GPS показал, что скорость нарастания и интенсивность шторма привели к тому, что атмосферное сопротивление увеличилось на 50% по сравнению с предыдущими запусками.

Для того чтобы свести к минимуму сопротивление атмосферы, команда Starlink перевела спутники в безопасный режим, в котором они будут летать, чтобы эффективно «укрыться от шторма», и продол-

жала тесно сотрудничать с восемнадцатой эскадрилей космической службы контроля космических сил для получения информации о спутниках на основе наземных радаров.

Предварительный анализ показывает, что повышенное сопротивление на малых высотах помешало спутникам выйти из безопасного режима, чтобы начать маневры по повышению орбиты, и до 40 спутников войдут или уже вошли в атмосферу Земли. Сходящие с орбиты спутники не представляют опасности другим спутникам и разрушаются при входе в атмосферу, при этом орбитальный мусор не образуется, и части спутника не достигнут земли. Эта уникальная ситуация демонстрирует, как много сделала команда Starlink, чтобы система была на переднем крае борьбы с мусором на орбите.

Никакой дополнительной информации по этой «уникальной ситуации» на сайте компании выявить не удалось. В издании «Washington Post» [<https://www.washingtonpost.com/weather/2022/02/12/spacex-starlink-explainer-storm-sun/>] была опубликована статья «How a rather mundane space storm knocked out 40 SpaceX satellites». В ней приводятся видео предполагаемого сгорания спутников в атмосфере Земли, солнечной вспышки, которая могла породить магнитную бурю 29 января 2022 г., северного сияния над Финляндией и много других интересных вещей, которые, однако, не позволяют определить механизм произошедшего события.

В статье приводится, например, следующее соображение: «Геомагнитные бури, когда энергия солнца попадает в среду магнитного поля Земли, изменяют верхние слои атмосферы. ... Плотность ее меняется», – сказала Elizabeth MacDonald, физик по космической погоде из НАСА. «Когда в атмосферу попадает много частиц,

это может вызвать повышенное сопротивление». MacDonald отметила, что атмосферные условия в некотором смысле привели к «идеальному шторму», поток солнечной радиации и воздействие шторма на верхние слои атмосферы Земли увеличили сопротивление. Тем не менее она добавила, что событие не является чем-то необычным, равно как и возникновение двух геомагнитных бурь подряд. Что необычно, так это очень низкая высота спутников Starlink.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Действительно, на первый взгляд ничего необычного 3–4 февраля не происходило. На момент запуска SpaceX на странице «Alerts, watches and warnings» [<https://www.swpc.noaa.gov/products/alerts-watches-and-warnings>] сайта NASA указывалось, что на период времени с 03:00 до 12:00 UT ожидаемая величина планетарного магнитного индекса будет составлять  $K_p = 4$ , и вследствие этого возможно незначительное влияние возмущения магнитного поля Земли на работу спутников. Отметим, что планетарный магнитный индекс используется для оценки глобального состояния магнитного поля Земли. Он вычисляется в трехчасовом интервале как среднее значение уровней возмущения двух горизонтальных составляющих геомагнитного поля по результатам наблюдений на магнитных обсерваториях, расположенных в зоне между 48 и 63 градусами северной и южной геомагнитных широт.

Исходя из величины планетарного магнитного индекса, присваивают степень опасности последствия возмущений магнитного поля как одного из параметров космической погоды. По шкале NOAA события 3–4 февраля относятся к уровню G1, минимальному уровню. Всего их

пять. Для уровня G1 в части эксплуатации космических аппаратов указано, что возможно незначительное воздействие на работу спутников. При этом указания о возможности изменения сопротивления среды, которое может влиять на параметры орбиты спутника, относятся к уровню G2,  $K_p = 6$ .

В публикации [<https://www.washingtonpost.com/weather/2022/02/12/spacex-starlink-explainer-storm-sun/>] в подтверждении версии об изменении плотности ионосферы приводятся графики вариаций скорости солнечного ветра, плотности атмосферы, магнитного поля, полученных с сайта NOAA. Использование этих данных вряд ли может служить подтверждением этой версии, поскольку получены они спутником GOES, находящимся на геостационарной орбите, т. е. на расстоянии от Земли около 36 000 км, а проблемы со спутниками Starlink возникли на высоте около 210 км.

Если предположение Е. MacDonald о том, что «в атмосферу попадает много частиц, и это может вызвать повышенное сопротивление» верно, то это должно сказаться и на уровне электронной концентрации. Для проверки этого предположения можно использовать ионосферные данные, поскольку высота 210 км соответствует уровню слоя  $F_1$ . Воспользуемся данными сети ионозондов DigitalIonogram DataBase [<https://giro.uml.edu/didbase/>]. Наиболее близко расположенной к месту запуска (центр Кеннеди во Флориде, координаты 28° с. ш., 80° з. д.) станцией вертикального зондирования является Munyo (координаты 33° с. ш., 73° з. д.). Однако данных в интересующий нас период на этой станции не имеется. Поэтому используем данные станции Austin (координаты 30° с. ш., 82° з. д.). Запуск исходя из данных, указанных на сайте [<https://www.spacex.com/updates/>], был осуществлен в 06:13 UT. Высоту в 210 км



спутник достиг через 23 минуты после запуска [https://www.spacex.com/launches/sl4-7/], следовательно, для анализа можно использовать ионограммы, полученные в 06:30 UT и позднее (рис. 1).

Никаких существенных вариаций электронной концентрации в ионосфере, тем более для высоты 210 км, не обнаруживается. Если сравнить ионосферные данные за предшествующие сутки, то они сопоставимы. Так,  $f_oF_2 = 4\ 100$  кГц 2 февраля, при  $f_oF_2 = 3\ 200$  кГц 3 февраля, на высотах 210 км отраженного сигнала не наблюдается. 4 февраля  $f_oF_2 = 5\ 200$  кГц, наблюдается  $F$ -рассеяние, вероятнее всего, обусловленное магнитной бурей; тем не

менее на высоте 210 км изменений в электронной концентрации не выявлено.

Автором отмечалось, что в приводимых сообщениях [https://www.spacex.com/updates/; https://www.washingtonpost.com/weather/2022/02/12/spacex-starlink-explainer-storm-sun/; https://www.swpc.noaa.gov/products/alerts-watches-and-warnings] для оценки состояния магнитного поля Земли используется планетарный магнитный индекс  $K_p$ . На данном этапе анализа ситуации воспользуемся им, получив его величины на сайте университета Киото [https://www.gfz-potsdam.de/en/kp-index/] и затем сопоставим его со статистикой запусков по программе SpaceX (рис. 2).

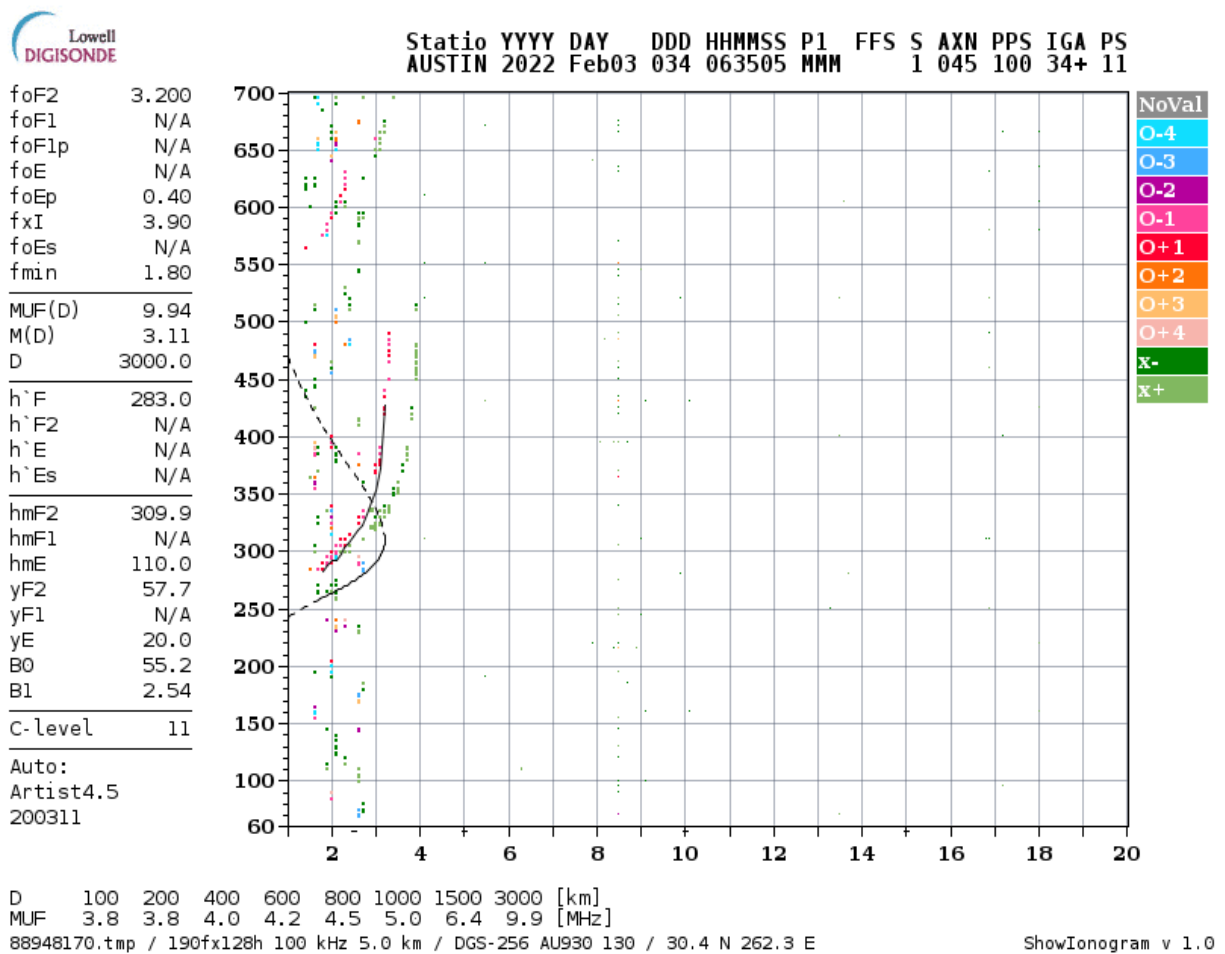


Рис. 1. Ионограмма станции Austin на момент выведения спутников на орбиту

Fig. 1. Ionogram of the Austin station at the time of launching the satellites into orbit

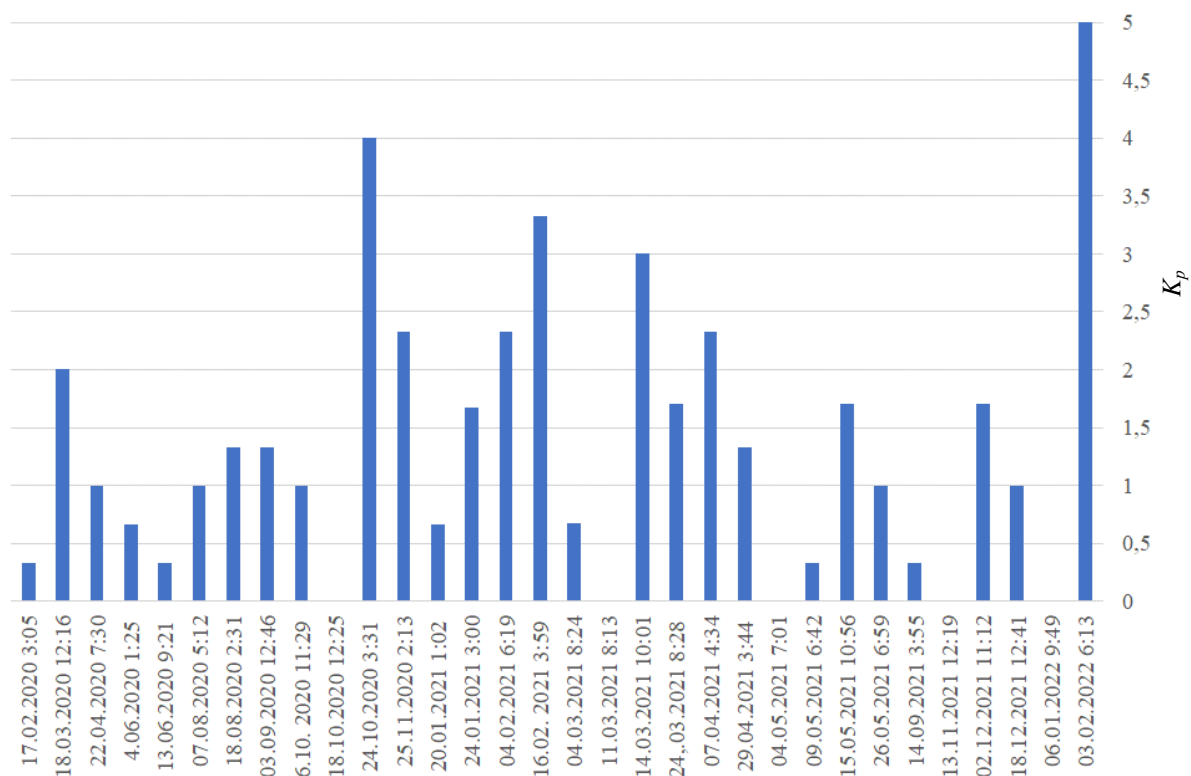


Рис. 2. Состояние магнитного поля во время запусков SpaceX

Fig. 2. The state of the magnetic field during SpaceX launches

Из графика видно, что были дни запусков, когда магнитное поле Земли было сопоставимо возмущено, однако запуски прошли успешно. Например, 24 октября 2020 г.  $K_p = 4$ ; 16 февраля 2021 года  $K_p = 3,5$ ; 14 марта 2021 г.  $K_p = 3$ . Очевидно, что в данной ситуации использование планетарных магнитных индексов не позволяет выявить причинно-следственные связи.

Для оценки вариаций магнитного поля Земли на средних широтах, на которых производится запуск носителей Falcon 9, используется индекс  $D_{st}$ , который в отличие от  $K_p$  определяется почасово и позволяет определить фазу возмущения магнитного поля Земли.  $D_{st}$ -индекс представляет собой осесимметричную относительно геомагнитного диполя компоненту возмущенного магнитного поля и определяется на основе измерений магнитного поля на четырех приэкваториальных станциях. Вариации магнитного поля на поверхности

Земли создаются магнитосферными и ионосферными источниками магнитного поля, а также токами, протекающими в земной коре и препятствующими проникновению внешнего поля внутрь Земли.

Используя данные университета Киото [[http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst\\_realtime/index.html](http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst_realtime/index.html)], сделаем выборку вариаций  $D_{st}$  для 3–4 февраля 2022 г., 16–17 февраля и 14–15 марта 2021 г., 24–25 октября 2020 г., т. е. для временных интервалов, когда запуски проводились в сопоставимых геомагнитных условиях (рис. 3). Из рисунка 3 видно, что по абсолютному значению  $D_{st}$  в указанные интервалы времени сопоставимы, но характер изменения вариаций магнитного поля существенно отличается. Если запуски, проведенные успешно, проходили в фазе восстановления магнитного поля Земли, и с течением времени интенсивность возмущения уменьшалась, то запуск 3 февраля пришелся на

фазу нарастания возмущенности, причем фазу отрицательную, для которой характерны в том числе увеличение интенсив-

ности электроджета [Воробьев и др., 2019] и неоднородностей ионосферы [Сивоконь, Дружин, 2006].

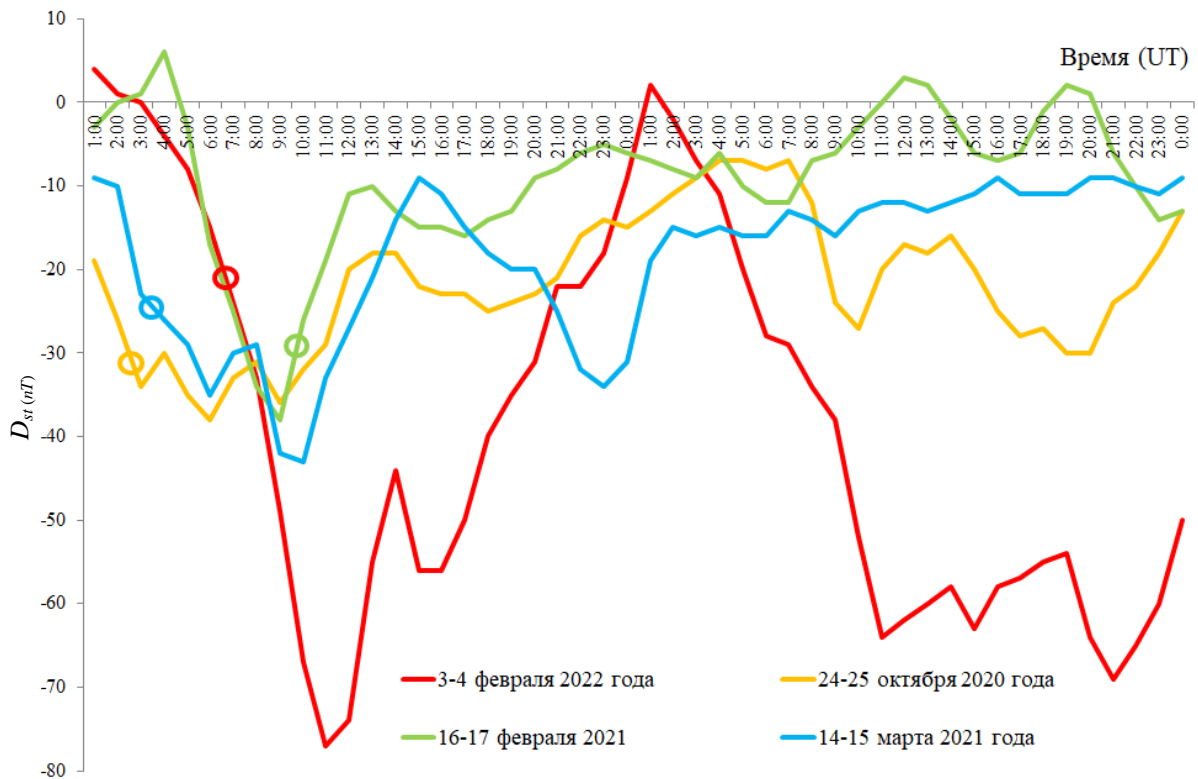


Рис. 3. Вариации  $D_{st}$  в разные дни запусков

Fig. 3.  $D_{st}$  variations on different launch days

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Увеличение интенсивности электроджета может оказать существенное воздействие на технические системы, содержащиеся в своей конструкции проводники. К ним относятся линии электропередач, газо- и нефтепроводы, кабельные линии связи. Например, 13 марта 1989 г. геомагнитно-индуцированные токи стали причиной выхода из строя системы электропитания провинции Квебек, Канада. Поскольку сведениями о конфигурации и размерах проводников спутников, а также информацией о траектории спутников в период развития магнитной бури мы не располагаем, оценить величину индуциро-

ванных токов в них не представляется возможным. Однако учитывая то обстоятельство, что токи в радиотехническом оборудовании спутников малы, нельзя не принимать во внимание вероятность влияния индуцированных токов на него.

О вариациях тока в электроджете можно судить по поведению  $AE$ -индекса, который является мерой полной максимальной амплитуды токов электроджета в восточном и западном направлениях [Davis, Sugiura, 1966]. Используя данные, полученные с сайта университета Киото [[http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/ae\\_realttime/202202/index\\_20220203.html](http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/ae_realttime/202202/index_20220203.html)], получим вариации индексов  $AE$  3 и 4 февраля 2022 г. (рис. 4).

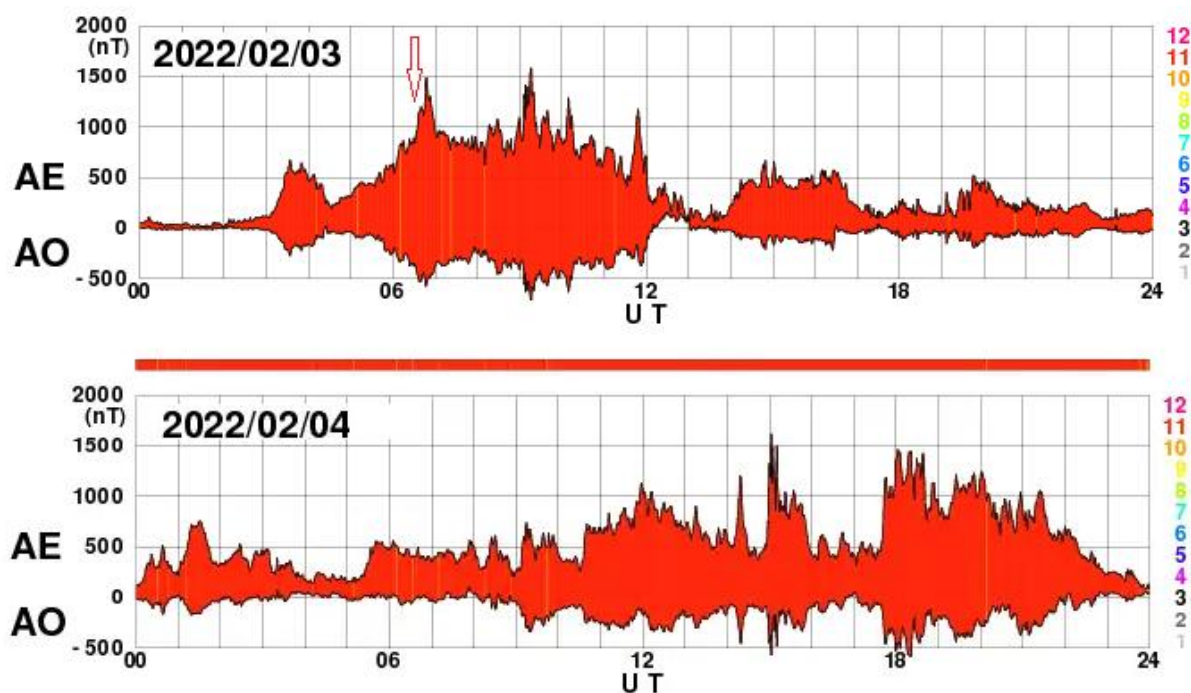


Рис. 4. Вариации индекса *AE* 3–4 февраля 2022 года

Fig. 4. *AE* index variations February 3–4, 2022

Красной стрелкой на рисунке отмечено время запуска носителя Falcon 9. Таким образом, установлено, что на момент запуска ток в электроджете имел максимальное значение, при этом траектория носителя проходила через область его протекания.

Нельзя исключать из возможных причин этих событий и электризацию спутников. Например, эта проблема обсуждалась на конференции в научном центре научно-исследовательской лаборатории ВВС США [Koons et al., 1998]. В работе [Сёмкин и др., 2015] на основании собственных наблюдений и данных, приводящихся в публикации [Пурвис, Батлетт, 1980], делается вывод о том, что наиболее сильная электризация спутников происходит во время возмущений в магнитосфере Земли, однако до сих пор еще не выявлена до конца полная картина магнитосферных процессов, происходящих во время магнитных бурь.

Косвенно наше предположение подтверждается анализом официального сообщения SpaceX [<https://www.spacex.com/>

updates/], в котором утверждается, что все аппараты после вывода на высоту 210 км были управляемы. Заметим, что для вывода спутников с промежуточной орбиты на рабочую (550 км) используется двигатель с запасом криптона. Этот запас кроме перевода спутника на более высокую круговую орбиту позволяет удерживать спутник на ней в течение пяти лет, а потом изменить орбиту с круговой на более низкую эллиптическую, после чего спутник сгорит в атмосфере Земли. Однако если спутники были управляемы, возникает вопрос: почему не были включены двигатели для вывода их из области повышенной плотности, даже если бы для удержания их на рабочей орбите осталось меньше запасов криптона, что в худшем случае уменьшило бы их рабочий срок. Можно предположить, что в управлении спутниками возникли проблемы, и связаны они, вероятнее всего, со сбоями в работе радиоэлектронного оборудования спутников как следствие воздействия приведенных нами причин.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Независимо от причин неудачного запуска SpaceX, он показал, насколько важным для существующих технических систем является фактор космической погоды. На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

– деструктивное проявление вариаций космической погоды при запусках малых спутников по технологии, применяемой SpaceX, существенно отличается от негативных ее последствий при использовании традиционных способов формирования спутниковых группировок;

– существующие системы прогнозирования космической погоды и предупреждения о возможных ее проявлениях в космических системах требуют корректировки хотя бы в подходе к оценке возмущенности магнитного поля Земли: следует учитывать не только степень возмущения магнитного поля Земли, но и фазу развития магнитной бури.

## ЛИТЕРАТУРА

- Воробьев А.В., Пилипенко В.А., Сахаров Я.А., Селиванов В.Н. 2019. Статистические взаимосвязи вариаций геомагнитного поля, аврорального электроджета и геоиндуцированных токов. *Солнечно-земная физика*. Т. 5. С. 48–59.
- Пурвис К., Барлетт Р. Де-Форест. 1980. Активное управление зарядом КА статическим электричеством на спутниках ATS-5, ATS-6. *Труды конференции по проблемам заряда космических аппаратов статическим электричеством*. Ленинград. С. 38–62.
- Сёмкин Н.Д., Брагин В.В., Пяиков А.В., Телегин А.М., Рязанов Д.М., Матвиец М.Г. 2015. Электризация поверхности низкоорбитального малого косми-

ческого аппарата «Аист». *Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета*. Т. 14, № 1. С. 46–57.

- Сивоконь В.П., Дружин Г.И. 2006. Геомагнитный фактор *Dst*-вариаций в селективном возбуждении ионосферных характеристических волн. *Геомагнетизм и аэрномия*. Т. 46. № 4. С. 521–524.
- Davis T., Sugiura M. 1966. Auroral electrojet activity index AE and its universal time variations. *Journal of Geophysical Research*. Vol. 71(3). P. 785–801. DOI: 10.1029/JZ071i003p00785.
- Koons H., Mazur J., Selesnick R., Blake J., Fennell J. 1998. The Impact of the Space Environment on Space Systems. *Proceedings of the 6th Spacecraft Charging Conference*. November 2–6, AFRL Science Center, Hanscom AFB, MA, USA. P. 7–11.
- [http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/ae\\_realtime/202202/index\\_20220203.html](http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/ae_realtime/202202/index_20220203.html)
- [http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst\\_realtime/index.html](http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst_realtime/index.html)
- <https://giro.uml.edu/didbase/>
- <https://www.gfz-potsdam.de/en/kp-index/>
- <https://www.spacex.com/launches/sl4-7/>
- <https://www.spacex.com/updates/>
- <https://www.swpc.noaa.gov/products/alerts-watches-and-warnings>
- <https://www.washingtonpost.com/weather/2022/02/12/spacex-starlink-explainer-storm-sun/>

## REFERENCES

- Vorobev A.V., Pilipenko V.A., Sakharov Ya.A., Selivanov V.N. 2019. Statistical relationships between variations of the geomagnetic field, auroral electrojet, and geomagnetically induced currents. *Solnechno-zemnaja fizika (Journal Solar-Terrestrial Physics)*. Vol. 5. P. 48–59.

- Purvis K., Barlett R. De-Forest. 1980. Active control of spacecraft charge by static electricity on satellites ATS-5, ATS-6. *Proceedings of the conference on the problems of charging spacecraft by static electricity*. Leningrad. P. 38–62.
- Semkin N.D., Bragin V.V., Piyakov A.V., Telegin A.M., Ryazanov D.M., Matviets M.G. 2015. Electrization of the surface of the low-orbit small spacecraft "Aist". *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo ajerokosmicheskogo universiteta (Vestnik of the Samara State Aerospace University)*. Vol. 14. № 1. P. 46–57.
- Sivokon V.P., Druzhin G.I. 2006. Geomagnetic factor of *Dst*-variations in the selective excitation of ionospheric characteristic waves. *Geomagnetizm i aeronomiya (Geomagnetism and Aeronomy)*. Vol. 46. № 4. P. 521–524.
- Davis T., Sugiura M. 1966. Auroral electrojet activity index AE and its universal time variations. *Journal of Geophysical Research*. Vol. 71(3). P. 785–801. DOI: 10.1029/JZ071i003p00785.
- Koons H., Mazur J., Selesnick R., Blake J., Fennell J. 1998. The Impact of the Space Environment on Space Systems. *Proceedings of the 6th Spacecraft Charging Conference*. November 2–6, AFRL Science Center, Hanscom AFB, MA, USA. P. 7–11.  
[http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/ae\\_realtime/202202/index\\_20220203.html](http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/ae_realtime/202202/index_20220203.html)  
[http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst\\_realtime/index.html](http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst_realtime/index.html)  
<https://giro.uml.edu/didbase/>  
<https://www.gfz-potsdam.de/en/kp-index/>  
<https://www.spacex.com/launches/s14-7/>  
<https://www.spacex.com/updates/>  
<https://www.swpc.noaa.gov/products/alerts-watches-and-warnings>  
<https://www.washingtonpost.com/weather/2022/02/12/spacex-starlink-explainer-storm-sun/>

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**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](mailto: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; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of Power Plants and Electrical Equipment of Ships Chair; [vsivokon@mail.ru](mailto:vsivokon@mail.ru). SPIN-код: 8755-5892; Author ID: 243393; Scopus ID: 57194558775.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА, БЕЗОПАСНОСТИ И ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ СУШЕНОЙ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ ИЗ ПОКРОВНЫХ ТКАНЕЙ КАЛЬМАРА

Благоднравова М.В., Самохин А.В.

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

В статье приведены результаты исследований органолептических показателей, химического состава, пищевой и энергетической ценности сушеной пищевой продукции из кожи кальмаров тихоокеанского и командорского, полученной путем сушки инфракрасными лучами и последующего измельчения. Показано, что разработанный продукт является высокобелковым и поликомпонентным. Установлено высокое содержание в сушеной продукции липидов и минеральных веществ. Определено наличие эссенциальных микроэлементов (меди, цинка и марганца). Установлено, что по содержанию свинца и кадмия разработанный продукт полностью соответствует требованиям нормативно-правовой документации. Показаны высокие органолептические свойства сушеной продукции.

**Ключевые слова:** кожа кальмара, командорский кальмар *Berryteuthis magister*, сушеная пищевая продукция, тихоокеанский кальмар *Todarodes pacificus*.

## INVESTIGATION OF THE QUALITY, SAFETY AND NUTRITION VALUES OF DRIED FOOD PRODUCTS FROM INTEGRATED SQUID TISSUES

Blagonravova M.V., Samokhin A.B.

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

The results of studies of organoleptic parameters, chemical composition, nutritional and energy value of dried food products from the skin of Pacific and Commander squid, obtained by drying with infrared rays and subsequent grinding were presented in the article. It is shown that the developed product is a high-protein and multicomponent one. A high content of lipids and minerals in dried products has been established. The presence of essential microelements (copper, zinc and manganese) was determined. It has been established that the developed product fully complies with the requirements of regulatory documents in terms of lead and cadmium content. The high organoleptic properties of dried products were shown.

**Key words:** squid skin, Commander squid *Berryteuthis magister*, dried food products, Pacific squid *Todarodes pacificus*.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время алиментарный фактор по-прежнему в значительной степени влияет на развитие хронических заболева-

ний населения РФ. Рацион значительной части взрослого населения не соответствует принципам здорового питания из-за употребления продуктов с высоким содержанием жиров животного происхождения

и простых углеводов, недостатка в рационе рыбы и морепродуктов, что приводит к росту массы тела и ожирению, увеличивая риск развития сахарного диабета, заболеваний сердечно-сосудистой системы и других нарушений состояния здоровья. Одним из способов решения проблемы является более широкое применение в производстве пищевых продуктов биологически активных природных комплексов, полученных из натурального сырья, в том числе из отходов от переработки гидробионтов.

Одной из основных задач государственной политики в области здорового питания Правительство РФ обозначило стимулирование развития отечественных технологий при добыче и переработке водных биологических ресурсов, в том числе внедрение безотходных технологий. Одним из основных принципов Стратегии развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 г. [Стратегия ..., 2019] является внедрение безотходных и инновационных технологий при переработке водных биологических ресурсов.

Перспективным объектом для использования в пищевых технологиях является кожа кальмара. Как известно [Мезенова, 2013; Сафронова и др., 2013], кожа кальмара отличается высоким содержанием незаменимых аминокислот, коллагена, эластина, ненасыщенных липидов, витаминов, микро- и макроэлементов. На настоящий момент кожа кальмара является недоиспользованным биоресурсом, способным восполнить дефицит белков, а также других биологически активных веществ. Существующие технологии производства пищевой продукции из отходов от кальмаров промысловых видов отличаются высокой стоимостью готовой продукции.

Предложено производить из кожи кальмара сушеную пищевую продукцию.

Разработана технология, основанная на сушке кожи инфракрасным излучением, что позволило получить продукт с максимально сохраненными нативными свойствами и невысокой себестоимостью производства. С целью определения перспектив использования сушеной пищевой продукции из кожи кальмара проведены исследования качества, безопасности и пищевой ценности.

Цель работы – изучение показателей качества, безопасности и пищевой ценности сушеной продукции, полученной из покровных тканей командорского кальмара *Berryteuthis magister* и тихоокеанского кальмара *Todarodes pacificus* с применением сушки инфракрасными лучами.

Для достижения цели на данном этапе была поставлена задача – исследование органолептических показателей, а также химического состава разработанного продукта, его пищевой и биологической ценности, показателей безопасности.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основным объектом исследований является технология получения сушеной пищевой продукции из кожи кальмара с использованием инфракрасного излучения. Предмет исследования – сушеная продукция из кальмаров двух видов – командорского *Berryteuthis magister* и тихоокеанского *Todarodes pacificus*.

Отбор проб и определение органолептических показателей готовой продукции проводили согласно ГОСТ 31339 «Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приемки и методы отбора проб» и ГОСТ 7631 «Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Методы определения органолептических и физических показателей». Органолептическую оценку проводили стандартными методами.



Определение содержания воды, белка, липидов и минеральных веществ в сушеной продукции проводили стандартными методами согласно ГОСТ 7636 «Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа». Массовую долю воды определяли высушиванием до постоянной массы, белка – макрометодом Кьельдаля, минеральных веществ – озолением в муфельной печи. Определение содержания липидов проводили экстракционным методом в аппарате Сокслета.

Определение массовых долей отдельных микроэлементов (меди, марганца, цинка, свинца и кадмия) проводили на атомно-эмиссионном спектрометре. Метод основан на измерении излучения, испускаемого элементами в пробе, помещенной в индуктивно-связанную плазму.

Пищевую ценность готовой продукции рассчитывали на основании данных о составе продукта.

Статистическую обработку полученных результатов осуществляли на основе подсчета средних значений величин и арифметической ошибки. Для обработки полученных данных и построения графических зависимостей использовали операционную систему Microsoft Windows 2016 и программное обеспечение Microsoft Office 2016 (в т. ч. Word 2016, Excel 2016). Арифметические величины в данной работе представлены средними значениями, надежность ( $P$ ) которых составляет 0,95 при доверительном интервале ( $D$ )  $\pm 10\%$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

С целью получения сушеной пищевой продукции кожу кальмара сушили в сушилке с инфракрасным излучением. Готовый сухой продукт после охлаждения измельчали до порошкообразного состояния в шаровой мельнице.

Изучение органолептических показателей сушеной пищевой продукции показало, что полученный продукт представляет собой мелкодисперсный порошок темно-розового цвета с приятным ароматом и вкусом (табл. 1).

Состав нового продукта влияет на область его применения в пищевых технологиях. Для изучения химического состава полученного продукта, его пищевой, энергетической и биологической ценности в порошке определяли содержание основных нутриентов – белков, липидов, минеральных веществ и воды (табл. 2). Содержание воды в сушеных образцах составило 10%, что значительно ниже, чем в исходном сырье (80%). Массовая доля белка в разработанном продукте составила 56,5% для тихоокеанского кальмара и 56% для командорского. Следующими по содержанию макронутриентами сушеной пищевой продукции из кожи кальмара являются липиды. Их доля составила 13,2% в продукте, полученном из тихоокеанского кальмара, и несколько ниже – 12,8% – в продукте из командорского кальмара. Значительного уровня в сушеном продукте достигло содержание минеральных веществ – 6,1–6,7%. Показатели химического состава позволяют отнести полученную продукцию к высокобелковым и поликомпонентным. Показатели удовлетворения в основных нутриентах и энергии приведены в таблице 3 [МР 2.3.1.0253].

С целью установления биологической ценности полученной пищевой продукции нового вида изучали содержание в ней микроэлементов. Из микроэлементов в сушеном продукте из кожи кальмаров командорского *B. magister* и тихоокеанского *T. pacificus* определено содержание цинка, меди и марганца. Обнаруженные минеральные элементы относятся к эссенциальным, и их потребность

регламентируется в Российской Федерации методическими рекомендациями МР 2.3.1.0253 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения

Российской Федерации». Показатели удовлетворения суточной потребности в рассматриваемых микроэлементах при употреблении 100 г полученного продукта приведены на рисунке.

Таблица 1. Органолептические показатели пищевой сушеной продукции из покровных тканей кальмара

Table 1. Organoleptic indicators of dried food products from squid integumentary tissues

Наименование показателя	Характеристика
Внешний вид	Сухой порошок, мелкодисперсный, однородный, без посторонних включений, рассыпчатый
Цвет	Темно-розовый, равномерный
Запах	Ярко выраженный, приятный, ароматный, присущий сушеному кальмару, без постороннего запаха
Вкус	Ярко выраженный вкус кальмара, сладковатый, солоноватый, без дефектов

Таблица 2. Химический состав пищевой сушеной продукции из покровных тканей кальмара

Table 2. Chemical composition of dried food products from squid integumentary tissues

Наименование показателя	Образец сушеной продукции из кальмара	
	тихоокеанского	командорского
Массовая доля воды, %	10,0 ± 0,025	10,0 ± 0,025
Массовая доля минеральных веществ, %	6,7 ± 0,0003	6,1 ± 0,0003
Массовая доля белка, %	56,5 ± 0,14	56,0 ± 0,14
Массовая доля липидов, %	13,2 ± 0,033	12,8 ± 0,032

Таблица 3. Показатели удовлетворения суточной потребности в нутриентах и энергии при употреблении 100 г пищевой обогатительной добавки

Table 3. Indicators of satisfaction of the daily need for nutrients and energy when using 100 g of a food processing additive

Пищевой обогатитель из кожи кальмара	Степень удовлетворения суточной потребности, %					
	в белке		в жирах		в энергии	
	для женщин	для мужчин	для женщин	для мужчин	для женщин	для мужчин
тихоокеанского	94,2	75,3	23,2	18,3	20,3	16,1
командорского	93,3	74,7	22,5	17,8	20,0	15,8

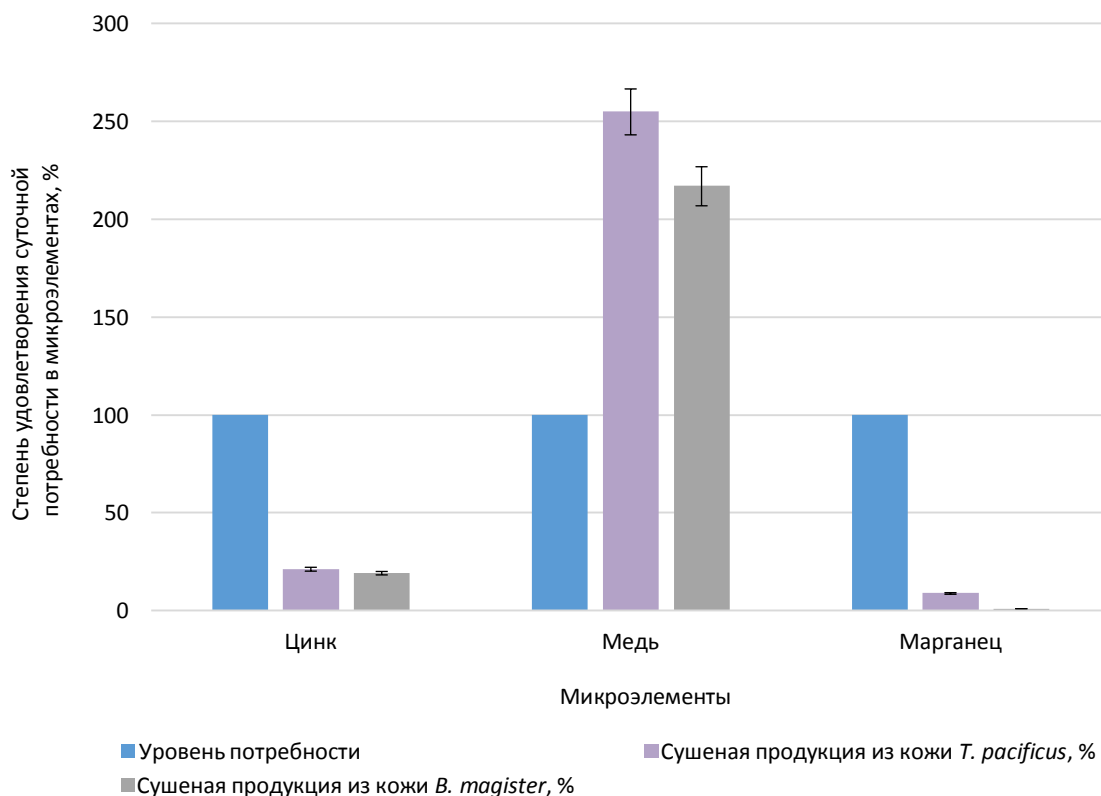


Рис. Степень удовлетворения суточной потребности в микроэлементах при употреблении 100 г пищевой сушеной продукции из покровных тканей кальмаров *B. magister* и *T. pacificus*

Fig. The degree of satisfaction of the daily requirement for trace elements when using 100 g of dried food products from the integumentary tissues of the squid *B. magister* and *T. pacificus*

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что полученный продукт содержит значительное количество меди и позволяет удовлетворять суточную физиологическую потребность для взрослых в этом микроэлементе при употреблении 100 г на 217–255%. Надо отметить, что верхний допустимый уровень потребления меди составляет 5 мг/сут, что значительно превышает ее количество в 100 г новой продукции (2,7 мг в 100 г продукта) и, следовательно, введение новой продукции в рацион не нанесет вред организму, несмотря на продемонстрированное высокое содержание нутриента. С учетом того, что медь контролирует кровяное давление за счет синтеза простагландина [Olivares, Uauy, 1996], можно предположить целесообразность использования полученной добавки в рационе гипертоников.

