

ISSN 2079-0333

**ВЕСТНИК
Камчатского
государственного
технического
университета**



**Научный
журнал**

Основан в 2002 г.

16+

**ВЫПУСК
46**

2018



Петропавловск-Камчатский

ISSN 2079-0333

**ВЕСТНИК
Камчатского
государственного
технического
университета**



**Научный
журнал**

Основан в 2002 г.

Bulletin of Kamchatka State Technical University

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

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

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

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

ВЫПУСК

46

2018

Петропавловск-Камчатский

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Клочкова Н.Г. (главный редактор)	доктор биологических наук, директор центра научного образования, научных и инновационных проектов Камчатского государственного технического университета
Клочкова Т.А. (научный редактор)	доктор биологических наук, доктор философии биологии (Ph.D.), доцент кафедры экологии и природопользования Камчатского государственного технического университета
Ольхина О.В. (ответственный секретарь)	заведующий издательством Камчатского государственного технического университета
Белавина О.А. (технический секретарь)	кандидат химических наук, заведующий сектором патентования и научно-квалификационной деятельности отдела науки и инноваций Камчатского государственного технического университета
Богданов В.Д.	доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии продуктов питания Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета
Бурдин А.М.	доктор биологических наук, профессор кафедры водных биологических ресурсов, рыболовства и аквакультуры Камчатского государственного технического университета
Голохваст К.С.	доктор биологических наук, проректор по научной работе Дальневосточного федерального университета, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности в техносфере, научный руководитель научно-образовательного центра «Нанотехнологии», директор Дальневосточного регионального научного центра Российской академии образования
Йотсукура Н.	доктор философии биологии (Ph.D.), профессор, директор Морской станции Ошоро, научно-исследовательский центр по изучению северной биосферы Университета Хоккайдо (Япония)
Кадникова И.А.	доктор технических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник лаборатории безопасности и качества морского растительного сырья Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра
Каленик Т.К.	доктор медицинских наук, профессор, профессор Департамента пищевых наук и технологий Школы биомедицины Дальневосточного федерального университета
Карпенко В.И.	доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры водных биоресурсов, рыболовства и аквакультуры Камчатского государственного технического университета
Ким Г.Х.	доктор философии биологии (Ph.D.), профессор, заведующий лабораторией альгологии Национального университета Конджу (Республика Корея)
Короченцев В.И.	доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой приборостроения Дальневосточного федерального университета
Лобков Е.Г.	доктор биологических наук, профессор кафедры водных биоресурсов, рыболовства и аквакультуры Камчатского государственного технического университета
Мандрикова О.В.	доктор технических наук, доцент, заведующий лабораторией системного анализа Института космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН
Потапов В.В.	доктор технических наук, главный научный сотрудник научно-исследовательского отдела Научно-исследовательского геотехнологического центра Дальневосточного отделения Российской академии наук
Приходько Ю.В.	доктор технических наук, профессор, директор департамента пищевых наук и технологий Дальневосточного федерального университета
Сенкевич Ю.И.	доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории акустических исследований Института космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН
Сивоконь В.П.	доктор технических наук, профессор кафедры энергетических установок и электрооборудования судов Камчатского государственного технического университета
Усов А.И.	доктор химических наук, главный научный сотрудник лаборатории химии углеводов Института органической химии имени Н.Д. Зелинского РАН
Швецов В.А.	доктор химических наук, доцент, профессор кафедры энергетических установок и электрооборудования судов Камчатского государственного технического университета

EDITORIAL BOARD

Klochkova N.G. (Editor-in-chief)	Doctor of Biological Sciences, Head of Center for Scientific Education, Research and Innovation Projects, Kamchatka State Technical University
Klochkova T.A. (Scientific Editor)	Doctor of Biological Sciences, Doctor of Philosophy in Biology (Ph.D.), Associate Professor of Ecology and Nature Management Chair, Kamchatka State Technical University
Olkhina O.V. (Executive Secretary)	Head of Publishing House, Kamchatka State Technical University
Belavina O.A. (Technical Secretary)	Candidate of Chemical Sciences, Head of the Patenting and Scientific Qualification Activity Sector of Science and Innovation Department, Kamchatka State Technical University
Bogdanov V.D.	Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Food Technology Chair, Far Eastern State Technical Fisheries University
Burdin A.M.	Doctor of Biological Sciences, Professor of Water Bioresources, Fishery and Aquaculture Chair, Kamchatka State Technical University
Golokhvast K.S.	Doctor of Biological Sciences, Vice-Rector for Research of Far Eastern Federal University, Professor of Life Safety in Technosphere Chair, Academic Director of Research and Education Center "Nanotechnologies", Head of Far East Regional Scientific Center of Russian Academy of Education
Yotsukura N.	Doctor of Philosophy in Biology (Ph.D.), Professor, Director of Oshoro Marine Station, Field Science Center for Northern Biosphere, Hokkaido University (Japan)
Kadnikova I.A.	Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Leading Researcher of Seaweed Raw Material Safety and Quality Laboratory, Pacific Scientific Research Fisheries Center
Kalenik T.K.	Doctor of Medical Sciences, Professor, Professor of Food Science and Technology Department, School of Biomedicine of Far Eastern Federal University
Karpenko V.I.	Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of Water Bioresources, Fishery and Aquaculture Chair, Kamchatka State Technical University
Kim G.H.	Doctor of Philosophy in Biology (Ph.D.), Professor, Head of Phycology Laboratory, Kongju National University (South Korea)
Korochentzev V.I.	Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Head of Instrumentation Chair, Far Eastern Federal University
Lobkov E.G.	Doctor of Biological Sciences, Professor of Water Bioresources, Fishery and Aquaculture Chair, Kamchatka State Technical University
Mandrikova O.V.	Doctor of Technical Sciences, Docent, Head of System Analysis Laboratory, Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation FEB RAS
Potapov V.V.	Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher of Research Department, Research Geotechnological Center FEB RAS
Prikhodko Y.V.	Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Food Science and Technology Department, Far Eastern Federal University
Senkevich Y.I.	Doctor of Technical Sciences, Docent, Leading Researcher of Acoustic Researches Laboratory, Institute of Cosmophysical Research and Radio Waves Propagation FEB RAS
Sivokon V.P.	Doctor of Technical Sciences, Professor of Power Plants and Electrical Equipment of Ships Chair, Kamchatka State Technical University
Usov A.I.	Doctor of Chemical Sciences, Chief Researcher of Carbohydrate Chemistry Laboratory, N.D. Zelinsky Institute of Organic Chemistry RAS
Shvetsov V.A.	Doctor of Chemical Sciences, Docent, Professor of Power Plants and Electrical Equipment of Ships Chair, Kamchatka State Technical University

Содержание

РАЗДЕЛ I. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Алешков А.В., Жебо А.В., Каленик Т.К.

Аналоги, заменители и имитации пищевой продукции:
аспекты терминологии, классификации и качества.....6

Альшевская М.Н., Трофимова В.Ю.

Научное обоснование совершенствования технологических параметров
бескислотной пастилы.....15

Благонравова М.В.

Разработка технологии вина из ягод рябины бузинолистной
с добавлением ламинариевых водорослей.....23

Божко А.С., Титова И.М., Проневич Н.А.

Научно-экспериментальное обоснование рецептур обогащенных рыбных продуктов
для обеспечения уровня физиологической потребности в витаминах группы В.....29

Макарова Н.В., Еремеева Н.Б., Быков Д.Е., Давыдова Я.В.

Исследование органолептических, прочностных, физико-химических свойств
многослойной съедобной пленки на основе яблочного сырья.....35

Салтанова Н.С., Мищенко О.В.

Влияние добавления водорослевого отвара в рецептурный состав теста
на жизнеспособность дрожжевых клеток.....47

РАЗДЕЛ II. БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Введенская Т.Л., Улатов А.В.

Антропогенное влияние на лососевые водотоки в период строительства
и эксплуатации магистрального газопровода (Камчатка).....53

Изергин Л.И., Изергина Е.Е.

Использование гематологических показателей молоди кеты и горбуши
для оценки их адаптационного статуса в ранний морской период.....66

Карпенко В.И., Бонк А.А., Лозовой А.П.