Значительную степень обогащения демонстрируют результаты определения содержания цинка – степень удовлетворения составляет 19,3–21,3%. Установлено, что марганец в полученном продукте содержится в небольшом количестве.

Результаты проведенных исследований позволяют утверждать, что употребление полученного из покровных тканей кальмаров *B. magister* и *T. pacificus* продукта позволит повысить биологическую ценность рациона за счет входящих в его состав полноценных белков, ненасыщенных жиров, меди, цинка, марганца, присущих исходному сырью. Особо хочется отметить высокое содержание белка в полученном продукте (56–56,5%). Известно, что именно белки играют ключевую роль в функционировании организма человека [Гришин и др., 2017; Małeckı et al, 2021].

Для нормального роста, жизнедеятельности и сопротивляемости инфекциям человеческому организму необходимо поступление комплекса аминокислот в определенных соотношениях и в доступной для усвоения форме [Marinangeli, House, 2017]. Внедрение в производство данной технологии даст возможность вывести на потребительский рынок новый вид продукции, введение которой в рацион человека позволит получать продукты, содержащие биологически активные полипептиды в необходимом организму количестве.

Важным фактором является поликомпонентность полученной продукции. Известно, что покровные ткани кальмаров *B. magister* и *T. pacificus* содержат полиненасыщенные жирные кислоты (67,5% к сумме жирных кислот в коже тихоокеанского и 25,71% – командорского) [Старичкова, Щеникова, 2006]. В новом продукте липиды содержатся в значительном количестве, их массовая доля составляет 12,8–13,2%. Очевидно, что значительную часть липидов полученной сушеной продукции составляют дефицитные полиненасыщенные жирные кислоты, биологическую ценность которых для организма человека трудно переоценить.

Обнаружение меди в разработанном продукте в количестве, достаточном для полного удовлетворения потребности организма в данном элементе, позволяет прогнозировать целесообразность его ис-

пользования в рационе гипертоников для стабилизации кровяного давления. Поликомпонентность сушеной продукции подтверждают присутствующие в ее составе в достаточных количествах цинк и марганец. Надо отметить, что разработанный продукт имеет высокие органолептические свойства – красивый темно-розовый цвет, приятные кальмаровые вкус и аромат.

Содержание потенциально опасных химических соединений в продукции из головоногих моллюсков регулируются законодательством и не должно превышать норм, установленных техническими регламентами, в том числе ТР ЕАЭС 040 «О безопасности рыбы и рыбной продукции» и ТР ТС 021 «О безопасности пищевой продукции». В процессе исследований проводился анализ безопасности сушеной продукции из кожи кальмара. С этой целью в разработанном продукте определяли массовую долю токсичных элементов (свинца и кадмия). Выбор исследуемых элементов обусловлен их высокой токсичностью. Известно, что кадмий и свинец относятся к металлам, наиболее опасным для организма, – именно загрязнение окружающей среды свинцом и его соединениями считается одной из основных проблем охраны здоровья человека [Сверлова, Воронина, 2001]. Результаты исследований приведены в таблице 4.

Таблица 4. Массовая доля токсичных элементов в пищевой сушеной продукции из покровных тканей кальмара

Table 4. Mass fraction of toxic elements in dried food products from squid integumentary tissues

Наименование образца	Содержание токсичных микроэлементов, мг/кг		Допустимые уровни, мг/кг, не более, согласно ТР ТС 021/2011	
	свинец	кадмий	свинец	кадмий
Пищевая сушеная продукция из покровных тканей кальмара тихоокеанского	3,87 ± 0,178	0,1 ± 0,004	10,0	2,0
Пищевая сушеная продукция из покровных тканей кальмара командорского	4,94 ± 0,234	Не обнаружено		

Как видно из результатов исследований, содержание токсичных элементов в полученной продукции значительно ниже допустимых уровней (свинца – 3,87 и 4,94 мг/кг в продуктах, полученных из кожи кальмаров тихоокеанского и командорского соответственно, а кадмия – 0,1 мг/кг в образце из тихоокеанского кальмара, в образце из командорского кальмара кадмий не обнаружен) и полностью соответствует требованиям ТР ТС 021.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования химического состава, пищевой, энергетической и биологической ценности сушеной продукции из покровных тканей кальмаров командорского *B. magister* и тихоокеанского *T. pacificus* показали, что полученный продукт относится к высокобелковым и поликомпонентным. Массовая доля белка в разработанной продукции составила 56–56,5%. Содержание липидов составило 12,8–13,2%, минеральных веществ – 6,1–6,7%.

Показано, что сушеная продукция из кожи кальмара отличается высоким содержанием меди. Значительную степень обогащения демонстрируют результаты определения содержания цинка: степень удовлетворения составляет 19,3–21,3%. Таким образом, введение продукта из кожи кальмара в пищевой рацион позволяет практически полностью закрыть суточную потребность в белках, удовлетворить потребность в меди (при употреблении 100 г новой продукции), а также обогатить рацион ненасыщенными жирами, цинком и марганцем.

При изучении показателей безопасности установлено, что содержание токсичных элементов (свинца и кадмия) в полученной продукции значительно ниже допустимых уровней и полностью соответствует требо-

ваниям ТР ТС 021 «О безопасности пищевой продукции».

Полученные результаты показывают перспективность включения сушеной продукции из кожи кальмара в рацион населения.

### ЛИТЕРАТУРА

- Гришин Д.В., Подобед О.В., Гладилина Ю.А., Покровская М.В., Александрова С.С., Покровский В.С., Соколов Н.Н. 2017. Биоактивные белки и пептиды: современное состояние и новые тенденции практического применения в пищевой промышленности и кормопроизводстве. *Вопросы питания*. Т. 86. № 3. С. 19–31.
- Мезенова О.Я. 2013. Биотехнология рационального использования гидробионтов. Санкт-Петербург: Лань. 416 с.
- МР 2.3.1.0253. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. URL: <https://www.gospotrebnadzor.ru/documents/details.php> (дата обращения: 15.01.2022).
- Сафронова Т.М., Дацун В.М., Максимова С.Н. 2013. Сырье и материалы рыбной промышленности. Санкт-Петербург: Лань. 336 с.
- Старичкова Н.В., Щеникова Н.В. 2006. Липиды головоногих моллюсков. *Рыбная промышленность*. № 1. С. 28–29.
- Сверлова Л.И., Воронина Н.В. 2001. Загрязнение природной среды и экологическая патология человека. Хабаровск: ООП ККГС. 216 с.
- Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 26 ноября 2019 г. № 2798-р. URL: <https://ssl.mcx.ru/>

- upload/iblock/10a/10a7fbc5a2677a2231278f12ef7882b.pdf (дата обращения: 23.03.2021).
- Małecki J., Muszyński S., Sołowiej B.G. 2021. Proteins in Food Systems – Bionanomaterials, Conventional and Unconventional Sources, Functional Properties, and Development Opportunities. *Polymers*. Vol. 13. URL: <https://doi.org/10.3390/polym13152506> (дата обращения: 02.12.2021).
- Marinangeli C.P.F., House J.D. 2017. Potential impact of the digestible indispensable amino acid score as a measure of protein quality on dietary regulations and health. *Nutrition Reviews*. Vol. 75 (8). P. 658–667.
- Olivares M., Uauy R. 1996. Copper as an essential nutrient. *The American Journal of Clinical Nutrition*. Vol. 63. № 5. P. 791–796.
- documents/details.php (accessed: 20.04.2021) (in Russian).
- Safronova T.M., Datsun V.M., Maksimova S.N. 2013. Raw materials and materials for the fishing industry. St. Petersburg: Lan Publ. 336 p. (in Russian).
- Starichkova N.V., Shchenikova N.V. 2006. Lipids of cephalopods. *Rybnaya promyshlennost' (Fish Industry)*. № 1. P. 28–29 (in Russian).
- Sverlova L.I., Voronina N.V. 2001. Environmental pollution and human ecological pathology. Khabarovsk: OOP KKGS. 216 p. (in Russian).
- The strategy for the development of the fishery complex of the Russian Federation for the period up to 2030, approved by the order of the Government of the Russian Federation dated November 26, 2019 № 2798-r. URL: <https://ssl.mcx.ru/upload/iblock/10a/10a7fbc5a2677a2231278f12ef7882b.pdf> (accessed: 03.23.2021).
- Małecki J., Muszyński S., Sołowiej B.G. 2021. Proteins in Food Systems – Bionanomaterials, Conventional and Unconventional Sources, Functional Properties, and Development Opportunities. *Polymers*. Vol. 13. URL: <https://doi.org/10.3390/polym13152506> (accessed: 02.12.2021).
- Marinangeli C.P.F., House J.D. 2017. Potential impact of the digestible indispensable amino acid score as a measure of protein quality on dietary regulations and health. *Nutrition Reviews*. Vol. 75 (8). P. 658–667.
- Olivares M., Uauy R. 1996. Copper as an essential nutrient. *The American Journal of Clinical Nutrition*. Vol. 63. № 5. P. 791–796.

## REFERENCES

- Grishin D.V., Podobed O.V., Gladilina Y.A., Pokrovskaya M.V., Aleksandrova S.S., Pokrovsky V.S., Sokolov N.N. 2017. Bioactive proteins and peptides: current state and new trends in practical application in the food industry and feed production. *Voprosy pitaniya (Problems of Fisheries)*. T. 86. № 3. P. 19–31 (in Russian).
- Mezenova O.Y. 2013. Biotechnology for the rational use of aquatic organisms. St. Petersburg: Lan Publ. 416 p. (in Russian).
- MR 2.3.1.0253. Norms of physiological needs for energy and nutrients for various groups of the population of the Russian Federation. Methodological recommendations. URL: <https://www.rospotrebnadzor.ru/>

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATIONS ABOUT THE AUTHORS

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

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

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

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

## ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПРОДУКТА «СОСИСКИ РЫБНЫЕ» ДЛЯ ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО ВОЗРАСТА

Ключникова Л.А.<sup>1</sup>, Бадмаева И.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Сибирский университет потребительской кооперации, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 26.

<sup>2</sup> Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, 40в.

Расширение ассортимента пищевой продукции для детей младшего возраста (3–7 лет) за счет разработки новой технологии функциональных продуктов является актуальной темой исследования, так как имеющиеся на рынке продукты данной группы не отличаются широким выбором. В статье представлены результаты исследований по обоснованию технологии функционального продукта «Сосиски рыбные» с использованием местного сырья и современного технологического оборудования. Определены оптимальные режимы тепловой обработки объектов исследования. Разработана технологическая схема приготовления. Проведен сенсорный анализ разработанного продукта, исследованы показатели качества и безопасности рыбных сосисок.

**Ключевые слова:** жир голомянки, младший возраст, пароконвектомат, плотва байкальская, сосиски рыбные, функциональные продукты.

## SUBSTANTIATION OF FUNCTIONAL PRODUCT “FISH SAUSAGES” TECHNOLOGY FOR YOUNGER CHILDREN

Klyuchnikova L.A.<sup>1</sup>, Badmaeva I.I.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Siberian University of Consumer Cooperation, Novosibirsk, K. Marx Avenue 26.

<sup>2</sup> East Siberian State University of Technology and Management, Ulan-Ude, Klyuchevskaya Str. 40v.

Expanding of food products range for younger children (3–7 years old) through the development of a new technology of functional products is an actual research topic, since the products of this group available on the market do not have a wide choice. The research results upon the justification of the functional product “Fish sausages” technology using local raw materials and modern technological equipment are presented in the article. Optimal heat treatment modes of research objects are determined. A technological scheme of cooking has been developed. A sensory analysis of the developed product was carried out; the quality and safety indicators of fish sausages were studied.

**Key words:** Baikal oilfish fat, younger age, steam convectomat, Baikal roach, fish sausages, functional products.



## ВВЕДЕНИЕ

Для роста и развития детского организма необходимо правильное питание. Именно в этот период формируются пищевые привычки, которые в дальнейшем оказывают влияние на составление рациона, ассортимент потребляемых продуктов. Попустительство со стороны родителей в контроле питания детей может негативно сказаться на здоровье. Всем известны последствия употребления фаст-фуда, перекусов, нерегулярности питания. При этом стоит помнить о важности соблюдения баланса продуктов животного и растительного происхождения. По данным Росстата на 2021 г. среднедушевое потребление рыбы в РФ стагнирует, в ряде случаев – сокращается на десятки процентов за несколько лет. Исследования, проведенные весной 2021 г., показывают, что 12% из 1 тыс. опрошенных жителей городов РФ с населением 100 тыс. и более практически не едят рыбу и рыбные продукты ни в каком виде [Башкатова, 2021; Рыжкова и др., 2020].

Наличие рыбы в рационе питания детей благотворно влияет на его пищевую ценность, обеспечивая удовлетворение потребности в белках и минеральных веществах, способствующих правильному формированию систем детского организма (кровообращения, обмена веществ, умственного развития и др.) и снижению негативного воздействия на него внешних факторов.

Разработка новых продуктов питания, в том числе на основе рыбного сырья, с включением в компонентный состав биологически активных добавок, витаминных или минеральных комплексов, позволяет расширить ассортимент, изменить специфический вкус и запах рыбы, повысить пищевую и биологическую ценность, моделировать функционально-технологические свойства [Васюкова и др., 2020;

Грибова и др., 2017; Куликова, 2019б; Леонтьева, 2018; Прохасько, Незванов, 2020]. Сбалансированные аминокислоты рыбных белков характеризуются высокой степенью перевариваемости и усвояемости. Как правило, блюда из рыбы дополняются овощными или крупяными гарнирами, которые обеспечивают содержание углеводов в рационе. Непосредственное сочетание рыбы с растительным пищевым сырьем позволяет создавать новые продукты функционального назначения [Ключникова, 2016; Муравьева, 2006; Пчелинцева и др., 2021; Vurri et al., 2011]. Однако стоит констатировать тот факт, что рыба присутствует в рационе в крайне ограниченном количестве, а в некоторых семьях и полностью исключена [Лир, Перевалова, 2019].

Рыбное сырье имеет ряд преимуществ по сравнению с пищевым сырьем сельскохозяйственных животных. Во-первых, пищевая ценность рыбы заключается в содержании легкоусваиваемого белка, различных минеральных веществ и витаминов. Особое значение имеет наличие омега жирных кислот, поступление которых в организм предпочтительней естественным образом при потреблении пищи, а не медикаментозно. Во-вторых, отдельного внимания заслуживает среда обитания – мировые водные ресурсы, где рыба в естественных условиях испытывает меньшее негативное экологическое влияние. В-третьих, кормовая база вследствие удаленной среды обитания от человеческого воздействия исключает применение антибиотиков и других стимуляторов.

Пищевая промышленность во многих странах мира работает над созданием функциональных продуктов на основе рыбы для обеспечения здорового питания. Стоит отметить, что наиболее предпочтительно естественное поступление пищевых веществ в процессе приема пищи, так как

именно при таком условии происходит более полное их усвоение. Разнообразие и режим питания в младшем детском возрасте способствует правильному формированию и развитию организма в целом, обеспечивает поступление необходимых нутриентов и закладывает базу здоровья для взрослой жизни [Ахмадалиева и др., 2016; Захарова и др., 2016; Николаева, Родина, 2019]. Обеспечение детей качественной и безопасной пищевой продукцией является одной из стратегических задач государственной политики в области питания, решением которой является разработка кулинарной продукции на основе рыбы для детского возраста [Куликова и др., 2019а; Леонтьева, 2018; Лузан и др., 2012; Маслова и др., 2012; Сибатуллин и др., 2018; Тимофеева, Симакина, 2019; Фахритдинова и др. 2021; Lyndsey R. Huss et al., 2013].

Озеро Байкал характеризуется разнообразной фауной, насчитывающей около 60 видов рыб. Всемирную известность имеют омуль, сиг, хариус, обладающие нежным вкусом. Особое место занимают эндемики озера. Например, рыба голомянка, в которой жир составляет до 33% от общей массы, соотношение насыщенных, мононенасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот составляет 3,5 : 3,5 : 3,0, а полиненасыщенные жирные кислоты характеризуются в большей степени семейством омега за счет высокого содержания эйкозопентаеновой и докозагексаеновой жирных кислот. В 100 г жира голомянки содержится 20,85 г омега-3 и 6,6 г омега-6 жирных кислот [Скурихин, Тутельян, 2007]. Стоит отметить достаточно специфичный запах и вкус жира голомянки. Поэтому его использование наиболее целесообразно при комбинировании с другими пищевыми продуктами, которые смогут замаскировать данную особенность сырья. Добычей голомянки рыбопромысловые

предприятия отдельно не занимаются, она является второстепенным продуктом при вылове основных видов рыбы.

Целью работы является разработка технологии рыбного продукта с использованием местного сырья для детей младшего возраста, с определением качественных характеристик.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования является продукт «Сосиски рыбные» (патент RU 2634961 «Способ производства сосисок рыбных»).

Для проведения тепловой обработки сосисок был использован пароконвектомат «Electrolux».

Качество готового нового продукта «Сосиски рыбные» определяли по органолептическим показателям по ГОСТ 31986-2012 «Услуги общественного питания. Метод органолептической оценки качества продукции общественного питания».

Показатели массовой доли белка определяли стандартным методом Кьельдаля; массовую долю жира – методом непрерывной экстракции на оборудовании Сокслета; содержание витаминов С, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub> – методом высокоэффективной жидкостной хроматографии на приборе «Милихром» со спектрометрическим детектором; минеральный состав (кальций, фосфор, магний) – методом рентгеновской спектрометрии на спектрофотометре S4 Pioneer (Bruker, AXS, Германия).

Микробиологические показатели определяли по ГОСТ ISO 7218-2015 «Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Общие требования и рекомендации по микробиологическим исследованиям». Определение микробиологических исследований по ГОСТ 10444.15-94 «Пищевые продукты. Методы определения количества мезофильных аэробных и фа-

культативно-анаэробных микроорганизмов», ГОСТ 31747-2012 «Пищевые продукты. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий)», ГОСТ 31659-2012 «Пищевые продукты. Метод выявления бактерий рода *Salmonella*» на соответствие требованиям безопасности, установленным ТР ЕАЭС 040/2016 «Технический регламент Евразийского экономического союза “О безопасности рыбы и рыбной продукции”». Количество хлористого натрия определяли по ГОСТ 15113.7-77 «Концентраты пищевые. Методы определения поваренной соли». Определение сульфитредуцирующих клостридий производили по ГОСТ 29185-2014 «Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета сульфитредуцирующих бактерий, растущих в анаэробных условиях». Количество крахмала определяли по ГОСТ 10845-98 «Зерно и продукты его переработки. Метод определения крахмала».

Количество витаминов и минеральных веществ в готовом продукте определяли расчетным методом.

Статистическую обработку данных проводили по ГОСТ Р ИСО 16269-7-2004 «Статистическое представление данных. Медиана. Определение точечной оценки и доверительных интервалов», при уровне значимости показателей – 0,05, надежности полученных значений – 95%, при доверительном интервале – 0,48. Математическая обработка результатов проводилась по программам пакета EXCEL для Microsoft Office. Повторность опытов 3–5-кратные.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Авторами была разработана рецептура нового продукта, которая включает следующий сырьевой набор: филе плотвы

крупной байкальской и горбуши, подсолнечное масло, мука пшеничная, жир голомянки, вода, соль поваренная пищевая, мускатный орех и чеснок.

Технология приготовления сосисок предусматривает термическую обработку – варку или жарение. Традиционные способы не позволяют проводить эти операции на одном температурном уровне, что приводит к возникновению дефектов. Чтобы избежать ухудшения качества, для термической обработки рыбных сосисок использовался пароконвектомат.

На первом этапе определялся оптимальный режим и параметры тепловой обработки рыбных сосисок. При исследовании за основу были взяты результаты работ, связанные с изучением и разработкой инновационных технологий производства изделий из рыбного фарша [Ковтун, Касьянов, 2012; Сарбатова, Шебела, 2015].

Для проведения исследования была осуществлена тепловая обработка сосисок при разных режимах с фиксацией температуры готовности в центре продукта при помощи термошупа. Чтобы обеспечить равномерное тепловое воздействие, сосиски размещали в свободном подвешенном состоянии на решетчатых гастроемкостях. Продукт помещался в рабочую камеру пароконвектомата после предварительного нагрева до соответствующего температурного уровня.

Варка на пару проводилась при 100°C и влажности 100%. Приготовление при комбинированном режиме («Пар + конвекция») проводили в температурном диапазоне (105–115)°C с шагом в 5°C при влажности 75%. Режим конвекции проводился при 120 и 125°C, влажность 60%. Ниже приведены результаты исследования по определению продолжительности обработки опытных образцов рыбных сосисок при разных режимах пароконвектомата (рис. 1).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что изменение режима и, соответственно, повышение температуры уменьшает время достижения готовности. Наибольшее время тепловой обработки было при заданном режиме – варка на пару. Данный образец вследствие достаточно длительного нахождения в атмосфере водяного пара (режим «Пар», 100°C, 14 мин) имел деформацию оболочки и стекание фарша в нижнюю часть сосисок. Данный

режим и параметр исключается для дальнейших исследований. Продолжительность в пределах 4–8 мин наблюдалась при комбинированном режиме, а минимальное время показала тепловая обработка в режиме конвекции при температуре (120–125)°C.

На втором этапе проводилась органолептическая оценка рыбных сосисок, доведенных до кулинарной готовности по общепринятой методике с использованием пятибалльной шкалы (рис. 2).

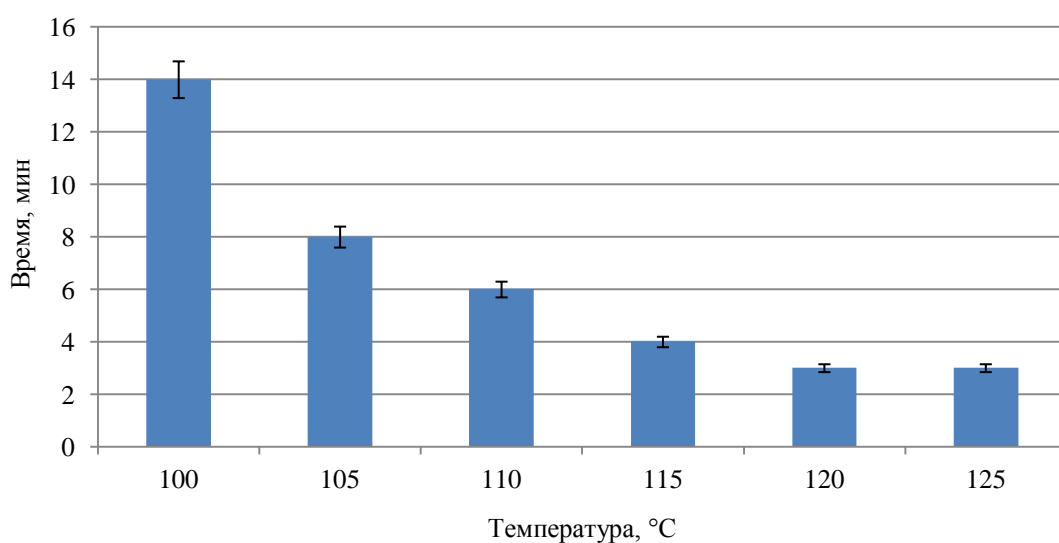


Рис. 1. Параметры тепловой обработки опытных образцов продукта «Сосиски рыбные»

Fig. 1. Parameters of heat treatment of product “Fish sausages”

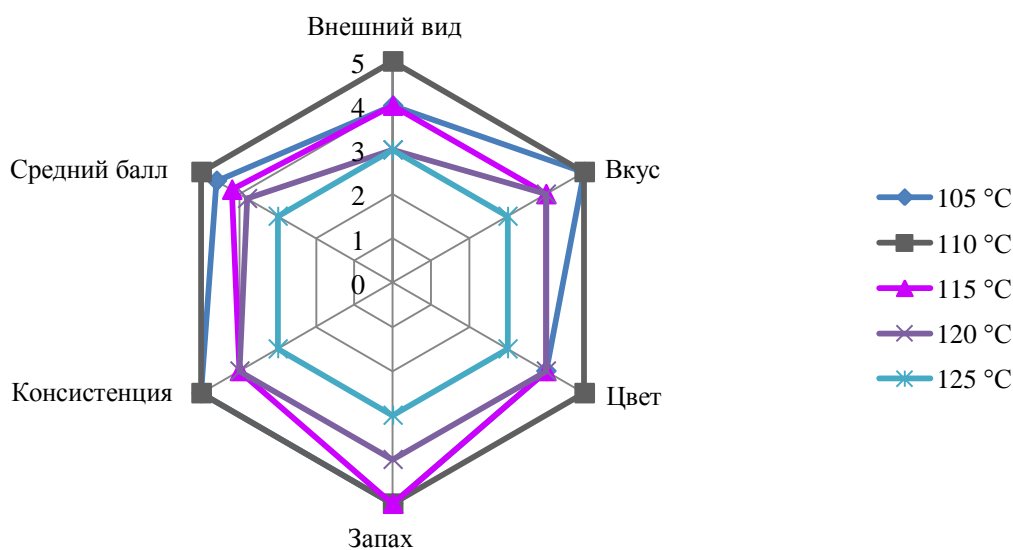


Рис. 2. Органолептическая оценка опытных образцов продукта «Сосиски рыбные»

Fig. 2. Organoleptic evaluation of product “Fish sausages”

Образец, приготовленный при температуре 105°C (8 мин), сохранил форму, но без изменения цвета. Температура 110°C (6 мин) способствовала сохранению формы сосисок и формированию золотистого равномерного цвета оболочки, а при достижении температуры 115°C (4 мин) наблюдалось появление подгорелых мест, ухудшение цвета и внешнего вида изделия, при дегустации был отмечен суховатый вкус. В образцах, приготовленных в температурных пределах 120–125°C (3 мин), отмечалось значительное снижение качества по всем показателям в результате значительного подгорания сосисок, нарушение целостности оболочки и избыточное испарение влаги, что приводило дополнительно к значительным потерям массы. По итогам дегустации наиболее оптимальным условием тепловой обработки рыбных сосисок стал образец, приготовленный в комбинированном режиме («Пар + конвекция»), температура 110°C, время 6 мин, и получивший максимальное количество баллов (25 баллов).

Технологический процесс производства рыбных сосисок предусматривает подготовку рыбы – горбуши и плотвы, ее разделку на филе без кожи и костей; подготовку голомянки и купажирование жира; куттерирование рыбного фарша с крупяной мукой, подсолнечным маслом, водой, солью и специями (рис. 3). Особенностью продукта является использование муки, полученной из пшена после влаготепловой обработки (ВТО) и предварительной подготовки путем набухания. Данный прием позволяет формировать такие функциональные свойства, как необходимая вязкость, однородность и сочность готового изделия.

Масса сосисок после тепловой обработки в пароконвектомате при заданном температурном показателе при комбинированном режиме («Пар + конвекция»)

уменьшилась на 3%, а в режиме конвекции потери массы составили 5%.

Функциональные возможности пароконвектомата позволяют после тепловой обработки проводить принудительное охлаждение без извлечения продукта из рабочей камеры. Данный прием способствует более быстрому прохождению периода микробного роста.

Пищевая ценность характеризуется вкусовыми достоинствами и содержанием питательных веществ. Безопасность разрабатываемого продукта оценивается по микробиологическим показателям, которые определялись в аккредитованной пищевой лаборатории городского комбината школьного питания г. Улан-Удэ. Далее представлена качественная характеристика опытной партии рыбных сосисок по органолептическим, физико-химическим и микробиологическим характеристикам (табл. 1).

Представленная таблица показывает качественную и количественную характеристику функционального продукта «Сосиски рыбные». Содержание в одной порции полиненасыщенных жирных кислот омега-3 составляет 0,87 г и омега-6 – 4,4 г, что обеспечивает их оптимальное соотношение и восполнение половины суточной потребности для детского организма в младшем возрасте.

Содержание нутриентов витаминно-минерального состава в сосисках обеспечивается в большей степени за счет использования пресноводной и морской рыбы (табл. 2). Существуют методики определения данных показателей в пищевых продуктах однородного происхождения. Однако рыбные сосиски представляют собой композицию, включающую рыбные и растительные компоненты, что затрудняет проведение достоверных лабораторных исследований по определению содержания витаминно-минерального состава. Количественная

характеристика данных показателей в рыбных сосисках определялась математическим способом путем пересчета с учетом массовой

доли каждого компонента в композиции и степени разрушения при тепловой обработке [Скурихин, Тутельян, 2007].

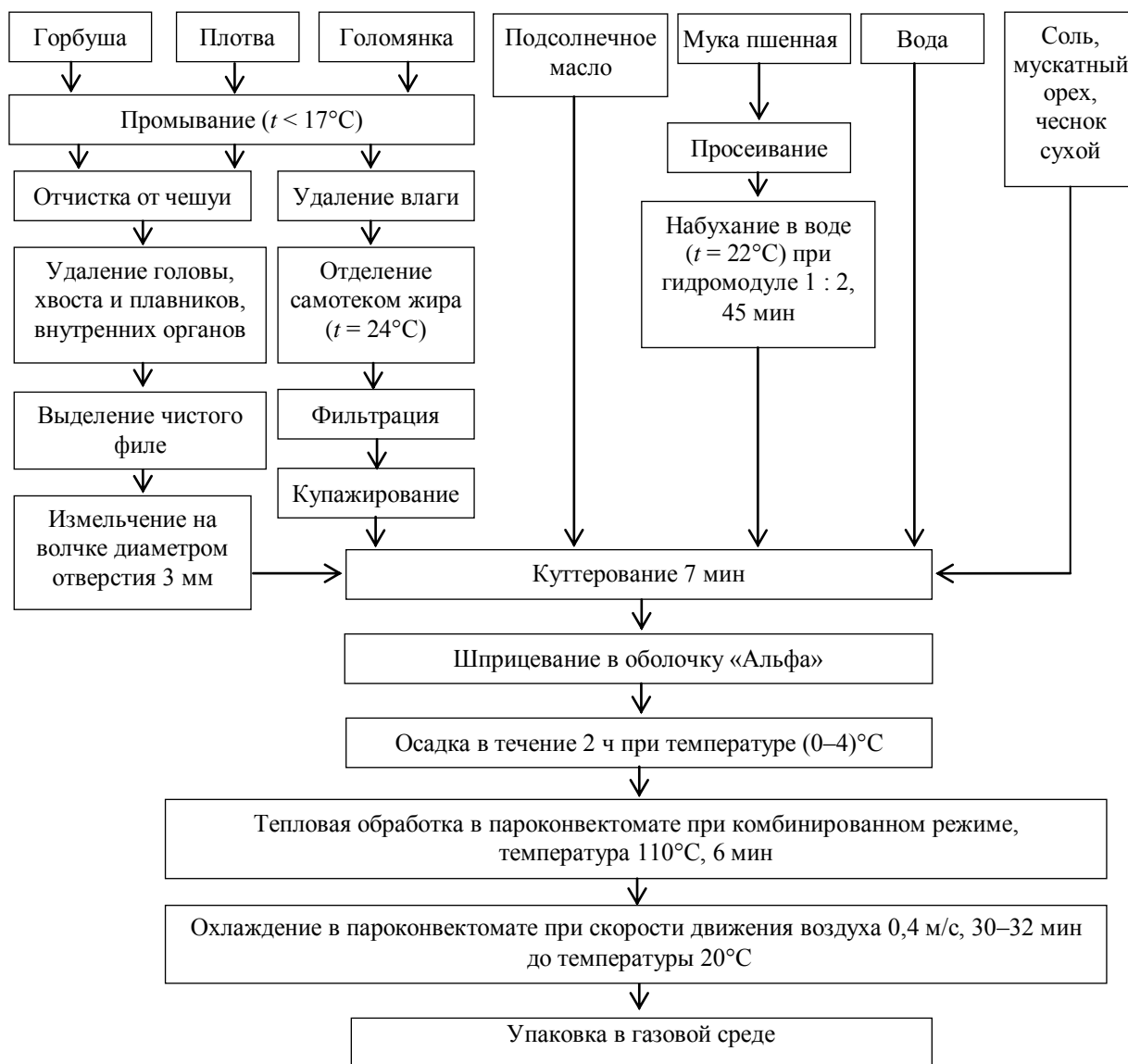


Рис. 3. Технологический процесс производства продукта «Сосиски рыбные»

Fig. 3. Technological process of product “Fish sausages”

Таблица 1. Показатели качества и безопасности продукта «Сосиски рыбные»

Table 1. Indicators of quality and safety of product “Fish sausages”

Наименование показателей	Характеристика и норма
Внешний вид	Вытянутый цилиндр с чистой сухой поверхностью и округлыми концами диаметром $(30 \pm 2)$ мм, длиной 10,5–11,0 мм, массой $(70 \pm 3)$ г
Вкус, запах и консистенция после термической обработки	Продукт имеет вкус и запах, свойственные данному виду продукта, с тонким ароматом пряностей, в меру соленый. Консистенция плотная, нежная, сочная
Вид полуфабрикатов на разрезе	Фарш бледно-серого цвета, однородный, равномерно перемешан

Окончание табл. 1

Наименование показателей	Характеристика и норма	
Влажность, %	72,0 ± 0,5	
Массовая доля белка, %	8,5 ± 0,2	
Массовая доля жира в продукте, %	10,7 ± 0,3	
Соотношение омега-3 : омега-6	1 : 5	
Массовая доля крахмала, %	1,9 ± 0,2	
Массовая доля хлористого натрия в продукте, %	0,24 ± 0,1	
Масса одной сосиски, г	67,5 ± 0,5	
Энергетическая ценность одной порции, ккал	175 ± 0,5	
<i>Микробиологические показатели:</i>	<i>«Сосиски рыбные»</i>	<i>ТР ЕАЭС 040/2016</i>
Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, КОЕ/г, не более	2,0 × 10 <sup>3</sup>	2 × 10 <sup>5</sup>
Бактерии группы кишечных палочек (колиформы), не допускаются в массе продукта (г)	Не обнаружено	1,0
<i>S. aureus</i> , не допускается в массе продукта (г)		0,1
Патогенные, в т. ч. сальмонеллы, не допускаются в массе продукта (г)		25,0
Сульфитредуцирующие клостридии, не допускаются в массе продукта (г)		0,1

Таблица 2. Витаминно-минеральный состав продукта «Сосиски рыбные»

Table 2. Vitamin and mineral composition of product "Fish sausages"

Витамины, мг		Минеральные вещества, мг	
Витамин А, мкг ретинол эквивал.	14,7	Натрий	178,9
β-каротин, мг	1,8	Калий	230,2
Витамин В <sub>1</sub> , мг	0,14	Кальций	16,36
Витамин В <sub>2</sub> , мг	0,09	Магний	21,0
Витамин РР, мг	2,2	Фосфор	135,2
Витамин С, мг	0,7	Железо	0,56

Для оценки пищевой ценности минерального состава рыбных сосисок были сопоставлены их показатели и аналогичные фрикаделек из минтая. Анализ минерального состава представлен в виде диаграмм ниже (рис. 4). Полученные результаты свидетельствуют о незначительной разнице по содержанию минеральных веществ. Исключением является более высокое содержание натрия и кальция в фрикадельках, которое объясняется наличием молока в сырьевом составе.

Далее представлено сравнительное содержание витаминов (рис. 5). Как видно, витаминные комплексы исследуемых образцов неодинаковы, но и существенного различия не наблюдается. В сосисках количество витаминов В<sub>1</sub> и РР выше, чем в фри-

кадельках, в 2–3 раза. Витамина А в сосисках меньше на 33%, а витаминов В<sub>2</sub> и С практически одинаковое количество в обоих образцах рыбных продуктов.

Говоря о продуктах питания для определенной возрастной категории, необходимо учитывать восполнение пищевых веществ в зависимости от суточной потребности при употреблении данного продукта.

Ниже представлена степень удовлетворения суточной потребности в минеральных веществах детей дошкольного возраста при употреблении рыбных сосисок массой 67 г (рис. 6). Минеральный состав рыбных сосисок удовлетворяет потребность от малозначимых (кальций), значимых (магний, фосфор) и до существенных количеств (натрий, калий).

Далее представлена степень удовлетворения суточной потребности в витаминах детей дошкольного возраста при употреблении рыбных сосисок массой 67 г

(рис. 7). Как видно, наибольшая степень удовлетворения суточной потребности происходит за счет таких витаминов, как РР и В<sub>1</sub>.