Биологическая характеристика некоторых рыб в низовье реки Коль.....73

Кириченко К.Ю., Вахнюк И.А., Дрозд В.А., Голохваст К.С.

Исследование загрязнения атмосферы населенных пунктов Камчатского края
с помощью лазерной гранулометрии.....86

Позднякова Ю.М., Ковалев Н.Н., Бусарова О.Ю., Михеев Е.В.

Некоторые биохимические показатели лососевых рыб бассейна озера Азабачье (Камчатка).....95

Седова Н.А., Пташкина Е.М.

Распределение личинок креветок в восточной части Охотского моря
в июне – июле 2015 года.....101

Степаньян О.В., Кулыгин В.В.

Влияние разливов нефти на прибрежно-водные и водные растения Азовского моря:
модельный эксперимент.....114

Правила направления, рецензирования и опубликования рукописей статей.....123

Алфавитный указатель статей, опубликованных в журнале «Вестник КамчатГТУ»
в 2018 году (№ 43–46).....125

Редакционное сообщение.....128

Contents

SECTION I. TECHNICAL SCIENCES

Aleshkov A.V., Zhebo A.V., Kalenik T.K. Food products analogues, substitutes and imitations: terminology, classification and quality aspects	6
Alshevskaya M.N., Trofimova V.Y. Scientific substantiation of glueless pastes technological parameters perfection.....	15
Blagonravova M.V. Development of wine technology from berries of sorbus sambucifolia with laminaria algae addition	23
Bozhko A.S., Titova I.M., Pronevich N.A. Scientific and experimental substantiation of enriched fish products recipes to ensure the level of physiological needs in B vitamins	29
Makarova N.V., Ereemeeva N.B., Bykov D.E., Davydova Y.V. Study of organoleptic, strength, physico-chemical properties of multilayered edible film on the basis of apple raw material	35
Saltanova N. S., Mishchenko O.V. The influence of the algae broth addition to the dough formulation on the yeast cells viability	47

SECTION II. BIOLOGICAL SCIENCES

Vvedenskaya T.L., Ulatov A.V. Anthropogenic impact on salmon watercourses during the construction and operation of the main gas pipeline (Kamchatka)	53
Izergin L.I., Izergina E.E. Using the hematological parameters of juvenile chum and pink salmon to assess their adaptation status in the early marine period.....	66
Karpenko V.I., Bonk A.A., Lozovoy A.P. Biological characteristics of some fishes in the lower part of the river Kol	73
Kirichenko K.Y., Vakhniuk I.A., Drozd V.A., Golokhvast K.S. Study of the atmospheric pollution of Kamchatskiy krai settlements by laser granulometry	86
Pozdnyakova Y.M., Kovalev N.N., Busarova O.Y., Mikheev E.V. Some biochemical indicators of salmonids in the lake Azabache basin (Kamchatka)	95
Sedova N.A., Ptashkina E.M. Distribution of shrimps larvae in the eastern part of the sea of Okhotsk during june – july, 2015	101
Stepanyan O.V., Kulygin V.V. The impact of oil spills on coastal aquatic and aquatic plants of the Azov sea: a simulation experiment.....	114
Regulations for manuscripts direction, reviewing and publication.....	123
Author index of articles published in the journal «Bulletin of Kamchatka State Technical University» in 2018 (№ 43–46).....	125
Editorial post	128

РАЗДЕЛ I. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 664

А.В. Алешков, А.В. Жебо, Т.К. Каленик

**АНАЛОГИ, ЗАМЕНИТЕЛИ И ИМИТАЦИИ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ:
АСПЕКТЫ ТЕРМИНОЛОГИИ, КЛАССИФИКАЦИИ И КАЧЕСТВА**

Целью предлагаемого исследования стала разработка классификации аналогов, заменителей и имитаций продуктов питания, иллюстрируемой на примере анализа потребительских характеристик имитированной пищевой рыбной продукции (крабовых палочек) и заменителей сливок (кремов на растительных маслах), представленных на рынке Хабаровска. Проведенное исследование позволило дать определения терминам «заменитель пищевой продукции», «имитация пищевой продукции», разработать классификацию аналогов, заменителей и имитаций пищевой продукции по товарным группам. На примере имитированной пищевой рыбной продукции и кремов на растительных маслах показаны сложности в идентификации на фоне достаточно высоких потребительских характеристик.

Ключевые слова: аналог, заменитель, имитация, пищевая продукция, классификация.

A.V. Aleshkov, A.V. Zhebo, T.K. Kalenik

**FOOD PRODUCTS ANALOGUES, SUBSTITUTES AND IMITATIONS:
TERMINOLOGY, CLASSIFICATION AND QUALITY ASPECTS**

The purpose of the research is to develop the classification of food products analogues, substitutes and imitations on the example of the consumer characteristics analysis of the imitated food fish products (crab sticks) and cream substitutes (creams on vegetable oils) presented at Khabarovsk market. This research allowed to give definitions to the terms "food products substitute", "food products imitation", to develop the classification of food products analogues, substitutes and imitations by commodity groups. On the example of the imitated food fish products and creams on vegetable oils the difficulties in identification along with sufficiently high consumer characteristics are shown.

Key words: analogue, substitute, imitation, food products, classification.

DOI: 10.17217/2079-0333-2018-46-6-14

Введение

Рост стоимости натуральной, особенно аутентичной и органической пищи, ограниченность ресурсов для ее воспроизводства на фоне кризисных явлений в экономике большинства стран мира привели к распространению пищевых продуктов с пониженной потребительной стоимостью, среди которых особое место занимают аналоги, заменители и имитации натуральных продуктов питания [1, 2]. Ассортимент такой продукции сегодня широк, а научные подходы к ее систематизации не разработаны. Теория товароведения рассматривает заменители, аналоги и имитации преимущественно с позиций фальсифицируемости пищевых продуктов, несмотря на то, что они имеют самостоятельный статус и представлены на рынке под собственными наименованиями. Более того, данная пищевая продукция по ряду критериев относится к инновационной, поскольку разработка технологий аналогов, заменителей и имитаций основана на применении как продуктовых, так и процессных инноваций, включая использование нетрадиционного пищевого сырья, новых видов пищевых добавок и новых технологических приемов.

Идентификацию подобной продукции затрудняет отсутствие обобщенной терминологии. Так, ТР ЕАЭС 040/2016 применяет термин «имитированная пищевая рыбная продукция» в отношении пищевой рыбной продукции, воспроизводящей органолептические показатели заданного имити-

руемого продукта [3]. Термин «аналог» используется в отношении пищевого продукта, аналогичного мясному продукту по органолептическим показателям, изготовленного по мясной технологии с использованием немясных ингредиентов животного и(или) растительного, и(или) минерального происхождения, с массовой долей мясных ингредиентов в рецептуре не более 5% [4]. В то же время имитации пищевых продуктов распространяются не только на рыбные товары, а аналоги – не только на мясные. Термин «заменитель (субститут, эрзац) пищевой продукции» в нормативной документации отсутствует, что обуславливает необходимость разработки его определения.

Цель и задачи исследования

Целью исследования стала разработка классификации аналогов, заменителей и имитаций продуктов питания, иллюстрируемой на примере анализа потребительских характеристик имитированной пищевой рыбной продукции (крабовых палочек) и заменителей сливок (кремов на растительных маслах), представленных на локальном рынке (г. Хабаровск).

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Дать определения терминам «аналог пищевой продукции», «заменитель пищевой продукции», «имитация пищевой продукции».
2. Разработать примерную классификацию аналогов, заменителей и имитаций натуральных продуктов питания.
3. Провести экспертизу образцов кремов на растительных маслах и крабовых палочек по органолептическим и физико-химическим показателям.

Методы исследования

При разработке классификации аналогов, заменителей и имитаций натуральных продуктов питания применялись теоретические методы научного познания – анализ, синтез, систематизация.

При определении органолептических и физико-химических показателей использовались стандартизированные методики в соответствии с межгосударственными и национальными стандартами. Критерии дегустационной оценки имитированной пищевой рыбной продукции были разработаны в виде 5-балльной шкалы с оценкой по шести показателям (внешний вид, цвет, запах, консистенция, вкус, сочность) с выведением среднего балла по среднему арифметическому. Органолептическая оценка кремов на растительных маслах осуществлялась по 20-балльной шкале, разработанной на основе ГОСТ 31451-2013 [5] и ГОСТ Р ИСО 22935-2-2011 [6]. В дегустации принимали участие пять экспертов.