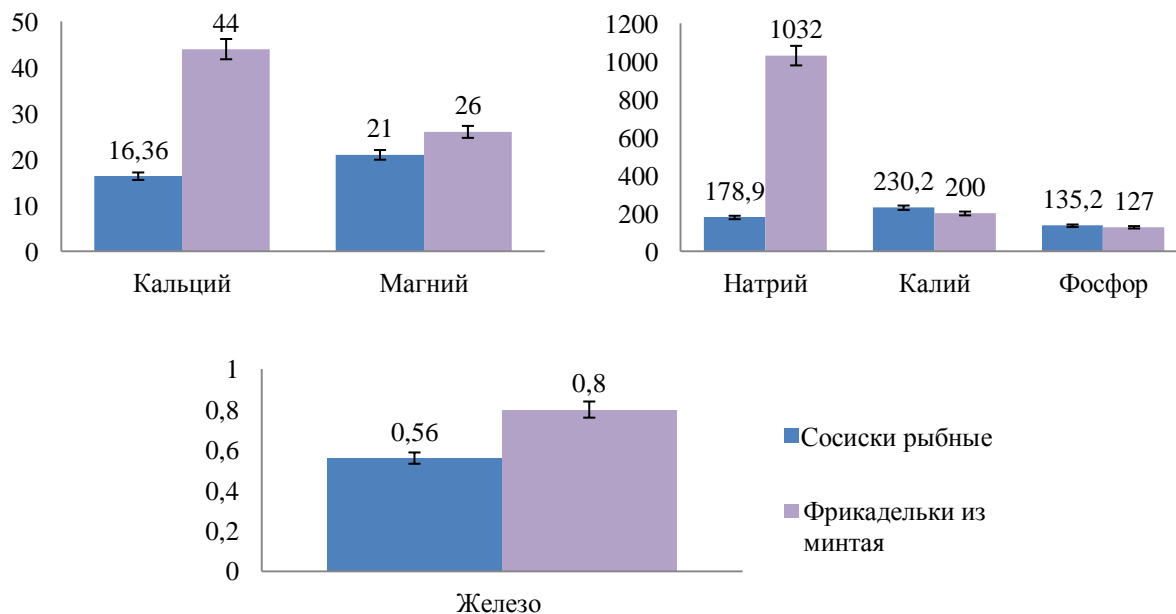


Рис. 4. Содержание минеральных веществ в продуктах «Сосиски рыбные» (67 г) и «Фрикадельки из минтая» (70 г), мг

Fig. 4. The content of mineral substances in the products “Fish sausages” (67 g) and “Pollock meatballs” (70 g), mg

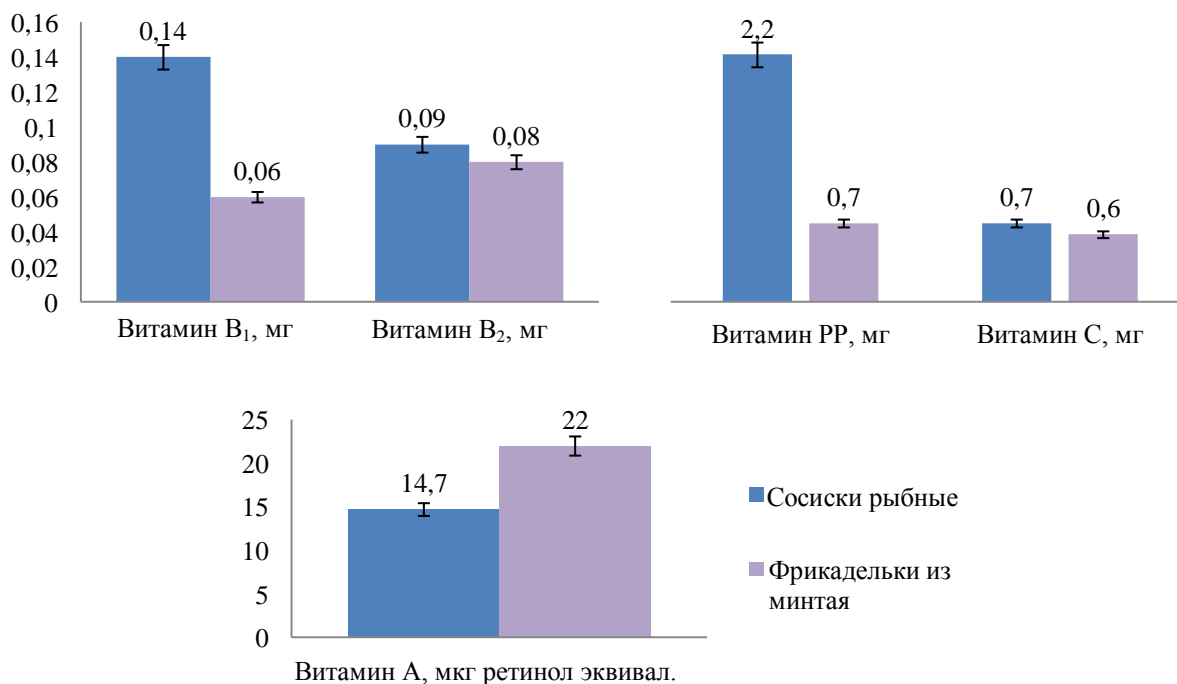


Рис. 5. Содержание витаминов в продуктах «Сосиски рыбные» (67 г) и «Фрикадельки из минтая» (70 г)

Fig. 5. Vitamin content in the products “Fish sausages” (67 g) and “Pollock meatballs” (70 g)



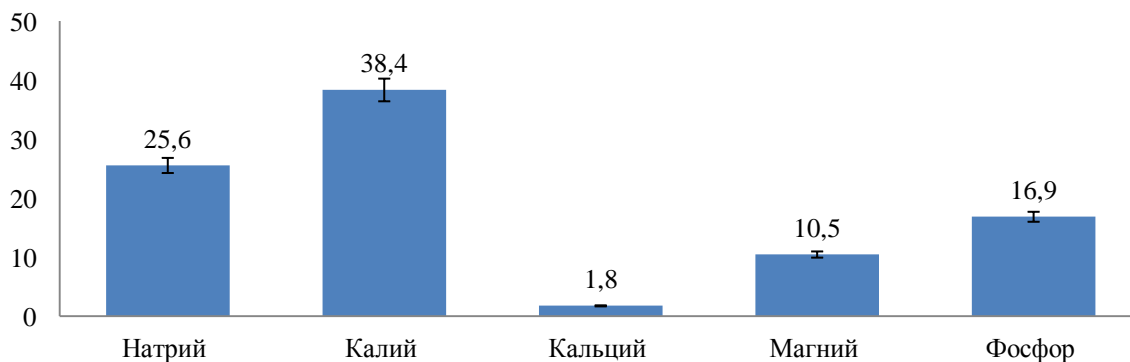


Рис. 6. Удовлетворение суточной потребности в минеральных веществах для детей от 3 до 7 лет, %

Fig. 6. Satisfaction of the daily requirement of mineral substances for children from 3 to 7 years old, %

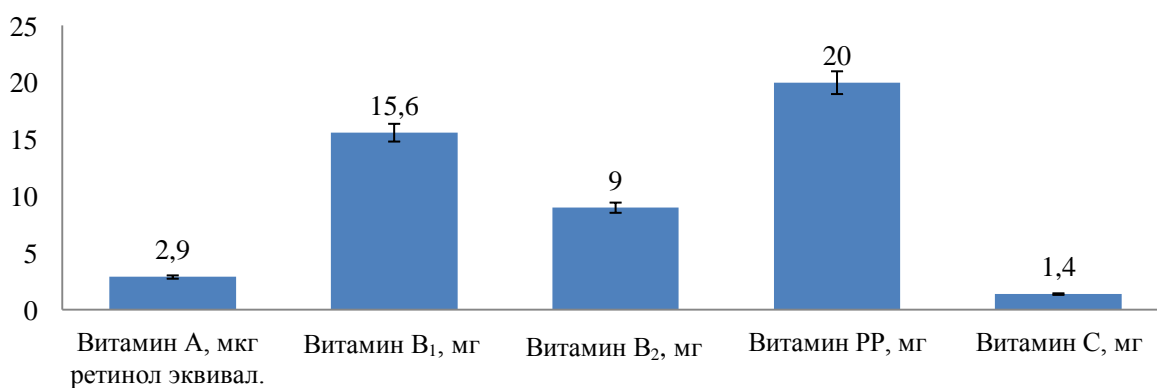


Рис. 7. Удовлетворение суточной потребности в витаминах для детей от 3 до 7 лет, %

Fig. 7. Satisfaction of the daily requirement of vitamins for children from 3 to 7 years old, %

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе на основании имеющейся рецептуры проведены исследования по выбору оптимальных параметров тепловой обработки нового продукта «Сосиски рыбные», проведена органолептическая оценка опытных образцов.

При оценке органолептических показателей рыбных сосисок выявлено, что максимальное количество баллов (25 баллов) было отмечено у образца, приготовленного в пароконвектомате при следующих параметрах – комбинированный режим («Пар + конвекция»), температура 110°C, продолжительность 6 мин.

Оценка витаминно-минерального комплекса рыбных сосисок свидетельствует об их высокой пищевой ценности.

Таким образом, разработанная технология функционального продукта «Сосиски рыбные» позволяет формировать показатели качества и безопасности, удовлетворяющие требованиям здорового питания детей младшего возраста.

## ЛИТЕРАТУРА

Ахмадалиева Н.О., Шарипова С.А., Юлдашева Н.Г. 2016. Проблема организации рационального питания детей дошкольного возраста. *Молодой ученый*. № 12. С. 476–478.

- Башкатова А. 2021. Потребление рыбы в РФ за последние годы сократилось почти на четверть. *Независимая газета*. № 157 (8208).
- Васюкова А.Т., Тихонов Д.А., Тонапелян Г.А., Куликов Д.А. 2020. Регулирование функционально-технологических свойств фаршевых систем путем применения структурорегулирующих добавок. *Вестник ВГУИТ*. Т. 83, № 1. С. 151–156.
- Грибова О.М., Бражная И.Э., Филющенко Д.А., Иванова Д.А., Быкова А.Е. 2017. Разработка технологии рыбных рубленых изделий с добавлением муки полбы из недоиспользуемых видов рыб Северного бассейна. *Рыбное хозяйство*. № 5. С. 108–112.
- Захарова Н.М., Ханды М.В., Артамонова С.Ю., Степанова Л.А. 2015. Питание детей, посещающих дошкольные образовательные учреждения. *Вопросы питания*. Т. 84. № 53. С. 111–112.
- Ключникова Л.А. 2016. Обоснование рецептуры нового рыбного продукта для детей дошкольного возраста. *Рыбное хозяйство*. № 3. С. 107–100.
- Ковтун Т.В., Касьянов Д.Г. 2012. Инновационные способы производства колбас с использованием учебно-экспериментального комплекса. *Научный журнал КубАГ*. № 81 (07). С. 1–11.
- Кулик О.М. 2019. Разработка технологии рыборастительных кулинарных изделий: *Диссертация ... канд. техн. наук*. Мурманск. 141 с.
- Куликова А.С., Титова И.М., Писарькова М.В. 2019а. Проектирование рыбных полуфабрикатов для питания детей школьного возраста. *Известия КГТУ*. № 54. С. 116–129.
- Куликова А.С., Титова И.М., Казимирченко О.В. 2019б. Проблематика улучшения органолептических показателей рыбных блюд в питании детей дошкольного возраста. *Материалы VII Международного Балтийского морского форума*. С. 56–64.
- Леонтьева С.С. 2018. Способы расширения ассортимента рыбных блюд повышенной пищевой ценности для детского питания. *Сборник научных статей 6-й Международной молодежной научной конференции «Будущее науки»*. 2018. С. 215–217.
- Лир Д.Н., Первалова А.Я. 2019. Анализ фактического домашнего питания проживающих в городе детей дошкольного и школьного возраста. *Вопросы питания*. Т. 88. № 3. С. 69–77.
- Лузан В.Н., Ключникова Л.А., Цыренжапов Б.Ш. 2012. Проектирование продукта на основе рыбного сырья нутриентно-адекватного питания детей дошкольного возраста. *Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции «Современное состояние и перспективы развития индустрии питания и гостеприимства»*. Омск. С. 92–99.
- Маслова Г.В., Зайцева В.М., Данилина Л.И. 2012. Быстрозамороженные блюда функционального назначения из водных биологических ресурсов для детей школьного возраста. *Рыбная промышленность*. № 1. С. 51–54.
- Муравьева И.Н. 2006. Разработка технологии и товароведная оценка комбинированных рыбных продуктов: *Диссертация ... канд. техн. наук*. Новосибирск. 149 с.
- Николаева М.А., Родина Т.Г. 2019. Влияние потребительских свойств рыбных товаров на здоровье человека. *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*. № 2 (55). С. 56–61.
- Прохасько Л.С., Незванов И.В. 2020. Проектирование комбинированных рыбо-

- растительных продуктов. *Аллея науки*. Т. 2. № 4 (43). С. 80–84.
- Пчелинцева О.Н., Бочкарева З.А., Лисина С.В. 2021. Новый продукт с функциональными свойствами из рыбного сырья с растительными компонентами. *Ползуновский вестник*. № 2. С. 132–139.
- Рыжкова С.М., Кручинина В.М. 2020. Тенденции потребления рыбы и продуктов ее переработки в России. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. № 82 (2). С. 181–189.
- Сарбатова Н.Ю., Шебела К.Ю. 2015. Особенности технологии производства колбас с добавлением рыбного сырья. *Молодой ученый*. № 5–1 (85). С. 41–43.
- Сибгатуллина Г.М., Залялиева В.З., Леонтьева С.С. 2018. Увеличение пищевой ценности рыбных блюд для детского питания. Сборник научных трудов II Международной конференции молодых ученых, аспирантов, студентов и учащихся «Кооперация и предпринимательство: состояние, проблемы и перспективы». Казань. С. 378–381.
- Скурихин И.М., Тутельян В.А. 2007. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания: справочник. Москва: ДеЛипринт. 276 с.
- Тимофеева А.М., Симакина А.А. 2019. Разработка рецептур и технологии кулинарной продукции повышенной пищевой ценности для питания детей школьного возраста. *Вестник КрасГАУ*. № 9 (150). С. 143–149.
- Фахритдинова Г.А., Максумова Д.К., Зуннунова Д.Э. 2021. Food in children's preschool institutions. *Молодой ученый*. № 33 (375). С. 74–75.
- Lyndsey R. Huss, Sean D. McCabe, Jennifer Dobbs-Oates, John Burgess, Carl Behnke, Charles R. Santerre, Sibylle Kranz. 2013. Development of child-friendly fish dishes to increase young children's acceptance and consumption of fish. *Food and Nutrition Sciences*. № 4. P. 78–87.
- Burri S., Tato I., Nunes M., Morais R. 2011. Functional Vegetable-Based Sausages for Consumption by Children. *Food and Nutrition Sciences*. Vol. 2. № 5. P. 494–501.

## REFERENCES

- Akhmadalieva N.O., Sharipova S.A., Yuldasheva N.G. 2016. The problem of organizing rational nutrition for preschool children. *Molodoj uchenyj (Young Scientist)*. № 12. P. 476–478 (in Russian).
- Bashkatova A. 2021. Fish consumption in the Russian Federation has decreased by almost a quarter in recent years. *Nezavisimaya gazeta (Independent Newspaper)*. № 157 (8208) (in Russian).
- Vasyukova A.T., Tikhonov D.A., Tonape-tyan T.A., Kulikov D.A. 2020. Regulation of the functional and technological properties of minced meat systems through the use of structure-regulating additives. *Vestnik VGUIT (Bulletin of VSUIT)*. Т. 83. № 1. P. 151–156 (in Russian).
- Gribova O.M., Brazhnaya I.E., Filyushchenko D.A., Ivanova D.A., Bykova A.E. 2017. Development of technology for chopped fish products with the addition of spelled flour from underutilized fish species of the Northern Basin. *Rybnoe hozyajstvo (Fisheries Journal)*. № 5. P. 108–112 (in Russian).
- Zakharova N.M., Khandy M.V., Artamonova S.Yu., Stepanova L.A. 2015. Nutrition of children attending preschool educational institutions. *Voprosy pitaniya (Problems of Nutrition)*. Т. 84. № 53. P. 111–112 (in Russian).
- Klyuchnikova L.A. 2016. Substantiation of the formulation of a new fish product for preschool children. *Rybnoe hozyajstvo*

- (*Fisheries Journal*). № 3. P. 107–100 (in Russian).
- Kovtun T.V., Kasyanov D.G. 2012. Innovative methods for the production of sausages using an educational and experimental complex. *Nauchnyj zhurnal KubAG (Scientific Journal of KubSAU)*. № 81 (07). P. 1–11 (in Russian).
- Kulik O.M. 2019. Development of technology for fish and vegetable culinary products. *Candidacy dissertation of technical sciences*. Murmansk. 141 p. (in Russian).
- Kulikova A.S., Titova I.M., Pisarkova M.V. 2019a. Designing semi-finished fish food for schoolchildren. *Izvestiya KGTU (KSTU News)*. № 54. P. 116–129 (in Russian).
- Kulikova A.S., Titova I.M., Kazimirchenko O.V. 2019b. Problems of improving the organoleptic indicators of fish dishes in the nutrition of preschool children. *Proceedings of the VII International Baltic Maritime Forum*. P. 56–64 (in Russian).
- Leontieva S.S. 2018. Ways to expand the range of fish dishes with high nutritional value for baby food. *Proceedings of the 6th International Youth Scientific Conference "The Future of Science"*. P. 215–217 (in Russian).
- Lear D.N., Perevalova A.Ya. 2019. Analysis of the actual home nutrition of children of preschool and school age living in the city. *Voprosy pitaniya (Problems of Nutrition)*. T. 88. № 3. P. 69–77 (in Russian).
- Luzan V.N., Klyuchnikova L.A., Tsyrenzhapov B.Sh. 2012. Designing a product based on fish raw materials that is nutrient-adequate to the nutrition of preschool children. *Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference "Current state and prospects for the development of the food and hospitality industry"*. Omsk. P. 92–99 (in Russian).
- Maslova G.V., Zaitseva V.M., Danilina L.I. 2012. Quick-frozen functional meals from aquatic biological resources for school-age children. *Rybnaya promyshlennost' (Fish Industry)*. № 1. P. 51–54 (in Russian).
- Muravieva I.N. 2006. Development of technology and commodity assessment of combined fish products. *Candidacy dissertation of technical sciences*. Novosibirsk. 149 p. (in Russian).
- Nikolaeva M.A., Rodina T.G. 2019. Influence of consumer properties of fish products on human health. *Tekhnologiya i tovarovedenie innovacionnyh pishchevyh produktov (Technology and the study of merchandise of innovative foodstuffs)*. № 2 (55). P. 56–61 (in Russian).
- Prokhasko L.S., Nezvanov I.V. 2020. Design of combined fish and vegetable products. *Alleya nauki (Alley of Science)*. T. 2. № 4 (43). P. 80–84 (in Russian).
- Pchelintseva O.N., Bochkareva Z.A., Lisina S.V. 2021. A new product with functional properties from fish raw materials with plant components. *Polzunovskij vestnik (Polzunovskiy Bulletin)*. № 2. P. 132–139 (in Russian).
- Ryzhkova S.M., Kruchinina V.M. 2020. Trends in the consumption of fish and fish products in Russia. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernyh tekhnologij (Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies)*. № 82 (2). P. 181–189 (in Russian).
- Sarbatova N.Yu., Shebela K.Yu. 2015. Features of the technology for the production of sausages with the addition of fish raw materials. *Molodoj uchenyj (Young Scientist)*. № 5–1 (85). P. 41–43 (in Russian).
- Sibagatullina G.M., Zalyalieva V.Z., Leontieva S.S. 2018. Increasing the nutritional value of fish dishes for baby food. *Proceedings of the II International confer-*

- ence of young scientists, postgraduates, students and pupils* "Cooperation and Entrepreneurship: Status, Problems and Prospects". Kazan. P. 378–381 (in Russian).
- Skurikhin I.M., Tutelyan V.A. 2007. Tables of the chemical composition and calorie content of Russian food products: a reference book. Moscow: DeLiprint. 276 p. (in Russian).
- Timofeeva A.M., Simakina A.A. 2019. Development of recipes and technology for culinary products of increased nutritional value for the nutrition of school-age children. *Vestnik KrasGAU (Bulletin of KrasSAU)*. № 9 (150). P. 143–149 (in Russian).
- Fakhritdinova G.A., Maksumova D.K., Zunnunova D.E. 2021. Food in children's preschool institutions. *Molodoj uchenyj (Young Scientist)*. № 33 (375). P. 74–75 (in Russian).
- Lyndsey R. Huss, Sean D. McCabe, Jennifer Dobbs-Oates, John Burgess, Carl Behnke, Charles R. Santerre, Sibylle Kranz. 2013. Development of child-friendly fish dishes to increase young children's acceptance and consumption of fish. *Food and Nutrition Sciences*. № 4. P. 78–87.
- Burri S., Tato I., Nunes M., Morais R. 2011. Functional Vegetable-Based Sausages for Consumption by Children. *Food and Nutrition Sciences*. Vol. 2. № 5. P. 494–501.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Ключникова Людмила Александровна** – Сибирский университет потребительской кооперации; 630087, Россия, Новосибирск; кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология продуктов общественного питания»; luna-87@yandex.ru. SPIN-код: 6276-2480; Author ID: 818896.

**Klyuchnikova Lyudmila Alexandrovna** – Siberian University of Consumer Cooperation; 630087, Russia. Novosibirsk; Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Technology of Public Catering Products Chair; luna-87@yandex.ru. SPIN-code: 6276-2480; Author ID: 818896.

**Бадмаева Ирина Ильинична** – Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления; 670013, Россия, Улан-Удэ; кандидат технических наук, доцент; bii75@mail.ru, SPIN-код: 4963-1488; Author ID: 665786; Scopus ID: 57205621683.

**Badmaeva Irina Ilyinichna** – East Siberian State University of Technology and Management; 670013, Russia, Ulan-Ude; Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; bii75@mail.ru; SPIN-code: 4963-1488; Author ID: 665786; Scopus ID: 57205621683.

## СОСТАВ ПРИБРЕЖНОЙ ИХТИОФАУНЫ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ КАМЧАТКИ ПОСЛЕ ВРЕДОНОСНОГО ЦВЕТЕНИЯ ВОДОРΟΣЛЕЙ ОСЕНЬЮ 2020 ГОДА

Токранов А.М.

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

На основании анализа результатов удебных обловов, литоральных сборов и подводной фото- и видеосъемки, выполненных в мае – сентябре 2021 г. в прибрежных водах юго-восточной Камчатки, приведены сведения о составе ихтиофауны этой акватории и относительной численности массовых видов рыб в зоне литорали и верхней сублиторали. Полученные данные позволяют сделать вывод, что степень негативного воздействия вредоносного цветения водорослей в осенний период 2020 г. на видовой состав и численность рыб, обитающих в приливно-отливной зоне, оказалась крайне незначительной. Сложившиеся осенью 2020 г. в зоне верхней сублиторали (глубины 2–25 м) юго-восточной Камчатки неблагоприятные экологические условия вызвали гибель некоторого количества рыб (преимущественно представителей сем. Stichaeidae), скрывающихся на дне в расщелинах скал или зарывающихся в илисто-песчаный грунт, но практически не повлияли на численность и жизнедеятельность активно перемещающихся представителей ихтиофауны, способных избегать участков прибрежной акватории с вредоносным цветением водорослей.

**Ключевые слова:** видовой состав, вредоносное цветение водорослей, прибрежная ихтиофауна, приливно-отливная зона, юго-восточная Камчатка.

## COMPOSITION OF THE COASTAL ICHTHYOFAUNA OF THE SOUTH-EASTERN KAMCHATKA AFTER HARMFUL ALGAL BLOOM IN AUTUMN 2020

Tokranov A.M.

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

The data on the composition of the ichthyofauna and relative quantity of common species of fishes in the littoral and the upper sublittoral zones in the coastal waters of the South-Eastern Kamchatka are provided basing on the analysis of the results of hook catches, collections made in the intertidal zone, and underwater photo- and video records performed in the May – September 2021. The obtained results show that the impact of the negative effect of harmful algal bloom in the autumn of 2020 on the composition of the species and quantity of fishes, inhabiting the intertidal zone, is very insignificant. Unfavorable ecological conditions in the upper sublittoral zone (2–25 m) in the South-Eastern Kamchatka in the autumn 2020 caused decrease the quantity of some fishes (mainly species of the family Stichaeidae) which hide on the bottom in the rock crevices or are buried in silty-sand bottom. But unfavorable ecological conditions practically had no influence on the quantity and mode of life of the representatives of ichthyofauna which were able to leave temporarily the coastal waters with harmful algal bloom areas.

**Key words:** species composition, harmful algal bloom, coastal ichthyofauna, intertidal zone, South-Eastern Kamchatka.

## ВВЕДЕНИЕ

Осенью 2020 г. в прибрежных водах южной Камчатки сложилась неблагоприятная экологическая обстановка, вызвавшая массовую гибель донных морских организмов. Специалисты различных российских исследовательских центров и природоохранных организаций провели совместно с камчатскими учеными довольно обстоятельное обследование прибрежной акватории, после чего пришли к заключению, что причина возникшей неблагоприятной экологической обстановки – природное явление, называемое красным приливом или вредоносным цветением водорослей (ВЦВ), вызванное бурным развитием токсичных одноклеточных водорослей.

Подобные случаи массовой гибели гидробионтов в зоне верхней сублиторали южной Камчатки отмечали и ранее [Сидоров, Бурдин, 1986; Сидоров, Акимов, 1988]. Однако в 2020 г. это природное явление проявилось более заметно и вызвало общественный резонанс, в связи с чем возникла необходимость оценки степени его воздействия на представителей различных групп флоры и фауны, в том числе рыб, обитающих в прибрежной зоне.

В связи с этим в мае – сентябре 2021 г. при проведении исследований по теме «Изучение восстановительного потенциала прибрежных экосистем юго-восточной Камчатки, динамики популяций морских млекопитающих в условиях масштабных ВЦВ в водах Камчатки и прилегающих акваторий дальневосточных морей России в районах массовой гибели гидробионтов» сотрудниками Камчатского филиала ТИГ ДВО РАН был собран материал, который позволяет получить представление о составе ихтиофауны в прибрежье юго-восточной Камчатки в настоящее время

и оценить степень негативного воздействия возникшего осенью 2020 г. ВЦВ на обитающих здесь рыб.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

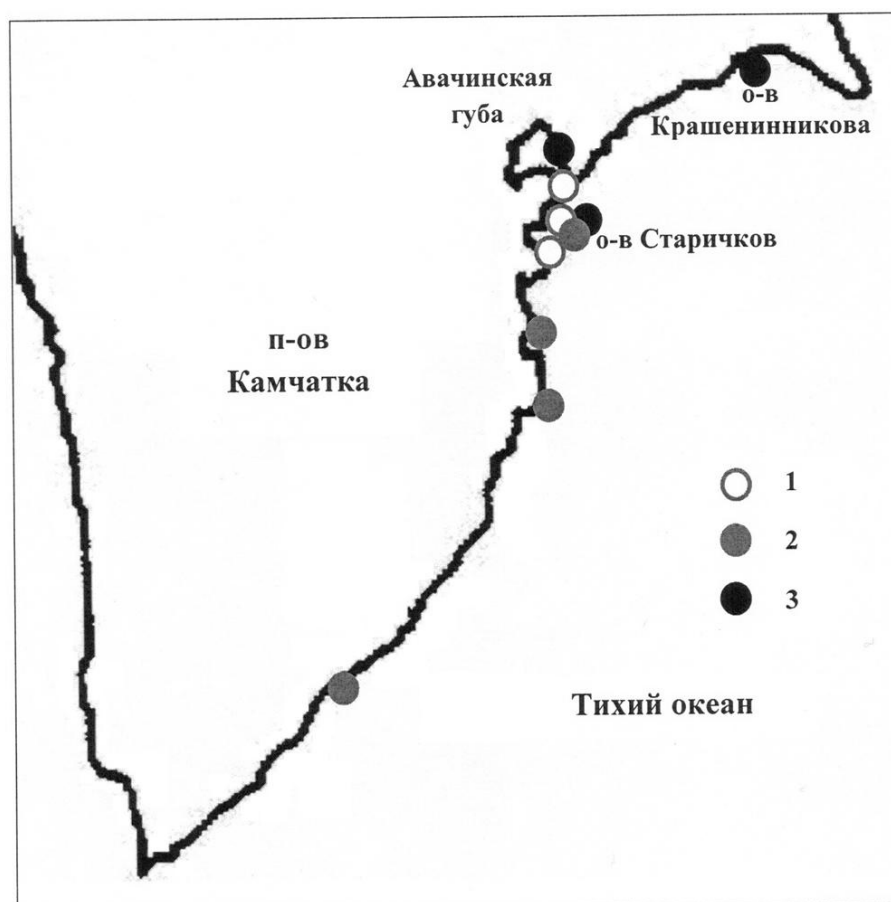
Материалом для настоящего сообщения послужили результаты изучения состава ихтиофауны в прибрежье юго-восточной Камчатки (глубины от 0 до 25 м) от бух. Бечевинской на севере до бух. Вестник на юге (рисунок) с помощью контрольных удебных обловов, литоральных сборов в период отливов (в приливно-отливной зоне Налычевского и Южно-Камчатского природных парков работы проводили в рамках договора о научном сотрудничестве с КГБУ «Природный парк “Вулканы Камчатки”»), водолазных сборов и визуальных наблюдений, а также фото- и видеосъемки рыб в естественных условиях обитания.

Контрольные обловы рыб удебными снастями (в качестве наживки использовали щупальца кальмара) осуществляли на глубинах от 2 до 25 м в июле – августе 2021 г. в бухтах Безымянной, Вилючинской и у о-ва Старичков (рисунок). Литоральные сборы проводили в северо-восточной части Авачинской губы, в приливно-отливной зоне о-вов Крашенинникова и Старичков. Во время больших отливов рыб ловили руками в литоральных лужах под камнями, фиксировали в 6%-ном формалине, затем в лабораторных условиях подвергали камеральной обработке. Кроме того, привлечены результаты обследования прибрежной акватории Южно-Камчатского природного парка в конце июня 2021 г. [Данилин и др., 2021], подводных визуальных наблюдений, а также фото- и видеосъемок, выполненных в мае – августе 2021 г. ст.н.с. КФ ТИГ ДВО РАН к.б.н. Н.П. Санамян и подводным фотографом

А.В. Коробком. Всего в работе использованы данные семи удебных обловов, 26 литоральных сборов и пяти подводных визуальных наблюдений, сопровождавшихся фото- и видеосъемкой, осуществленных в мае – августе 2021 г. в прибрежье юго-восточной Камчатки.

Дополнительно для оценки степени воздействия возникшей осенью 2020 г. неблагоприятной экологической обстановки в водах юго-восточной Камчатки на различных представителей прибрежной ихтиофауны исследованы видовой состав выброшенных волнами на берег погибших во время ВЦВ рыб, сборы водолазов, обследовавших зону верхней сублиторали юго-восточного побережья полуострова

(глубины до 20 м), результаты проведенной ими фото- и видеосъемки, а также данные контрольных удебных обловов рыб, выполненные в первой половине октября 2020 г. на экспедиционном судне Кроноцкого государственного заповедника «Анисифор Крупенин» под руководством м.н.с. Камчатского филиала ТИГ ДВО РАН И.А. Усатова. Имеющаяся информация за прошлые годы [Токранов, Шейко, 2009] позволила сравнить состав прибрежной ихтиофауны юго-восточной Камчатки и относительную численность отдельных видов рыб на одном из обследованных участков – у о-ва Старичков до и после воздействия на них неблагоприятной экологической обстановки.



Места контрольных удебных обловов в июле – августе 2021 г. (1), октябре 2020 г. (2) и литоральных сборов в мае – сентябре 2021 г. (3) в прибрежных водах юго-восточной Камчатки

Places of the control hook catches in July – August 2021 (1), October 2020 (2) and littoral collections in May-September 2021 (3) in the coastal waters of the South-Eastern Kamchatka



## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследований, выполненных в мае – сентябре 2021 г., в прибрежье юго-восточной Камчатки (от приливно-отливной зоны до глубины 25 м) зарегистрировано 24 вида рыб из 14 семейств (табл. 1). Анализ видового состава свидетельствует, что основу ихтиофауны прибрежной зоны этой акватории (более 54% от числа учтенных видов) в период с мая по сентябрь здесь формировали представители четырех семейств донных и придонных рыб – рогатковые Cottidae (пять видов), терпуговые Hexagrammidae, стихеевые Stichaeidae (по три вида каждого) и камбаловые Pleuronectidae (два вида). Еще двумя видами были представлены такие проходные рыбы, как лососевые Salmonidae, отмеченные в прибрежье во время их анадромной миграции в пресные воды. Остальные девять семейств включали лишь по одному виду. Сопоставление полученных результа-

тов с имеющимися в литературе данными о составе ихтиофауны в прибрежной зоне о-ва Старичков [Токранов, Шейко, 2009] в 1998–2006 гг. (т. е. в период, предшествующий неблагоприятной экологической обстановке, сложившейся осенью 2020 г.), наглядно свидетельствует о том, что как общее количество зарегистрированных здесь видов рыб, так и их принадлежность к отдельным семействам были довольно сходны (табл. 1). Некоторые различия в видовом составе выловленных рыб обусловлены главным образом поимкой в эти годы каких-то редких представителей ихтиофауны (например, гребенчатого гимноклена *Gymnoclinus cristulatus* в 2021 г.) или использованием различных методов сбора материала (обработка в 1998 г. литоральных луж о-ва Старичков ротеноном позволила собрать здесь молодь черного керчака *Myoxocephalus niger*, камчатского бахромчатого *Porocottus camtschaticus* и трехлопастного *Blepsias cirrhosus* бычков).

Таблица 1. Состав ихтиофауны литорали и верхней сублиторали (0–25 м) юго-восточной Камчатки в мае – сентябре 2021 г. и прибрежных вод о-ва Старичков в мае – сентябре 1998–2006 гг.

Table 1. Composition of the ichthyofauna of the littoral and upper sublittoral zones (0–25 m) of the South-Eastern Kamchatka in May – September 2021 and coastal waters of Starichkov Island in May – September 1998–2006

№	Семейство, вид	Прибрежная зона юго-восточной Камчатки, 2021 г.	Прибрежье о-ва Старичков, 1998–2006 гг. [по: Токранов, Шейко, 2009]
I. Сем. Salmonidae – лососевые			
1.	<i>Oncorhynchus gorbusha</i> (Walbaum, 1792) – горбуша	–	+
2.	<i>O. keta</i> (Walbaum, 1792) – кета	–	+
3.	<i>O. nerka</i> (Walbaum, 1792) – нерка	+	–
4.	<i>Salvelinus leucomaenis</i> (Pallas, 1814) – кунджа	+	–
II. Сем. Gadidae – тресковые			
5.	<i>Gadus chalcogrammus</i> (Pallas, 1814) – минтай	+	–
6.	<i>G. macrocephalus</i> Tilesius, 1810 – треска	–	+
III. Сем. Gasterosteidae – колюшковые			
7.	<i>Gasterosteus aculeatus</i> Linnaeus, 1758 (морфа <i>trachurus</i> ) – трехиглая колюшка	+	–
IV. Сем. Scorpaenidae – морские окуни			
8.	<i>Sebastes glaucus</i> Hilgendorf, 1880 – широколобый морской окунь	+	+
V. Сем. Hexagrammidae – терпуговые			
9.	<i>Hexagrammos lagocephalus</i> (Pallas, 1810) – зайце-головой терпуг	+	+

Окончание табл. 1

№	Семейство, вид	Прибрежная зона юго-восточной Камчатки, 2021 г.	Прибрежье о-ва Старичков, 1998–2006 гг. [по: Токранов, Шейко, 2009]
10.	<i>H. stelleri</i> Tilesius, 1810 – пятнистый терпуг	+	–
11.	<i>Pleurogrammus monopteriguus</i> (Pallas, 1810) – северный одноперый терпуг	+	+
VI. Сем. Cottidae – рогатковые			
12.	<i>Enophrus diceraus</i> (Pallas, 1810) – двурогий бычок	+	+
13.	<i>Hemilepidotus gilberti</i> Jordan et Starks, 1904 – пестрый получешуйник	+	+
14.	<i>H. jordani</i> Bean, 1881 – белобрюхий получешуйник	+	+
15.	<i>Myoxocephalus niger</i> (Bean, 1881 – черный керчак*	–	+
16.	<i>M. polyacanthocephalus</i> (Pallas, 1814) – многоиглый керчак	+	+
17.	<i>M. stelleri</i> (Tilesius, 1811) – мраморный керчак	+	+
18.	<i>Porocottus camtschaticus</i> (Schmidt, 1916) – камчатский бахромчатый бычок*	–	+
VII. Сем. Hemitripterae – волосатковые			
19.	<i>Blepsias cirrhosus</i> (Pallas, 1814) – трехлопастной бычок*	–	+
20.	<i>Hemitripterus villosus</i> (Pallas, 1814) – бычок-ворон	–	+
VIII. Сем. Agonidae – Лисичковые			
21.	<i>Pallasina aix</i> Starks, 1896 – игловидная лисичка	+	–
IX. Сем. Cyclopteridae – круглоперовые			
22.	<i>Aptocyclus ventricosus</i> (Pallas, 1814) – рыба-лягушка	+	+
23.	<i>Eumicrotremus asperrimus</i> (Tanaka, 1912) – многошипый круглопер	–	+
X. Сем. Liparidae – липаровые			
24.	<i>Liparis</i> sp. – липарис	+	–
XI. Сем. Bathymasteridae – батимастеровые			
25.	<i>Bathymaster signatus</i> Cope, 1873 – обозначенный батимастер	+	+
XII. Сем. Stichaeidae – стихеевые			
26.	<i>Alectrias alectrolophus</i> (Pallas, 1814) – бурый морской петушок	+	+
27.	<i>Gymnoclinus cristulatus</i> Gilbert et Burke, 1912 – гребенчатый гимноклин	+	–
28.	<i>Lumpenus sagitta</i> Wilimovsky, 1956 – стреловидный люмпен	+	–
XIII. Сем. Pholidae – маслокувые			
29.	<i>Rhodymenichthys dolichogaster</i> (Pallas, 1814) – длиннотелый маслок	+	+
XIV. Сем. Ammodityidae – песчанковые			
30.	<i>Ammodytes hexapterus</i> Pallas, 1814 – тихоокеанская песчанка	+	+
XV. Сем. Pleuronectidae – камбаловые			
31.	<i>Hippoglossus stenolepis</i> Schmidt, 1904 – тихоокеанский белокорый палтус	–	+
32.	<i>Lepidopsetta polyxystra</i> Orr et Matarese, 2000 – северная двухлинейная камбала	+	+
33.	<i>Platichthys stellatus</i> (Pallas, 1788) – звездчатая камбала	+	+
Общее количество видов		24	24

\* Обнаружены в 1998 г. в литоральных лужах, обработанных ротеноном.

\* Discovered in 1998 in the intertidal pools treated by rothenon.

Как и в предшествующие неблагоприятной экологической обстановке годы, среди зарегистрированных в 2021 г. в прибрежье юго-восточной Камчатки рыб можно выделить представителей нескольких экологических группировок. Во-первых, виды, обитающие в течение всего жизненного цикла преимущественно в зоне прибрежного мелководья (бурый морской петушок *Alectrias alectrolophus*, длиннобрюхий маслюк *Rhodymenichthys dolichogaster*, пятнистый терпуг *Hexagrammos stelleri*, мраморный керчак *Myoxocephalus stelleri*, двурогий бычок *Enophrus diceraus*, звездчатая камбала *Platichthys stellatus*). Во-вторых, ежегодно мигрирующих сюда в летние месяцы на нерест (зайцеголового *Hexagrammos lagocephalus* и северного одноперого *Pleurogrammus monopterygius* терпугов, пестрого *Hemilepidotus gilberti* и белобрюхого *H. jordani* получешуйников, рыбу-лягушку *Aptocyclus ventricosus*). В-третьих, периодически заходящих в прибрежную зону на нагул из прилегающих вод Авачинского залива и Тихого океана (минтая *Gadus chalcogrammus*, северную двухлинейную камбалу *Lepidopsetta polyxustra*, многоиглового керчака *Myoxocephalus polyacanthocephalus* и др.). И наконец – появляющихся здесь в летние месяцы в процессе анадромной миграции в пресные воды лососей рода *Oncorhynchus* и гольцов рода *Salvelinus*.

Согласно результатам контрольных учебных обловов, в летний период 2021 г. в прибрежной зоне юго-восточной Камчатки на глубине 2–25 м среди донных и придонных рыб по численности доминировали половозрелые особи пяти видов: зайцеголового и пятнистого терпугов, северной двухлинейной камбалы, широколобого морского окуня *Sebastes glaucus* и пестрого получешуйника (табл. 2), суммарная доля которых составляла 88% от численности всех пойманных рыб. У двух

первых из них в августе проходил массовый нерест, о чем можно было судить по наличию в уловах готовых к вымету икры самок. Ранее, в июне, повсеместно в прибрежье юго-восточной Камчатки, очевидно, протекал нерест рыбы-лягушки, подтверждением чему является нахождение ее взрослых половозрелых особей (они хорошо идентифицируются на подводных фотографиях) в период с конца мая до начала июля в зоне прибрежного мелководья и погибших отнерестившихся рыб в береговых выбросах, а позднее, в июле, на глубинах 5–8 м – мальков различного возраста.

В приливно-отливной зоне повсеместно абсолютно доминировал бурый морской петушок (табл. 3), доля которого в Авачинской губе, где было выполнено наибольшее количество наблюдений, в различные месяцы варьировала от 95 до 100%. Причем как на литорали о-ва Крашенинникова, так и Авачинской губы в приливно-отливных лужах бурый морской петушок был представлен особями в возрасте от одного года до семи лет размером от 45–50 до 131–140 мм (во втором из этих районов в августе появились также сеголетки длиной 27–35 мм) [Токранов, Мурашева, 2021], что, на наш взгляд, свидетельствует о незначительной степени негативного воздействия ВЦВ на видовой состав и численность прибрежных рыб, встречающихся на литорали.

Имеющаяся информация за прошлые годы позволяет сравнить состав учебных уловов и относительную численность отдельных видов рыб в прибрежье о-ва Старичков до и после воздействия на них неблагоприятной экологической обстановки, вызванной ВЦВ (табл. 4). Как наглядно свидетельствуют приведенные в табл. 4 данные, в период с 1998 г. и до настоящего времени доминирующим видом здесь в летне-осенние месяцы в учебных уловах

постоянно являлся преимущественно зайцеголовый терпуг (лишь в 2004 г. его относительное значение было несколько меньше, чем у многоиглого керчака, что, возможно, обусловлено небольшим объемом выборки), доля которого в различные годы варьировала от 31,6 (2004 г.) до 58,1% (2020 г.) от численности всех выловленных рыб. Причем согласно данным экспедиционного отчета о результатах об-

следования на судне «Анисифор Крупенин» верхней сублиторали юго-восточной Камчатки каких-либо внешних повреждений и изменений окраски у особей зайцевого терпуга, широколобого морского окуня и пестрого получешуйника, пойманных у о-ва Старичков 13 октября 2020 г. во время интенсивного развития ВЦВ, не выявлено, а их пищевая активность была достаточно высока.

Таблица 2. Состав удебных уловов в прибрежной зоне различных участков юго-восточной Камчатки в июле – августе 2021 г.

Table 2. Composition of the hook catches in the coastal zone of different places of the South-Eastern Kamchatka in July – August 2021.

Вид	Доля в уловах, в % по численности			
	бух. Безымянная, 8 июля 2021 г.	Прибрежье о-ва Старичков, 23 июля 2021 г.	бух. Вилючинская, 16 августа 2021 г.	В целом
<i>Gadus chalcogrammus</i>	–	2,9	–	0,8
<i>Sebastes glaucus</i>	33,3	2,9	–	8,8
<i>Hexagrammos lagocephalus</i>	20,0	47,2	30,7	32,5
<i>Hexagrammos stelleri</i>	–	–	50,0	24,6
<i>Pleurogrammus monopterygius</i>	–	2,9	–	0,8
<i>Enophrys diceraus</i>	–	2,9	–	0,8
<i>Hemilepidotus giberti</i>	6,7	5,9	4,8	5,5
<i>Hemilepidotus jordani</i>	–	–	1,6	0,8
<i>Myoxocephalus polyacanthcephalus</i>	3,3	2,9	–	1,6
<i>Myoxocephalus stelleri</i>	3,3	5,9	1,6	3,2
<i>Bathymaster signatus</i>	3,3	–	–	0,8
<i>Lepidopsetta polyxystra</i>	23,4	23,6	9,7	16,6
<i>Platichthys stellatus</i>	6,7	2,9	1,6	3,2
ВСЕГО, экз.	30	34	62	126

Таблица 3. Состав рыб в приливно-отливных лужах Авачинской губы и о-ва Крашенинникова в 2021 г.

Table 3. Composition of fishes in the intertidal pools of the Avacha Bay and the Krasheninnikov Island in 2021.

Вид	Доля, в % по численности	
	Северо-восточная часть Авачинской губы, май – сентябрь	Приливно-отливная зона о-ва Крашенинникова, июнь
<i>Alectrias alectrolophus</i>	99,6 (27–140)	100 (50–131)
<i>Rhodymenichthys dolichogaster</i>	+	–
<i>Myoxocephalus stelleri</i>	0,3	–
<i>Liparis</i> sp.	0,1	–
ВСЕГО, экз.	2760	70

\* Знак «+» означает менее 0,1% по численности. В скобках указаны размеры (мм) особей бурого морского петушка.

\* Symbol «+» means < 0,1% by quantity. The length (mm) of stone cockscomb is given in brackets.

Таблица 4. Состав удебных уловов в прибрежной зоне о-ва Старичков в различные годы

Table 4. Composition of the hook catches in the coastal zone of the Starichkov Island in different years

Вид	Доля в уловах, в % по численности			
	24.06.1998 г.*	31.08.2004 г.*	13.10.2020 г.**	23.07.2021 г.
<i>Gadus chalcogrammus</i>	–	–	–	2,9
<i>Sebastes glaucus</i>	–	–	16,1	2,9
<i>Hexagrammos lagocephalus</i>	47,2	31,6	58,1	47,2
<i>Pleurogrammus monopterygius</i>	2,8	–	9,7	2,9
<i>Enophris diceraus</i>	1,4	21,0	–	2,9
<i>Hemilepidotus jordani</i>	1,4	–	–	–
<i>Hemilepidotus giberti</i>	9,7	–	16,1	5,9
<i>Myoxocephalus polyacanthcephalus</i>	12,5	47,4	–	2,9
<i>Myoxocephalus stelleri</i>	23,6	–	–	5,9
<i>Lepidopsetta polyxystra</i>	1,4	–	–	23,6
<i>Platichthys stellatus</i>	–	–	–	2,9
Всего, экз.	72	19	31	34

\* По: [Токранов, Шейко, 2009].

\*\* Данные из экспедиционного отчета рейса на судне «Анисифор Крупенин», 2020 г.

\* In: [Tokranov, Sheiko, 2009].

\*\* Data from expedition report of the cruise of the vessel “Anisiphor Krupenin”, 2020.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований, выполненных в мае – сентябре 2021 г., в прибрежье юго-восточной Камчатки (от приливно-отливной зоны до глубины 25 м) зарегистрировано 24 вида рыб из 14 семейств, основу которых (более 54%) формировали представители четырех семейств донных и придонных рыб – рогатковых Cottidae (пять видов), терпуговых Hexagrammidae, стихеевых Stichaeidae (по три вида каждого) и камбаловых Pleuronectidae (два вида). Среди донных и придонных рыб в этот период в батиметрическом диапазоне 2–25 м по численности преобладали половозрелые особи пяти видов – зайцевого и пятнистого терпугов, северной двухлинейной камбалы, широколобого морского окуня и пестрого лучешуйника, суммарная доля которых составляла 88% от численности всех пойманных рыб. Повсеместно

в приливно-отливной зоне абсолютно доминировал бурый морской петушок, доля которого в Авачинской губе в различные месяцы варьировала от 95 до 100%.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что степень негативного воздействия вредоносного цветения водорослей в осенний период 2020 г. на видовой состав и численность прибрежных рыб, обитающих в приливно-отливной зоне, оказалась крайне незначительной. На обследованных участках галечно-валунной литорали, как и в прошлые годы, повсеместно встречались особи бурого морского петушка, число которых в северо-восточной части Авачинской губы в мае – сентябре 2021 г. достигало в отдельных приливно-отливных лужах до 12–16 экз. Причем этот массовый литоральный вид был представлен особями всех возрастных групп: от одного года до семи лет. Появление же в августе в приливно-отливной зоне

северо-восточной части Авачинской губы значительного количества его сеголеток длиной 27–35 мм, на наш взгляд, наглядно свидетельствует об успешном нересте этого вида здесь весной 2021 г.

Сложившиеся осенью 2020 г. в зоне верхней сублиторали (глубины 2–25 м) юго-восточной Камчатки неблагоприятные экологические условия, судя по анализу береговых выбросов и сделанных в это время подводных фотографий, вызвали гибель определенного количества мало-подвижных рыб (преимущественно представителей сем. Stichaeidae), которые обычно в целях защиты скрываются на дне в расщелинах скал или зарываются в илисто-песчаный грунт.

В отличие от них, неблагоприятные экологические условия, возникшие осенью 2020 г. в прибрежье юго-восточной Камчатки, практически не повлияли на численность и жизнедеятельность активно перемещающихся представителей прибрежной ихтиофауны (в первую очередь, таких типичных и массовых в летние месяцы в верхней сублиторали на глубинах от 2 до 25 м видов рыб, как зайцеголовый и пятнистый терпуги, пестрый получешуйник, мраморный керчак и широколобый морской окунь), способных избегать участков прибрежной акватории, на которых происходило бурное развитие токсичных одноклеточных водорослей. Как свидетельствуют результаты контрольных удебных обловов, относительная численность этих видов рыб на обследованных участках верхней сублиторали юго-восточной Камчатки в июле – августе 2021 г. находилась на том же уровне, что и в предыдущие годы исследований, их пищевая активность являлась достаточно высокой, а какие-либо внешние повреждения и изменения окраски отсутствовали. У обоих видов терпугов в августе проходил массовый не-

рест, о чем можно было судить по наличию в уловах готовых к вымету икры самок. В мае – июне в зону прибрежного мелководья юго-восточной Камчатки традиционно подошли на нерест половозрелые особи рыбы-лягушки. Развитие отложенных в прибрежье самками этого вида кладок икры, очевидно, протекало нормально, свидетельством чему служит массовое появление в июле на глубинах 5–8 м его мальков различного возраста.

### БЛАГОДАРНОСТИ

Автор благодарит за помощь при сборе материалов в мае – августе 2021 г. и предоставленные для анализа фотоматериалы старшего научного сотрудника лаборатории гидробиологии к.б.н. Н.П. Санамян и подводного фотографа А.В. Коробка; за доставку и обеспечение водолазных работ руководство ООО «Подводремсервис» и экипаж судна «Ларус», а также всех коллег, принимавших участие в выполнении контрольных удебных обловов рыб в прибрежье юго-восточной Камчатки в июле – августе 2021 г.

### ЛИТЕРАТУРА

Данилин Д.Д., Будникова Л.Л., Сахаровский С.И., Токранов А.М., Жигадлова Г.Г., Санамян Н.П., Санамян К.Э., Иванова А.С. 2021. Предварительные результаты обследования литоральной зоны Южно-Камчатского природного парка. *Материалы XXII международной научной конференции, посвященной 120-летию известного камчатского ученого-ихтиолога, одного из организаторов регулярных исследований биологии и состояния запасов морских промысловых рыб у берегов Камчатки, почетного гражданина Петропавловска-*

- Камчатского, к.б.н. И.А. ПолUTOва «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*: Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 184–189. DOI: 10.53657/9785961004038\_184.
- Сидоров К.С., Акимов С.Е. 1988. Полигонные работы по мониторингу прибрежных сообществ в Командоро-Камчатском районе за 1987 г. *Тезисы докладов III Всесоюзной конференции по морской биологии*. Киев: АН УССР. Ч. I. С. 288–289.
- Сидоров К.С., Бурдин А.М. 1986. Исследование кормовых ресурсов камчатской популяции калана. *Научно-исследовательские работы по морским млекопитающим северной части Тихого океана в 1984/85 г.* Москва: ВНИРО. С. 107–116.
- Токранов А.М., Мурашева М.Ю. 2021. Состав литоральной ихтиофауны северо-восточной части Авачинской губы (Восточная Камчатка) в 2014–2021 гг. *Материалы XXII международной научной конференции, посвященной 120-летию известного камчатского ученого-ихтиолога, одного из организаторов регулярных исследований биологии и состояния запасов морских промысловых рыб у берегов Камчатки, почетного гражданина Петропавловска-Камчатского, к.б.н. И.А. ПолUTOва «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*: Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 168–172. DOI: 10.53657/9785961004038\_168.
- Токранов А.М., Шейко Б.А. 2009. К познанию ихтиофауны прибрежных вод острова Старичков. *Труды КФ ТИГ ДВО РАН «Биота острова Старичков и прилегающей к нему акватории Авачинского залива»*. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. Вып. VIII. С. 250–262.
- ## REFERENCES
- Danilin D.D., Budnikova L.L., Sakharovskiy S.I., Tokranov A.M., Zhigadlova G.G., Sanamyan N.P., Sanamyan K.E., Ivanova A.S. 2021. Preliminary results of the survey of the littoral zone of the South Kamchatka natural park. *Materials of the XXII international scientific conference, dedicated to the 120th anniversary of the famous Kamchatka ichthyologist, one of the organizers of regular reserches of biology and state of stock abundances of sea commercial fishes near coasts of Kamchatka, candidat of biological sciences I.A. Polutov's birthday* "Conservation of biodiversity of Kamchatka and coastal waters: Petropavlovsk-Kamchatsky": Kamchatpress Publ. P. 184–189. DOI: 10.53657/9785961004038\_184 (in Russian).
- Sidorov K.S., Akimov S.Ye. 1988. Polygon works on coastal communities monitoring in the Commander-Kamchatka district in 1987. *Abstracts of III All-Union conference to Sea Biology*. Kiev: Academy of Sciences USSR. P. I. P. 288–289 (in Russian).
- Sidorov K.S., Burdin A.M. 1986. Feed resources investigation of Kamchatka sea otter population. *Science-research works to sea mammals of north part of Pacific ocean in 1984/85*. Moscow: VNIRO. P. 107–116 (in Russian).
- Tokranov A.M., Murasheva M.Yu. 2021. Structure of the intertidal ichthyofauna of the North-Eastern part of the Avacha Bay (South-Eastern Kamchatka) in 2014–2021. *Materials of the XXII international scientific conference, dedicated to the 120th anniversary of the famous Kamchatka ichthyologist, one of the organizers of regular reserches of biology and state of stock abundances of sea commercial*

*fishes near coasts of Kamchatka, candidat of biological sciences I.A. Polutov's birthday* "Conservation of biodiversity of Kamchatka and coastal waters". Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress Publ. P. 168–172. DOI: 10.53657/9785961004038\_168 (in Russian).

Tokranov A.M., Sheiko B.A. 2009. Contribution to the knowledge on ichthyofauna of

the coastal waters of Starichkov Island. *Proceedings of Kamchatka Branch of Pacific Institute of Geography, Far Eastern Division, Russian Academy of Sciences* "Biota of Starichkov Island and adjacent waters of Avacha Gulf". Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress Publ. Issue 8. P. 250–262 (in Russian).

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Токранов Алексей Михайлович** – Камчатский филиал Тихоокеанского института географии Дальневосточного отделения Российской Академии наук; 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский, доктор биологических наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник, руководитель лаборатории гидробиологии, tok\_50@mail.ru. SPIN-код: 9756-8561; Author ID: 93184; Scopus ID: 6603388324.

**Tokranov Alexey Mikhailovich** – Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute of Far-Eastern Branch of Russian Academy of Sciences; 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Biological Sciences, Senior Science, Principal Researcher, Head of Laboratory of Hydrobiology, tok\_50@mail.ru. SPIN-code: 9756-8561; Author ID: 93184; Scopus ID: 6603388324.



## НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО ПРОМЫСЛУ И СОСТОЯНИЮ ЗАПАСОВ СКАТОВ СЕМЕЙСТВА ARHYNCHOBATIDAE У ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КАМЧАТКИ

Виноградская А.В.<sup>1,2</sup>, Матвеев А.А.<sup>1</sup>, Терентьев Д.А.<sup>1</sup>

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

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

Приведены результаты многолетних исследований динамики промыслового изъятия, биомассы и размерного состава скатов у западного побережья Камчатки с 1980 по 2019 гг. Выявлено, что в последние годы большая часть скатов изымалась в Камчатско-Курильской подзоне. Основным орудием их добычи является донный ярус, на долю которого приходится 82,7% вылова. Многолетняя биомасса, осредненная по пятилетиям, изменялась от 3 071,7 т (1996–2000) до 12 323,6 т (1986–1990), составив в среднем 5 954,0 т. Наиболее значимыми с точки зрения величины запасов являются три вида: *Bathyraja maculata*, *B. parmifera* и *B. violacea*.

**Ключевые слова:** биомасса, западнокамчатский шельф, Охотское море, промысел, размерный состав, скаты.

## NEW DATA ON FISHERIES AND STOCKS OF STINGRAYS (FAMILY ARHYNCHOBATIDAE) FROM WESTERN COAST OF KAMCHATKA

Vinogradskaya A.V.<sup>1,2</sup>, Matveev A.A.<sup>1</sup>, Terentyev D.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Kamchatka Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO), Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya Str. 18.

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

The results of long-term studies of fishing catch dynamics, biomass and size composition of stingrays off the western coast of Kamchatka from 1980 to 2019 are presented. As we show, in recent years the largest part of stingrays has been caught in the Kamchatka-Kurilskaya subzone. The main tool of their extraction is the bottom layer, as it made 82.7%. The multiyear biomass averaged over 5 years ranged from 3 071.7 tons (1996–2000) to 12 323.6 tons (1986–1990), and made 5 954.0 tons on average. The most significant species due to the stock volume are *Bathyraja maculata*, *B. parmifera*, and *B. violacea*.

**Key words:** biomass, western Kamchatka shelf, Sea of Okhotsk, fishing, size composition, stingrays.

## ВВЕДЕНИЕ

Скаты – группа промысловых видов рыб, для которых ежегодно определяется объем рекомендованного вылова. У берегов Камчатки встречаются 16 представителей семейства *Arhynchobatidae*. Из них наиболее массовыми представляющими промысловый интерес являются только пять видов: пятнистый скат *Bathyraja maculata*, скат Матцубары *B. matsubarai*, алеутский *B. aleutica*, щитоносный *B. parmifera* и фиолетовый скат *B. violacea* [Долганов, Тупоногов, 1999; Фатыхов и др., 2000; Четвергов и др., 2003; Орлов, 2006а, 2006б, 2006в, 2006г].

В основном в литературных источниках содержатся данные по биологии скатов в прикурильских и прикамчатских водах Тихого океана [Орлов и др., 2006], северной части Тихого океана [Ishiyama, 1958; Долганов, 1983; Григоров и др., 2017], Охотском море (преимущественно в северной части) [Смирнов, Семенов, 2008; Прикоки, 2015], а также северо-западной части Японского моря [Антоненко и др., 2007].

Из наиболее современных публикаций по многолетней биомассе рыб в водах у западной Камчатки стоит отметить работу А.О. Золотова с соавторами [2013]. В этой статье представлены многолетние оценки запасов скатов (совместно с семейством *Squalidae*) за всю историю проведения траловых экспедиций у западного побережья Камчатки. Помимо этого, авторы отмечали, что рост биомассы группы хрящевых рыб происходил трижды: во второй половине 1960-х, 1980-х годов и в 1996–2000 гг. Ниже среднемноголетнего значения уровень запасов упал после 2000 г. К сожалению, в этой работе отсутствуют сведения по конкретным видам рыб.

Немногим ранее была опубликована статья А.Б. Савина с соавторами [2011], где содержатся повидовые оценки запасов.

Однако обсуждаемый ими период исследований был несколько меньше и ограничен данными 2010 г.

Несмотря на то, что регулярный учет демерсальных видов рыб (в том числе и скатов) дальневосточных морей на научных судах начался в 1980-х гг., официальная статистика по их вылову отсутствовала до 2000-х годов [Долганов, 1999]. Изменения произошли, когда в практику рыбохозяйственного прогнозирования было введено дифференцированное по промысловым районам определение рекомендованного вылова (РВ) [Орлов, 2006а]. Однако до сих пор остаются недостаточно изученными такие вопросы, как многолетняя динамика вылова и биомассы, а также размерные характеристики эксплуатируемых промыслом видов скатов прикамчатских вод [Терентьев, Золотов, 2012].

Исходя из вышеизложенного, целью данной работы является ревизия и актуализация всех имеющихся в распоряжении литературных и собственных данных по биологии и промысловому освоению глубоководных скатов у западного побережья Камчатки для дальнейшей оптимизации рекомендаций по их рациональному освоению.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использованы архивные и современные данные донных траловых съемок (ДТС), выполненных в 1986–2019 гг. у западной Камчатки, которые проводились с июня по сентябрь. На протяжении всего периода исследований для выполнения тралений использовали 27,1- и/или 31,5-метровые (в основном первые) донные тралы. В кутцевую часть трала (изнутри) была вшита вставка из дели (10×10 мм). Разбор улова и ихтиологические исследования выполнялись по общеизвестным методикам [Борец, 1997].

Расчет биомассы произвели в пределах «стандартного» полигона в диапазоне глубин 15–250 м [Золотов и др., 2013] с использованием компьютерной геоинформационной системы ГИС «КартМастер». Подробная информация по этой программе описана в работе В.А. Бизикова с соавторами [2007]. Оценки запасов представлены с учетом общепринятого коэффициента уловистости, равного 0,5 [Борец, 1997]. Для анализа промыслового изъятия в 2000–2019 гг. использованы сведения из отраслевой системы мониторинга водных биоресурсов, наблюдения и контроля над деятельностью судов рыбопромыслового флота «Рыболовство» (далее – ОСМ). Для доступа и первичной обработки данных применяли программу «FMS analyst» [Vasilets, 2015].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ОСМ сведения о вылове скатов в северо-восточной части Охотского моря появились только в 2000 г. По данным официальной статистики, с 2000 по 2019 год изъятие этих рыб имело неравномерный характер и варьировало от 460,1 (2008 г.) до 1 459,7 т (2010 г.) (рис. 1, А). Наиболее высокие уловы приходились на 2005 (1 370,9 т), 2010 (1 459,7 т) и 2016 (1 125,7 т) годы. Причем в последнее десятилетие большая часть исследуемых рыб вылавливалась в Камчатско-Курильской подзоне (в среднем 592,2 т), что, вероятно, связано с активным ярусным промыслом в указанном районе. В Западно-Камчатской подзоне скатов в среднем добывалось меньше – 363,4 т.

Анализ вылова по месяцам с 2000 по 2019 гг. показал, что промысловое изъятие скатов возрастает с октября и достигает максимума в марте, затем интенсивность добычи снижается. Динамика промысла имеет четко выраженную сезонность – в весенний

период промысел скатов ведется активнее, чем в другие времена года (рис. 1, Б).

В прикамчатских водах Охотского моря глубоководные скаты являются объектами прилова при промысле трески или черного палтуса, добыча которых осуществляется донной сетью или донным ярусом [Матвеев и др., 2019]. Поскольку ярусный промысел более распространен в исследуемом районе, это объясняет высокую долю вылова скатов этим орудием лова – 82,7% (рис. 2).

Следует отметить, что согласно имеющимся данным контрольного лова конца 1990-х – начала 2000-х гг. [Терентьев, 2006], доля изъятия скатов в общем вылове на промысловых судах, оснащенных донным ярусом, оказалась ниже официального на 1%. Однако в последние годы ситуация изменилась – согласно недавно проведенному исследованию вылов в 2013–2017 гг., по данным научных наблюдений, превышал сведения из ОСМ [Матвеев и др., 2019]. По нашему мнению, аналогичная тенденция сохранилась, поскольку специфика ведения промысла донным ярусом, в отличие от снюрреводно-тралового лова, позволяет «отсекать» виды прилова еще до того, как они попадут на судно.

Тем не менее перспектива увеличения объема добычи существует, так как в последние годы освоение рекомендованного вылова составляет около 50%. Скаты являются ценным объектом рыболовства – их печень, богатая витамином А, используется в качестве сырья для получения технического жира, а крылья употребляются в пищу [Токранов и др., 2005].

## Многолетняя динамика биомассы скатов

Большинство донных траловых съемок у западного побережья Камчатки выполнялись на шельфе, в батиметрическом

диапазоне 20–250 м (изредка до 300 м). Исключение составляет экспедиция на НИС «Профессор Кизеветтер» в 2010 г., где траления выполнялись на глубинах до 1 000 м. По результатам этих работ в уловах были зарегистрированы шесть видов скатов: пятнистый, алеутский, Мацубары, белобровый, фиолетовый и щитоносный. Самый многочисленный из них – щитоносный скат. Учетная биомасса вышеперечисленных видов на обследованной площади составила 38 тыс. т. Таким образом, около 88,5% биомассы находилось за пределами шельфовой зоны на глубинах свыше 200 м [Терентьев, Золотов, 2012].

По результатам нашего исследования, многолетняя биомасса скатов в шельфовой зоне западной Камчатки, осредненная по пятилетиям, изменялась от 3 071,7 т (1996–2000 гг.) до 12 323,6 т (1986–1990 гг.), составляя в среднем 5 954,0 т (рис. 3). Полученные средние оценки биомассы близки к данным А.Б. Савина с соавторами [2011] для периода 1982–2010 гг. – около 6 090,0 т. Возможно, в указанный период запасы глубоководных скатов находились на низком уровне. После 1995 г. и вплоть до 2010 г. биомасса исследуемых рыб оставалась на уровне ниже среднеголетнего.

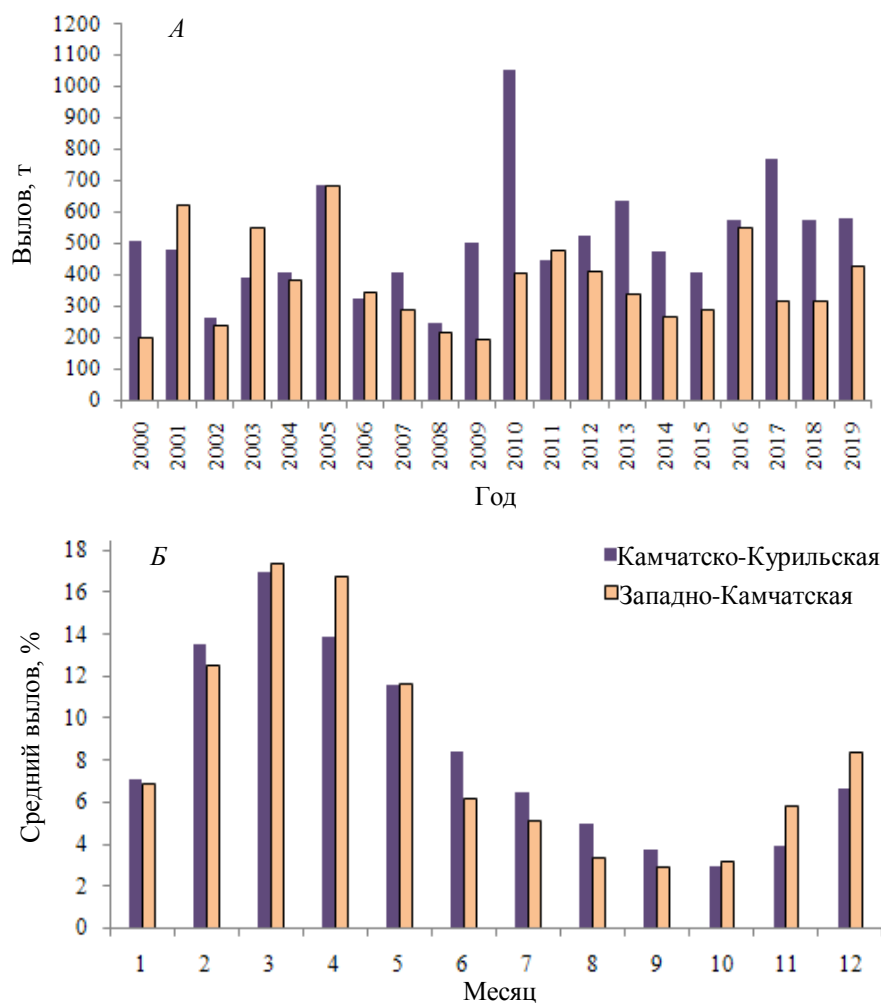


Рис. 1. Динамика вылова глубоководных скатов у западного побережья Камчатки в 2000–2019 гг.: А – по годам; Б – по месяцам (среднедолголетние данные)

Fig. 1. Dynamics of catch of deep-water rays off the western coast of Kamchatka in 2000–2019: A – by year; B – by month (average long-term data)

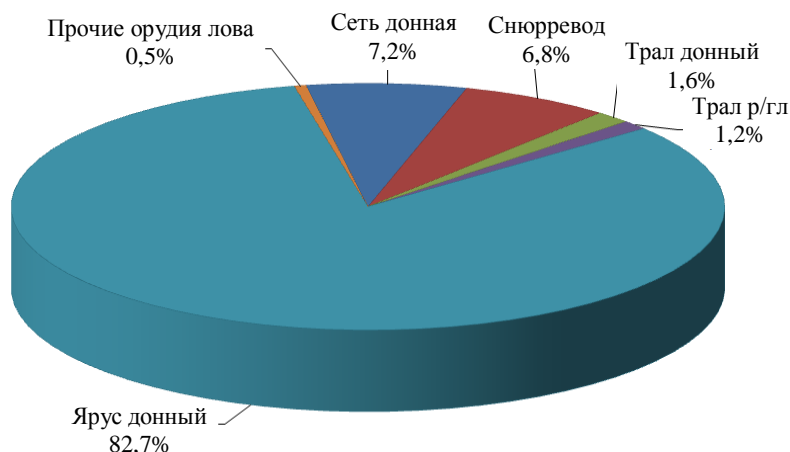


Рис. 2. Структура вылова скатов у западного побережья Камчатки различными орудиями лова (средне-многолетние данные)

Fig. 2. Structure of catches of rays off the western coast of Kamchatka by various fishing gears (average long-term data)

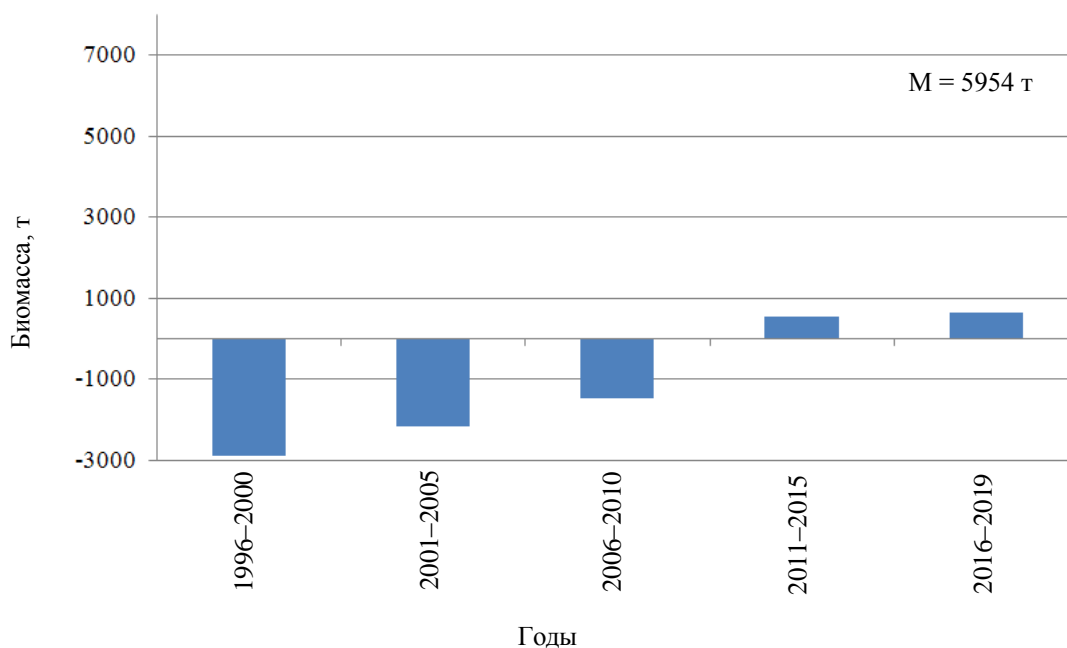


Рис. 3. Многолетняя динамика биомассы (отклонения от среднемноголетнего значения) глубоководных скатов, обитающих у западного побережья Камчатки

Fig. 3. Multiyear dynamics of biomass (deviation from the mean annual value) of deep-water rays off the western coast of Kamchatka

Начиная с 2012 г. отмечается рост запасов в исследуемом районе. Основной вклад в величину запасов внесли три вида скатов: пятнистый, щитоносный и фиолетовый. Учетная биомасса первого вида у западной Камчатки варьировала от 26,0 т (в 2003 г.) до 2 747,8 т (в 2008 г.), составляя в среднем 1 080,6 т (рис. 4, А). Аналогичные

показатели у щитоносного ската изменялись от 461,2 т (в 2013 г.) до 22 829,8 т (в 1986 г.), составляя в среднем 5 258,1 т (рис. 4, Б). Многолетняя биомасса фиолетового ската в исследуемом районе варьировала от 668,6 т в 2013 г. до 7 460,0 т в 1986 г., составляя в среднем 2 828,7 т (рис. 4, В).

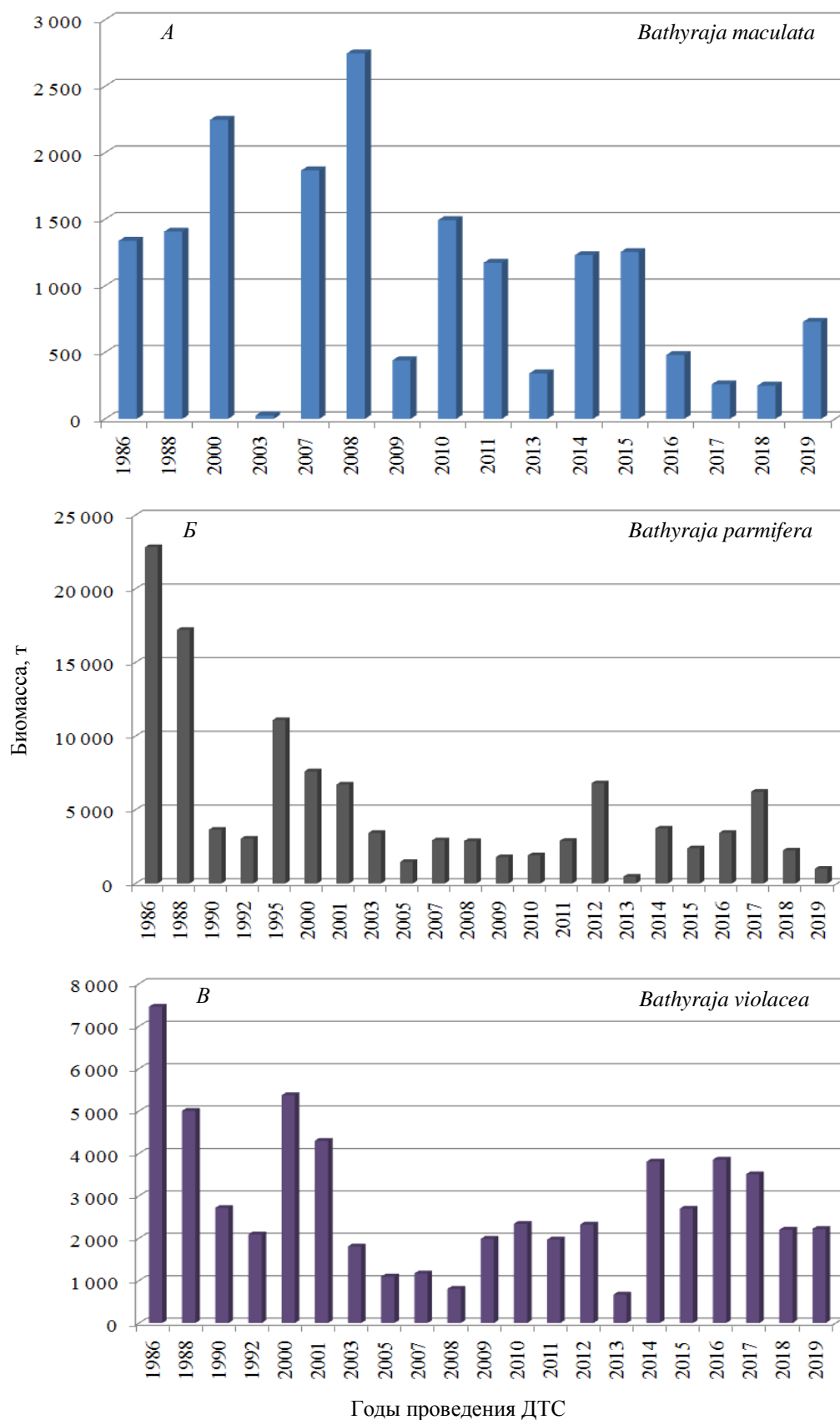


Рис. 4. Многолетняя динамика биомассы скатов у западного побережья Камчатки по результатам летних донных траловых съемок (ДТС) в 1986–2019 гг.

Fig. 4. Multiyear dynamics of stingray biomass off the west coast of Kamchatka based on the results of summer bottom trawl surveys (BTS) in 1986–2019

Следует отметить, что в 2013 г. в связи с техническими неисправностями исследовательского судна, проводившего траловую съемку, были изменены сроки экспедиционных работ и сокращена часть запланированных траловых станций. Таким образом, оценки 2013 г. для всех обсуждаемых в данной работе видов можно считать заниженными.

В целом, учитывая, что более 80% исследуемых рыб обитают за пределами шельфовой зоны, можно констатировать, что оценка запасов как всего семейства, так и отдельных его видов не отражает в полной мере реальную величину биомассы скатов, обитающих в водах у западного побережья Камчатки. Полученные данные по динамике биомассы в пределах шельфа, по всей видимости, отражают тенденции к увеличению или снижению их запасов. Это необходимо учитывать при прогнози-

ровании рекомендованного вылова этой группы видов [Савин и др., 2011; Шунтов, Темных, 2018].

### Размерный состав скатов у западного побережья Камчатки

По причине небольшого количества собираемых материалов по размерному составу скатов в ходе проведения экспедиционных исследований нами рассмотрен размерный состав исследуемых видов за 10-летний период (2010–2019 гг.).

Длина особей фиолетового ската изменялась от 18 до 110 см (в среднем 63,8 см). В Западно-Камчатской подзоне этот показатель варьировал от 19 до 95 см (среднее значение – 61,2 см), а в Камчатско-Курильской – от 18 до 110 см (в среднем 66,0 см). В целом основу уловов формировали рыбы длиной 60–70 см (48,2%) (рис. 5).

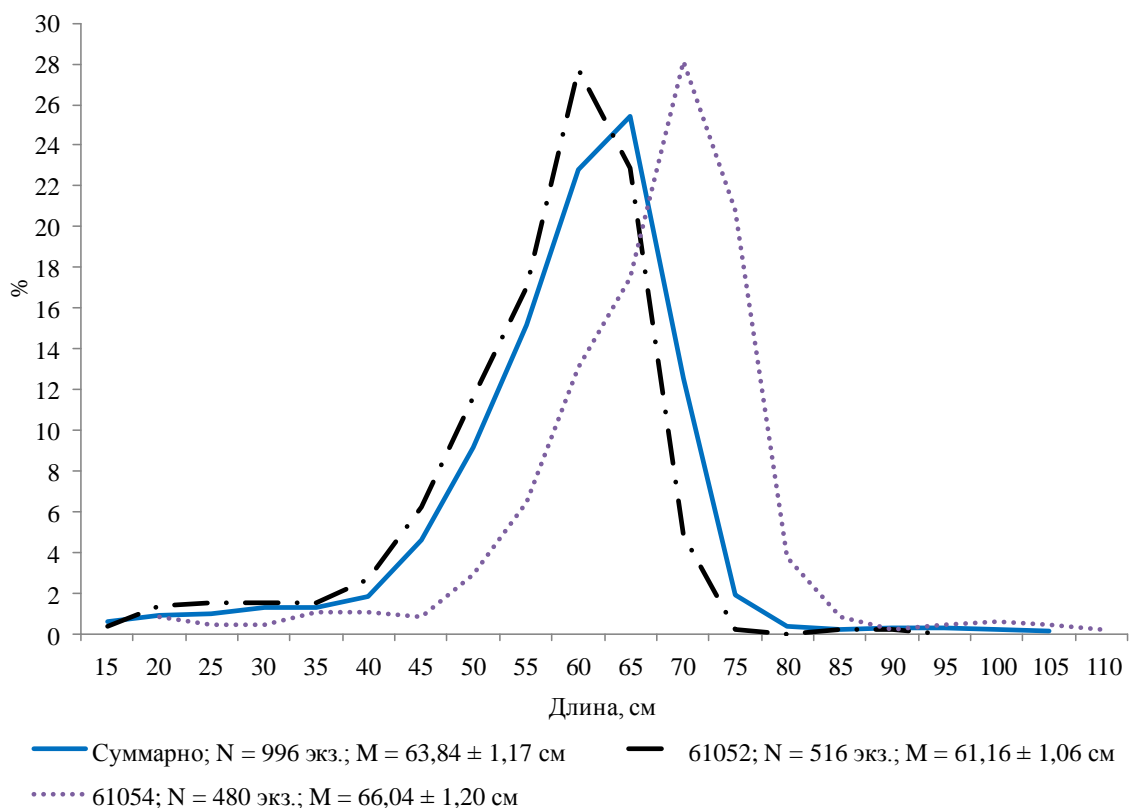


Рис. 5. Размерный состав фиолетового ската *Bathyraja violacea* у западного побережья Камчатки в 2010–2019 гг.

Fig. 5. Size composition of the purple stingray *Bathyraja violacea* off the west coast of Kamchatka in 2010–2019

Размерный состав щитоносного ската в период исследований имел более сложную структуру, чем у фиолетового ската. Длина рыб изменялась от 15 до 130 см (в среднем 78,3 см). В Западно-Камчатской подзоне этот показатель варьировал от 25 до 119 см (среднее значение – 86,5 см), а в Камчатско-Курильской – от 15 до 130 см (в среднем 75,9 см). Основную долю уловов составляли особи длиной 95–100 (15,5%) и 55–60 см (9,4%) (рис. 6).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вылов глубоководных скатов в 2000–2019 гг. варьировал от 460,1 (2008 г.) до 1 459,7 т (2010 г.), изъятие этих рыб имело неравномерный характер и изменялось от 460,1 (2008 г.) до 1 459,7 т (2010 г.). Наиболее высокие уловы приходились на 2005 (1 370,9 т), 2010 (1 459,7 т) и 2016 (1 125,7 т) годы. Причем в последнее десятилетие большая часть исследуемых рыб вылавливалась в Камчатско-Курильской подзоне. Динамика промысла имела ярко выраженный сезонный характер. Наиболее активно скаты добываются весной

при промысле трески или черного палтуса донным ярусом. Доля вылова этим орудием лова составляла 82,7%.

Средняя многолетняя биомасса скатов в водах западной Камчатки составляла 5 954,0 т. Основной вклад в величину запасов вносили три вида – щитоносный, пятнистый и фиолетовый скаты. Учитывая, что более 80% исследуемых рыб обитают за пределами шельфовой зоны, можно констатировать, что полученные оценки запасов – это лишь часть от реальной величины биомассы скатов, обитающих у западного побережья Камчатки. Полученные данные, по всей видимости, отражают тенденции к увеличению или снижению их общей численности. Это необходимо учитывать при прогнозировании рекомендованного вылова этой группы видов.

За последнее десятилетие средний размер фиолетового ската составил 63,8 см. При этом крупнее оказались скаты в Камчатско-Курильской подзоне. Средний размер щитоносного ската у западной Камчатки составил в среднем 78,3 см, а крупные его особи были отмечены в Западно-Камчатской промысловой подзоне.