Влагосвязывающую способность (ВСС) в имитированной пищевой рыбной продукции определяли методом Грау – Хамма в модификации ВНИИМП [7], уровень pH – по ГОСТ 28972-91 [8].

Информационно-аналитический обзор

Информационно-аналитическое исследование позволило выделить отдельные виды пищевых продуктов, для замены которых разработаны технологии аналогов, заменителей и имитаций. Основными драйверами этого инновационного процесса выступают снижение себестоимости, пищевые запреты (например, замена животных продуктов растительными для вегетарианцев), ограничение в обороте или крайняя редкость натурального продукта (черная икра). Рассмотренные примеры были обобщены в виде единой классификационной системы.

Одним из наиболее известных и распространенных заменителей пищевой продукции является маргарин, насчитывающий полуторачековой опыт применения. Достижения пищевой химии смогли превращать недорогие растительные масла в твердые, легко намазываемые эмульсионные жировые продукты путем гидрогенизации и перэтерификации, что позволило не только имитировать консистенцию сливочного масла, но и успешно заменять его в кондитерской, хлебопекарной и других отраслях пищевой индустрии. Дополнительным преимуществом стало отсутствие холестерина в его составе. Современные требования к маргаринам делают их максимально безопасными: с 2018 г. содержание трансизомеров жирных кислот в них не должно превышать 2%, что ниже, чем в натуральном сливочном масле [9].

Более совершенным и современным заменителем сливочного масла является спред, имеющий максимально приближенные к нему органолептические показатели и низкую температуру плавления. Эти же преимущества обуславливают частые случаи фальсификации сливочного масла спредами. Так, известны масло сливочное «Крестьянское» и спред «Крестьянский», маркировка которых выполнена в сходном до степени смешения дизайне.

Заменители масла какао представлены растительными жирами, имеющими аналогичные какао-маслу физические свойства, но существенно отличающиеся от него по жирнокислотному составу. Они включают эквиваленты какао-масла, заменители POP-типа (с наличием 2-олеодипальмитина), нетемперируемые заменители лауринового и нелауринового типа, изготавливаемые из тропических масел (кокосовое, пальмовое) [9]. Saygi D. et al предлагают заменитель жира на основе фундука [10]. В литературе описаны заменители жира с пониженной калорийностью на основе полиоловалкенил-сукцината крахмала (2,1 ккал на 1 г) [11], геля из наноцеллюлозы и соевого изолята [12], салатрим (6 ккал на 1 г), бескалорийный олеостра.

Заменителем какао в кондитерской промышленности являются кэроб, сладкий порошок из мякоти стручков рожкового дерева, и менее распространенный джекфрут (канун, индийское хлебное дерево) [13]. В отличие от кофе и какао, кэроб не содержит кофеина и теобромина, вызывающих привыкание и аллергию [14]. Заменители пшеничной и ржаной муки представлены мукой бобовых, голубинового гороха [15], крахмалсодержащими продуктами из брокколи [16], безуглеводными продуктами на основе клетчатки и клейковины [17] и т. д.

Группа заменителей сахара сегодня насчитывает более 20 наименований, применяемых преимущественно в качестве пищевых добавок. Условно их можно разделить на натуральные, в том числе обладающие сладостью, сопоставимой с сахарозой (сахароспирты маннит, ксилит, эритрит и др.), натуральные (стевиозид в 200 раз слаще сахарозы, браззеин – в 500–2000 раз [18], монеллин в 3–10 тыс. раз), синтетические (тауматин слаще сахарозы в 2 тыс. раз, неотам – в 8 тыс. раз и др.).

Недоверие потребителей к пищевым добавкам вызвало появление незначительного, но интересного сегмента заменителей пищевых добавок. Так, сок мангольда полностью или частично используется вместо нитрита натрия в колбасных изделиях, экстракт из овсяных отрубей – как заменитель эмульгаторов [19]. Икра лососевых и осетровых рыб является деликатесом, так как многие виды осетровых входят в Красную книгу, а ловля лососевых – лицензируемый вид деятельности. Современные технологии имитированной красной и черной икры включают основу из мяса рыбы или водорослей, а также широкий спектр пищевых добавок: гелеобразователей (каррагинанов, альгинатов), красителей, стабилизаторов.

Типичным примером имитированной пищевой рыбной продукции являются крабовые палочки, изготавливаемые преимущественно из сурими (фарша минтая, пикши, хека, путассу, красного окуня). Крабовый вкус продукта достигается с помощью глутамата натрия и ароматизаторов, а характерный цвет – кармином или паприкой. Примечательно, что при производстве этого продукта зачастую используются технологии «молекулярной кухни» – склеивание разноцветных частей фарша с помощью фермента транскляминазы [20].

Имитации куриных яиц на основе соевого белка и растительного масла распространены в КНР; в России они запатентованы компанией «Юнилевер» [21]. К заменителям молочных продуктов относят соевое молоко и продукты его переработки (тофу), растительные заменители сливок, в соответствии с ТР ТС 024/2011 называемые кремами на растительных маслах, а также широкий спектр напитков на основе солода, риса, проса, сорго, кукурузы, ржи, чужы (тигрового ореха) и др., получивших распространение в странах Юго-Восточной Азии и Европы [23]. Преимущества этих продуктов заключаются как в наличии функциональных пищевых ингредиентов, так и в отсутствии лактозы и глютена. Известен патент на заменитель творога из биомассы личинок насекомых [24].

Наиболее широкое применение соевые продукты, а также продукты из других бобовых, получили в качестве аналогов мяса. С начала XX в. известна «эрзац-колбаса» из гороховой муки, сала и мясного сока. Соевый текстурат, получаемый методом термопластической экструзии из измельченного жмыха или шрота, – продукт быстрого приготовления, богатый белком. Он предлагается потребителю в виде фарша, котлет, гуляша, отбивных, широко используется в вегетарианской и азиатской кухнях, однако в России его применяют для замены части мяса в мясных продуктах, зачастую без соответствующей информации на маркировке. Более современные технологии мясных аналогов включают использование белковых фракций зерновых культур, овощей, водорослей, а также химические соединения микробиологического происхождения [25, 26]. Следующая ступень в технологиях мясных аналогов – мясо *in vitro* (в пробирке) [27], переработка насекомых [28]. Это рассматривается также в рамках концепции отечественного рынка Foodnet [29].

В Федеральном институте промышленной собственности зарегистрированы также патенты на имитации и заменители орехов [30, 31].

Разработка терминологии и классификации аналогов, заменителей и имитаций пищевых продуктов

Поскольку терминологическая база не затрагивает всю широту ассортимента пищевых продуктов – аналогов, заменителей и имитаций, были предложены авторские определения понятий.

Заменитель пищевого продукта – продукт, полностью или частично обладающий органолептическими и(или) физико-химическими показателями натурального, благодаря чему способен заменить его. Для заменителя не требуется полное внешнее сходство с оригинальным (аутентичным, натуральным) продуктом, главное его назначение – утилитарное применение вместо натуральной продукции.

Имитация пищевого продукта – копия продукта натурального происхождения, полученная путем полного или частичного изменения рецептуры, добавлением более дешевых ингредиентов, повторяющих натуральные по органолептическим показателям, однако отличающихся по химическому составу, пищевой и биологической ценности. В отличие от заменителя имитация направлена на максимально точное воссоздание внешнего вида, цвета и зачастую консистенции натурального пищевого продукта, однако не может быть сопоставлена с ним по составу, пищевой, биологической и энергетической ценности.

Термин «аналог» по своей сути идентичен термину «имитация», хотя сегодня юридически он касается только мясных продуктов. В отношении аналогов есть нюанс, связанный с изготовлением аналога именно по мясной технологии (ГОСТ 52427-2005). Очевидно, что речь здесь идет о производстве различных полуфабрикатов на основе мясного аналога, а не его самого. Например, фарш из гидратированного соевого текстурата можно получить куттерованием, то есть аналогично технологии изготовления фарша из мяса. В этой связи наиболее приемлемым обобщенным определением термина «аналог» будет копия продукта натурального происхождения, повторяющая его органолептические показатели, изготовленная с максимальным соблюдением технологии натурального продукта.

Обобщая материал информационно-аналитического исследования, можно систематизировать полученные сведения в рамках традиционной классификации пищевой продукции, описанной в учебнике М.А. Николаевой [32] (рис. 1).



Рис. 1. Примерная классификация заменителей, аналогов и имитаций пищевых продуктов

Результаты экспериментального исследования

На следующем этапе в розничной торговой сети Хабаровска случайным образом было отобрано пять образцов имитированной пищевой рыбной продукции – замороженных крабовых палочек в упаковках массой 100 г (рис. 2) и два образца заменителя сливок – крема на растительных маслах в упаковках по 1 кг (рис. 3).



Рис. 2. Объекты исследования – имитированная пищевая рыбная продукция:
 а – продукт из белых видов рыб палочки крабовые «Краб» (Республика Беларусь, «Санта Бремор»);
 б – «Королевские» крабовые палочки (КНР, Шандонг Айешан Груп Ко ЛТД);
 в – крабовые палочки «Волшебные палочки» (КНР, Шаньдун Фэнхуа Фуд Ко Лтд);
 г – «Императорские» крабовые палочки (Россия, ОАО «КВЭН»);
 д – продукт, имитирующий крабовое мясо, «Суперснежный краб – supersnow crab» (Россия, ОАО «КВЭН»)



Рис. 3. Объекты исследования – заменители сливок – крема на растительных маслах:
 а – «Шантипак» (Россия, ЗАО «Пуратос»); б – «Астри Дековип» (Россия, ООО «Габатти»)

В ходе процедуры идентификации было установлено, что маркировка товаров отвечала требованиям доступности, однако не всегда требованиям достоверности и достаточности. Так, на маркировке крабовых палочек «Королевские» отсутствовала информация об условиях хранения, а у образца «Суперснежный краб» – информация о подтверждении соответствия. Обращено внимание и на то, что само наименование продукта «крабовые палочки» вводит потребителя в заблуждение относительно натуральности происхождения. То же можно сказать о надписи «аналог» рядом с наименованием образцов «Императорские» и «Королевские», так как в соответствии с ТР ТС 040/2016 крабовые палочки попадают под определение «имитированной пищевой рыбной продукции». На маркировке образца крема «Астри» не была отражена информация о виде используемого ароматизатора по ТР ТС 029/2012 [33]. Массовая доля белка, заявленного на маркировке, фактическому содержанию соответствовала только в продукте «Краб», у всех остальных образцов она была заниженной (табл.1).

В ходе испытаний впервые были получены сведения об уровне pH (6,6–6,9) и влагосвязывающей способности (53,6–83,5%) крабовых палочек.

Физико-химические показатели кремов на растительных маслах представлены в табл. 2.

Таблица 1

Физико-химические показатели имитированной пищевой рыбной продукции

Показатель	Образец									
	«Крабья»		«Королевские»		«Волшебные»		«Императорские»		«Суперснежный краб»	
	заявлено	факт	заявлено	факт	заявлено	факт	заявлено	факт	заявлено	факт
Массовая доля влаги, %, $\pm 0,5$	–	73,4	–	66,2	–	71,2	–	77,6	–	82,2
Массовая доля жира, %, $\pm 0,5$	0	0	0,3	0,5	0,9	0,6	0,3	0,3	1,0	1,1
Массовая доля белка, %, $\pm 0,5$	4,0	3,9	9,0	1,7	9,0	3,3	9,0	5,8	6,0	4,7
Массовая доля золы, г, $\pm 0,01$	–	2,2	–	3,0	–	2,7	–	2,6	–	2,0
pH, $\pm 0,1$	–	6,8	–	6,6	–	6,8	–	6,5	–	6,9
BCC, %, $\pm 1,0$	–	83,5	–	74,9	–	76,4	–	59,2	–	53,6

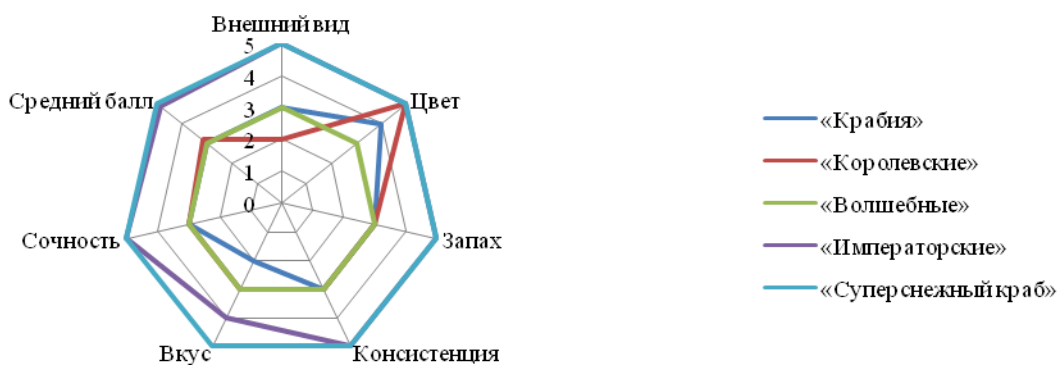
Таблица 2

Физико-химические показатели кремов на растительных маслах

Образцы	Массовая доля белка, %		Массовая доля жира, %		Кислотность, °T	Стойкость, мин	Взбиваемость, раз	Перекисное число, мэкв/кг, не более	
	заявлено	факт	заявлено	факт	факт			норма	факт
«Шантипак»	0,7	$0,7 \pm 0,1$	26,0	$26,0 \pm 1,0$	57,2	65	2,0	10,0	0,0
«Астри»	0,5	$0,7 \pm 0,1$	26,0	$27,0 \pm 1,0$	59,6	60	2,0		0,0

Установлено, что содержание жира и белка в кремах на растительных маслах отвечает заявленному на маркировке с учетом допустимых техническим регламентом отклонений. Нулевое значение перекисного числа говорит о свежести представленной на экспертизу продукции. Кроме того, крема на растительных маслах характеризовались очень высокой стойкостью при взбивании – пена держалась более 1 ч (для натуральных сливок этот показатель находится на уровне 3–30 мин). Это связано с наличием в их составе комплекса эмульгаторов и стабилизаторов, которые запрещено добавлять в натуральные сливки. Данные компоненты также позволяют вдвое увеличить объем пены при взбивании, что практически недостижимо для натурального продукта (1,2–1,8). На фоне более низкой стоимости подобные функционально-технологические характеристики делают крема на растительных маслах более приемлемыми для кондитерских производств, нежели натуральные сливки.

На следующем этапе проводили дегустацию имитированной пищевой рыбной продукции и кремов на растительных маслах (рис. 4 и 5).

Рис. 4. Органолептическая оценка имитированной пищевой рыбной продукции, балл, $\pm 0,1$

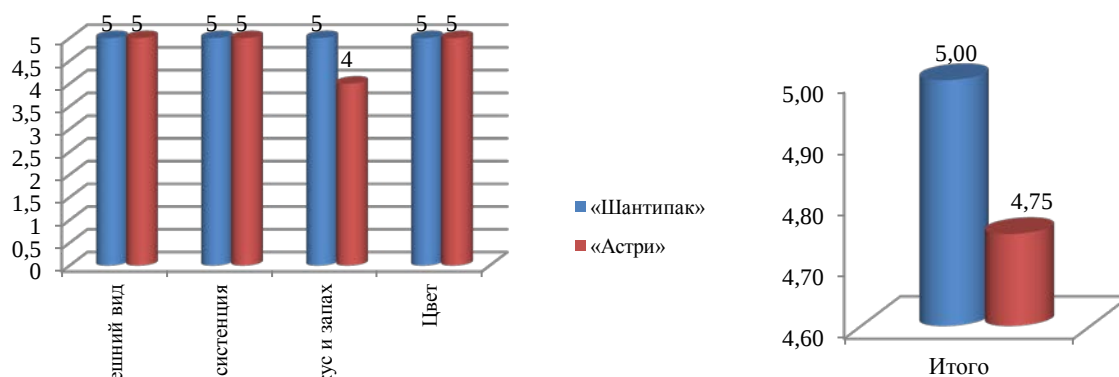


Рис. 5. Органолептическая оценка кремов на растительных маслах, балл, $\pm 0,1$

Наилучшими органолептическими характеристиками обладали образцы крабовых палочек отечественного производителя ОАО «КВЭН» – «Императорские» и «Суперснежный краб». Они имели наиболее яркий вкус и аромат, сочную и упругую консистенцию, характерный цвет и рисунок на поверхности. Для остальных образцов были характерны отклонения в консистенции. Так, у образца «Крабия» она была пластилиноподобная, плотная и суховатая, а у «Королевских» и «Волшебных» – чрезмерно крошившаяся и малосочная, с неустойчивой окраской, что послужило причиной снижения экспертных оценок. Экспертами отмечено, что все образцы крабовых палочек по внешнему виду и цвету в достаточной степени имитируют крабовое мясо.