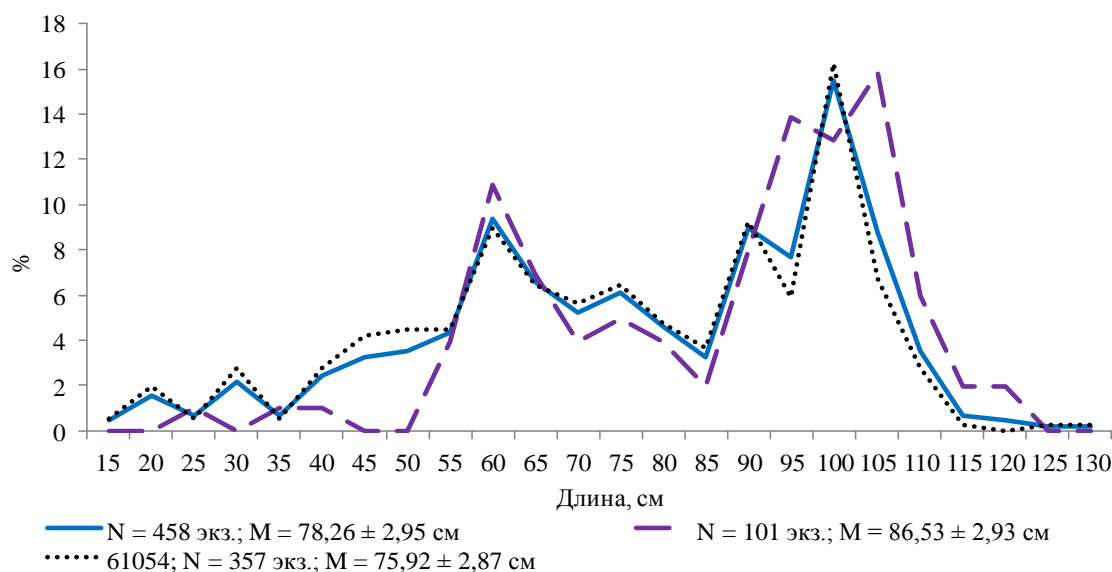


Рис. 6. Размерный состав щитоносного ската *Bathyraja parmifera* у западного побережья Камчатки в 2010–2019 гг.

Fig. 6. Size composition of the shield-bearing stingray *Bathyraja parmifera* off the west coast of Kamchatka in 2010–2019



## ЛИТЕРАТУРА

- Антоненко Д.В., Пущина О.И., Соломатов С.Ф. 2007. Распределение и некоторые черты биологии щитоносного ската *Bathyraja parmifera* (Rajidae, Rajiformes) в северо-западной части Японского моря. *Вопросы ихтиологии*. Т. 47. № 1. С. 311–319.
- Бизиков В.А., Гончаров С.М., Поляков А.В. 2007. Географическая информационная система «КартМастер». *Рыбное хозяйство*. № 1. С. 96–99.
- Борец Л.А. 1997. Донные ихтиоцены российского шельфа дальневосточных морей: состав, структура, элементы функционирования и промысловое значение. Владивосток: ТИНРО-центр. 217 с.
- Григоров И.В., Байталюк А.А., Орлов А.М. 2017. Пространственное распределение, размерный состав и динамика уловов ската *Bathyraja violacea* в Северной Пацифике. *Вопросы ихтиологии*. Т. 57. С. 553–567.
- Долганов В.Н. 1983. Руководство по определению хрящевых рыб дальневосточных морей СССР и сопредельных вод. Владивосток: ТИНРО. 92 с.
- Долганов В.Н. 1999. Запасы скатов дальневосточных морей России и перспективы их промыслового использования. *Известия ТИНРО*. Т. 126. С. 650–652.
- Долганов В.Н., Тупоногов В.Н. 1999. Определительные таблицы скатов родов *Bathyraja* и *Rhinoraja* (сем. Rajidae) дальневосточных морей России. *Известия ТИНРО*. Т. 126. С. 657–664.
- Золотов А.О., Терентьев Д.А., Ильин О.И., Новикова О.В. 2013. Многолетняя динамика запасов донных рыб на шельфе западной Камчатки. *Известия ТИНРО*. Т. 173. С. 30–45.
- Матвеев А.А., Терентьев Д.А., Василец П.М. 2019. Сравнительный анализ видового состава уловов на различных видах промысла у западного побережья Камчатки в 2003–2017 гг. *Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана*. Вып. 55. С. 44–58.
- Орлов А.М., Токранов А.М., Фатыхов Р.Н. 2006. Условия обитания, относительная численность и некоторые особенности биологии массовых видов скатов прикурильских и прикамчатских вод Тихого океана. *Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана*. Вып. 8. С. 38–53.
- Орлов А.М. 2006а. Алеутский скат – *Bathyraja aleutica* (Gilbert, 1896). Промысловые рыбы России. В двух томах (под ред. О.Ф. Гриценко, А.Н. Котляра и Б.Н. Котенева). Москва: Изд-во ВНИРО. Т. 1. С. 45–46.
- Орлов А.М. 2006б. Пятнистый скат – *Bathyraja maculata* Ishiyama et Ishihara, 1977. Промысловые рыбы России. В двух томах (под ред. О.Ф. Гриценко, А.Н. Котляра и Б.Н. Котенева). Москва: Изд-во ВНИРО. С. 46–47.
- Орлов А.М. 2006в. Скот Мацубары – *Bathyraja matsubarai* (Ishiyama, 1952). Промысловые рыбы России. В двух томах (под ред. О.Ф. Гриценко, А.Н. Котляра и Б.Н. Котенева). Москва: Изд-во ВНИРО. С. 47–49.
- Орлов А.М. 2006г. Щитоносный скат – *Bathyraja parmifera* (Bean, 1881). Промысловые рыбы России. В двух томах (под ред. О.Ф. Гриценко, А.Н. Котляра и Б.Н. Котенева). Москва: Изд-во ВНИРО. С. 49–50.
- Прикоки О.В. 2015. Промысел, биология и перспективы промыслового использования массовых видов скатов в северной части Охотского моря. *Рыбное хозяйство*. Аквакультура. Вып. 4. С. 75–79.

- Савин А.Б., Ильинский Е.И., Асеева Н.Л. 2011. Многолетняя динамика в составе донных и придонных рыб на западно-камчатском шельфе в 1982–2010 гг. *Известия ТИНРО*. Т. 166. С. 149–165.
- Смирнов А.А., Семенов Ю.К. 2008. Новые данные о промысловых скоплениях щитоносного ската *Bathyraja parmifera* в северной части Охотского моря. *Рыбное хозяйство*. № 6. С. 53–55.
- Терентьев Д.А. 2006. Структура уловов морских рыбных промыслов и многовидовое рыболовство в прикамчатских водах. *Автореферат диссертации ... канд. биол. наук*. Владивосток: ТИНРО. 24 с.
- Терентьев Д.А., Золотов А.О. 2012. Промысел и многолетняя динамика биомассы скатов (*Bathyraja*) у западного побережья Камчатки. *Известия ТИНРО*. Т. 169. С. 1–9.
- Токранов А.М., Орлов А.М., Шейко Б.А. 2005. Промысловые рыбы материкового склона прикамчатских вод. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. 52 с.
- Фатыхов Р.Н., Полтев Ю.Н., Мухаметов И.Н., Немчинов О.Ю. 2000. Пространственное распределение массовых видов скатов рода *Bathyraja* в районе северных Курильских островов и Юго-Восточной Камчатки в различные сезоны 1996–1997 гг. В кн.: Промыслово-биологические исследования рыб в тихоокеанских водах Курильских островов и прилежащих районах Охотского и Берингова морей в 1992–1998 гг. Москва: ВНИРО. С. 104–120.
- Четвергов А.В., Архандеев М.В., Ильинский Е.Н. 2003. Состав, распределение и состояние запасов донных рыб у западной Камчатки в 2000 г. *Труды КФ ТИГ ДВО РАН*. Вып. IV. Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор. С. 227–256.
- Шунтов В.П., Темных О.С. 2018. Средне-многолетняя биомасса и доминирующие виды рыб в донных и придонных биотопах Охотского моря. Состав и количественное соотношение видов на свале глубин в разных районах моря. *Известия ТИНРО*. Т. 193. С. 20–32.
- Ishiyama R. 1958. Studies on the rajid fishes (Rajidae) found in the waters around Japan. *J. Shimonoseki Coll. Fish.* Vol. 7. № 2, 3. P. 193–394.
- Vasilets P.M. 2015. FMS analyst – computer program for processing data from Russian Fishery Monitoring System. DOI: 10.13140/RG.2.1.5186.0962.

## REFERENCES

- Antonenko D.V., Pushchina O.I., Solomatov S.F. 2007. Distribution and some features of the biology of the shielded ray *Bathyraja parmifera* (Rajidae, Rajiformes) in the northwestern part of the Sea of Japan. *Voprosy ichthyologii (Journal of Ichthyology)*. Т. 47. № 1. P. 311–319 (in Russian).
- Bizikov V.A., Goncharov S.M., Polyakov A.V. 2007. Geographic information system “Cartmaster”. *Rybnoe hozyajstvo (Fishes journal)*. № 1. P. 96–99 (in Russian).
- Borets L.A. 1997. Bottom ichthyocenoses of the Russian shelf of the Far East seas: composition, structure, functioning elements and fishery significance. Vladivostok: Tinro-Center. 217 p. (in Russian).
- Grigorov I.V., Baitalyuk A.A., Orlov A.M. 2017. Spatial distribution, size composition and catch dynamics of *Bathyraja violacea* rays in the North Pacific. *Voprosy ichthyologii (Journal of Ichthyology)*. Т. 57. P. 553–567 (in Russian).
- Dolganov V.N. 1983. Guidelines for the determination of cartilaginous fish of the Far Eastern seas of the USSR and adja-

- cent waters. Vladivostok: TINRO. 92 p. (in Russian).
- Dolganov V.N. 1999. Stocks of stingrays of the Far-Eastern seas of Russia and prospects for their commercial use. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. T. 126. P. 650–652 (in Russian).
- Dolganov V.N., Tuponogov V.N. 1999. Determination tables of rays of genera *Bathyrāja* and *Rhinorāja* (family Rajidae) of Far-Eastern seas of Russia. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. T. 126. P. 657–664 (in Russian).
- Zolotov A.O., Terentyev D.A., Ilyin O.I., Novikova O.V. 2013. Multiyear dynamics of groundfish stocks on the shelf of western Kamchatka. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. T. 173. P. 30–45 (in Russian).
- Matveev A.A., Terentyev D.A., Vasilets P.M. 2019. Comparative analysis of species composition of catches in different fisheries off the western coast of Kamchatka in 2003–2017. *Issledovaniya vodnykh biologicheskikh resursov Kamchatki i Severo-Zapadnoj chasti Tihogo okeana (The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and the North-West Part of the Pacific Ocean)*. Issue. 55. P. 44–58 (in Russian).
- Orlov A.M., Tokranov A.M., Fatykhov R.N. 2006. Habitat conditions, relative abundance and some features of biology of mass stingray species of Prikurilsk and near Kamchatka waters of the Pacific Ocean. *Issledovaniya vodnykh biologicheskikh resursov Kamchatki i Severo-Zapadnoj chasti Tihogo okeana (The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and the North-West Part of the Pacific Ocean)*. Issue. 8. P. 38–53 (in Russian).
- Orlov A.M. 2006a. The Aleutian stingray – *Bathyrāja aleutica* (Gilbert, 1896). Fishing fishes of Russia. In two volumes (edited by O.F. Gritsenko, A.N. Kotlyar and B.N. Kotenev). Moscow: VNIRO Publ. T. 1. P. 45–46 (in Russian).
- Orlov A.M. 2006b. Spotted ray – *Bathyrāja maculata* Ishiyama et Ishihara, 1977. Commercial fishes of Russia. In two volumes (edited by O.F. Gritsenko, A.N. Kotlyar and B.N. Kotenev). Moscow: VNIRO Publ. P. 46–47 (in Russian).
- Orlov A.M. 2006c. Matsubara ray – *Bathyrāja matsubarai* (Ishiyama, 1952). Commercial fishes of Russia. In two volumes (edited by O.F. Gritsenko, A.N. Kotlyar and B.N. Kotenev). Moscow: VNIRO Publ. P. 47–49 (in Russian).
- Orlov A.M. 2006d. Shield-bearing stingray – *Bathyrāja parmifera* (Bean, 1881). Fishing fishes of Russia. In two volumes (eds. O.F. Gritsenko, A.N. Kotlyar and B.N. Kotenev). Moscow: VNIRO Publ. P. 49–50 (in Russian).
- Prikoki O.V. 2015. Fishing, biology and prospects for commercial use of mass ray species in the northern part of the Okhotsk Sea. *Rybnoe hozyajstvo (Fisheries journal). Aquaculture*. Issue. 4. P. 75–79 (in Russian).
- Savin A.B., Ilyinsky E.I., Aseeva N.L. 2011. Multiyear dynamics in the composition of bottom and near-bottom fish on the West Kamchatka shelf in 1982–2010. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. T. 166. P. 149–165 (in Russian).
- Smirnov A.A., Semenov Y.K. 2008. New data on commercial accumulations of the shield-bearing stingray *Bathyrāja parmifera* in the northern part of the Sea of Okhotsk. *Rybnoe hozyajstvo (Fisheries journal)*. № 6. P. 53–55 (in Russian).

- Terentyev D.A. 2006. Structure of catches of marine fisheries and multispecies fishery in Kamchatka waters. *Abstract of the candidacy dissertation for biological sciences*. Vladivostok. 24 p. (in Russian).
- Terentyev D.A., Zolotov A.O. 2012. Fishing and multiyear dynamics of stingrays (*Bathyrāja*) biomass off the western coast of Kamchatka. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. Т. 169. P. 1–9 (in Russian).
- Tokranov A.M., Orlov A.M., Sheiko B.A. 2005. Commercial fishes of the continental slope of the Kamchatka waters. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress Publ. 52 p. (in Russian).
- Fatykhov R.N., Poltev Y.N., Mukhametov I.N., Nemchinov O.Y. 2000. Spatial distribution of mass species of stingrays of the genus *Bathyrāja* in the area of the northern Kuril Islands and south-eastern Kamchatka in different seasons of 1996–1997. In: Commercial and biological studies of fishes in the Pacific waters of the Kuril islands and Adjacent areas of the Okhotsk and Bering seas in 1992–1998. Moscow: VNIRO Publ. P. 104–120 (in Russian).
- Chetvergov A.V., Arkhandeev M.V., Ilyinsky E.N. 2003. Composition, distribution and state of stocks of bottom fish near western Kamchatka in 2000. *Trudy KF TIG DVO RAN (The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and the North-West Part of the Pacific Ocean)*. Issue IV. P. 227–256 (in Russian).
- Shuntov V.P., Temnykh O.S. 2018. Mean annual biomass and dominant fish species in bottom and near-bottom habitats of the Sea of Okhotsk. Composition and quantitative correlation of species on the depth pile in different areas of the sea. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. Т. 193. P. 20–32 (in Russian).
- Ishiyama R. 1958. Studies on the rajid fishes (Rajidae) found in the waters around Japan. *J. Shimonoseki Coll. Fish.* Vol. 7. № 2, 3. P. 193–394.
- Vasilets P.M. 2015. FMS analyst – computer program for processing data from Russian Fishery Monitoring System. DOI: 10.13140/RG.2.1.5186.0962.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Виноградская Анастасия Викторовна** – Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО); 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский; специалист; Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; аспирант; vinogradskaya.a@kamniro.ru. SPIN-код: 2799-7558; ORCID: 0000-0003-0777-698X.

**Vinogradskaya Anastasia Viktorovna** – Kamchatka Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO); 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Specialist; Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Postgraduate; vinogradskaya.a@kamniro.ru. SPIN-code: 2799-7558; ORCID: 0000-0003-0777-698X.

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

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

**Терентьев Дмитрий Анатольевич** – Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО); 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский; ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук; terentiev.d.a@kamniro.ru. SPIN-код: 7683-0918.

**Terentiev Dmitry Anatolyevich** – Kamchatka Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO); 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Leading Researcher, Candidate of Biological Sciences; terentiev.d.a@kamniro.ru. SPIN-code: 7683-0918.

**ПОЛОВОЕ СОЗРЕВАНИЕ ДВУХ ВИДОВ КАМБАЛ  
(*PLEURONECTES QUADRITUBERCULATUS* И *LIMANDA ASPERA*)  
(PLEURONECTIDAE) У БЕРЕГОВ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ КАМЧАТКИ**

Овчеренко Р.Т.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО), Петропавловск-Камчатский, ул. Набережная, 18.

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

В работе представлена характеристика полового созревания желтоперой *Limanda aspera* и четырехбугорчатой *Pleuronectes quadrituberculatus* камбал у берегов юго-восточной Камчатки в 1959–2020 гг. Проанализирована доля половозрелых рыб в зависимости от длины на основе эмпирических и теоретических данных, охарактеризована динамика созревания гонад самцов и самок двух камбал по месяцам. В тихоокеанских водах Камчатки самцы и самки желтоперой камбалы созревают при меньших размерах, чем в восточной части Берингова моря, и при больших, чем у берегов западной Камчатки. Массовое созревание четырехбугорчатой камбалы протекает сначала в восточной части Берингова моря, затем у юго-восточной Камчатки и в последнюю очередь на западнокамчатском шельфе.

**Ключевые слова:** длина, желтоперая камбала, нерест, половое созревание, стадии зрелости гонад, тихоокеанские воды Камчатки, четырехбугорчатая камбала, Pleuronectidae.

**PUBERTY OF TWO SPECIES OF FLOUNDER  
(*PLEURONECTES QUADRITUBERCULATUS* AND *LIMANDA ASPERA*)  
(PLEURONECTIDAE) OFF THE COASTS OF SOUTH-EASTERN KAMCHATKA**

Ovcherenko R.T.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Kamchatka Branch of the All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO), Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya Str. 18.

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

The paper presents the characteristics of sexual maturation of the yellowfin sole *Limanda aspera* and the lemon sole *Pleuronectes quadrituberculatus* off the coast of southeastern Kamchatka in 1959–2020. The proportion of mature fish depending on the length was analyzed on the basis of empirical and theoretical data, the dynamics of maturation of the gonads of males and females of two flounders by months was characterized. In the Pacific waters of Kamchatka, males and females of the yellowfin sole mature at a smaller size than in the eastern part of the Bering Sea and at a larger size than off the coast of Western Kamchatka. Mass maturation of lemon sole takes place first in the eastern part of the Bering Sea, then near southeastern Kamchatka, and lastly on the western Kamchatka shelf.

**Key words:** length, yellowfin sole, spawning, puberty, stages of gonadal maturity, Pacific waters of Kamchatka, lemon sole, Pleuronectidae.

## ВВЕДЕНИЕ

Камбаловые (Pleuronectidae), обитающие в дальневосточных морях, имеют важное промысловое значение, поэтому половое созревание является основой для решения многих вопросов, связанных с динамикой численности их популяции, а также определением режима рационального использования не только камбал, но и рыбных ресурсов в целом.

Особенности полового созревания камбал достаточно детально исследованы у берегов западной Камчатки и в западной части Берингова моря [Моисеев, 1953; Полутов, 1991а; Фадеев, 1986, 1987; Борец, 1997; Четвергов, 2002; Золотов, 2008, 2010; Дьяков, 2015; Датский, Мазникова, 2017].

Для тихоокеанских вод Камчатки этому вопросу было уделено не так много внимания. В настоящее время имеются публикации, посвященные только северной двухлинейной *Lepidopsetta polyxistra* и узкозубой палтусовидной *Hippoglossoides elassodon* камбалам [Полутов, 1991б; Дубинина, Золотов, 2013]. Однако сведения о половом созревании четырехбугорчатой *Pleuronectes quadrituberculatus* и желтоперой *Limanda aspera* камбал довольно скудны и носят обобщенный и фрагментарный характер (без разделения по полу) [Моисеев, 1953; Антонов, 2011; Дьяков, 2015].

В этой связи была сформулирована цель – описать особенности полового созревания желтоперой и четырехбугорчатой камбал в зависимости от длины рыб у берегов юго-восточной Камчатки.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для работы послужили данные, собранные сотрудниками КамчатНИРО в 1959–2020 гг. на научно-исследовательских и промысловых судах у берегов юго-восточной Камчатки (табл. 1).

Таблица 1. Объем используемого материала (экз.) в тихоокеанских водах Камчатки

Table 1. The volume of material used (ind.) in the Pacific waters of Kamchatka

Вид	Самцы	Самки
<i>L. aspera</i>	665	781
<i>P. quadrituberculatus</i>	526	506

Для определения зависимости доли зрелых рыб от длины тела использовали результаты полных биологических анализов, которые позволяют отличить половозрелых рыб от неполовозрелых. Стадии зрелости гонад камбал определяли по 6-балльной шкале [Правдин, 1966]. К стадии зрелости II относили неполовозрелых особей, с III по VI–II – половозрелых. Из-за недостатка материала данные по созреванию гонад камбал в течение года за некоторые месяцы не были представлены в работе.

При определении теоретических параметров созревания камбал в зависимости от длины использовали аналитическое уравнение Ферхюльста (1):

$$Y = N / (1 + 10^{a+bx}) + C, \quad (1)$$

где  $Y$  – доля зрелых рыб (%);

$N$  – верхний предел созревания;

$x$  – длина рыбы (см);

$C$  – величина признака, с которой начато измерение (равная 0);

$a$  и  $b$  – параметры уравнения [Лакин, 1980].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

### Желтоперая камбала

*L. aspera* встречается от Японского моря (к северу от Пусана (Корея)) и североамериканского побережья (зал. Беркли Британской Колумбии) до Чукотского моря и зал. Аляска. Самый многочисленный вид камбал дальневосточных морей, особенно

в Японском, Охотском (у юго-восточного Сахалина и западной Камчатки), в Беринговом море – в Карагинском районе, юго-восточной части [Моисеев, 1953; Фадеев, 1987, 2005; Дьяков, 2011].

Желтоперая камбала, обитающая в тихоокеанских водах Камчатки, достигает размеров 44–45 см и массы до 1 500 г. [Антонов, 2011]. По нашим данным, самцы этого вида впервые созревают при длине 18 см, самки – 21 см (табл. 2). Заметим, что размеры тела, при которых наступает половое созревание *L. aspera*, несколько отличаются от таковых в других районах. Так, в восточной части Охотского моря самцы начинают созревать при достижении ими длины 13 см, а самки – 14–24 см; в западной части Охотского моря первые половозрелые самцы встречаются, достигнув длины тела 13–18 см, а самки – 18–24 см; в Беринговом море самцы впервые становятся зрелыми при длине 12–25 см, самки – 19–35 см [Фадеев, 1956; 1971; 1986; Полотов, 1991а; Борец, 1997; Четвергов, 2002; Антонов, 2011; Дьяков, 2015; Датский, Мазникова, 2017].

Массовое созревание (50%) самцов *L. aspera* у юго-восточной Камчатки происходит при длине 23 см, самок – 28 см (табл. 3). Доля зрелых рыб (более 90%) увеличилась при повышении размеров те-

ла свыше 27 см у первых, и более 33 см у последних. Например, у берегов западной Камчатки 50% самцов и самок становятся зрелыми при длине 15–20 см и 25–30 см [Фадеев, 1986; Борец, 1997; Антонов, 2011]. По мнению некоторых авторов [Четвергов, 2002; Дьяков, 2015], желтоперая камбала массово созревает при меньших размерах (14,8 см), чем в восточной части Берингова моря, где массовая зрелость наступает при достижении рыбами длины 17 см. Таким образом, у берегов западной Камчатки как самцы, так и самки *L. aspera* созревают при меньших размерах, чем в тихоокеанских водах Камчатки и восточной части Берингова моря.

На рисунке 1 показаны кривые зависимости доли половозрелых рыб от длины их тела на основе теоретических данных, полученных с помощью аналитического уравнения Ферхюльста. У самцов и самок желтоперой камбалы созревание изменяется в зависимости от размеров тела. Так, у первых при длине 23 см более 50% особей становятся половозрелыми, тогда как самки массово созревают, достигнув размера 28 см (рис. 1). У большинства камбал хорошо выражен половой диморфизм, когда самцы существенно отличаются от самок меньшими размерами, но половое созревание у них происходит быстрее.

Таблица 2. Изменение доли половозрелых рыб желтоперой камбалы (%) в зависимости от длины в тихоокеанских водах Камчатки (эмпирические данные созревания)

Table 2. Change in the proportion of mature yellowfin sole fish (%) depending on length in the Pacific waters of Kamchatka (empirical maturation data)

<i>L. aspera</i>															
Пол	Размерный ряд, см														
	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
Самцы	20,0	20,0	40,0	35,7	27,8	61,3	76,4	73,3	85,5	91,3	85,5	93,8	90,9	97,0	95,0
Самки	–	–	–	22,2	14,3	10,5	22,5	21,2	29,8	38,0	50,0	56,8	70,3	75,8	73,3
Пол	Размерный ряд, см														
	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
Самцы	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	–	–	–	–	–
Самки	92,0	97,8	100,0	100,0	90,9	100,0	92,3	100,0	100,0	83,3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0



Таблица 3. Сравнительная характеристика полового созревания желтоперой камбалы в разных районах

Table 3. Comparative characteristics of puberty of yellowfin sole in different areas

Район	Размеры в начале полового созревания (min – max), см		Длина 50%-ного созревания, см		Длина 100%-ного созревания, см	
	Самцы	Самки	Самцы	Самки	Самцы	Самки
Юго-восточная Камчатка	18,0–42,0	21,0–47,0	23,0	28,0	33,0	35,0
Западная Камчатка*	13,5–38,0	17,5–41,0	14,8	27,5	38,0	38,0
Восточная часть Берингова моря**	19,0–25,0	19,0–41,0	17,0	31,0	25,0	41,0

\* По данным А.В. Четвергова (2002).

\* According to A.V. Chetvergov (2002).

\*\* По данным Ю.П. Дьякова (2015).

\*\* According to Yu.P. Dyakov (2015).

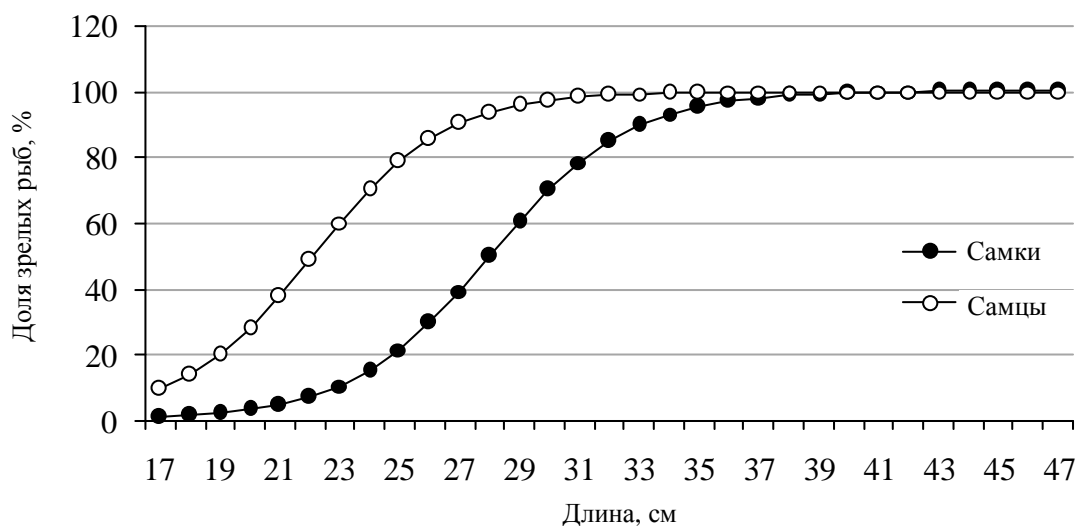


Рис. 1. Доля половозрелой желтоперой камбалы в зависимости от длины, % (теоретические данные созревания)

Fig. 1. Proportion of mature yellowfin sole depending on length, % (theoretical maturation data)

Уравнение зависимости доли зрелых особей желтоперой камбалы от длины тела ((2), (3)) выглядит следующим образом:

– для самцов:

$$Y = 100 / (1 + 10^{4,382245 + (-0,19802x)}) + 0; \quad (2)$$

– для самок:

$$Y = 100 / (1 + 10^{5,258096 + (-0,18758x)}) + 0. \quad (3)$$

Сведения о половом цикле и о соотношении на разных стадиях зрелости в течение года описаны в литературе лишь по западнокамчатским камбалам.

Желтоперая камбала относится к лет-нерестующим видам. По сообщениям Т.А. Перцевой-Остроумовой [1961] в тихоокеанских водах Камчатки этот вид нерестится с середины мая по конец августа. В результате наших исследований установлено, что впервые нерестовые (стадия

зрелости V) самки начинают встречаться в уловах в апреле (6,1%) (рис. 2). Самцы на этой стадии попадают в зимне-весенний период. Наибольшая доля текучих самок достигает максимума в июне (45,6%), затем снижается. Первые отнерестившиеся рыбы обоих полов наблюдаются в июне, их процент значителен в уловах. В августе – сентябре отмечены последние текучие рыбы, а в сентябре (самцы) и ноябре (самки) – посленерестовые. Развитие половых продуктов у камбал в постнерестовый период происходит с разной интенсивно-

стью, и на их восстановление потребуется два-три месяца [Моисеев, 1953].

По нашим данным в течение почти всего года присутствуют самки на ранних стадиях развития гонад (II, II–III и III), но основная их часть отмечена именно в зимние месяцы. Наибольшее количество более зрелых (стадия IV) рыб зафиксировано в период с февраля по май. Таким образом, можно предположить, что нерест желтоперой камбалы на тихоокеанском шельфе, как и в других районах прикамчатских вод, растянут, а его разгар приходится на июнь.

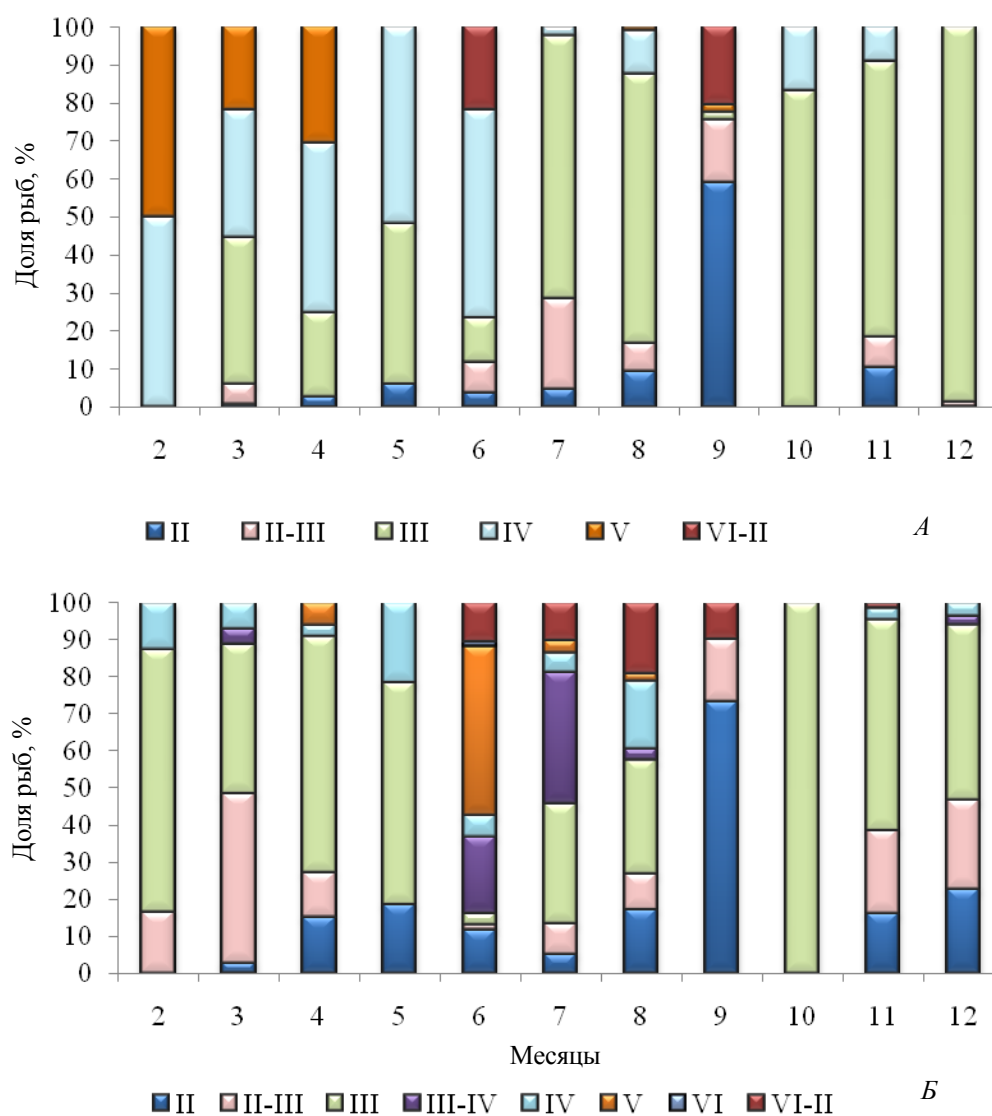


Рис. 2. Динамика созревания гонад самцов (А) и самок (Б) желтоперой камбалы

Fig. 2. Dynamics of maturation of the gonads of males (A) and females (B) of the yellowfin sole

### Четырехбугорчатая камбала

*P. quadrituberculatus* широко распространена в Северной Пацифике, ее ареал простирается от южной части Чукотского моря до зал. Петра Великого в Японском море и о. Хоккайдо – в тихоокеанских водах по азиатскому побережью и зал. Беллингхем (штат Вашингтон) – по американскому [Моисеев, 1953; Фадеев, 1987; Дьяков, 2007, 2011]. В водах, прилегающих к Камчатскому полуострову, она считается многочисленным видом [Шейко, Фёдоров, 2000]. Четырехбугорчатая камбала является одним из самых крупных видов семейства Pleuronectidae, не считая палтусов. У юго-восточной Камчатки и северных Курильских островов достигает длины 58 см [Орлов, Токранов, 2014; Овчеренко, Саушкина, 2021]. Половое созревание наступает при больших размерах, чем, например, у вышеупомянутой желтоперой камбалы. По данным Ю.П. Дьякова [2015], в тихоокеанских водах Камчатки *P. quadrituberculatus* начинает созревать при длине 24–26 см, а 50%-ное созревание наступает по достижении рыбами 26–30 см. Аналогичные результаты были получены в ходе наших исследований. Длина, при которой начинает созревать четырехбугорчатая камбала, идентична у обоих полов и составляет 25 см, что, вероятно, связано с небольшим количеством используемого материала (табл. 4).

Заметим, что по данным различных источников [Черешнев и др., 2001; Карпенко, Балыкин, 2006; Дьяков, 2015], диапазоны длин, при которых происходит начало созревания вида в других районах, неодинаковы: в западной части Берингова моря оно в основном наступает при длине 20–35 см; в северной части Охотского моря первые половозрелые самцы встречаются, достигнув длины тела 20 см, а самки – 22 см; в восточной части Охотского моря

самцы созревают при длине 16–18 см, самки – 18–23,5 см.

Длина 50%-ного созревания самцов *P. quadrituberculatus* составила 27 см (58,8%), самок – 28 см (50%) (табл. 5). Полностью рыбы становятся зрелыми (100%), достигнув размеров тела 46 и 53 см соответственно. Когда самки становятся половозрелыми, темп их роста не замедляется, в отличие от самцов [Фадеев, 1987]. По сведениям А.В. Четвергова (2002), у берегов западной Камчатки данные размеров массового созревания самцов были идентичны нашим. У самок длина массового созревания была выше. Полностью рыбы становятся зрелыми, достигнув размеров 38,5 см (самцы) и 47 см (самки). В восточной части Берингова моря размеры 50%- и 100%-ного созревания самцов составляли 23,4 и 30 см, самок – 28,4 и 39 см [Фадеев, 1986]. Исходя из вышеперечисленного, можно сказать, что в отличие от *L. aspera*, массовое созревание четырехбугорчатой камбалы протекает сначала в восточной части Берингова моря, затем у юго-восточной Камчатки и в последнюю очередь – на западнокамчатском шельфе.

В отличие от других камбал, четырехбугорчатая является позднесозревающим видом [Датский, Мазникова, 2017]. Теоретические данные, представленные на рисунке 3, хорошо демонстрируют то, что она созревает при довольно больших размерах. Массово самцы становятся зрелыми при длине 24 см, а самки – 29 см.

Уравнение зависимости доли зрелых особей четырехбугорчатой камбалы от длины тела выглядит следующим образом ((4), (5)):

– для самцов:

$$Y = 100 / (1 + 10^{1,080359 + (-0,02752x)}) + 0; \quad (4)$$

– для самок:

$$Y = 100 / (1 + 10^{1,053978 + (-0,04689x)}) + 0. \quad (5)$$

Таблица 4. Изменение доли половозрелых рыб (%) в зависимости от длины четырехбугорчатой камбалы в тихоокеанских водах Камчатки (эмпирические данные созревания)

Table 4. Changes in the proportion of mature fish (%) depending on the length of the lemon sole in the Pacific waters of Kamchatka (empirical maturation data)

<i>P. quadrituberculatus</i>																		
Пол	Размерный ряд, см																	
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
Самцы	12,5	33,3	58,8	35,0	55,9	70,7	62,2	65,1	70,0	86,5	80,5	81,8	67,9	60,9	76,5	66,7	72,7	71,4
Самки	42,9	25,0	46,2	50,0	55,6	48,1	48,4	59,1	47,6	47,4	63,0	77,3	79,2	68,2	79,3	89,7	86,7	87,5
Пол	Размерный ряд, см																	
	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Самцы	66,7	–	–	100,0	–	–	–	–	100	100	–	–	–	–	–	–	–	–
Самки	57,9	90,9	88,2	54,5	57,1	69,2	83,3	55,6	75,0	50,0	100,0	100,0	100,0	–	–	100	–	100

Таблица 5. Характеристика полового созревания четырехбугорчатой камбалы на тихоокеанском шельфе

Table 5. Characteristics of sexual maturation of the lemon sole on the Pacific shelf

Район	Размеры в начале полового созревания (min-max), см		Длина 50%-ного созревания, см		Длина 100%-ного созревания, см	
	Самцы	Самки	Самцы	Самки	Самцы	Самки
Юго-восточная Камчатка	25,0–52,0	25,0–60,0	27,0	28,0	46,0	53,0
Западная Камчатка*	23,5–38,5	30,5–47,0	27,4	36,2	38,5	47,0
Восточная часть Берингова моря**	20,0	22,0	23,4	28,4	30,0	39,0

\* По данным А.В. Четвергова (2002).

\* According to A.V. Chetvergov (2002).

\*\* По данным Н.С. Фадеева (1986).

\*\* According to N.S. Fadeev (1986).

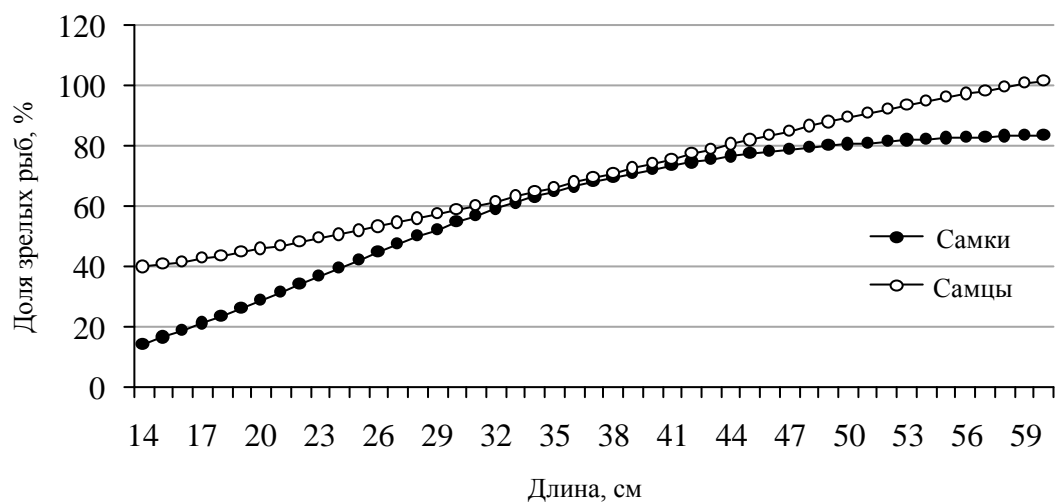


Рис. 3. Доля половозрелой четырехбугорчатой камбалы в зависимости от длины, % (теоретические данные созревания)

Fig. 3. Proportion of sexually mature lemon sole depending on length, % (theoretical maturation data)

У восточного побережья Камчатки *P. quadrituberculatus* нерестится в период с апреля по июнь, а разгар икрометания приходится на вторую половину апреля – первую половину мая [Перцева-Остроумова, 1961]. Мнения исследователей о характеристике икрометания четырехбугорчатой камбалы разнятся: одни утверждают, что ее нерест порционный [Фадеев, 1971; Nichol, Asuna, 2001], другие – что единовременный [Линдберг, Федоров, 1993; Черешнев и др., 2001; Новиков и др., 2002].

По нашим данным, нерестовые (стадия V) самцы и самки в уловах стали

встречаться в марте, составляя 5,9 и 4,8% соответственно (рис. 4). Первые отнерестившиеся самки были зафиксированы в апреле, а максимума они достигли в июле, затем их доля значительно снизилась. Последние посленерестовые самцы были зарегистрированы в июне, а самки – в октябре. В течение всего исследуемого периода у подавляющего большинства рыб обоих полов гонады находились на начальных стадиях развития и созревания (II, II–III и III). Основная часть более зрелых (на стадии IV) рыб была отмечена в осенне-зимний период.