Вкус и запах образца крема на растительных маслах «Шантипак» были признаны гармоничными и ярко выраженными, а консистенция – однородной, без отстоя жира или хлопьев белка. Причиной снижения баллов у образца «Астри» стал недостаточно выраженный запах, несмотря на наличие ароматизаторов в составе продуктов.

Заключение

Таким образом, исследование позволило разработать классификацию заменителей, аналогов и имитаций пищевой продукции, не противоречащей имеющейся классификации пищевой продукции. На примере имитированной пищевой рыбной продукции вида крабовые палочки и заменителей сливок – кремов на растительных маслах были исследованы их основные потребительские свойства. Показано, что идентификация такой продукции достаточно сложна вследствие отсутствия соответствующей терминологии в технических регламентах («крабовые палочки»), а отдельные несоответствия в маркировке еще сильнее запутывают потребителя. При этом маркировка имитированной пищевой рыбной продукции не отличается достоверностью в отношении указания пищевой ценности, а кремов на растительных маслах – полнотой в отношении отдельных наименований. В то же время органолептические показатели заменителей и имитаций пищевой продукции, в первую очередь отечественного производства, находятся на достаточно высоком уровне, позволяют рекомендовать их к широкому использованию при условии устранения производителями выявленных несоответствий.

Литература

1. Алешков А.В., Каленик Т.К., Моткина Е.В. Инновации в пищевой индустрии: системное обобщение // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2016. – № 36. – С. 28–38.
2. Ивахнишина Т.В., Алешков А.В. Создание классификации заменителей, аналогов и имитаций пищевых продуктов // Научно-техническое и социально-экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке: тр. Всерос. науч.-практ. конф. творческой молодежи с междунар. участием (Хабаровск, 18–21 апреля 2017 года). В 2 т. Т. 1 / под ред. С.А. Кудрявцева. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2017. – С. 267–270.
3. Технический регламент Евразийского экономического союза «О безопасности рыбы и рыбной продукции» (ТР ЕАЭС 040/2016) [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/420394425>.

4. ГОСТ Р 52427-2005. Промышленность мясная. Продукты пищевые. Термины и определения [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-52427-2005>.
5. ГОСТ 31451-2013 Сливки питьевые. Технические условия [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200102732>.
6. ГОСТ Р ИСО 22935-2-2011 Молоко и молочные продукты. Органолептический анализ. Часть 2. Рекомендуемые методы органолептической оценки [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-iso-22935-2-2011>.
7. Антипова Л.В., Глотова И.А., Рогов И.А. Методы исследования мяса и мясных продуктов. – М.: КолосС, 2004. – 571 с.
8. ГОСТ 28972-91 Консервы и продукты из рыбы и нерыбных объектов промысла. Метод определения активной кислотности (pH) [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-28972-91>.
9. Технический регламент на масложировую продукцию ТР ТС 024/2011 [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902320571>.
10. Saygi D., Ercoskun H., Sahin E. Hazelnut as functional food component and fat re-placer in fermented sausage // J. Food Sci. Technol. – September 2018. – 55(9). – P. 3385–3390. – URL: <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3129-7>.
11. Сарнел Ф.Й., Переманс Й.А.М.А., Йонкерс Й. Низкокалорийный заменитель жира: патент RU 2403721 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.findpatent.ru/patent/240/2403721.html>.
12. Nano-bacterial cellulose/soy protein isolate complex gel as fat substitutes in ice cream model / Y. Guoa, X. Zhang, W. Haoa, Y. Xie, L. Chen, Zh. Li, B. Zhuh, X. Feng // Carbohydrate Polymers. – 2018. – 198. – P. 620–630. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.06.078>.
13. Physicochemical characteristics and high sensory acceptability in cappuccinos made with jackfruit seeds replacing cocoa powder / F.P. Spada, P.P. Moreira da Silva, G.F. Mandro, Gr.B. Margiotta, M.H.F. Spoto, S.G. Canniatti-Brazaca // PLOS ONE. – 2018. – August 15. – URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197654>.
14. Loullis A., Pinakoulaki E. Carob as cocoa substitute: a review on composition, health benefits and food applications // European Food Research and Technology. – 2018. – № 244. – P. 959–977. – URL: <https://doi.org/10.1007/s00217-017-3018-8>.
15. Nutritional properties, sensory qualities and glycemic response of biscuits produced from pigeon pea-wheat composite flour / F.J. Gbenga-Fabusiwa, E.P. Oladele, G. Oboh, S.A. Adefegha, A.A. Oshodi // Journal of Food Biochemistry. – 2018. – 42:el2505. – URL: <https://doi.org/10.1111/jfbc.12505>.
16. Broccoli by-products improve the nutraceutical potential of gluten-free mini sponge cakes / N. Drabinska, E. Ciskaa, B. Szmatozowicz, U. Krupa-Kozaka // Food Chemistry. – 2018. – 267. – P. 170–177. – URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.08.119>.
17. Курилов В.А. Безуглеводный заменитель цельнозерновой муки: патент RU 2345528. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.findpatent.ru/patent/234/2345528.html>.
18. Antioxidant, anti-inflammatory, and anti-allergic activities of the sweet-tasting protein brazzein / J.-H. Chung, J.-N. Kong, H.-E. Choi, K.-H. Konga // Food Chemistry. – 2018. – 267. – P. 163–169. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.06.084>.
19. Oat bran extract (*Avena sativa* L) from food by-product streams as new natural emulsifier / Th. Ralla, H. Salminen, M. Edelmann, C. Dawid, Th. Hofmann, J. Weiss // Food Hydrocolloids 81 (2018) 253–262. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.02.035>.
20. Алешков А.В. Каленик Т.К. Молекулярная кухня – инновационно не значит безопасно // Технология и товароведение инновационной пищевой продукции. – 2018. – № 3. – С. 72–79.
21. Бодор Я., Амеронген В.И.А., Маттейсен Г.А.Ф. Заменитель яиц в форме концентрата и жидкий заменитель яиц: патент RU 2324393 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.findpatent.ru/patent/232/2324393.html>.
22. ТР ТС 024/2011 Технический регламент на масложировую продукцию [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902320571>.
23. Jeske St., Zannini E., Arendt E.K. Past, present and future: The strength of plant-based dairy substitutes based on gluten-free raw materials // Food Research International. – 2018. – № 110. – P. 42–51. – URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2017.03.045>.
24. Кравченко Д.В., Кравченко И.К., Уланова Р.В. Способ получения заменителя творога: патент RU 2604792 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.findpatent.ru/patent/260/2604792.html>.

25. Jones O.G. Recent advances in the functionality of non-animal-sourced proteins contributing to their use in meat analogs // *Current Opinion in Food Science*. – 2016. – № 7. – P. 7–13. – URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cofs.2015.08.002>.
26. Towards more sustainable meat alternatives: How technical parameters affect the sensory properties of extrusion products derived from soy and algae / S. Grahl, M. Palanisamy, M. Strack, L. Meier-Dinkel, S. Toepfl, D. Morlein // *Journal of Cleaner Production*. – 2018. – № 198. – P. 962–971. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.041>.
27. Bhat Z. F., Kumar S., Bhat H. F. In vitro meat: A future animal-free harvest // *Journal Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. – 2017. – Vol. 57, № 4. – P. 782–789. DOI: 10.1080/10408398.2014.924899.
28. Structure design of insect-based meat analogs with high-moisture extrusion / S. Smetana, N.A. Larki, Ch. Pernutz, Kn. Franke, U. Bindrich, S. Toepfl, V. Heinz // *Journal of Food Engineering*. – 2018. – № 229. – P. 83–85. – URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.06.035>.
29. Foodnet [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.nti2035.ru/markets/foodnet>.
30. Макферсон Э., Акаше А., Ахад А. Способ изготовления имитации орехов (варианты): патент RU 2328872 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.findpatent.ru/patent/232/2328872.html>.
31. Заменитель ореха для шоколадных изделий: патент RU 1066523 / Бурыкин А.И., Костин Я.И., Кривенцева Л.Д., Устинов М.Н., Васильева К.А., Ермакова Т.П., Клешко Г.М., Кондакова И.А. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.findpatent.ru/patent/106/1066523.html>.
32. Николаева М.А. Теоретические основы товароведения: учебник для вузов. – М.: Норма, 2014. – 448 с.
33. ТР ТС 029/2012 Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902359401>.
34. Lawrie R.A. Meat science. 2nd ed. – Oxford: Pergamon Press, 1974. – P. 80, 86.
35. Алешков А.В. Биотехнология и экспертиза мясосодержащих полуфабрикатов, обогащенных лактулозой с использованием соевых текстуратов трансгенной природы: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.18.07, 05.18.15. – Владивосток, 2008. – 24 с.

Информация об авторах Information about the authors

Алешков Алексей Викторович – Хабаровский государственный университет экономики и права; 680000, Россия, Хабаровск; кандидат технических наук, доцент; доцент кафедры товароведения, aleshkov@inbox.ru

Aleshkov Aleksey Viktorovich – Khabarovsk State University of Economics and Law; 680000, Russia, Khabarovsk; Candidate of Technical Sciences; Associate Professor; Associate Professor of Commodity Research Chair; aleshkov@inbox.ru

Жебо Анна Владимировна – Хабаровский государственный университет экономики и права; 680000, Россия, Хабаровск; кандидат технических наук, доцент; заведующий кафедрой товароведения, anizotova@yandex.ru

Zhebo Anna Vladimirovna – Khabarovsk State University of Economics and Law; 680000, Russia, Khabarovsk; Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; Head of Commodity Research Chair, anizotova@yandex.ru

Каленик Татьяна Кузьминична – Дальневосточный федеральный университет; 690922, Владивосток; доктор биологических наук; профессор Департамента пищевых наук и технологий; kalenik.tk@dvfu.ru

Kalenik Tatyana Kuzminichna – Far Eastern Federal University; 690922, Vladivostok; Doctor of Biological Sciences; Professor of Food Sciences and Technologies Department; kalenik.tk@dvfu.ru

УДК 663.9:663.91.01

М.Н. Альшевская, В.Ю. Трофимова**НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ БЕСКЛЕЕВОЙ ПАСТИЛЫ**

Показана возможность производства бесклеевой пастилы на основе сырья, выращиваемого на территории Калининградской области, обоснована целесообразность использования в технологии ее производства сухого яичного белка. Путем экспериментального тестирования установлены сроки годности готового продукта, исследованы его органолептические показатели, обоснована возможность снижения в составе пастилы содержания сахара.

Ключевые слова: пастила, сухой белок, пастильные изделия, технология получения пастилы.

M.N. Alshevskaya, V.Y. Trofimova**SCIENTIFIC SUBSTANTIATION
OF GLUELESS PASTES TECHNOLOGICAL PARAMETERS PERFECTION**

The possibility of glueless paste production on the basis of raw materials cultivated in Kaliningrad region is shown. The expediency of dry egg white usage in the production technology is proved. By means of experimental testing, the shelf life of the finished product is established. The organoleptic indicators are investigated. The possibility of sugar reducing in the paste content is substantiated.

Key words: paste, dry egg white, paste products, technology.

*DOI: 10.17217/2079-0333-2018-46-15-22***Введение**

Производство кондитерских изделий в России является одним из наиболее перспективных и быстроразвивающихся. Сейчас на рынке представлен широкий ассортимент кондитерских изделий как новых, так и традиционных.

Существует несколько классификаций пастилы и пастильных изделий. Согласно литературным источникам различают следующие их виды:

- клеевые – с применением в качестве студнеобразующей основы стабилизаторов типа агара, агароида, пектина, желатина;
- заварные – с применением в качестве студнеобразующей основы мармеладной массы;
- бесклеевые – из яблочного пюре, обладающего высокой желирующей способностью, из запеченных или протертых яблок сортов Антоновка и Коричное полосатое.

Белёвская пастила, пожалуй, одна из самых знаменитых видов пастилы в России. В прежние годы ее поставляли в Италию, Францию, Англию, а в России она продавалась только в Москве в фирменном магазине мануфактуры. Производили пастилу и в Тульской области с конца XIX в.

В настоящее время белёвскую пастилу вырабатывают по традиционной технологии в городе Белёве Тульской области. Производство характеризуется трудо- и энергоёмкостью, большой долей ручного труда, длительностью технологического процесса. В результате конечный продукт имеет высокую розничную стоимость – около 1000 руб./кг. В связи с этим интенсификация и совершенствование традиционной технологии производства пастилы является актуальным, как с точки зрения технологии, так и с точки зрения экономической рентабельности.

Рецептура белёвской пастилы включает в себя три ингредиента: яблоки сорта Антоновка, белок куриного яйца, сахар. Сегодня данный сорт выращивают в Московской, Брянской, Рязанской, Орловской, Калужской, Пензенской и Тульской областях России.

В Калининградской области выращивают яблоки других сортов. Здесь промышленное садоводство является приоритетным направлением сельскохозяйственного производства. Начиная

с 2013 г. в области высажено свыше 500 га плодово-ягодных насаждений, из них более 80% площадей занимают яблони. Массовый сбор яблок средних и поздних сортов начинается в сентябре. В области имеются специально оборудованные хранилища, рассчитанные на 600 т, что позволяет хранить урожай яблок в течение года с момента сбора урожая. В связи с интенсивным развитием промышленного садоводства в Калининградской области возникает необходимость разработки технологий для переработки яблок местных сортов [1].

В качестве пенообразователя в технологии бесклеевой пастилы используют белок куриного яйца. Для хранения куриных яиц необходимы специально оборудованные охлаждаемые складские помещения, при этом обычно высок риск их микробиологической порчи, а также заражения готовой продукции микроорганизмами, в том числе бактериями рода *Salmonella*. Куриные яйца перед использованием необходимо тщательно готовить – мыть, отделять от скорлупы, разделять желток и белок. При разделении желтка и белка возможно частичное попадание желтка в отделенный белок, что в последующем при сбивании белка отрицательно влияет на его пенообразующую способность. В производстве пастилы используют только белки. В связи с этим возникает необходимость утилизации желтков и скорлупы. С целью упрощения технологии возможна замена сырого яичного белка на сухой. Однако в литературе практически отсутствуют данные о пенообразующих свойствах сухого яичного белка в пастильных изделиях.

Классическая технология пастилы белёвской включает в себя следующие технологические операции: подготовка плодов, получение яблочного пюре, сбивание его до белого цвета, внесение сахарного песка и половины рецептурного количества предварительно сбитого белка, сбивание массы до полного растворения сахара, смешивание пюре со сбитым белком, сбивание в течение 40–45 мин, сушка [2]. Описанный процесс является достаточно трудоемким и длительным. В ходе его проведения возможно вторичное микробиальное обсеменение и попадание инородных тел при смешивании сбитых масс. С целью интенсификации и упрощения технологии в нашей работе предложено объединить этапы сбивания белка и пюре в один и сбивать все компоненты совместно.

Тенденцией последних лет является ограничение потребления сахара и продуктов с его высоким содержанием. Это связано с пропагандой здорового образа жизни, диет и различных рационов для похудения. В пастильной массе по традиционной рецептуре концентрация сахара составляет 24%. После сушки этот показатель увеличивается в 1,5–2 раза в зависимости от конечного содержания влаги в продукте. Высокое содержание сахара в пастиле может стать причиной отказа широкого круга потребителей от приобретения данного продукта. В связи с этим возникает необходимость снижения концентрации сахара в рецептуре. Решению этих задач посвящено настоящее исследование.