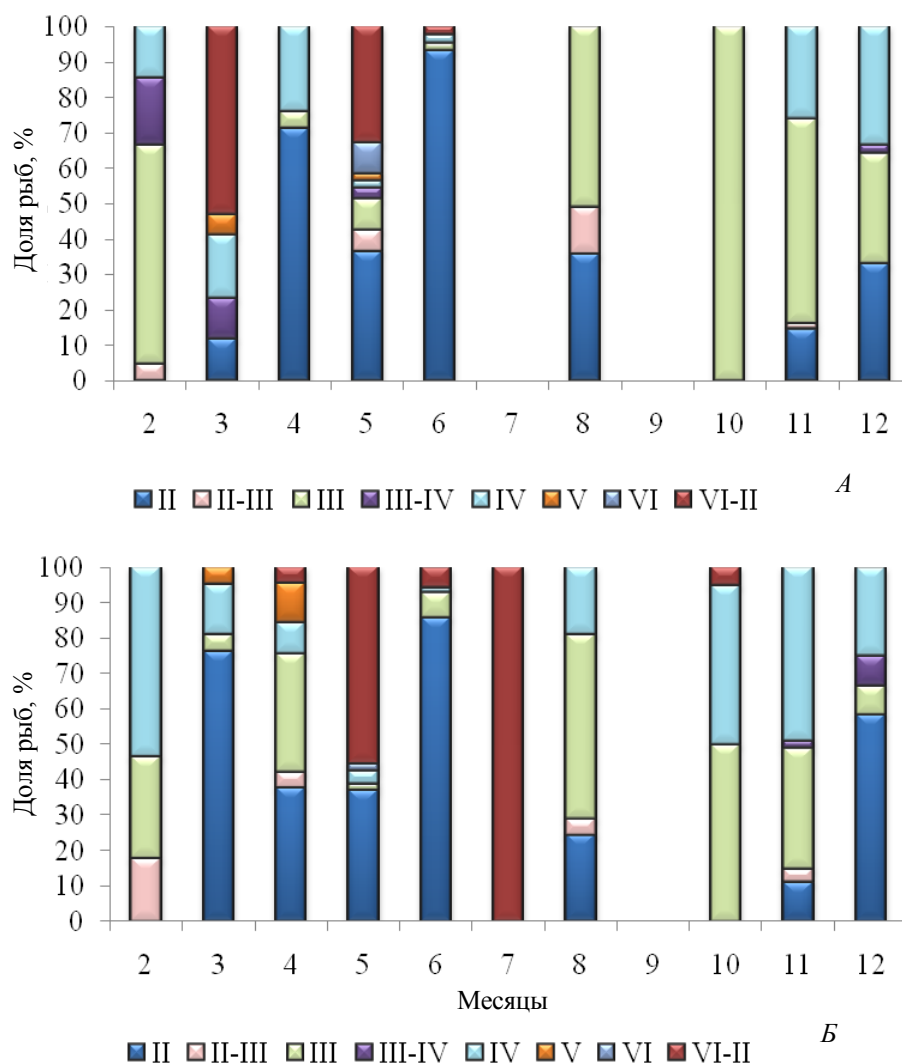


Рис. 4. Динамика созревания гонад самцов (А) и самок (Б) четырехбугорчатой камбалы

Fig. 4. Dynamics of maturation of the gonads of males (A) and females (B) of the lemon sole

Подчеркнем, что результаты наших исследований показывают не совсем полную картину созревания гонад четырехбугорчатой камбалы в течение года из-за отсутствия данных в некоторые месяцы. Тем не менее частота встречаемости текущих особей обоих полов по месяцам, вероятно, подтверждает правильность мнения [Линдберг, Федоров, 1993; Черешнев и др., 2001; Новиков и др., 2002] о одновременном икрометании четырехбугорчатой камбалы. Также наши данные показывают, что нерест *P. quadrituberculatus* не настолько продолжителен, как у вышеупомянутой *L. aspera*, а его пик приходится на апрель.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В тихоокеанских водах Камчатки самцы и самки желтоперой камбалы созревают при меньших размерах, чем в восточной части Берингова моря, и при больших, чем у берегов западной Камчатки. Первые нерестовые самки встречались в уловах в апреле, а наибольшая их доля достигает максимума в июне, затем снижается. Самцы на стадии зрелости V зафиксированы практически в течение всего года. Первые отнерестившиеся рыбы обоих полов начинают встречаться в июне, их процент значителен в уловах. Таким образом, можно допустить, что разгар нереста желтоперой камбалы на тихоокеанском шельфе приходится на июнь.

Массовое созревание четырехбугорчатой камбалы протекает сначала в восточной части Берингова моря, затем у юго-восточной Камчатки и в последнюю очередь – на западнокамчатском шельфе. Нерестовые рыбы в уловах стали встречаться в марте. Первые отнерестившиеся самки были зафиксированы в апреле, а максимума они достигли в июле, затем в октябре их доля значительно снизилась. Последние

посленерестовые самцы были зарегистрированы в июне. Можно предположить, что икрометание четырехбугорчатой камбалы непродолжительно, а пик нереста приходится на апрель.

### ЛИТЕРАТУРА

- Антонов Н.П. 2011. Промысловые рыбы Камчатского края: биология, запасы, промысел. Москва: Изд-во ВНИРО. 244 с.
- Борец Л.А. 1997. Донные ихтиоцены российского шельфа дальневосточных морей: состав, структура, элементы функционирования и промысловое значение. Владивосток: ТИНРО-центр. 217 с.
- Датский А.В., Мазникова О.А. 2017. Особенности биологии массовых рыб в Олюторско-Наваринском районе и прилегающих водах Берингова моря. 3. Семейство Камбаловые (Pleuronectidae). *Вопросы ихтиологии*. Т. 57. № 2. С. 154–181.
- Дубинина А.Ю., Золотов А.О. 2013. Плодовитость и созревание северной двухлинейной камбалы *Lepidopsetta polyxistra* ott et Matarese (2000) тихоокеанского шельфа Камчатки. *Известия ТИНРО*. Т. 172. С. 119–132.
- Дьяков Ю.П. 2007. Распространение и зоогеографическая характеристика камбалообразных рыб (Pleuronectiformes) дальневосточных морей России. *Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана*. Вып. 9. С. 205–229.
- Дьяков Ю.П. 2011. Камбалообразные дальневосточных морей России. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 426 с.
- Дьяков Ю.П. 2015. Половое созревание дальневосточных камбалообразных рыб (Pleuronectiformes). *Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана*. КамчатНИРО. Вып. 39. С. 5–69.

- Золотов А.О. 2008. Особенности размерно-возрастной структуры, линейного роста и полового созревания желтоперой камбалы *Limanda aspera* юго-западной части Берингова моря. *Известия ТИНРО*. Т. 152. С. 99–113.
- Золотов А.О. 2010. Камбалы западной части Берингова моря: динамика численности и особенности биологии. *Автореф. дис. ... канд. биол. наук*. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 20 с.
- Карпенко В.И., Балыкин П.А. 2006. Биологические ресурсы западной части Берингова моря. Петропавловск-Камчатский: МБФ. 184 с.
- Лакин Г.Ф. 1980. Биометрия: Учеб. пособие для биологич. спец. вузов. 3-е изд., перераб. и доп. Москва: Высшая школа. 293 с.
- Линдберг Г.У., Федоров В.В. 1993. Рыбы Японского моря и сопредельных частей Охотского и Желтого морей. Ч. 6. Teleostomi. 31. Pleuronectiformes. Санкт-Петербург: Наука. 272 с.
- Моисеев П.А. 1953. Треска и камбалы дальневосточных морей. *Известия ТИНРО*. Т. 40. С. 1–288.
- Новиков Н.П., Соколовский А.С., Соколовская Т.Г., Яковлев Ю.М. 2002. Рыбы Приморья. Владивосток: Дальпресс. 550 с.
- Овчеренко Р.Т., Саушкина Д.Я. 2021. Средне-многолетнее распределение и некоторые черты биологии двух промысловых видов камбал (*Pleuronectes quadrifasciatus* и *Hippoglossoides elassodon*) в тихоокеанских водах Камчатки. *Известия ТИНРО*. Т. 201. С. 400–415.
- Орлов А.М., Токранов А.М. 2014. Распределение, некоторые черты биологии и динамика уловов желтоперой, четырехбугорчатой, сахалинской и колючей камбал в тихоокеанских водах северных Курильских островов и юго-восточной Камчатки. *Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство*. № 3. С. 29–51.
- Перцева-Остроумова Т.А. 1961. Размножение и развитие дальневосточных камбал. Москва: Изд-во АН СССР. 484 с.
- Полутов В.И. 1991а. О размножении желтоперой лиманды у северо-восточного побережья Камчатки. *Исследования биологии и динамики численности промысловых рыб камчатского шельфа*. Петропавловск-Камчатский: КоТИНРО. Вып. 1. Ч. 2. С. 9–15.
- Полутов В.И. 1991б. Темп полового созревания и плодовитость палтусовидной камбалы у восточного побережья Камчатки. *Исследования биологии и динамики численности промысловых рыб камчатского шельфа*. Петропавловск-Камчатский: КоТИНРО. Вып. 1. Ч. 2. С. 16–22.
- Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). Москва: Пищ. пром-ть. 376 с.
- Фадеев Н.С. 1956. Биология и промысел камбал в водах Сахалина. Южно-Сахалинск: Советский Сахалин. 39 с.
- Фадеев Н.С. 1971. Биология и промысел тихоокеанских камбал. Владивосток: Дальиздат. 100 с.
- Фадеев Н.С. 1986. Палтусы и камбалы. В кн.: Биологические ресурсы Тихого океана. Москва: Наука. С. 341–364.
- Фадеев Н.С. 1987. Северотихоокеанские камбалы (распространение и биология). Москва: Агропромиздат. 175 с.
- Фадеев Н.С. 2005. Справочник по биологии и промыслу рыб северной части Тихого океана. Владивосток: ТИНРО-Центр. 365 с.
- Черешнев И.А., Волобуев В.В., Хованский И.Е., Шестаков А.В. 2001. Прибрежные рыбы северной части Охотского моря. Владивосток: Дальнаука. 197 с.

Четвергов А.В. 2002. Половое созревание западнокамчатских камбал. *Известия ТИНРО*. Т. 130. Ч. 3. С. 940–953.

Шейко Б.А., Федоров В.В. 2000. Глава 1. Рыбообразные и рыбы. В кн.: Каталог позвоночных Камчатки и сопредельных морских акваторий. Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор. С. 7–69.

Nichol D.G., Acuna E.I. 2001. Annual and batch fecundities of yellowfin sole, *Limanda aspera*, in the eastern Bering Sea. *Fishery Bulletin*. U.S. Vol. 99. № 1. P. 108–122.

## REFERENCES

- Antonov N.P. 2011. Commercially harvested species of fish of the Kamchatka region: biology, stocks and fisheries, Moscow: VNIRO. 244 p. (in Russian).
- Borets L.A. 1997. Bottom ichthyofaunas of the Russian shelf of the Far East seas: composition, structure, functioning elements and fishery significance. Vladivostok: TINRO-Center. 217 p. (in Russian).
- Datsky A.V., Maznikova O.A. 2017. Biological features of common fish species in olyutorsky-navarin region and the adjacent areas of the Bering sea: 3. Family flounders (Pleuronectidae). *Voprosy ihtiologii (Journal of Ichthyology)*. Т. 57. № 2. P. 154–181.
- Dubinina A.Yu., Zolotov A.O. 2013. Fecundity and maturation of northern rock sole *Lepidopsetta polyxystra* Orr et Matarese (2000) on the Pacific Shelf of Kamchatka. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. Т. 172. С. 119–132 (in Russian).
- Diakov Yu.P. 2007. Distribution and zoogeographical characteristics of Pleuronectiformes of far eastern seas of Russia. *Issledovanija vodnyh biologicheskikh resursov Kamchatki i severo-zapadnoj chasti Tihogo okeana (Research of aquatic biological resources of Kamchatka and the North-Western part of the Pacific Ocean)*. Vol. 9. P. 205–229.
- Diakov Yu.P. 2011. Flatfish (Pleuronectiformes) of the far eastern seas of Russia. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO. 426 p. (in Russian).
- Diakov Yu.P. 2015. Maturation of far eastern flounders (Pleuronectiformes). *Issledovanija vodnyh biologicheskikh resursov Kamchatki i severo-zapadnoj chasti Tihogo okeana (Research of aquatic biological resources of Kamchatka and the North-Western part of the Pacific Ocean)*. Vol. 39. P. 5–69. (in Russian).
- Zolotov A.O. 2008. Size-age structure, linear growth, and maturation of yellowfin sole *Limanda aspera pallas* (1814) in the southwestern Bering sea. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. Vol. 152. P. 99–113 (in Russian).
- Zolotov A.O. 2010. Flounders of the western part of the Bering Sea: population dynamics and biological features. *Abstract of the candidacy dissertation for biological sciences*. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO. 20 p. (in Russian).
- Karpenko V.I., Balykin P.A. 2006. Biological resources of the western part of the Bering Sea. Petropavlovsk-Kamchatsky: MBF. 184 p. (in Russian).
- Lakin G.F. 1980. Biometrics: Proc. allowance for biological. specialist. universities. 3rd ed., revised. and additional Moscow: Vysshaja shkola Publ. 293 p. (in Russian).
- Lindberg G.U., Fedorov B.B. 1993. Fishes of the Sea of Japan and Adjacent Parts of the Okhotsk and Yellow Seas. Part 6. Teleostomi. 31. Pleuronectiformes. St. Petersburg: Nauka Publ. 272 p. (in Russian).



- Moiseev P.A. 1953. Cod and flounders of the Far Eastern seas. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. T. 40. C. 1–288. (in Russian).
- Novikov N.P., Sokolovsky A.S., Sokolovskaya T.G., Yakovlev Yu.M. 2002. The Fishes of Primorye. Vladivostok: Dal'press Publ. 550 p. (in Russian).
- Ovcherenko R.T., Saushkina D.Ya. 2021. Distribution of eggs and adults of Alaska plaice *Pleuronectes quadrituberculatus* and flathead sole *Hippoglossoides elassodon* (Pleuronectidae) in the Pacific waters of Kamchatka. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. Vol. 201. P. 400–415 (in Russian).
- Orlov A.M., Tokranov A.M. 2014. Distribution, some biological features and catch dynamics of Yellowfin sole, Alaska plaice, Sakhalin sole and Scalyeye plaice in the Pacific waters of the northern Kuril Islands and southeastern Kamchatka *Vestnik AGTU. Seriya: Rybnoe hozyajstvo (Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry)*. № 3. P. 29–51 (in Russian).
- Pertseva-Ostroumova T.A. 1961. Reproduction and Development of Far Eastern Flounders. Moscow: Akad. Nauk SSSR. 484 p.
- Polutov V.I. 1991a. On the reproduction of the yellowfin estuary off the northeastern coast of Kamchatka. *Issledovaniye biologii i dinamiki chislennosti promyslovykh ryb zapadnokamchatskogo shel'fa (Research on the biology and dynamics of the number of commercial fish in the West Kamchatka shelf)*. Petropavlovsk-Kamchatsky: KoTINRO. Iss. 1. Part 2. P. 9–15 (in Russian).
- Polutov V.I. 1991b. The rate of sexual maturation and fertility of the halibut flounder off the eastern coast of Kamchatka. *Issledovaniye biologii i dinamiki chislennosti promyslovykh ryb zapadnokamchatskogo shel'fa (Research on the biology and dynamics of the number of commercial fish in the West Kamchatka shelf)*. Petropavlovsk-Kamchatsky: KoTINRO. Iss. 1. Part 2. P. 16–22.
- Pravdin I.F. 1966. Guide to the Study of Fish. Moscow: Pishchevaya Promyshlennost' Publ. 376 p. (in Russian).
- Fadeev N.S. 1956. Biology and fishing of flounders in the waters of Sakhalin. Yuzhno-Sakhalinsk: Soviet Sakhalin Publ. 37 p. (in Russian).
- Fadeev N.S. 1971. Biology and fishing of Pacific flounders. Vladivostok: Dal'izdat Publ. 100 p. (in Russian).
- Fadeev N.S. 1986. Halibuts and flounders. In: Biological resources of the Pacific Ocean. Moscow: Nauka Publ. P. 341–364 (in Russian).
- Fadeev N.S. 1987. North-Pacific Flatfish (Distribution and Biology). Moscow: Agropromizdat Publ. 175 p. (in Russian).
- Fadeev N.S. 2005. A Reference Book on Biology and Harvesting of Fishes in the Northern Pacific Ocean. Vladivostok: TINRO-Centr Publ. 365 p. (in Russian).
- Chereshnev I.A., Volobuev V.V., Khovansky I.E., Shestakov A.V. 2001. Coastal Fishes of the Northern Sea of Okhotsk. Vladivostok: Dal'nauka Publ. 196 p. (in Russian).
- Chetvergov A.V. 2002. Puberty of Western Kamchatka flounders. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. Vol. 130. Part 3. P. 940–953 (in Russian).
- Sheiko B.A., Fedorov V.V. 2000. Fish-like and fishes In: Catalog of Kamchatka's vertebrates and adjacent marine areas. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatsky Pechatny Dvor. P. 7–69 (in Russian).
- Nichol D.G., Acuna E.I. 2001. Annual and batch fecundities of yellowfin sole, *Limanda aspera*, in the eastern Bering Sea. *Fishery Bulletin*. U.S. Vol. 99. № 1. P. 108–122.

**ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ**  
**INFORMATION ABOUT THE AUTHOR**

**Овчеренко Рината Таалайбековна** – Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО); 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский; старший специалист лаборатории морских рыб; Камчатский государственный технический университет; 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский; аспирант; madimarova.r.m@kamniro.ru. SPIN-код: 3700-8580; ORCID: 0000-0002-2610-1534.

**Ovcherenko Rinata Taalaybekovna** – Kamchatka Branch of the All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO); 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Senior Specialist of Laboratory Marine Fish; Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Postgraduate; madimarova.r.m@kamniro.ru. SPIN-code: 3700-85804; ORCID: 0000-0002-2610-1534.

УДК 598.279.24(571.66)

DOI: 10.17217/2079-0333-2022-59-75-89

## ПИТАНИЕ КРЕЧЕТА (*FALCO RUSTICOLUS*, FALCONIFORMES, FALCONIDAE) НА КАМЧАТКЕ

Лобков Е.Г.

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

На Камчатке реализуется инвестиционный проект по искусственному воспроизводству редких видов соколов, прежде всего, кречета. Для успешного разведения птиц необходимо знать их трофические предпочтения в природных условиях. В статье анализируется информация о питании кречета на Камчатке, собранная за всю историю орнитологических исследований в регионе. В рационе кречета определены минимум 41 вид птиц и 11 видов млекопитающих. Состав пищи конкретных особей определяется местом их обитания в данный сезон года. В период размножения для большинства кречетов решающее значение имеют куропатки (*Lagopus lagopus*, *L. mutus*), а в горах также мелкие млекопитающие, прежде всего, американский суслик (*Spermophilus parryi*). На миграциях и зимой (особенно на полуострове Камчатка) важную роль играют также водные, околотоводные и синантропные виды птиц. В Корякском нагорье зимой важнейшую роль продолжают играть куропатки. Эпизодически питаются отходами рыбопереработки и приманкой в охотничьих ловушках.

**Ключевые слова:** американский суслик, водные птицы, Камчатка, кречет, куропатки, мелкие млекопитающие, питание, рацион.

## THE FEEDING OF GYRFALCON (*FALCO RUSTICOLUS*, FALCONIFORMES, FALCONIDAE) IN KAMCHATKA

Lobkov E.G.

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

In Kamchatka, an investment project is being implemented for the artificial reproduction of rare species of falcons, primarily gyrfalcon. For successful breeding of birds, it is necessary to know their trophic preferences in nature. The article analyzes information on the nutrition of the gyrfalcon in Kamchatka, collected over the entire history of ornithological research in the region. In the diet of the gyrfalcon, minimum 41 species of birds and 11 species of mammals are identified. The composition of the food of specific individuals is determined by their habitat in a given season of the year. During the breeding season, ptarmigans (*Lagopus lagopus*, *L. mutus*) are crucial for most gyrfalcons, and small mammals (specially American (arctic) ground squirrel *Spermophilus parryi*) are also important in the mountains. On migrations and in winter (especially on Kamchatka Peninsula), an important role is played by water, near-water and synanthropic species of birds. In Koryak Highland in winter an important role is played ptarmigans as usual. Occasionally they feed on fish processing waste and bait in hunters' traps.

**Key words:** American ground squirrel, water birds, Kamchatka, Gyrfalcon, ptarmigans, small mammals, feeding, diets.

## ВВЕДЕНИЕ

На Камчатке реализуется инвестиционный проект ООО «Соколиный центр, “Камчатка”», направленный на создание Центра репродукции и сохранения редких видов хищных птиц, с акцентом на искусственное воспроизводство кречета (далее – Соколиный центр). Реализация такого проекта стала возможной с учетом обращения администрации Президента Российской Федерации в адрес губернатора Камчатского края от 24.05. 2019 № АЧ-31-1625 и решения Президента Российской Федерации от 25.09.2019 № Пр-1991 о создании на территории Российской Федерации центров репродукции и сохранения редких видов крупных птиц «хищных пород»\*. Проект включен в Национальную программу социально-экономического развития Дальнего Востока РФ на период до 2024 года и на перспективу до 2035 г., утвержденную распоряжением Правительства Российской Федерации от 24.09.2020 № 2464-р [Доклад, 2021].

В апреле 2019 г. предложения, сформулированные ООО «Русский соколиный центр “Камчатка”», были впервые презентованы в Правительстве Камчатского края. В них речь шла о возможности реализации на территории Камчатского края пилотного проекта, направленного на укрепление и развитие международного сотрудничества Российской Федерации в сфере восстановления находящейся под угрозой уничтожения популяции редкого вида – кречета – путем создания на Камчатке международного центра репродукции и сохранения редких видов птиц семейства соколиных. С точки зрения орнитолога мы подробно обосновали актуальность реализации таких

предложений на Камчатке [Лобков, 2019а]. Затем летом 2019 г. проект был презентован на Восточном экономическом форуме во Владивостоке, и в экспозиции нашли отражение опубликованные ранее [Лобков, Герасимов, Горовенко, 2007] результаты оценки состояния камчатской популяции кречета и прогнозы ее динамики.

В настоящее время в Мильковском районе Камчатского края вблизи горы Шаромский мыс на площади порядка 300 га создана инфраструктура Соколиного центра, формируется маточное поголовье кречетов для их воспроизводства.

Для успешного разведения камчатских кречетов в неволе нужно знать рацион питания этих птиц в природе. Конечно, обеспечить соколам в неволе круглогодичное питание, идентичное тому, что они имеют в естественных условиях, невозможно. Но в той или иной мере учитывать их трофические предпочтения необходимо.

В статье анализируется информация о питании кречетов на Камчатке. Цель – определить видовое разнообразие потребляемых ими кормов и выделить географические, сезонные и биотопические аспекты их питания.

Кречет – один из редких (угрожаемых) видов птиц, занесенный в Международный Красный список МСОП (Международный союз охраны природы), в Красные книги России и Камчатского края. Изучение его экологии возможно только на основе прижизненных способов сбора информации. Мы проанализировали все доступные источники. Собранные материалы востребованы в связи с ожидаемым разведением птиц этого вида на Камчатке.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Специальных исследований, посвященных питанию кречетов на Камчатке, не проводилось. Информацию мы собирали

\* Употребляемое в документах словосочетание «птиц хищных пород» орнитологически следует признать неудачной (*Прим. авт.*).

постепенно, по крупицам, попутно с разными исследованиями в масштабах практически всего Камчатского края за последние 50 лет (1971–2021 гг.). Чаще всего наблюдали за охотой соколов, когда они преследовали добычу (52 наблюдения). Из 112 сообщений об охоте, которые мы получили от охотников, рыбаков, лесников, работников особо охраняемых природных территорий, местных жителей (всего не менее 50 человек) отобрали 96, которые считаем достоверными. Иногда удавалось собрать остатки пищи на гнездах или под ними на земле (четыре гнезда), или осмотреть кормовые площадки и наблюдательные присады, которыми обычно оказывались столбы (см. рисунок), остовы старых сооружений и скалистые уступы (12 кормовых площадок). В этих местах было найдено более 40 остатков пищи.



Кречет (*Falco rusticolus*) на наблюдательной присаде. 26.01.2022 г. Фото С.П. Лакомова. Остров Парамушир

Gyrffalcon (*Falco rusticolus*) on the observation post. 26.01.2022. Photo by S.P. Lakomov. Paramushir Island

По нашему опыту в негнездовое время в отсутствии беспокойства и при благоприятной кормовой обстановке кречеты могут подолгу (до месяца и более) охотиться в одних и тех же местах, неоднократно используя несколько наиболее подходящих присад. В Кроноцком заповеднике в 1971–1976 гг. это позволяло нам планиро-

вать наблюдения за охотой кречетов на Семьячском лимане. В немногих случаях, когда на руках оказывались погибшие в природных условиях птицы (три особи), разбирали содержимое желудков. Некоторые наши данные по питанию уже опубликованы как составная часть работ по оценке состояния камчатско-корякской популяции кречета [Лобков, Герасимов, Горovenko, 2007; 2020; Lobkov, Gerasimov, Gorovenko, 2011].

Кроме того, мы проанализировали публикации по птицам за все время орнитологических исследований в регионе (изучено порядка 1,5 тыс. литературных источников со времен работы С.П. Крашенинникова и Г.В. Стеллера). Сообщений, в которых есть конкретные сведения о питании кречетов, оказалось немного [Аверин, 1948; 1957; Мараков, 1972; Кищинский, 1980; Артюхин, 1991; Сиволобов, 2007; Герасимов, 2016; и некоторые другие], но они существенно дополнили материалы. Всего в литературных источниках мы нашли указания на 206 объектов питания кречетов, относящихся к 29 видам птиц и млекопитающих.

Преследуемую соколами добычу принимали за один объект питания. Указание в литературе на питание каким-то видом птиц или млекопитающих, если не было дополнительной, более детальной информации, также принимали за один объект питания. При разборе содержимого желудков, погадок и других остатков пищи кречетов за один объект питания принимали каждый из съеденных экземпляров птиц и зверей. Так собрали информацию о 398 объектах питания кречетов, относящихся к птицам и млекопитающим. Еще четыре компонента мы отнесли к категории иных кормов, имея в виду наблюдения, подтверждающие способность кречетов поедать отходы рыбопереработки [Лобков, Лакомов, 2019] и приманку в ловушках охотников, из-за

чего кречеты изредка попадают в охотничьи капканы, выставляемые на полуострове Камчатка на лисицу [Лобков, 2008], а на Командорах – на песца [Артюхин, 1991].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

### Разнообразие потребляемых кречетами объектов питания на Камчатке

Составленный нами список фактически подтвержденных объектов питания кречетов на Камчатке включает минимум 41 вид птиц и 11 видов млекопитающих (табл. 1), которых соколы ловят живыми, а также некоторые иные (неживые) объекты, например остатки рыбы, которые соколы способны поесть эпизодически при недостатке или отсутствии основных кормов. Скорее всего, список потребляемых кречетами видов птиц и зверей богаче, так как наша выборка хотя и значительна, но

относительно невелика, а в ряде случаев птицы и зверьки до вида нами не определены. Это касается не всегда понятной видовой принадлежности пищевых объектов в погадках и желудках и трудноопределимой добычи в когтях у летящих птиц. Кроме того, в публикациях разных авторов чаще говорится не о конкретных видах, которых кречеты употребляют в пищу, но о группах птиц, таких как «утки», «чайки», «чистиковые», «воробьиные» и другие.

Помимо информации о питании кречетов, собранной непосредственно на полуострове Камчатка и в прилегающих к нему континентальных районах в административных границах Камчатского края, мы приняли во внимание опубликованные сведения о питании соколов в Корякском нагорье к северу до Хатырки [Кищинский, 1980] и наблюдения за питанием кречетов на острове Парамушир [Лобков, Лакомов, 2019], где природные условия аналогичны камчатским.

Таблица 1. Состав объектов питания кречетов на Камчатке в период размножения и в негнездовое время

Table 1. The composition of the objects of nutrition of gyrfalcons in Kamchatka during the breeding season and in non-nesting time

Объекты питания: виды, отряды	В период размножения (n = 220)	В негнездовое время (n = 178)
1	2	3
<b>ПТИЦЫ</b>		
Отряд Пеликанообразные Pelecaniformes		
1. Берингов баклан ( <i>Phalacrocorax pelagicus</i> )	+	
2. Баклан ( <i>Phalacrocorax sp. (urile?)</i> )		+
Отряд Гусеобразные Anseriformes		
3. Кряква ( <i>Anas platyrhynchos</i> )		+
4. Свизь ( <i>Anas penelope</i> )		+
5. Чирок-свистунок ( <i>Anas crecca</i> )		+
6. Шилохвость ( <i>Anas acuta</i> )		+
7. Гоголь ( <i>Bucephala clangula</i> )		+
8. Морская чернеть ( <i>Aythya marila</i> )		+
9. Морянка ( <i>Clangula hyemalis</i> )		+
10. Каменушка ( <i>Histrionicus histrionicus</i> )	+	+
11. Горбоносый турпан ( <i>Melanitta deglandi</i> )	+	+
12. Длинноносый крохаль ( <i>Mergus serrator</i> )	+	
13. Большой крохаль ( <i>Mergus merganser</i> )		+
Утки, ближе не определенные	+	

Окончание табл. 1

1	2	3
Отряд Курообразные Galliformes		
14. Белая куропатка ( <i>Lagopus lagopus</i> )	+	+
15. Тундряная куропатка ( <i>Lagopus mutus</i> )	+	+
16. Каменный глухарь ( <i>Tetrao parvirostris</i> )		+
17. Домашняя курица ( <i>Gallus domesticus</i> )		+
Отряд Ржанкообразные Charadriiformes		
18. Монгольский зук ( <i>Charadrius mongolus</i> )	+	
19. Сибирский пепельный улит ( <i>Heteroscelus brevipes</i> )	+	+
20. Чернозобик ( <i>Calidris alpina</i> )		+
21. Песочник-красношейка ( <i>Calidris ruficollis</i> )		+
22. Средний кроншнеп ( <i>Numenius phaeopus</i> )		+
Кулики, ближе не определенные (sp. sp.)	+	+
23. Восточносибирская чайка ( <i>Larus vegae</i> )	+	+
24. Серокрылая чайка ( <i>Larus glaucescens</i> )	+	+
25. Тихоокеанская чайка ( <i>Larus schistisagus</i> )	+	+
26. Сизая чайка ( <i>Larus canus</i> )		+
27. Моевка ( <i>Rissa tridactyla</i> )	+	
28. Речная крачка ( <i>Sterna hirundo</i> )	+	
Чайковые, ближе не определенные (sp., sp.)	+	+
29. Тихоокеанский чистик ( <i>Cerpphus columba</i> )	+	
30. Кайра ( <i>Uria sp., sp</i> )	+	+
Чистиковые, ближе не определенные (sp., sp.)	+	
Отряд Голубеобразные Columbiformes		
31. Сизый (домашний) голубь ( <i>Columba livia</i> )		+
Отряд Кукушкообразные Cuculiformes		
32. Обыкновенная кукушка ( <i>Cuculus canorus</i> )	+	
Отряд Воробьеобразные Passeriformes		
33. Полевой жаворонок ( <i>Alauda arvensis</i> )	+	+
34. Кедровка ( <i>Nucifraga caryocatactes</i> )	+	+
35. Восточная черная ворона ( <i>Corvus orientalis</i> )	+	+
36. Ворон ( <i>Corvus corax</i> )		+
37. Оливковый дрозд ( <i>Turdus obscurus</i> )	+	
38. Бурый дрозд ( <i>Turdus eunomus</i> )	+	
39. Сибирский горный вьюрок ( <i>Leucosticte arctoa</i> )		+
40. Лапландский подорожник ( <i>Calcarius lapponicus</i> )	+	+
41. Пуночка ( <i>Plectrophenax nivalis</i> )		+
Воробьеобразные, ближе не определенные (sp., sp.)	+	+
Птицы, ближе не определенные	+	+
МЛЕКОПИТАЮЩИЕ		
1. Средняя землеройка ( <i>Sorex caecutiens</i> )		+
2. Северная пищуха ( <i>Ochotona hyperborea</i> )	+	+
3. Заяц-беляк ( <i>Lepus timidus</i> )	+	+
4. Американский суслик ( <i>Spermophilus parryi</i> )	+	+
5. Камчатский сурок ( <i>Marmota camtschatica</i> )	+	+
6. Лемминг ( <i>Lemmus sp.</i> )	+	+
7. Полевка ( <i>Clethrionomys sp.</i> )	+	+
8. Полевка-экономка ( <i>Microtus oeconomus</i> )		+
9. Серая крыса ( <i>Rattus norvegicus</i> )		+
10. Горностай ( <i>Mustela erminea</i> )	+	
11. Ондатра ( <i>Ondatra zibethicus</i> )	+	
ИНЫЕ КОРМА		
1. Отходы рыбопереработки		+
2. Приманка в ловушках охотников		+

Питание кречетов на Камчатке вполне можно назвать разнообразным. Судя по всему, эти птицы способны ловить практически любую добычу, доступную по размерам в данный момент времени и в данных биотопических условиях. Но при этом есть очевидные предпочтения.

Наибольшей долей в списке видов потребляемых кречетами кормов представлены птицы (41 вид, 75,9% списка). В авифауне Камчатского края, включая размножающихся, пролетных и залетных птиц, значится 338 видов [Лобков и др., 2021]. С учетом нескольких новых находок полный региональный авифаунистический список составляет на 1 января 2022 г. 343 вида. Таким образом, известный рацион кречета формально включает минимум 12% всей авифауны Камчатки. Это мелкие и среднего размера птицы весом до 2 кг или немногим более того (самый крупный – каменный глухарь).

Наибольшим разнообразием потребляемых птиц рацион кречетов отличается в негнездовое время – минимум 32 вида (78,0% рациона), в период размножения отмечены 22 вида (53,7%), лишь 13 видов (31,7%) – общие для этих двух сезонов года. Таким образом, сходство рациона кречетов по видовому разнообразию птиц в период размножения и в негнездовое время, рассчитанное по индексу П. Жаккара [Песенко, 1982], составляет всего 36,1%.

Доля млекопитающих (11 видов) в общем видовом разнообразии потребляемых кречетами кормов (табл. 1) значительно меньше, чем птиц (20,4% списка). Состав потребляемых млекопитающих примерно в равном соотношении представлен в период размножения (восемь видов, 72,7%) и в негнездовое время (девять видов, 81,8%); шесть видов (54,5%) общие для этих сезонов. Сходство рациона кречетов по компоненту «млекопитающие» в пери-

од размножения и в негнездовое время составляет 54,5%.

При этом птицы – самый разнообразный компонент в рационе кречетов не только по видовой принадлежности объектов питания, но и по их доле среди всех объектов пищи. Так, 70,1% выборки ( $n = 398$ ) представлены птицами (табл. 2), тогда как на долю млекопитающих приходится 29,9%.

Таким образом, в целом круглогодичный рацион кречетов на Камчатке примерно на 2/3 состоит из птиц и на 1/3 из млекопитающих.

### **Долевое участие разных птиц в рационе кречетов**

По списку видов (табл. 1) в рационе кречетов преобладают водные и околоводные птицы: 26 видов (63,4%), наземных всего 15 видов (36,6%). Однако данные о долевом участии (встречаемости) разных объектов питания в нашей выборке свидетельствуют о решающем значении в питании кречетов именно наземных птиц, как и наземных млекопитающих (табл. 2).

Чаще всего кречеты поедают куропаток (в основном белую куропатку, как вид более многочисленный в регионе по сравнению с тундряной куропаткой), а также домашнего сизого голубя и восточную черную ворону (табл. 3). На долю этих трех видов в сумме приходится 66,31% всех зарегистрированных нами птиц (остатков пищи, наблюдений охоты и т. д.), являющихся пищевыми объектами кречетов. Куропатки занимают решающую долю рациона среди наземных птиц (65,5%) и важную часть среди всех птиц из состава пищевых объектов (47,7%). При этом наибольшая доля куропаток в рационе кречетов отмечена в Корякском нагорье (81,5% от всей выборки птиц, являющихся объектами питания кречетов в этом районе,



и 94,6% от группы наземных птиц). На полуострове Камчатка аналогичные показатели несколько ниже (соответственно 25,8 и 39,25%), но значимость этого компонента в рационе здесь также высока. Разница в количественных показателях может быть связана с неодинаковой численностью куропадок в разных частях территории Камчатского края: как известно, она выше в северных районах Камчатки по сравнению с южными [Кривенко и др., 2019], соответственно возможность их добычи на севере Камчатки выше.

Полуостров Камчатка отличается наибольшей долей участия в рационе кречетов пищевых объектов, принадлежащих домашнему сизому голубю и восточной черной вороне (табл. 3). Оба вида птиц – си-

нантропы в условиях региона [Лобков, 2019б]. Вся популяция домашнего голубя и решающая часть популяции черной вороны сосредоточены в населенных пунктах и в непосредственной от них близости. Сеть населенных пунктов, их размеры и численность населения на полуострове Камчатка значительно превосходят таковые в континентальных районах Камчатского края. Соответственно, численность синантропных видов птиц и возможность их добычи на полуострове Камчатка выше, чем в континентальных районах края. В бывшем поселке Жупаново 31 января 1973 г. зарегистрирован даже случай нападения кречета на домашнюю курицу, которая содержалась в загоне, огороженном рыбацкой сетью.

Таблица 2. Распределение объектов питания кречетов из состава птиц и млекопитающих ( $n = 398$ ) по экологическим группам

Table 2. Distribution of gyrfalcon feeding objects from birds and mammals ( $n = 398$ ) by ecological groups

Отмечено объектов питания в выборке	Птицы			Млекопитающие			Всего
	Водные	Наземные	Всего	Водные	Наземные	Всего	
	76	203	279	2	117	119	

Таблица 3. Долевое соотношение разных птиц, являющихся пищевыми объектами, в рационе кречетов (%)

Table 3. The proportion of different birds-food objects in the diet of gyrfalcons (%)

Виды и группы видов птиц в составе пищевых объектов кречетов	Полуостров Камчатка	Командорские острова	Корякское нагорье	Всего	Доля, %
Водные и околоводные птицы					
Бакланы	2	1	1	4	1,43
Утки	27	2	7	36	12,9
Кулики	9	–	2	11	3,94
Чайковые	11	?	2	13	4,66
Чистиковые	7	2	3	12	4,3
<i>Всего водных птиц</i>	<i>56</i>	<i>5</i>	<i>15</i>	<i>76</i>	<i>27,2</i>
Наземные птицы					
Куропатки	42	3	88	133	47,67
Другие куриные	2	–	–	2	0,72
Сизый (домашний) голубь	29	–	–	29	10,4
Кукушка	–	–	1	1	0,36
Восточная черная ворона	21	–	2	23	8,24
Другие воробьеобразные	13	–	2	15	5,38
<i>Всего наземные птицы</i>	<i>107</i>	<i>3</i>	<i>93</i>	<i>203</i>	<i>72,8</i>
<i>Всего птиц – пищевых объектов</i>	<i>163</i>	<i>8</i>	<i>108</i>	<i>279</i>	<i>100</i>

Из водных и околоводных птиц важнейшую роль в качестве объектов питания кречетов играют утки (12,9% всех птиц, являющихся пищевыми объектами, и почти половина – 47,4% от водных и околоводных видов), а также вся группа ржанкообразных птиц (кулики, чайковые и чистиковые), их доля такая же, как у уток (табл. 3). Больше всего данных о питании кречетов водными и околоводными птицами, в том числе утками, мы собрали на полуострове Камчатка (73,7% всех случаев). При этом основная их часть приходится на осень и зиму. Для реальной оценки значимости птиц этой группы в питании кречетов в Корякском нагорье и на Командорских островах, во-первых, не хватает информации. А во-вторых, в том, что касается Корякского нагорья, надо иметь в виду, что к зиме решающее большинство водных и околоводных птиц улетают

к югу. Это может быть одной из причин, объясняющих относительно невысокую долю птиц этой группы в нашей выборке объектов питания кречетов в этом районе.

### Долевое участие разных млекопитающих в рационе кречетов

Самое большое видовое разнообразие млекопитающих в рационе кречетов мы находим на полуострове Камчатка, но решающая доля их участия в нашей выборке объектов питания (остатки пищи, наблюдения за охотой и т. д.) приходится на Корякское нагорье. Решающую роль в рационе кречетов на Камчатке среди млекопитающих играет американский суслик: 79,0% всех млекопитающих, являющихся пищевыми объектами, и 80,34% наземных видов (табл. 4). В Корякском нагорье его доля особенно высока – 90,7%.

Таблица 4. Долевое соотношение разных млекопитающих, являющихся пищевыми объектами в рационе кречетов (%)

Table 4. The proportion of different mammals-food objects in the diet of gyrfalcons (%)

Виды и группы видов птиц в составе пищевых объектов кречетов	Полуостров Камчатка	Командорские острова	Корякское нагорье	Всего	Доля, %
Водные и околоводные млекопитающие					
Ондатра	2	–	–	2	1,68
<i>Всего водных млекопитающих</i>	2	–	–	2	1,68
Наземные млекопитающие					
Средняя землеройка	1	–	–	1	0,84
Северная пищуха	1	–	1	2	1,68
Заяц-беляк	2	–	2	4	3,36
Американский суслик	6	–	88	94	79,0
Камчатский сурок	1	–	–	1	0,84
Лемминги	–	–	1	1	0,84
Полевки	7	–	4	11	9,24
Серая крыса	1	1	–	2	1,68
Горностай	–	–	1	1	0,84
<i>Всего наземные млекопитающие</i>	19	1	97	117	98,32
<i>Всего млекопитающих – пищевых объектов</i>	21	1	97	119	100

Таким образом, при всем разнообразии рациона кречетов на Камчатке самыми важными (основными в регионе) пищевыми объектами являются куропатки и американский суслик.