Исследования с целью научного обоснования технологического процесса и рецептуры бесклеевой пастилы проводили на кафедре технологии продуктов питания Калининградского государственного технического университета.

Материалы и методы

Для обоснования выбора объекта модернизации и актуальности проводимых исследований были осуществлены маркетинговые исследования среди жителей Калининграда и Калининградской области.

Объектом настоящего исследования являлись яблоки сорта Ренет, выращиваемые в этом регионе, и сухой яичный белок. Из яблок готовили пюре по следующей технологии: запекали при температуре 180–200°C в течение 15 мин, после остывания протирали через сито, получали пюре, характеристики которого соответствовали показателям, приведенным в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика яблочного пюре из яблок сорта Ренет

Показатель	Значение
pH	3,2
t, °C	15
Содержание сухих веществ, %	13,7
Содержание влаги, %	86,3

Для изучения возможности замены сырого яичного белка на сухой и интенсификации технологии за счет объединения этапов сбивания было приготовлено 9 образцов:

№ 1 – образец, приготовленный по классической технологии;

№ 2 – образец, приготовленный с объединением этапов сбивания;

образцы, приготовленные с объединением этапов сбивания и с заменой сырого яичного белка на сухой:

№ 3 – время набухания сухого яичного белка – 0 мин;

№ 4 – время набухания сухого яичного белка – 10 мин;

№ 5 – время набухания сухого яичного белка – 20 мин;

№ 6 – время набухания сухого яичного белка – 30 мин;

№ 7 – время набухания сухого яичного белка – 40 мин;

№ 8 – время набухания сухого яичного белка – 60 мин;

№ 9 – время набухания сухого яичного белка – 80 мин.

Пастильную массу готовили по рецептурам, указанным в табл. 2. В процессе приготовления пастильной массы в образцах № 3–9 белок куриного яйца заменяли на сухой яичный белок в массовом соотношении 1 : 0,28. Сахарный песок в образцы № 3–9 добавляли в пастильную массу после набухания белка, затем образцы сбивали в течение 20 мин со скоростью 250 оборотов/мин.

Таблица 2

Рецептуры пастильной массы на 100 г

Компонент	Образцы №	
	1, 2	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
Яблочное пюре, г	71,6	71,6
Сахар, г	24,3	24,3
Белок куриного яйца, г	4,1	–
Сухой яичный белок, г	–	1,1

Образец № 1 был приготовлен с использованием в качестве пенообразователя сырого яичного белка по классической технологии, в которой этапы сбивания проводятся последовательно: сбивание сахара с яблочным пюре, смешивание сбитой массы с яблочным белком, сбивание. Остальные образцы подготовили по предложенной технологии: операции, описанные выше, были объединены. Образец № 2 являлся контрольным, в качестве пенообразователя использовали белок сырого яйца, а этапы сбивания объединяли.

Для оценки пенообразующей способности измеряли кратность пены (К) как отношение прироста объема пены к первоначальному объему (в %), определение этого показателя проводили по формуле [3, 4]:

$$K = \frac{V - V_0}{V_0} 100\%,$$

где V – конечный объем пены, см^3 ; V_0 – начальный объем смеси, см^3 .

Для изучения возможности снижения концентрации сахара в рецептуре бесклеевой пастилы и ее влияния на пенообразующую способность пастильной массы было приготовлено 4 образца:

№ 1 – 18% сахара от пастильной массы, изготовленного с использованием сухого белка;

№ 2 – 12% сахара от пастильной массы, изготовленного с использованием сухого белка;

№ 3 – 6% сахара от пастильной массы, изготовленного с использованием сухого белка;

№ 4 – образец без сахара, изготовленного с использованием сухого белка.

Оценку органолептических показателей качества выпеченных образцов проводили на кафедре технологии продуктов питания. Качество образцов оценивали по следующим показателям: внешний вид, аромат, вкус. Перед дегустацией образцы были зашифрованы. Дегустаторам было предложено оценить образцы по трехбалльной системе, где балл 3 – отлично, 2 – хорошо, 1 – удовлетворительно. Итоговую оценку рассчитывали как среднее арифметическое значение суммы всех показателей.

По описанной выше технологии была приготовлена пастильная масса. Пастильную массу сушили в течение 5–7 ч, полученные после сушки пласты промазывали пастильной массой и оставляли для выстойки, после выстойки порционировали на изделия массой 100 г, обсыпали сахарной пудрой и упаковывали в пергаментную бумагу. Данные образцы были подвергнуты санитарно-микробиологическим исследованиям для установления сроков годности.

Определение срока хранения пищевых продуктов включает проведение экспериментального тестирования процесса порчи пищевого продукта, завершающегося нахождением момента времени, соответствующего окончанию срока его хранения [5]. Основой процесса обоснования сроков годности пищевых продуктов является проведение микробиологических, санитарно-химических исследований, оценка органолептических свойств образцов продукции в процессе хранения при температурах, предусмотренных нормативной и/или технической документацией [6].

Для полной санитарно-эпидемиологической оценки пастилы проведен микробиологический анализ используемого сырья и готовой продукции по всем контролируемым группам микроорганизмов. В процессе хранения пастилы проводили микробиологические испытания по показателям: КМАФАнМ и количество дрожжей/плесеней в готовом продукте. Для определения сроков годности пастилы проведены наблюдения динамики микробиологических показателей в течение 144 сут. Оптимальные условия ее хранения при этом соответствовали ГОСТ 6441-2014 Изделия кондитерские пастильные. В нем регламентированы температура ее хранения (18 ± 3)°C и относительная влажность воздуха (не более 75%). Программа этих исследований соответствовала рекомендациям МУК 4.2.1847-04, согласно которым для анализа продукта установлены сроки хранения, равные 120 сут.

Перечень показателей и их значения выбраны в соответствии ТР ТС 021/2011. Они представлены в табл. 3. Знаком «+» в ней обозначены контролируемые показатели.

Таблица 3

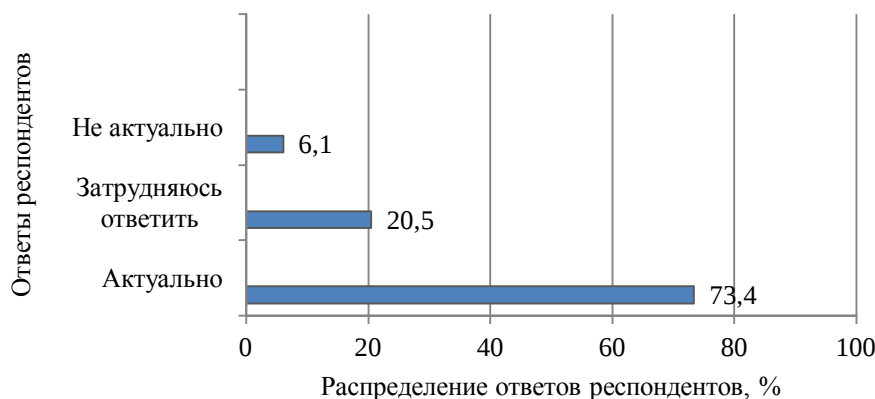
Программа контроля микробиологических показателей, контролируемых в процессе хранения пастилы

Контрольные точки проведения исследований, сут	Показатели			
	КМАФАнМ	Бактерии группы кишечных палочек (колиформы) (БГКП)	Патогенные микроорганизмы, в т. ч. <i>Salmonella</i>	Плесени и дрожжи
Контроль	+	+	+	+
30	+			+
60	+			+
120	+			+
144	+			+

Результаты и их обсуждения

В результате проведенных маркетинговых исследований было выявлено, что 73,1% респондентов употребляют кондитерские изделия чаще, чем 2–3 раза в неделю. Большинство респондентов – 67,3% – отдают предпочтение шоколаду и изделиям из него. Однако наряду с этим было выявлено, что 56,7% респондентов не знают о таком продукте, как бесклеевая пастила, а 62,1% никогда не пробовали данный продукт. Большинство респондентов – 71,1% – отметили, что следят за питанием и стараются употреблять меньше сахара и кондитерских изделий.

На рисунке показано, что большинство респондентов считают актуальной разработку кондитерских изделий со сниженным содержанием сахара на основе традиционных рецептур.