### **Региональные, сезонные и биотопические аспекты питания кречетов на Камчатке**

**Зимний период в жизни кречетов (ноябрь – первая половина марта).** Кречеты зимуют на всей территории Камчатского края, но большая часть популяции из северных (континентальных) районов откочевывает на зиму в более южные – на полуостров Камчатка. Судя по анализу возрастного состава птиц, изъятых органами надзора у браконьеров, в Корякском нагорье дольше и в большем количестве задерживаются на зиму взрослые (старые) особи [Лобков, Герасимов, Катранжи, 2014]. Зимой кречеты встречаются практически повсеместно – от морских побережий до высокогорий. В условиях разнообразия мест, где они могут находиться, рацион конкретных особей определяется их биотопическими связями. Все зависит от того, где конкретно кречет проводит зимние месяцы.

В континентальной части региона зима очень суровая. Численность остающихся на зиму водных (утки, чайки) и околородных птиц (например, горный дупель *Gallinago solitaria*) здесь очень низкая, а размещение спорадичное. Благополучие зимней группировки кречетов в Корякском нагорье, на Парапольском доле и в бассейне Пенжины зависит, главным образом, от состояния местных популяций белой и тундряной куропаток. Они являются решающим, местами единственным кормом кречетов зимой. Но даже куропатки не всегда обеспечивают кречетов надежным питанием, поскольку в многолетней дина-

мике их популяций наблюдаются годы депрессий, а в многоснежные зимы, кроме того, куропатки могут страдать из-за нехватки их основного корма – побегов кустарников, которые могут быть полностью занесены снегом. По мнению Р.Н. Сиволобова [2007] от 50 до 70% молодых кречетов в Корякском нагорье не доживает до одного года, погибая в первую же зиму из-за нехватки кормов, а в условиях депрессии популяций куропаток погибает до 90% первогодков и часть взрослых птиц. В таких условиях кречеты придерживаются речных долин, где есть лесные птицы, и чаще появляются на морском побережье, в том числе близ поселков, где частично могут найти замену куропаткам. Например, в поселках Корф и Тиличики они могут зимой охотиться на восточных черных ворон, домашних голубей, а при наличии свободных ото льда участков морской акватории залива Корфа – на морянок.

На полуострове Камчатка, особенно в его южной части, трофическая обстановка для зимующих кречетов иная. Многие реки, ручьи и озера замерзают здесь не полностью, и на них зимуют гусеобразные птицы, а морская прибрежная акватория – место зимовки разных морских птиц, и местами они образуют крупные скопления. Численность куропаток ниже, чем в континентальных районах региона, но встречаются они повсеместно. Поселки и города отличаются крупными скоплениями птиц-синантропов – восточных черных ворон и домашних голубей. Именно к этим местам и тяготеют кречеты зимой. Потому на полуострове Камчатка мы отмечаем наиболее разнообразный (табл. 1) спектр зимнего питания кречетов и наибольшую долю в его рационе уток, восточных черных ворон и домашних голубей.

Млекопитающие зимой на Камчатке являются для кречетов дополнительным

источником пищи при недостатке или отсутствии основных объектов охоты (птиц). В континентальных районах края кречеты могут добывать зайцев и мышевидных грызунов. На Командорских островах временами ловят серых крыс [Мараков, 1972]. На полуострове Камчатка мы неоднократно наблюдали кречетов, сидящих на столбах на косе Семячикского лимана в ожидании полевок. Вероятно, мышевидных грызунов соколы высматривают, когда патрулируют заснеженные сельскохозяйственные поля в Елизовском районе. На свалках они также могут ловить серых крыс.

На острове Парамушир наблюдали за кречетом, поедавшим отходы рыбопереработки, в частности остатки минтая (*Theragra chalcogramm*) и лососевых рыб [Лобков, Лакомов, 2019].

**Период размножения (вторая половина марта – июль).** В период размножения половозрелые особи ведут территориальный образ жизни. Их рацион определяется биотопическим обликом гнездовых и прилегающих к ним охотничьих местобитаний. Мы наблюдали взрослых птиц, которые охотились на удалении до 3 км от гнезда [Лобков, Герасимов, Горюнов, 2007]. Вероятно, это не предел.

В континентальных районах Камчатского края решающая часть популяции кречета гнездится на скалах в горной обстановке, в условиях субальпика (Корякское нагорье, Пенжинский хребет). Их основной рацион представлен куропатками и американским сусликом примерно в равном или близком к тому соотношении или с преобладанием одного из этих компонентов в зависимости от его обилия и доступности в данном районе. Остальные корма (табл. 3 и 4) являются скорее дополнительными и сопутствующими. Хорошо отличается рацион кречетов, гнездящихся на скалах морских берегов. Здесь в пита-

нии взрослых птиц и птенцов возрастает роль морских колониальных птиц (бакланы, чайковые и чистиковые), что населяют соседние участки побережья, а также линяющих и кочующих на море уток и мигрирующих куликов.

Примерно такой же рацион у кречетов на полуострове Камчатка. Куропатки и здесь – основной корм кречетов, гнездящихся в горах. По сравнению с континентальными районами края доля американских сусликов меньше, а общий спектр потребляемых кормов шире. На полуострове Камчатка кречеты способны использовать более разнообразные гнездовые местообитания, соответственно, биотопический аспект питания у них шире. Так, те из кречетов, что гнездятся на речных утесах и деревьях в зоне мелколиственных лесов, ловят преимущественно чайковых птиц, живущих на реках, уток, а также восточных черных ворон, мелких и средних воробьиных, в частности кедровок, дроздов. Куропаток ловят в местах, где к речным долинам примыкают закустаренные кочкарники. Из млекопитающих мы нашли остатки зайчонка [Лобков, Герасимов, Горюнов, 2007].

**Период послегнездовых кочевок и осенней миграции (август – октябрь).** Покинувшие гнезда молодые держатся вместе со взрослыми выводками в районе гнездовой на расстоянии до 8–15 км в течение 1–1,5 месяца. В конце августа – начале сентября многие выводки разбиваются, и молодые поодиночке широко кочуют, постепенно смещаясь в приморскую зону. В течение сентября многие молодые и часть взрослых птиц начинают мигрировать к югу, сначала миграция хорошо заметна на побережьях континентальных районов Камчатского края, а затем и на полуострове Камчатка. Самая ранняя встреча с мигрирующим кречетом на юго-западном побережье

полуострова Камчатка отмечена 8 сентября 2002 г. [Лобков и др., 2020]. Осенняя миграция активно продолжается в октябре. Решающее большинство кречетов пролетает морским побережьем.

В биотопическом отношении большинство кречетов тяготеют в этот период к окрестностям приморских водоемов (к морским заливам, устьям рек, лиманам, приморским озерам), где скапливаются мигрирующие водные и околоводные птицы. Охотно кормятся на покрытых лугами морских косах и низких террасах, где много мышевидных грызунов. Посещают окрестности крупных населенных пунктов (они на Камчатке, как правило, расположены вблизи морского побережья), где всегда высока численность восточных черных ворон, домашних голубей и чаек возле свалок. Преобладающие в таких местах птицы и мелкие млекопитающие составляют обычный рацион мигрантов.

Соответственно, спектр питания у многих кречетов в этот период года наиболее разнообразен. Из общего количества известных нам объектов питания (в основном это наблюдения за охотящимися соколами) на птиц пришлось 90,7%, причем 67,2% из числа добытых или преследовавшихся кречетами птиц – это утки, кулики и чайки, 26,6% – это черные вороны и голуби, 4,2% – куропатки и 2% – воробьиные [Лобков, Герасимов, Горюнов, 2007]. Наибольший объем наблюдений отработан на морских побережьях, возле озер и лиманов и в окрестностях населенных пунктов, но не в горах. Может быть, по этой причине доля куропаток в пищевом рационе занижена.

### **Состояние кормовой базы кречетов на Камчатке**

Популяции видов мелких млекопитающих и птиц, являющихся важнейшими

объектами питания кречетов, находятся на Камчатке в естественном состоянии, подвержены естественным периодическим колебаниям численности либо претерпели незначительное сокращение запасов.

**Куропатки.** Многолетние учеты в 1972–1995 гг. на территории Кроноцкого заповедника свидетельствуют о том, что колебания численности куропаток могут происходить с небольшими подъемами через пять или шесть лет, но наибольшие пики отмечались не ранее, чем через 10 (9–11) лет. Эта цикличность в те годы носила устойчивый характер, прогрессирующего сокращения численности не отмечалось. Данные получены в основном по белой куропатке (*Lagopus lagopus koreni*), поскольку численность тундрной куропатки (*Lagopus mutus pleskei*), населяющей полуостров Камчатка и континентальные районы, не так велика, чтобы уловить цикличность в ее динамике. К сожалению, мониторинг численности куропаток в Кроноцком заповеднике после 1995 г. прекратился, и теперь мы не знаем характера многолетней динамики в этом районе. Вместе с тем, по данным государственного учета, за период с 1995 по 2015 гг. на Камчатке прослеживается 14-летний цикл динамики численности [Кривенко и др., 2019].

Установлено также, что уровень численности, амплитуда ее колебаний и общий характер динамики для куропаток на юге полуострова Камчатка и в континентальных районах региона – разные, что, видимо, свидетельствует о наличии в этих районах разных популяций. Плотность популяции белой куропатки в горных областях континентальных районов Корякии на подъеме составляет (Окланское нагорье, бассейн Пенжины, 2009 г.) в разных местообитаниях от 5,7 до 30,0, в среднем 17,4 пар/км<sup>2</sup>, что выше максимальных величин, установленных для юго-восточных районов

полуострова Камчатка (8–12 пар/км<sup>2</sup>, кальдера вулкана Узон). Зимой в подходящих местообитаниях в лесотундре в Олюторском и Пенжинском районах местные охотники до сих пор наблюдают скопления куропаток сотнями особей и более того.

У нас нет данных, чтобы достоверно сравнить показатели численности куропаток в континентальных районах Корякии за последние 50 лет. Некоторые замечают, что уровень максимальных величин численности белой куропатки в сезоны пика в Корякском нагорье несколько уменьшился. Но в целом состояние вида в Камчатском крае оценивается охотоведами как благополучное [Кривенко и др., 2019].

**Гусеобразные.** В течение последних 10–15 лет произошло некоторое сокращение численности уток, в том числе на зимовке на внутренних водоемах [Лобков, 2003]. Но оно не носит катастрофического характера и не может определять негативные процессы в популяции кречета.

**Синантропные виды птиц (домашний сизый голубь и восточная черная ворона) в населенных пунктах.** Оба вида в городах и поселках Камчатки являются важными объектами охоты кречетов на зимовке. Сизый голубь – интродуцент, его неоднократно завозили на Камчатку. Сейчас он обитает в большинстве населенных пунктов, расселяется человеком, в том числе с активным участием в этом браконьеров, использующих голубей при отлове кречетов. Численность непостоянная, последняя депрессия пришлась на конец 1990-х и начало 2000-х гг., восстановление началось в 2008–2009 гг., и сейчас она стабильно высокая [Лобков, 2019б]. Восточная черная ворона – автохтонный камчатский вид, тесно связанный с жильем человека. Численность достигла максимума к середине первого десятилетия 2000-х гг., но потом сократилась в несколько раз и до

сих пор не восстановилась до прежнего уровня. Нынешнее состояние городских популяций можно условно назвать депрессивным, но вид по-прежнему остается одним из фоновых в орнитологическом населении городов и поселков и образует крупные (сотни и тысячи особей) ночевочные скопления в негнездовое время. Едва ли сокращение численности этого вида, произошедшее примерно 10 лет назад, могло быть ощутимым для рациона зимующих кречетов.

**Американский суслик и другие мелкие млекопитающие.** Нет сведений о негативных процессах в динамике популяций этих видов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях Камчатки питание кречетов можно признать разнообразным: выявлены минимум 41 вид птиц и 11 видов млекопитающих. При недостатке основных кормов кречеты способны поедать отходы рыбопереработки.

Мнение о том, что кречет – один из немногих хищников-стенофагов, в основе рациона которого в начале размножения повсеместно в ареале лежат белая и тундряная куропатки [Potapov, Sale, 2005], для Камчатки неоднозначно. Безусловно, куропатки – важнейший корм кречетов и на Камчатке. Наибольшее (критическое) значение куропатки в питании кречетов имеют зимой в континентальных районах Камчатского края. Но в период размножения у птиц, гнездящихся в горах (это решающая часть камчатской популяции вида) основу рациона примерно в равном или близком тому соотношении имеют куропатки и американский суслик. У тех немногих пар, что гнездятся на морском побережье и вдоль рек в зоне мелколиственных лесов, рацион может состоять

главным образом из водных, околородных и лесных птиц. В негнездовое время (осенью и зимой), в особенности на полуострове Камчатка, важную часть рациона занимают именно водные, околородные, а также синантропные виды птиц.

Для кречетов, совершающих осенью миграцию из континентальных районов на полуостров Камчатка, можно говорить об определенной сезонной смене рациона. Эта смена вызвана предпочтением иных мест обитания с началом осенних кочевков и миграции. Летний акцент в питании, ориентированный у большинства кречетов на добычу в горах и на тундрах, прежде всего, куропаток и сусликов, осенью и зимой сменяется на преимущественную добычу водных и околородных птиц, образующих скопления на водоемах, и синантропных видов в населенных пунктах.

Таким образом, рацион конкретных особей определяется их биотопическими предпочтениями. Все зависит от того, где кречеты проводят данное время и охотятся.

В целом доля водных и околородных птиц в питании кречетов на Камчатке (особенно в негнездовое время) выше, чем это принято считать [Potapov, Sale, 2005].

## ЛИТЕРАТУРА

- Аверин Ю.В. 1948. Наземные позвоночные Восточной Камчатки. *Труды Кроноцкого заповедника*. Вып. 1. Москва. 223 с.
- Аверин Ю.В. 1957. Птицы Камчатского полуострова. *Диссертация ... д-ра биологических наук*. Ленинград: ЗИН АН СССР. 561 с.
- Артюхин Ю.Б. 1991. Гнездовая авифауна Командорских островов и влияние человека на ее состояние. В кн.: *Природные ресурсы Командорских островов (запасы, состояние, вопросы охраны и использования)*. Москва: МГУ. С. 99–137.
- Герасимов Н.Н. 2016. Птицы Карагинского острова. Москва: Изд-во Центра охраны дикой природы. 132 с.
- Доклад о состоянии окружающей среды в Камчатском крае в 2020 г. 2021. Министерство природных ресурсов и экологии Камчатского края. Петропавловск-Камчатский. 385 с.
- Кишинский А.А. 1980. Птицы Корякского нагорья. Москва: Наука. 336 с.
- Кривенко В.Г., Валенцев А.С., Герасимов Ю.Н., Кириченко В.Е., Кузнецов А.В., Слодкевич В.Я., Ткаченко Е.Э. 2019. Охотничьи животные Камчатского края (состояние ресурсов, охрана и рациональное использование). Монография. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. 238 с.
- Лобков Е.Г. 2003. Птицы Камчатки (география, экология, стратегия охраны). *Диссертация в виде научного доклада ... д-ра биол. наук*. Москва: МПГУ. 60 с.
- Лобков Е.Г. 2008. Кречет *Falco rusticolus* Linnaeus, 1758. В кн.: *Красная книга Камчатки. Том 1. Животные*. Петропавловск-Камчатский: Изд-во «Камчатский печатный двор». С. 153–156.
- Лобков Е.Г. 2019а. О необходимости на Камчатке соколиного питомника. Мнение орнитолога. *Материалы XX Международной научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*. Петропавловск-Камчатский. С. 134–139.
- Лобков Е.Г. 2019б. Происхождение синантропного компонента в авифауне населенных пунктов Камчатки. *Материалы XX Международной научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*. Петропавловск-Камчатский. С. 119–125.
- Лобков Е.Г., Герасимов Ю.Н., Горовенко А.В. 2007. Материалы по состоянию популяции кречета на Камчатке.

- Орнитология*. Вып. 34 (1). Москва: МГУ. С. 5–35.
- Лобков Е.Г., Герасимов Ю.Н., Горovenko А.В. 2020. Кречет на Камчатке: состояние популяции, ее фенотипический облик и проблемы сохранения. *Материалы VIII международной конференции РГХП «Соколы Палеарктики: распространение, состояние популяций, экология и охрана»*. Воронеж. С. 150–178.
- Лобков Е.Г., Герасимов Ю.Н., Катранжи Г.Н. 2014. Новые материалы по авифауне залива Корфа (южная часть Корякского нагорья). *Биология и охрана птиц Камчатки*. Вып. 10. Изд-во Центра охраны дикой природы. Москва. С. 33–65.
- Лобков Е.Г., Герасимов Ю.Н., Мосалов А.А., Коблик Е.А. 2021. Птицы Камчатки и Командорских островов. Полевой определитель. Москва: Перо. 422 с.
- Лобков Е.Г., Лакомов С.П. 2019. Отходы рыбопереработки в зимнем питании кречета *Falco rusticolus* на острове Парамушир. *Русский орнитологический журнал*. Т. 28. № 1806. С. 3689–3694.
- Мараков С.В. 1972. Природа и животный мир Командор. Москва: Наука. 184 с.
- Песенко Ю.А. 1982. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. Москва: Наука. 288 с.
- Сиволобов Р. 2007. Властелин неба. Как сохранить камчатскую популяцию кречета. *Охота и рыбалка XXI век*. № 10 (54). С. 98–105.
- Lobkov E.G., Gerasimov Yu.N., Gorovenko A.V. 2011. Status of the Kamchatka Gyrfalcon (*Falco rusticolus*) population and factors affecting it. *Gyrfalcons and Ptarmigan in a Changing World. February 2011. Conference Proceedings*. Vol. II. The Peregrine Fund. Boise, Idaho, USA. P. 279–290.
- Potapov E., Sale R. 2005. The Gyrfalcon. London: T. and A.D. Poyser. 288 p.

## REFERENCES

- Averin Yu.V. 1948. Terrestrial vertebrates of Eastern Kamchatka. *Trudy Kronotskogo zapovednika (Proceedings of the Kronotsky Reserve)*. Vol. 1. Moscow. 223 p. (in Russian).
- Averin Yu.V. 1957. Birds of the Kamchatka Peninsula. *Dissertation for the degree of doctor of biological sciences*. Leningrad: ZIN AN SSSR. 561 p. (in Russian).
- Artyukhin Yu.B. 1991. The nesting avifauna of the Commander Islands and the influence of man on its condition. In: *Natural resources of the Commander Islands (reserves, condition, issues of protection and use)*. Moscow: MGU Publ. P. 99–137 (in Russian).
- Gerasimov N.N. 2016. Birds of Karaginsky Island. Moscow: Publishing House of the Wildlife Conservation Center. 132 p. (in Russian).
- Report on the state of the environment in the Kamchatka Territory in 2020. 2021. Ministry of Natural Resources and Ecology of the Kamchatka Territory. Petropavlovsk-Kamchatsky. 385 p. (in Russian).
- Kischinsky A.A. 1980. Birds of the Koryak Highlands. Moscow: Nauka Publ. 336 p. (in Russian).
- Krivenko V.G., Valentsev A.S., Gerasimov Yu.N., Kirichenko V.E., Kuznetsov A.V., Slodkevich V.Ya., Tkachenko E.E. 2019. Game animals of the Kamchatka Territory (state of resources, protection and rational use). Monograph. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress. 238 p. (in Russian).
- Lobkov E.G. 2003. Birds of Kamchatka (geography, ecology, protection strategy). *Dissertation in the form of a scientific*



- report ... doctor of biological sciences.* Moscow: MPGU. 60 p. (in Russian).
- Lobkov E.G. 2008. The gyrfalcon *Falco rusticolus* Linnaeus, 1758. In: The Red Book of Kamchatka. Vol. 1. Animals. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatsky Pechatny Dvor. P. 153–156 (in Russian).
- Lobkov E.G. 2019a. About the need for a falconry nursery in Kamchatka. Opinion of an ornithologist. *Materials of the XX International Scientific Conference “Conservation of biodiversity of Kamchatka and coastal waters”*. P. 134–139 (in Russian).
- Lobkov E.G. 2019b. Origin of the synanthropic component in the avifauna of settlements of Kamchatka. *Materials of the XX International Scientific Conference “Conservation of biodiversity of Kamchatka and coastal waters”*. P. 119–125 (in Russian).
- Lobkov E.G., Gerasimov Yu.N., Gorovenko A.V. 2007. Materials on the state of the gyrfalcon population in Kamchatka. *Ornitologija (Ornithology)*. Vol. 34 (1). Moscow: MGU. P. 5–35 (in Russian).
- Lobkov E.G., Gerasimov Yu.N., Gorovenko A.V. 2020. Gyrfalcon in Kamchatka: the state of the population, its phenotypic appearance and conservation problems. *Proceedings of the VIII International Conference of the WGCP “The Falcons of the Palearctic: Distribution, populations, ecology and conservation”*. Voronez. P. 150–178 (in Russian).
- Lobkov E.G., Gerasimov Yu.N., Katrangi G.N. 2014. New materials on the avifauna of the Gulf of Corfu (the southern part of the Koryak Highlands). *Biologija i ohrana ptic Kamchatki (The Biology and Conservation of the Birds of Kamchatka)*. Vol. 10. Publishing House of the Wildlife Conservation Center. Moscow: P. 33–65 (in Russian).
- Lobkov E.G., Gerasimov Yu.N., Mosalov A.A., Koblik E.A. 2021. Birds of Kamchatka and the Commander Islands. Field determinant. Moscow: Pero Publ. 422 p. (in Russian).
- Lobkov E.G., Lakomov S.P. 2019. Fish processing waste in the winter diet of the gyrfalcon *Falco rusticolus* on the island of Paramushir. *Russkij ornitologicheskij zhurnal (The Russian Journal of Ornithology)*. Vol. 28. № 1806. P. 3689–3694 (in Russian).
- Marakov S.V. 1972. Nature and wildlife Commander. Moscow: Nauka Publ. 184 p. (in Russian).
- Pesenko Yu.A. 1982. Principles and methods of quantitative analysis in faunal research. Moscow: Nauka Publ. 288 p. (in Russian).
- Sivolobov R. 2007. Lord of the Sky. How to preserve the Kamchatka gyrfalcon population. *Ohota i rybalka XXI vek (Hunting and Fishing XXI Century)*. № 10 (54). P. 98–105 (in Russian).
- Lobkov E.G., Gerasimov Yu.N., Gorovenko A.V. 2011. Status of the Kamchatka Gyrfalcon (*Falco rusticolus*) population and factors affecting it. *Gyrfalcons and Ptarmigan in a Changing World. February 2011. Conference Proceedings*. Vol. II. The Peregrine Fund. Boise, Idaho, USA. P. 279–290.
- Potapov E., Sale R., 2005. The Gyrfalcon. London: T. and A.D. Poyser. 288 p.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Лобков Евгений Георгиевич** – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; доктор биологических наук; профессор кафедры водных биоресурсов, рыболовства и аквакультуры; lobkov48@mail.ru. SPIN-код: 2533-6452; Author ID: 396361; Scopus ID: 6506556409.

**Lobkov Evgeny Georgievich** – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Biological Sciences; Professor of Aquatic Bioresources, Fisheries and Aquaculture Chair; lobkov48@mail.ru. SPIN-code: 2533-6452; Author ID: 396361; Scopus ID: 6506556409.

## ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БУРЫХ ВОДОРОСЛЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БИОГАЗА

Шушпанова Д.В., Капралова Д.О.

Российский университет дружбы народов, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6.

Предлагается использование водорослей порядка Laminariales, произрастающих в акваториях Белого, Баренцева и Охотского морей, для производства биогаза в качестве альтернативного топлива. Выполнена предварительная оценка жизненного цикла производства биогаза из бурых водорослей, в том числе с использованием некондиционного сырья или сырья из штормовых выбросов. Указаны препятствия для их использования с точки зрения экономики, законодательства и логистики.

**Ключевые слова:** биогаз, бурые водоросли, оценка жизненного цикла, растительная биомасса, растительное сырье.

## POSSIBILITIES OF USING BROWN SEAWEEDS IN BIOGAS PRODUCTION

Shushpanova D.V., Kapralova D.O.

RUDN University, Moscow, Miklukho-Maklaya Str. 6.

It is proposed to use seaweeds of the order Laminariales growing in the waters of the White, Barents and Okhotsk seas for biogas production as an alternative fuel. A preliminary assessment of the life cycle of biogas production from brown seaweeds, including the use of substandard raw material or seaweeds from storm emissions has been carried out. The obstacles to their use from the point of view of economics, legislation and logistics are indicated.

**Key words:** biogas, brown seaweed, life cycle assessment, plant biomass, plant raw material.

### ВВЕДЕНИЕ

Развитие систем газоснабжения и газификации в регионах Российской Федерации является одним из наиболее приоритетных направлений программы Президента России. Программа по газификации регионов РФ получила статус нацпроекта в 2005 г., к ее реализации приступило ПАО «Газпром», которое инвестировало более 3,5 млрд рублей. К сожалению, на сегодняшний день газифицировано около 70% территории РФ, из которой городов и по-

селков городского типа – 73%, сельской местности – 61,8% [Сибнаука, 2020; Газификация ..., 2021]. Наименее газифицированными регионами признаны Восточная Сибирь и Дальний Восток. Также негазифицированными остаются Республика Карелия, Архангельская и Мурманская области [Сибнаука, 2020].

Следовательно, в сложившихся условиях для небольших населенных пунктов, удаленных от газовых магистралей, целесообразно найти свой источник получения газа. Как правило, такими источниками

могут служить растительное сырье, отходы растениеводства, животноводства и органические компоненты твердых коммунальных отходов.

Одним из видов сырья для получения биогаза в регионах с низким уровнем газификации могут стать ламинариевые водоросли, ресурсный потенциал которых для разных прибрежных районов Российской Федерации отличается. Так, у Мурманского побережья запасы промысловых ламинариевых водорослей оценены в 200 тыс. тонн [Экологический атлас, 2020], у южных Курильских островов – в 593 тыс. тонн [Евсеева, 2019] и у Северных Курил только ресурсы хедофиллума Бонгарда (*Hedophyllum bongardianum*) составляют 22,8 тыс. тонн [Подкорытова и др., 2020].

По данным А.В. Подкорытовой с соавторами [Подкорытова и др., 2020], существует проблема недоиспользования бурых водорослей в связи с отсутствием возможностей заготавливать большие объемы сырья из-за его плохой сохранности и высоких расходов на транспортировку до перерабатывающих предприятий. Без обработки ламинариевые водоросли быстро теряют свои товарные качества, что исключает их последующую реализацию. Однако использование некондиционных водорослей в качестве сырья для производства биогаза поможет обеспечить газом труднодоступные территории России, а также снизить экологическую нагрузку от образующихся отходов переработки сырья.

Водорослевое сырье для получения биогаза привлекает большое внимание в странах Евросоюза, США, Южной Америки, Израиле, Китае и других прибрежных государств, которые имеют высокий потенциал не только для сбора дикорастущих водорослей, но и их культивирования.

Целью данной работы является анализ возможности применения биомассы ламина-

риевых водорослей в качестве альтернативного варианта производства биогаза.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для достижения поставленной цели авторами проведен ретроспективный анализ литературных источников российских и иностранных авторов. Элементный состав бурых водорослей на примере ламинариевых представлен работами К.Г. Боголицына с соавторами [Боголицын и др., 2012, 2020]. Для характеристики химического состава водорослей российских морей использовали данные, представленные в работах Н.М. Аминой, К.Г. Боголицына, Н.Г. Ключковой, Е.Д. Облучинской и А.В. Подкорытовой [Аминина, 2015; Аминина и др., 2007; Боголицын и др., 2012, 2020; Ключкова, Ключкова, 2007; Облучинская, 2020; Подкорытова и др., 2020]. По данным [Vanavil Balakrishnan et al., 2022] представлен биохимический состав бурых водорослей.

Анализ биометанового потенциала проведен по данным иностранных авторов [Song et al., 2015; Vanegas, Bartlett, 2013; Zhen et al., 2015]. На основе анализа литературных источников определены стадии газообразования в процессе анаэробного сбраживания биомассы бурых водорослей [Michalak, 2018; Paul et al., 2016; Song et al., 2015; Zhen et al., 2015].

В качестве основы для оценки жизненного цикла получения биогаза из бурых водорослей использован ГОСТ Р ИСО 14044-2019 «Экологический менеджмент. Оценка жизненного цикла. Требования и рекомендации». Согласно данному ГОСТу авторами была представлена обобщенная схема жизненного цикла производства биогаза из ламинариевых водорослей с учетом их сбора, сушки, транспортировки на перерабатывающие предприятия и производства биогаза.

Для выявления препятствий использования бурых водорослей для производства биогаза использовали литературные источники [Каплицин 2017; Экологический атлас, 2020; Buschmann et al., 2014; Tabassum et al., 2017].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

### Получение биогаза из бурых водорослей

Использование биогаза дает возможность получения одновременно нескольких видов энергоресурсов – газа, моторного топлива, тепла и электроэнергии [Егоров, 2009].

Биогаз образуется в результате брожения органического сырья анаэробными

бактериями и микроорганизмами. Схема образования биогаза представляет собой четыре стадии: гидролиза, кислотообразования, ацетогенеза и метаногенеза (рис. 1).

Состав биогаза напрямую зависит от вида органического сырья. Основные компоненты биогаза: метан (CH<sub>4</sub>), углекислый газ (CO<sub>2</sub>), сероводород (H<sub>2</sub>S), аммиак (NH<sub>3</sub>) и водород (H<sub>2</sub>) (рис. 2).

Наибольшее количество биогаза образуется при распаде жиров, а наименьшее – при распаде белков. В таблице 1 представлены количественные показатели биогаза, получаемого при анаэробном сбраживании белков, жиров и углеводов.

Элементный состав беззольной части бурых водорослей определяется основными органогенами: углеродом, водородом, серой и азотом (табл. 2).

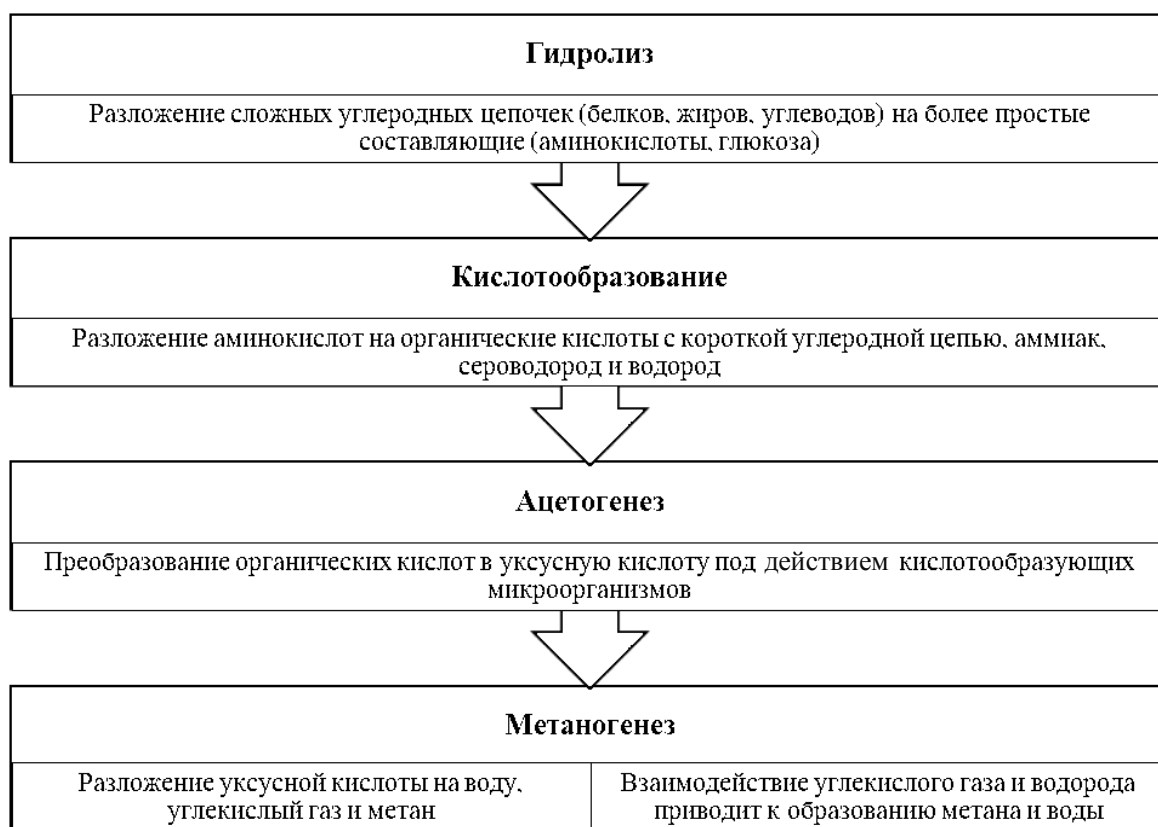


Рис. 1. Стадии образования биогаза методом анаэробного сбраживания

Fig. 1. Stages of biogas production by anaerobic digestion

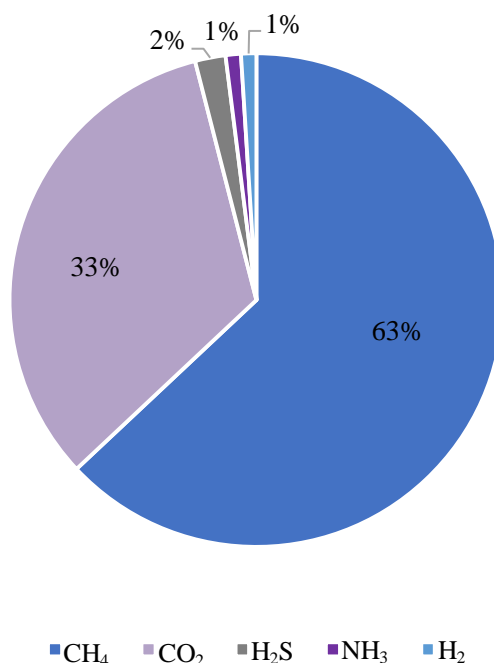


Рис. 2. Состав биогаза в % [Биогаз ..., 2015]

Fig. 2. Composition of biogas, % [Biogas ..., 2015]

Таблица 1. Масса биогаза и количество метана, производимого в процессе анаэробного сбраживания белков, жиров и углеводов [Нестеренко ..., 2009]

Table 1. The mass of biogas and the amount of methane produced during the anaerobic fermentation of proteins, fats and carbohydrates [Nesterenko ..., 2009]

Вещества	Удельный выход биогаза, мл/г	Количество CH <sub>4</sub> в биогазе	Масса газа, получаемого при разложении 1 г вещества
Белки	704	71,0	0,71
Жиры	1250	68,0	1,31
Углеводы	790	50,0	0,96

Таблица 2. Элементный состав бурых водорослей на примере ламинарий, в % от сухого вещества

Table 2. Elemental composition of brown seaweeds on the example of kelp, in % of dry matter

Вид сырья	C, %	H, %	N, %	S, %	Ссылка
<i>Laminaria digitata</i>	26,66	3,91	2,78	0,81	Боголицын и др., 2012
	33,98	5,35	1,45	н/д	Боголицын и др., 2020
<i>Saccharina latissima</i>	28,46	4,42	2,49	0,54	Боголицын и др., 2012
	32,27	5,51	1,65	н/д	Боголицын и др., 2020

Бурые водоросли значительно отличаются от наземных растений химическим составом, а также физиологическими и морфологическими особенностями. По сравнению с наземной биомассой бурые водоросли имеют высокое содержание воды (70–90% сырой массы) и минералов, в том числе щелочных металлов (10–50% сухой массы) [Ross et al., 2008]. Содержание белка в бурых морских водорослях обычно составляет от 3 до 15% сухого вещества [Schiener et al., 2015]. Содержание липидов варьируется от 1 до 5% сухого веса [Jensen, 1993]. Биомасса *Laminaria digitata* может содержать до 32% золы в пересчете на сухое вещество. Значительное количество золы состоит из ионов калия, натрия, магния и кальция [Schiener et al., 2015].

Химический состав бурых водорослей различных районов Дальнего Востока достаточно подробно изучен, что позволяет определить перспективность их видового состава для промысла и переработки. Наиболее ценными с этой точки зрения можно

считать *Saccharina japonica*, *S. gurjanovae*, *Hedophyllum bongardianum*, *H. dentigerum* [Аминина, 2015].

Стоит отметить, что в состав сухого вещества водорослей, произрастающих в акваториях российских морей, входят органические и минеральные соединения, содержание которых варьируется от 62,8 до 78,2 и от 21,9 до 37,81% соответственно. В состав органических веществ входят белки, высокомолекулярные (альгиновая кислота) и низкомолекулярные (маннит) углеводы, клетчатка (в основном целлюлоза), простые сахара (табл. 3) [Подкорытова и др., 2020].

Бурые водоросли имеют низкое содержание лигнина, следовательно, имеют преимущества для биопереработки, так как не возникает необходимости в сложных процессах, таких как удаление лигнина и детоксикация соединений, ингибирующих лигнин [Meinita et al., 2012].

Биохимический состав бурых водорослей представлен на рисунке 3.

Таблица 3. Химический состав бурых водорослей российских морей, в % на сухое вещество

Table 3. Chemical composition of brown seaweeds in Russian seas in % on dry matter

Регион исследования	Вид водоросли	Белок	Альгиновая кислота	Маннит	Ссылка
Баренцево море	<i>Laminariales</i>	4,88	34,5	15,0	Облучинская, 2020
Белое море	<i>Saccharina latissima</i>	н/д	22,2	17,3	Боголицы и др., 2012
	<i>Laminaria digitata</i>	н/д	23,27	16,7	
	<i>Saccharina latissima</i>	8,8	30,65	19,8	Боголицы и др., 2020
	<i>Laminaria digitata</i>	7,6	31,4	19,19	
Камчатский шельф	<i>Hedophyllum bongardianum</i>	9,5–12,6	33–38,2	11,4–15,0	Клочкова, Клочкова, 2007
Авачинский залив (Камчатка)	<i>Laminariales</i>	5,1–18,0	23,5–33,7	8,2–13,2	Аминина, 2015
	<i>Laminaria gurjanovae</i>	2,9	21,3	9,7	Аминина и др., 2007
	<i>Hedophyllum bongardianum</i>	8,3	34,1	15,3	
Залив Анива (Сахалин)	<i>Laminariales</i>	9,6–19,2	22,3–30,0	6,7–13,6	Аминина, 2015
Южное Приморье	<i>Saccharina japonica</i>	9,7	26,3	12,8	Аминина и др., 2007
Южные Курилы	<i>Saccharina japonica</i>	33,44	12	н/д	Подкорытова и др., 2020

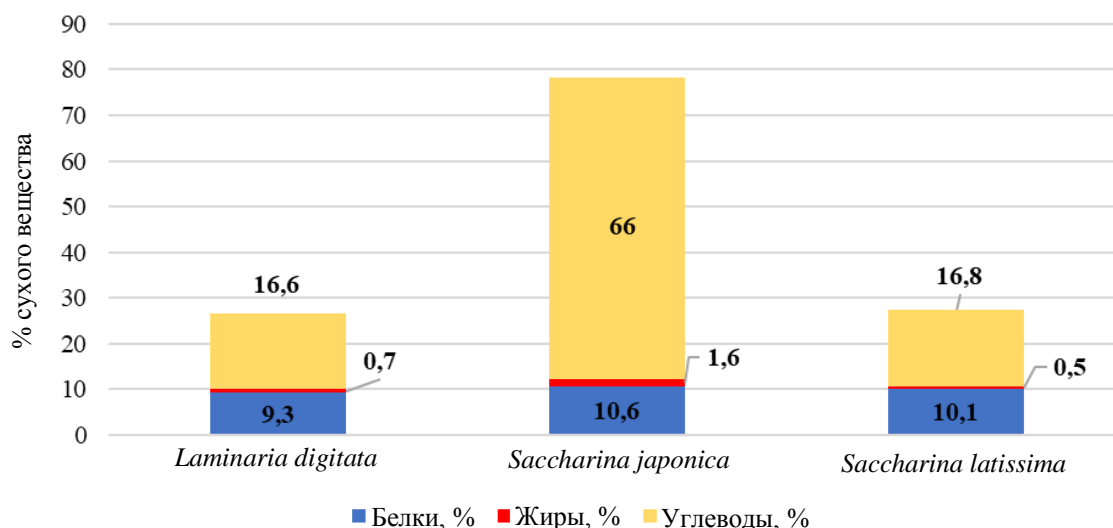


Рис. 3. Биохимический состав бурых водорослей (БЖУ), в % на сухое вещество по данным [Vanavil Balakrishnan et al., 2022]

Fig. 3. Biochemical composition of brown seaweeds, in % on dry matter due to data [Vanavil Balakrishnan et al., 2022]

Особенности биохимического состава бурых водорослей *L. digitata*, *S. latissima* и *S. japonica* делают их пригодными для метаногенного сбраживания и дают преимущества по сравнению с наземными видами биотопливного сырья. Согласно исследованиям Е.А. Мембере [2018], при оценке биометанового потенциала для предварительно обработанных и высушенных образцов ламинариевой водоросли *L. digitata* выходы метана составили  $(141 \pm 5,77)$  мл  $\text{CH}_4/\text{г}$  сухого вещества и  $(207 \pm 0,07)$  мл  $\text{CH}_4/\text{г}$  сухого вещества соответственно. Исследования влияния температуры на изменения биометанового потенциала при получении биогаза из *L. digitata* выявили тенденцию  $35^\circ\text{C} > 25^\circ\text{C} > 45^\circ\text{C} > 55^\circ\text{C}$ . Данный температурный ряд показывает степень активности метаногенных микроорганизмов при адаптации к изменениям среды в процессе анаэробного сбраживания. При температуре  $35^\circ\text{C}$  выход биометана был максимальным.

Аналогичные результаты были получены при непрерывной ферментации с мезофильными ( $35^\circ\text{C}$ ) реакторами. Они дают лучший совокупный выход метана, чем термофильные ( $55^\circ\text{C}$ ) реакторы [Мем-

бере, 2018]. Как правило, диапазон выхода метана, полученного из бурых водорослей (табл. 4), сопоставим с другими сельскохозяйственными субстратами (например, свиной навоз, лигноцеллюлозные остатки) [Michalak, 2018].

Бурые водоросли являются хорошим сырьем для ферментации метана, учитывая их уникальный углеводный состав и низкое содержание лигнина. Высокий массоперенос между субстратом и микроорганизмами обеспечивается повышенной влажностью, ускоряя рост микробов и биоконверсию [Zhen et al., 2015; Paul et al., 2016]. Биометановый потенциал бурых водорослей составляет менее 50% теоретического потенциала  $\text{CH}_4$  [Song et al., 2015], несмотря на это, он значительно превышает выход энергии из других видов органической биомассы (табл. 4).

Так как данных по получению биометана из макроводорослей у отечественных авторов не обнаружено, мы использовали информацию зарубежных исследователей, которые выявили высокий выход биометана из ламинариевых водорослей в лабораторных условиях, результаты которых представлены в таблице 5.

Таблица 4. Биометановый потенциал бурых водорослей в сравнении с другими видами органической биомассы [Thompson et al., 2019]

Table 4. Biomethane potential of brown seaweeds in comparison with other types of organic biomass [Thompson et al., 2019]

Вид сырья	Биометановый потенциал, л/кг сухого вещества
Бурые водоросли	204–380
Сахарные культуры	241
Рисовая солома	281
Лигноцеллюлозная биомасса	10–258
Отходы животноводства и осадки сточных вод	247–293

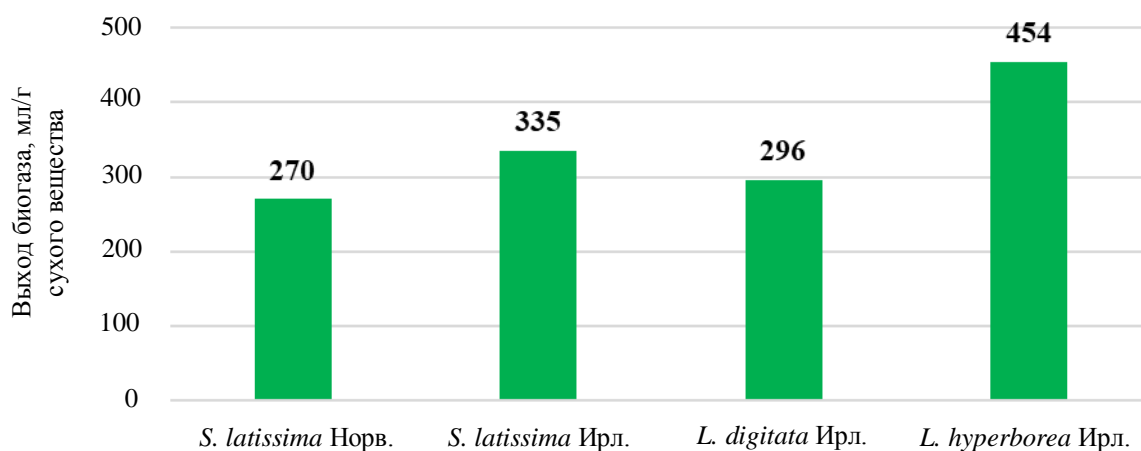


Рис. 4. Выход биогаза методом анаэробного сбраживания из разных видов бурых водорослей [Michalak, 2018]

Fig. 4. Biogas yield by anaerobic digestion from different species of brown algae [Michalak, 2018]

Таблица 5. Выход метана из ламинариевых водорослей без предварительной обработки и с предварительной обработкой

Table 5. Production of methane from kelp without pretreatment and with pretreatment

Вид водоросли	Выход метана без предварительной обработки, мл СН <sub>4</sub> /кг сухого вещества	Выход метана с предварительной обработкой, мл СН <sub>4</sub> /кг сухого вещества	Вид обработки	Ссылка
<i>Laminaria hyperborea</i>	280	–	–	Vivekanand et al., 2012
<i>Saccharina latissima</i>	230	–	–	
<i>Saccharina latissima</i>	223	260	Обработка паровым взрывом при 130°C (τ = 10 мин)	Tedesco, Stokes, 2017
<i>Saccharina latissima</i>	223	268	Обработка паровым взрывом при 160°C (τ = 10 мин)	
<i>Saccharina latissima</i>	223	270	Обработка паровым взрывом с пшеничной соломой при 210°C (τ = 10 мин)	
<i>Laminaria hyperborea</i>	–	454	Обработка вместе с осадком сточных вод	



### Схема получения биогаза

На основе используемых традиционных схем получения биогаза из растительного наземного сырья нами составлена обобщенная схема получения биогаза из бурых водорослей (рис. 5).

На схеме показаны этапы роста, транспортировки и переработки бурых водорослей в основные продукты и биогаз. Предполагается, что водоросли произрастали в естественной среде на глубине от 3,6 м и ниже при температуре менее 15°C, солености от 25 до 35‰, при скорости течения менее 0,7 м/с. Стадия культивирования водорослей не рассматривается потому, что она не используется в Российской Федерации в промышленных масштабах.

Добыча водорослей осуществляется либо драгами с лодок, либо с участием водолазов. В обоих случаях способ добычи водорослей ручной. Драгами добывают до

110 т водорослей за сутки, водолазы срезают водоросли до 2 тонн за 1 час [Shushrapova, Kapralova, 2021].

Некондиционные водоросли (испорченные, рваные, с пятнами, потерявшие потребительские качества, высушенные с нарушением технологии и т. д.), а также водоросли из штормовых выбросов не используют, так как они выделяют слизь, и через неделю превращаются в вязкую, не пригодную к использованию биомассу.

Сушка водорослей также происходит вручную – развешивают на вешалах и оставляют сушиться под солнцем или в сухую погоду до двух суток. После сушки водоросли транспортируют на перерабатывающий завод, где производят продукцию для фармацевтической, косметологической и пищевой промышленности. Транспортировка водорослей осуществляется грузовым водным транспортом.

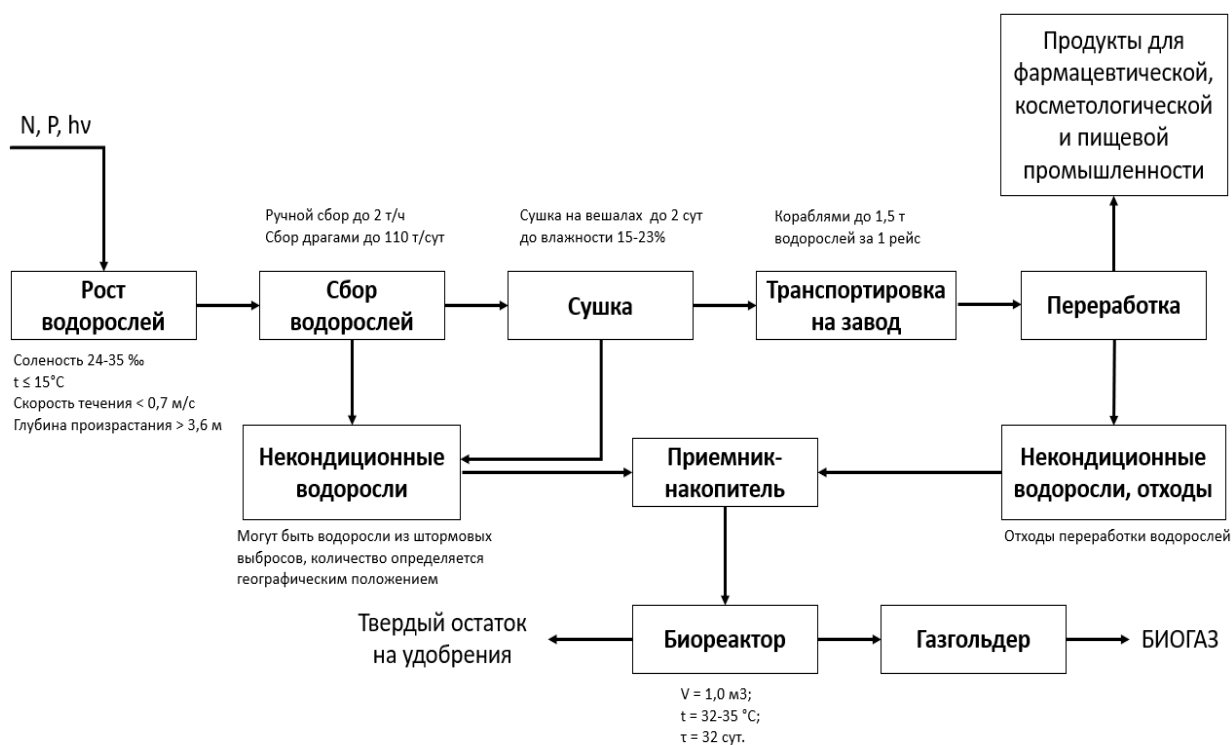


Рис. 5. Обобщенная схема производства биогаза из бурых водорослей Белого моря

Fig. 5. Scheme of biogas production from the White Sea brown seaweeds

Отходы переработки водорослей могут быть использованы в качестве удобрения или корма скоту (на схеме не показано), либо их направляют в приемник-накопитель, где они превращаются в биомассу за период от 7 до 25 дней. Далее биомассу предлагается направлять в биореактор (метантенк), который в мезофильных условиях (при  $t = 32\text{--}35^\circ\text{C}$ ) в течение 32 дней анаэробным сбраживанием будет производить биогаз. Полученный биогаз направляется в газгольдер и далее используется в различных технологических процессах.

Процентное содержание метана и углекислого газа при анаэробном сбраживании бурых водорослей составляет 50–72 и 10–45% соответственно [Vanegas, Bartlett, 2013]. Полученный биогаз пригоден для процессов сжигания в котельной (характерно для Российской Федерации) или когенерации в мини-ТЭС (характерно для европейских стран), следовательно, его можно использовать для отопления труднодоступных поселений или использовать для отопления непосредственно перерабатывающего предприятия.

Удельная теплота сгорания (энергетическая ценность) биогаза составляет 60–70% удельной теплоты сгорания природного газа или порядка 7 000 ккал на  $\text{м}^3$ .  $1\text{ м}^3$  биогаза также эквивалентен 1,5–2,2 кВт · ч электроэнергии и 2,8–4,1 кВт · ч тепла или 1 л дизельного топлива, 0,6 кг бензина, 0,8  $\text{м}^3$  природного газа или 1,5 кг дров [Егоров, 2009; Добрынина и др., 2010].

Также в качестве оптимизации процесса получения биогаза может быть использована заморозка водорослей при  $-70^\circ\text{C}$  в течение 20 минут, что позволит увеличить выработку газообразных водорода и метана в 2,7 и 3,4 раза соответственно. Обработка водорослей замораживанием в лабораторных условиях дает максимальное количество биогаза при начальном оп-

тимальном pH 7,0. При оптимальных условиях в 5-литровом биореакторе может быть произведено максимум 1 605,03 мл/л водорода и 4 593,71 мл/л газообразного метана [Kim et al., 2012].

### **Препятствия для эксплуатации бурых водорослей в качестве сырья для производства биогаза**

Основным препятствием для крупномасштабного экономического использования бурых водорослей в качестве сырья для производства биогаза является недостаток данных о постоянных запасах сырья в акваториях российских морей. Оценить запасы водорослей очень сложно, довольно часто существует большая погрешность в оценках, в некоторых случаях она составляет  $\pm 40\%$  [Mac Monagail et al, 2017]. Получение точных данных о постоянных запасах бурых водорослей является важной основой для построения надежных планов по их стабильному использованию, управлению выловом и дальнейшей переработкой в продукты и биотопливо.

Также большое значение имеет надежный доступ к ресурсу, и могут возникнуть неоднозначные понимание и трактовка законодательства в отношении вылова и использования водорослей. Так как сам процесс сбора водорослей является достаточно трудоемким, активное участие в нем принимают лишь физически подготовленные мужчины в возрасте 25–45 лет [Паспорт инвестпроекта ..., 2014].

В настоящее время единственным местом европейской части России, в котором ведется добыча и переработка арктических бурых водорослей в промышленных масштабах, является регион западного сегмента Арктики: Баренцево и Белое моря, акватории островных и прибрежных территорий [Каплицин, 2017].

Вместе с тем масштаб затрат, связанных с сушкой бурых водорослей и их транспортировкой до точки обработки, может стать препятствием для развития экономически жизнеспособной отрасли [Tabassum et al., 2017], однако данное препятствие можно устранить за счет оптимального расположения перерабатывающих предприятий [Buschmann et al., 2014] и грамотной логистики. Одной из проблем, связанных с переработкой водорослевого сырья, является отсутствие электричества и инфраструктуры на местах, поэтому приходится перевозить сырье на производство более чем за 380 км. На данный момент в России существует два логистических направления по реализации ламинариевых водорослей: на экспорт в Китай, который увеличивается с каждым годом, и на переработку внутри страны. При этом часть перерабатывающих заводов расположена относительно близко к местам добычи (Сахалин, Владивосток, Архангельск), а часть – в Москве.

Также можно отметить, что положительное влияние на рынок водорослевой биомассы могут оказать развитие регионов, добывающих водоросли, развитие новых технологий и акцент на здоровый образ жизни. При этом отрицательным влиянием пока остается падение уровня доходов населения и недоосвоение запасов сырья и крайне скудные возможности для его переработки [Экологический атлас, 2020].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время добыча и переработка водорослей в промышленных масштабах ведется в западном сегменте Арктической зоны Российской Федерации – акватории островных и прибрежных территорий Белого и Баренцева морей. При этом добыча и переработка во-

дорослей может вестись на территории Дальнего Востока.

Биохимический состав ламинариевых водорослей российских морей определяется высоким содержанием углеводов (до 66% сухого вещества), что делает их пригодными для метаногенного сбраживания с диапазоном выхода метана, сопоставимым с наземными сельскохозяйственными субстратами, отходами животноводства и осадками сточных вод. Для метаногенного сбраживания могут использоваться штормовые выбросы водорослей из-за их особенностей гниения, позволяющих без предварительной подготовки загружать субстрат в метантенки.

Представлена обобщенная схема жизненного цикла производства биогаза из ламинариевых водорослей с учетом их сбора, сушки, транспортировки на перерабатывающие предприятия и производства биогаза. Процентное содержание метана в биогазе составляет 50–72%. Это соответствует представленным теоретическим данным по биометановому потенциалу. Полученный биогаз пригоден для сжигания в котельных или мини-ТЭС в труднодоступных регионах России.

Препятствиями для использования бурых водорослей в качестве сырья для производства биогаза являются недостаток и разрозненность точных сведений о постоянных запасах водорослевого сырья; пробелы и недочеты в российском законодательстве по вылову и использованию морских водорослей (в том числе из штормовых выбросов), а также использованию биогазовых технологий; трудности в оценке затрат на транспортировку водорослей от места вылова до перерабатывающего завода, а также на сушку бурых водорослей. При этом акцент на здоровый образ жизни населения, зеленые источники энергии, возможность децентрализованного производства топлива

может дать толчок для инвестирования в развитие новых технологий для культивирования, вылова и переработки водорослей в продукты народного хозяйства.

### ЛИТЕРАТУРА

- Аминина Н.М., Вишневецкая Т.И., Гурулева О.Н., Ковековдова Л.Т. 2007. Состав и возможности использования бурых водорослей дальневосточных морей. *Вестник ДВО РАН*. № 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sostav-i-vozmozhnosti-ispolzovaniya-buryh-vodorosley-dalnevostochnyh-morey> (дата обращения: 01.02.2022).
- Аминина Н.М. 2015. Сравнительная характеристика бурых водорослей прибрежной зоны Дальнего Востока. *Известия ТИНРО*. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitel'naya-harakteristika-buryh-vodorosley-pribrezhnoy-zony-dalnego-vostoka> (дата обращения: 07.05.2021).
- Биогаз: основные характеристики и технология получения. 2015. URL: [http://www.cleandex.ru/articles/2015/07/22/biogas\\_article1](http://www.cleandex.ru/articles/2015/07/22/biogas_article1) (дата обращения: 13.02.2021).
- Боголицын К.Г., Каплицын П.А, Ульяновский Н.В., Пронина О.А. 2012. Комплексное исследование химического состава бурых водорослей Белого моря. *Химия растительного сырья*. № 4. С. 153–160. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompleksnoe-issledovanie-himicheskogo-sostava-buryh-vodorosley-belogo-morya> (дата обращения: 01.02.2022).
- Боголицын К.Г., Паршина А.Э., Дружинина А.С., Шульгина Е.В. 2020. Сравнительная характеристика химического состава некоторых представителей бурых водорослей Белого и Желтого морей. *Химия растительного сырья*. № 3. С. 35–46. DOI: 10.14258/jcprm.2020037417.
- Газификация регионов России. URL: <https://mrg.gazprom.ru/about/gasification> (дата обращения: 13.02.2021).
- ГОСТ Р ИСО 14044-2019 Экологический менеджмент. Оценка жизненного цикла. Требования и рекомендации. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293726/4293726835.pdf> (дата обращения: 13.02.2021).
- Добрынина О.М., Калинина Е.В., Остапенко Г.Ф. 2010. Технико-экономическое обоснование внедрения биогазовой установки на биологических очистных сооружениях города Перми. *Научные исследования и инновации*. Т. 4. №. 4. С. 48–58.
- Евсеева Н.В. 2019. К вопросу о рациональном промысле ламинариевых водорослей Сахалино-Курильского региона. *Труды СахНИРО «Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях»*. Т. 15. С. 146–165.
- Егоров И. 2009. Рынок биогаза в России и мире. URL: [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwib-qvm\\_JzzAhUvIIsKHWz9Bn0QFnoECAIQAAQ&url=http%3A%2F%2Fimgimo.ru%2Fupload%2Fdocs\\_3%2Fvie3\\_biogas\\_Egorov\\_2011-10-27.pptx&usg=AOvVaw1pGekoSUpJCZoUsrcLMfLB](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwib-qvm_JzzAhUvIIsKHWz9Bn0QFnoECAIQAAQ&url=http%3A%2F%2Fimgimo.ru%2Fupload%2Fdocs_3%2Fvie3_biogas_Egorov_2011-10-27.pptx&usg=AOvVaw1pGekoSUpJCZoUsrcLMfLB) (дата обращения: 26.09.2021).
- Каплицын П.А. 2017. Особенности химического и компонентного состава, структуры и свойств биомассы арктических бурых водорослей. *Диссертация ... канд. хим. наук*. Архангельск. 150 с.
- Клочков А.А., Клочкова Н.Г. 2007. Химический состав ламинарий камчатского шельфа и их использование для производства пищевой и лечебно-про-

- филактической продукции. *Известия вузов. Пищевая технология*. № 5–6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/himicheskij-sostav-laminarij-kamchatskogo-shelfa-i-ih-ispolzovanie-dlya-proizvodstva-pischevoj-i-lechebno-profilakticheskoj-produktsii> (дата обращения: 01.02.2022).
- Нестеренко Е.В. 2009. Получение биогаза из органики очистных сооружений. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/161786562.pdf> (дата обращения: 07.05.2021).
- Облучинская Е.Д. 2020. Фитохимические и технологические исследования водорослей Баренцева моря. *Труды Кольского научного центра РАН*. № 4–7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/fitohimicheskie-i-tehnologicheskie-issledovaniya-vodorosley-barentseva-morya> (дата обращения: 26.09.2021).
- Паспорт инвестиционного проекта «Заготовка и переработка водорослей и лекарственных растений». 2014. URL: [https://terskyrayon.gov-murman.ru/napravleniya-deyatelnosti/investoram/Lekarstven\\_rastenia.pdf](https://terskyrayon.gov-murman.ru/napravleniya-deyatelnosti/investoram/Lekarstven_rastenia.pdf) (дата обращения: 26.09.2021).
- Подкорытова А.В., Рощина А.Н., Евсева Н.В., Усов А.И., Головин Г.Ю., Попов А.М. 2020. Бурые водоросли порядков Laminariales и Fucales Сахалино-Курильского региона: запасы, добыча, использование. *Труды ВНИРО «Технология переработки водных ресурсов»*. Т. 181. С. 235–256.
- Почем газ для народа (Сибнаука). URL: <http://www.sib-science.info/ru/institutes/pochem-gaz-dlya-naroda-23112020> (дата обращения: 13.02.2021).
- Экологический атлас. 2020. Баренцево море. ПАО «НК «Роснефть». ООО «Арктический Научный Центр». Фонд «НИР». Москва. 447 с.
- Buschmann A.H. et al. 2014. The status of kelp exploitation and marine agronomy, with emphasis on *Macrocystis pyrifera*, in Chile. *Advances in Botanical Research*. Vol. 71. P. 161–188.
- Jensen A. 1993. Present and future needs for algae and algal products. *Fourteenth International Seaweed Symposium*. Springer, Dordrecht. P. 15–23.
- Kim J.Y. et al. 2012. Freeze Treatment of sludge for the biogas production from brown macroalgae. *Applied Chemistry for Engineering*. Vol. 23. №. 6. P. 594–598.
- Mac Monagail M. et al. 2017. Sustainable harvesting of wild seaweed resources. *European Journal of Phycology*. Vol. 52. №. 4. P. 371–390.
- Meinita M.D.N. et al. 2012. Bioethanol production from the acid hydrolysate of the carrageenophyte *Kappaphycus alvarezii* (cottonii). *Journal of Applied Phycology*. Vol. 24. №. 4. P. 857–862.
- Members E.A. 2018. The feasibility of using brown seaweed, *Laminaria digitata*, as feedstock for generating bioenergy and biomaterials. Newcastle University. URL: <https://theses-test.ncl.ac.uk/jspui/handle/10443.1/4264> (дата обращения: 06.05.2021).
- Michalak I. 2018. Experimental processing of seaweeds for biofuels. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment*. Vol. 7. №. 3. P. e288.
- Paul R., Melville L., Sulu M. 2016. Anaerobic digestion of micro and macro algae, pretreatment and co-digestion-biomass – a review for a better practice. *International Journal of Environmental Science and Development*. Vol. 7. №. 9. P. 646.
- Ross A.B. et al. 2008. Classification of macroalgae as fuel and its thermochemical behaviour. *Bioresource Technology*. Vol. 99. №. 14. P. 6494–6504.
- Schiener P. et al. 2015. The seasonal variation in the chemical composition of the kelp species *Laminaria digitata*, *Laminaria hyperborea*, *Saccharina latissima* and

- Alaria esculenta*. *Journal of Applied Phycology*. Vol. 27. №. 1. P. 363–373.
- Shushpanova D.V., Kapralova D.O. 2021. Life-cycle assessment of kelp in biofuel production. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 1079. №. 7. P. 072023.
- Song M. et al. 2015. Marine brown algae: a conundrum answer for sustainable bio-fuels production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 50. P. 782–792.
- Tabassum M.R., Xia A., Murphy J.D. 2017. Potential of seaweed as a feedstock for renewable gaseous fuel production in Ireland. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 68. P. 136–146.
- Tedesco S., Stokes J. 2017. Valorisation to biogas of macroalgal waste streams: a circular approach to bioproducts and bioenergy in Ireland. *Chemické Zvesti (To the Chemist to Zvet)*. Vol. 71. №. 4. P. 721.
- Thompson T.M., Young B. R., Baroutian S. 2019. Advances in the pretreatment of brown macroalgae for biogas production. *Fuel Processing Technology*. Vol. 195. P. 106–151.
- Vanavil Balakrishnan et al. 2022. Seaweed Bioprocessing for Production of Biofuels and Biochemicals. In: *Zero Waste Biorefinery*. Springer. P. 345–380.
- Vanegas C.H., Bartlett J. 2013. Green energy from marine algae: biogas production and composition from the anaerobic digestion of Irish seaweed species. *Environmental Technology*. Vol. 34. №. 15. P. 2277–2283.
- Vivekanand V., Eijsink V.G.H., Horn S.J. 2012. Biogas production from the brown seaweed *Saccharina latissima*: thermal pretreatment and codigestion with wheat straw. *Journal of Applied Phycology*. Vol. 24. №. 5. P. 1295–1301.
- Zhen G. et al. 2015. Mesophilic anaerobic codigestion of waste activated sludge and *Egeria densa*: Performance assessment and kinetic analysis. *Applied Energy*. Vol. 148. P. 78–86.

## REFERENCES

- Aminina N.M., Vishnevskaya T.I., Guruleva O.N., Kovekovdova L.T. 2007. The composition and possibilities of using brown algae of the Far Eastern seas. *Vestnik DVO RAN (Vestnik of Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences)*. № 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sostav-i-vozmozhnosti-ispolzovaniya-buryh-vodorosley-dalnevostochnyh-morey> (accessed: 01.02.2022) (in Russian).
- Aminina N.M. 2015. Comparative characteristics of brown algae of the coastal zone of the Far East. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyaya-harakteristika-buryh-vodorosley-pribrezhnoy-zony-dalnego-vostoka> (accessed: 07.05.2021) (in Russian).
- Biogas: main characteristics and technology of production. 2015. URL: [http://www.cleandex.ru/articles/2015/07/22/biogas\\_article1](http://www.cleandex.ru/articles/2015/07/22/biogas_article1) (accessed: 13.02.2021) (in Russian).
- Bogolitsyn K.G., Kaplitsyn P.A., Ulyanovsk N.V., Pronina O.A. 2012. Comprehensive study of the chemical composition of brown algae of the White Sea. *Khimija rastitel'nogo syr'ja (Chemistry of Plant Raw Material)*. № 4. P. 153–160. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompleksnoe-issledovanie-himicheskogo-sostava-buryh-vodorosley-belogo-morya> (accessed: 01.02.2022) (in Russian).
- Bogolitsyn K.G., Parshina A.E., Druzhinina A.S., Shulgina E.V. 2020. Comparative characteristics of the chemical composition of some representatives of brown algae of the White and Yellow Seas.

- Khimiya rastitel'nogo syr'ja (Chemistry of Plant Raw Material)*. № 3. P. 35–46. DOI: 10.14258/jcprm.2020037417 (in Russian).
- Gasification of the regions of Russia. URL: <https://mrg.gazprom.ru/about/gasification> (accessed: 13.02.2021) (in Russian).
- GOST R ISO 14044-2019 Environmental management. Life cycle assessment. Requirements and recommendations. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293726/4293726835.pdf> (accessed: 13.02.2021) (in Russian).
- Dobrynina O.M., Kalinina E.V., Ostapenko G.F. 2010. Feasibility study of the introduction of a biogas plant at the biological treatment facilities of the city of Perm. *Nauchnye issledovaniya i innovacii Scientific Research and Innovation*. Vol. 4. № 4. P. 48–58 (in Russian).
- Evseeva N.V. 2019. On the issue of rational fishing of kelp algae of the Sakhalin-Kuril region. *Transactions of the "SakhNIRO" Water life biologie, resources status and condition of inhabitation in Sakhalin-Kuril region and adjoining water areals*. Vol. 15. P. 146–165 (in Russian).
- Egorov I. 2009. The biogas market in Russia and the world. URL: [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwib-qvm\\_JzzAhUv1IsKHWz9Bn0QFnoECAIQAQ&url=http%3A%2F%2Fmgimo.ru%2Fupload%2Fdocs\\_3%2Fvie3\\_biogas\\_Egorov\\_2011-10-27.pptx&usg=AOvVaw1pGekoSUpJCZoUsrcLMfLB](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwib-qvm_JzzAhUv1IsKHWz9Bn0QFnoECAIQAQ&url=http%3A%2F%2Fmgimo.ru%2Fupload%2Fdocs_3%2Fvie3_biogas_Egorov_2011-10-27.pptx&usg=AOvVaw1pGekoSUpJCZoUsrcLMfLB) (accessed: 26.09.2021) (in Russian).
- Kaplitsin P.A. 2017. Features of chemical and component composition, structure and properties of biomass of Arctic brown algae. *Candidacy dissertation for chemical sciences*. Arkhangelsk. 150 p. (in Russian).
- Klochkov A.A., Klochkova N.G. 2007. Chemical composition of the Kamchatka shelf kelp and their use for the production of food and therapeutic and preventive products. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya (News of Universities. Food Technology)*. № 5–6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/himicheskiy-sostav-laminariy-kam-chatskogo-shelfa-i-ih-ispolzovanie-dlya-proizvodstva-pischevoy-i-lechebno-profilakticheskoy-produktsii> (accessed: 01.02.2022) (in Russian).
- Nesterenko E.V. 2009. Obtaining biogas from organic waste treatment facilities. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/161786562.pdf> (accessed: 07.05.2021) (in Russian).
- Obluchinskaya E.D. 2020. Phytochemical and technological studies of algae of the Barents Sea. *Trudy Kol'skogo nauchnogo centra RAN (Proceedings of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences)*. № 4–7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/fitohimicheskie-i-tehnologicheskie-issledovaniya-vodorosley-barentseva-morya> (accessed: 26.09.2021) (in Russian).
- Passport of the investment project Harvesting and processing of algae and medicinal plants. 2014. URL: [https://terskyrayon.govmurman.ru/napravleniya-deyatelnosti/investoram/Lekarstven\\_rastenia.pdf](https://terskyrayon.govmurman.ru/napravleniya-deyatelnosti/investoram/Lekarstven_rastenia.pdf) (accessed: 26.09.2021) (in Russian).
- Podkorytova A.V., Roshchina A.N., Evseeva N.V., Usov A.I., Golovin G.Yu., Popov A.M. 2020. Brown algae of the orders Laminariales and Fucales of the Sakhalin-Kuril region: reserves, extraction, use. *Trudy VNIRO (Proceedings VNIRO "Technology of Water Resources Processing")*. Vol. 181. P. 235–256 (in Russian).
- How much gas for the people (Sibnauka). URL: <http://www.sib-science.info/ru/institutes/pochem-gaz-dlya-naroda-23112020> (accessed: 13.02.2021) (in Russian).
- Ecological Atlas. 2020. The Barents Sea. PJSC "NK "Rosneft". LLC "Arctic Sci-

- entific Center". The NIR Foundation. Moscow. 447 p. (in Russian).
- Buschmann A.H. et al. 2014. The status of kelp exploitation and marine agronomy, with emphasis on *Macrocystis pyrifera*, in Chile. *Advances in Botanical Research*. Vol. 71. P. 161–188.
- Jensen A. 1993. Present and future needs for algae and algal products. *Fourteenth International Seaweed Symposium*. Springer, Dordrecht. P. 15–23.
- Kim J.Y. et al. 2012. Freeze Treatment of sludge for the biogas production from brown macroalgae. *Applied Chemistry for Engineering*. Vol. 23. №. 6. P. 594–598.
- Mac Monagail M. et al. 2017. Sustainable harvesting of wild seaweed resources. *European Journal of Phycology*. Vol. 52. №. 4. P. 371–390.
- Meinita M.D.N. et al. 2012. Bioethanol production from the acid hydrolysate of the carrageenophyte *Kappaphycus alvarezii* (cottonii). *Journal of Applied Phycology*. Vol. 24. №. 4. P. 857–862.
- Members E.A. 2018. The feasibility of using brown seaweed, *Laminaria digitata*, as feedstock for generating bioenergy and biomaterials. Newcastle University. URL: <https://theses-test.ncl.ac.uk/jspui/handle/10443.1/4264> (accessed: 06.05.2021).
- Michalak I. 2018. Experimental processing of seaweeds for biofuels. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment*. Vol. 7. № 3. P. e288.
- Paul R., Melville L., Sulu M. 2016. Anaerobic digestion of micro and macro algae, pretreatment and co-digestion-biomass – a review for a better practice. *International Journal of Environmental Science and Development*. Vol. 7. №. 9. P. 646.
- Ross A.B. et al. 2008. Classification of macroalgae as fuel and its thermochemical behavior. *Bioresource Technology*. Vol. 99. № 14. P. 6494–6504.
- Schiener P. et al. 2015. The seasonal variation in the chemical composition of the kelp species *Laminaria digitata*, *Laminaria hyperborea*, *Saccharina latissima* and *Alaria esculenta*. *Journal of Applied Phycology*. Vol. 27. №. 1. P. 363–373.
- Shushpanova D.V., Kapralova D.O. 2021. Life-cycle assessment of kelp in biofuel production. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 1079. № 7. P. 072023.
- Song M. et al. 2015. Marine brown algae: a conundrum answer for sustainable biofuels production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 50. P. 782–792.
- Tabassum M.R., Xia A., Murphy J.D. 2017. Potential of seaweed as a feedstock for renewable gaseous fuel production in Ireland. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 68. P. 136–146.
- Tedesco S., Stokes J. 2017. Valorization of biogas from macro-fungal waste streams: a circular approach to bio-products and bioenergy in Ireland. *Chemické Zvesti (To the Chemist to Zvet)*. Vol. 71. № 4. P. 721.
- Thompson T.M., Young B.R., Baroutian S. 2019. Advances in the pretreatment of brown macroalgae for biogas production. *Fuel Processing Technology*. Vol. 195. P. 106–151.
- Vanavil Balakrishnan et al. 2022. Seaweed Bioprocessing for Production of Biofuels and Biochemicals. In: *Zero Waste Biorefinery*. Springer. P. 345–380.
- Vanegas C.H., Bartlett J. 2013. Green energy from marine algae: biogas production and composition from the anaerobic digestion of Irish seaweed species. *Environmental Technology*. Vol. 34. №. 15. P. 2277–2283.
- Vivekanand V., Eijsink V.G.H., Horn S.J. 2012. Biogas production from the brown seaweed *Saccharina latissima*: thermal pretreatment and codigestion with wheat



straw. *Journal of Applied Phycology*.  
Vol. 24. №. 5. P. 1295–1301.  
Zhen G. et al. 2015. Mesophilic anaerobic co-  
digestion of waste activated sludge and

*Egeria densa*: Performance assessment  
and kinetic analysis. *Applied Energy*.  
Vol. 148. P. 78–86.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Шушпанова Джемма Викторовна** – Российский университет дружбы народов; 117198, Россия, Москва; аспирант Института Экологии; jshoo@yandex.ru. SPIN-код: 5023-3950; ORCID 0000-0002-1722-8744.

**Shushpanova Dzhemma Viktorovna** – RUDN University; 117198, Russia, Moscow, Postgraduate of the Ecology Institute; jshoo@yandex.ru. SPIN-code: 5023-395; ORCID 0000-0002-1722-8744.

**Капралова Дарья Олеговна** – Российский университет дружбы народов; 117198, Россия, Москва; кандидат биологических наук, доцент Департамента рационального природопользования Института Экологии; dorris@yandex.ru. SPIN-код: 6615-8631; ORCID 0000-0003-1131-4331.

**Kapralova Daria Olegovna** – RUDN University; 117198, Russia, Moscow, Miklukho-Maklaya Str., 6; Candidate of Biological Sciences, Associated Professor of the Rational Nature Management Department of the Ecology Institute; dorris@yandex.ru. SPIN-code: 6615-8631; ORCID 0000-0003-1131-4331.

## **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:

### **Приборостроение, метрология и информационно-измерительные приборы и системы:**

Приборы и методы измерений (по видам измерений) (технические науки);

Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий (технические науки);

Информационно-измерительные и управляющие системы (по отраслям) (физико-математические науки).

### **Технология продовольственных продуктов:**

Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств (технические науки);

Биотехнология пищевых продуктов и биологических активных веществ (технические науки);

Промышленное рыболовство (технические науки).

### **Общая биология:**

Экология (биологические науки);

Зоология (биологические науки);

Гидробиология (биологические науки);

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](mailto:vestnik@kamchatgtu.ru). Название файла должно содержать фамилию автора статьи.

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

– анкета-заявка на опубликование. Если у статьи несколько авторов, то сведения предоставляются полностью о каждом из них, указывается автор для переписки с редакцией (Приложение 1);

– согласие автора о передаче права на публикацию рукописи и распространение в российских и международных электронных базах данных (Приложение 2);

– акт экспертизы / экспертное заключение в форме, принятой в направляющей организации;

– разрешение на опубликование материалов от организации, в которой работает автор с подписью руководителя и печатью организации (для внешних авторов).

## Рецензирование рукописей

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.<sup>1</sup>, Петрова А.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Камчатский государственный технический университет, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Ключевская, 35.

<sup>2</sup> 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.<sup>1</sup>, Petrova A.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kamchatka State Technical University, Petropavlovsk-Kamchatsky, Klyuchevskaya Str. 35.

<sup>2</sup> 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*

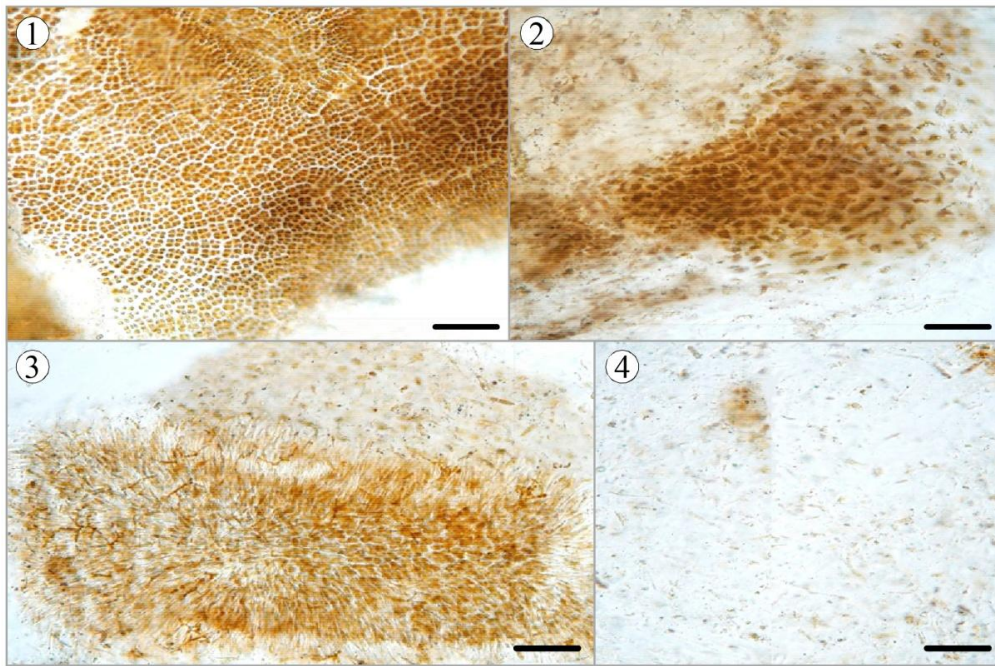


Рис. 1. Последовательность мацерации тканей *Saccharina bongardiana*: 1 – разделение дорсальной и вентральной половин слоевища и разрыхление корового слоя; 2 – разрыхление и дезинтеграция клеток меристодермы и медуллярной ткани; 3 – фрагмент соруса спорангиев с дезинтегрированными зооспорангиями и парафизами; 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  $\mu\text{m}$  (1, 3, 4), 50  $\mu\text{m}$  (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

Учредитель:  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Камчатский государственный технический университет»

Издание зарегистрировано в Управлении Федеральной службы по надзору в сфере связи,  
информационных технологий и массовых коммуникаций по Камчатскому краю  
Регистрационный номер ПИ № ТУ41-00321 от 01 декабря 2020 года

Главный редактор Т.А. Ключкова

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

Адрес редакции, издателя, типографии:

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

Дата выхода в свет 31.03.2022 г.  
Формат 60\*84/8. Печать цифровая. Гарнитура Times New Roman  
Авт. л. 8,96. Уч.-изд. л. 9,61. Усл. печ. л. 13,95  
Тираж 500 экз. Заказ № 3

Подписной индекс в каталоге «Почта России» ПН093

Цена свободная

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