Оценка респондентами актуальности разработки бесклеевой пастилы со сниженным содержанием сахара на основе традиционных рецептур

Из рисунка видно, что 73,4% респондентов считают актуальным создание бесклеевой пастилы со сниженным содержанием сахара на основе традиционных рецептов.

Для обоснования возможности использования сухого яичного белка как пенообразователя в технологии бесклеевой пастилы было выяснено влияние времени набухания на пенообразующую способность сухого яичного белка. Результаты эксперимента представлены в табл. 4.

Таблица 4

Влияние времени набухания сухого яичного белка на кратность пены

№ образца	Кратность пены, %	Время набухания, мин
1	76,7	–
2	175,3	–
3	273,0	0
4	273,0	10
5	273,0	20
6	273,0	30
7	273,0	40
8	286,0	60
9	293,0	80

Из табл. 4 видно, что кратность пены в образце № 1, приготовленном по классической технологии, была наименьшей и составила 76,7%. Вероятно, это связано с тем, что при смешивании разрушаются пузырьки белковой пены. Кратность пены в контрольном образце № 2 была значительно выше – 175,3%. Кратность пены при сбивании белка без выдержки для набухания в пюре составила 273,0%. С последующим увеличением времени набухания кратность пены практически не изменялась. Наибольшей она была при набухании сухого яичного белка в яблочном пюре в течение 80 мин. При этом увеличение пенообразующей способности было незначительным, из чего можно сделать вывод, что длительная выдержка белка для набухания в яблочном пюре является нецелесообразной. Из табл. 4 видно, что в результате объединения технологических операций кратность пены существенно возрастает.

В следующей табл. 5 показано влияние концентрации сахара в пастильной массе на пенообразующую способность сухого яичного белка.

Таблица 5

Влияние концентрации сахара на пенообразующую способность белка

№ образца	Кратность пены, %	Содержание сахара, %
№ 1	340,0	18
№ 2	340,0	12
№ 3	260,0	6
№ 4	256,0	0

Табл. 5 показывает, что наибольшая кратность пены наблюдалась в образцах с содержанием сахара 12 и 18%. В образцах без сахара и с содержанием сахара 6% она составила 256,0 и 260,0% соответственно. Полученные результаты кратности пены во всех образцах были удовлетворительными, однако пена в образце без содержания сахара оказалась нестойкой и распалась через 5 мин после начала сушки. Вероятно, это связано с тем, что сахар является стабилизатором пены.

После сушки была проведена органолептическая оценка образцов пастилы, их проводили на кафедре технологии продуктов питания среди преподавателей кафедры.

В табл. 6 показаны результаты дегустационной оценки органолептических показателей качества разрабатываемого пастильного изделия.

Таблица 6

Дегустационная оценка образцов

№ образца	Содержание сахара, %	Оценка, средний балл
№ 1	18	1,2
№ 2	12	2,0
№ 3	6	2,2

Таким образом, было установлено, что по средней сумме баллов предпочтение было отдано образцу с содержанием сахара 6%. Однако после сушки было отмечено, что произошла значительная, в пять раз, усадка пласта. Наиболее приемлемым является использование в рецептуре сахара в количестве 12%.

На основе исследований, представленных выше, были приготовлены контрольные образцы для микробиологических исследований по следующей технологии: яблоки сорта Ренет после калибровки, мойки, удаления механических примесей, запекали 15–20 мин при температуре 180°C. Запеченные плоды после охлаждения до температуры 15°C протирали через сито для отделения плодоножек и сердцевин. В полученное яблочное пюре вносили сухой яичный белок и 12% сахара-песка. Полученную массу немедленно взбивали в течение 20 мин со скоростью 250 оборотов/мин, сушили в сушильной камере при температуре 65–75°C в течение 6 ч. Высушенные пласти промазывали пастильной массой и оставляли для выстойки на 4 ч, затем порционировали на изделия массой 100 г и упаковывали в пергаментную бумагу.

Разработанная рецептура бесклеевой пастилы представлена в табл. 7.

Таблица 7

Состав рецептуры разработанной бесклеевой пастилы

Компоненты	Рецептура бесклеевой пастилы, %
Яблочное пюре	86,7
Сахар-песок	12,0
Сухой яичный белок	1,3
Итого	100

В табл. 8 представлены результаты санитарно-микробиологической оценки сырья, использовавшегося для приготовления пастилы.

Таблица 8

Результаты санитарно-микробиологических исследований сахара, яблочного пюре и сухого белка

Объект исследования	Исследуемый показатель	Норматив	Полученные данные
Сухой белок	Патогенные микроорганизмы, в т. ч. <i>Salmonella</i>	Не допускается в 25 г	Не обнаружено в 25 г продукта
	КМАФАнМ, КОЕ/г	Не более $1 \cdot 10^4$ КОЕ/г	Менее $1 \cdot 10^4$ КОЕ/г
	БГКП	Не допускается в 1 г	Не обнаружены
	<i>Proteus</i>	Не допускается в 1 г продукта	Не обнаружены в 1 г продукта
Сахар	КМАФАнМ	Не более $1 \cdot 10^4$ КОЕ/г	Менее $1 \cdot 10^4$ КОЕ/г
	Плесени и дрожжи в сумме	–	Менее 15 КОЕ/г
Яблочное пюре	КМАФАнМ	–	$3,1 \cdot 10^2$ КОЕ/г
	БГКП	Не допускается в 1 г	Не обнаружены

Данные табл. 8 подтверждают, что использованное нами для производства пастилы сырье обладало высокими (соответствующими нормативам) санитарно-микробиологическими характеристиками.

Для установления сроков годности было приготовлено шесть образцов по указанной технологии. Масса каждого образца составляла 100 г. Образцы были упакованы в пергаментную бумагу и оставлены на хранение при температуре 20°C и относительной влажности воздуха 75%. В фоновой точке первый образец был исследован по всем санитарно-микробиологическим показателям (патогенные микроорганизмы, в том числе *Salmonella*, БГКП, плесени и дрожжи, КМАФАнМ). Образцы исследовали согласно графику на 30-, 60-, 120- и 144-е сутки по показателям плесени и дрожжей, КМАФАнМ.

Полученные в процессе хранения данные представлены в табл. 9.

Таблица 9

Результаты определения нормативных показателей в процессе хранения пастилы

Нормируемый показатель	Норматив	Сутки хранения				
		0 (фоновая точка)	30	60	120	144
Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ), КОЕ/г, не более	$1 \cdot 10^3$	$2,6 \cdot 10^2$	$6,3 \cdot 10^2$	$9,5 \cdot 10^2$	$0,5 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^3$
Плесень и дрожжи в сумме, КОЕ/г, не более	150	Менее 15 КОЕ/г	Менее 15 КОЕ/г	Менее 15 КОЕ/г	50 КОЕ/г	Сплошной рост плесени

В результате проведенных наблюдений был определен срок хранения бесклеевой пастилы, он составил 120 сут. В процессе хранения не наблюдалось превышение нормативных показателей по микробиологическим показателям. На 144-е сут хранения наблюдался сплошной рост плесени. Параллельно с микробиологическими исследованиями в процессе хранения проводили органолептическую оценку образцов. Данные, полученные в ходе этого исследования, представлены в табл. 10.

Таблица 10

Органолептическая оценка бесклеевой пастилы в процессе хранения

Наименование показателя	Норма	Срок хранения, сут			
		0 (фоновая точка)	30	60	120
Внешний вид	Прямоугольный брусок, поверхность ровная, обсыпанная сахарной пудрой, без деформаций, трещин, грубого затвердевания	Прямоугольный брусок, поверхность ровная, обсыпанная сахарной пудрой, мягкая	Прямоугольный брусок, поверхность обсыпана сахарной пудрой, мягкая	Слабое уплотнение поверхности, сахарная пудра не обсыпана	Легкое обсыпание сахарной пудры, затвердевание поверхности
Аромат	Легкий яблочный аромат, без постороннего запаха	Легкий кисло-сладкий яблочный аромат	Легкий кисло-сладкий яблочный аромат	Легкий кисло-сладкий яблочный аромат	Ослабление аромата яблок, постороннего запаха не наблюдалось
Вкус	Кисло-сладкий вкус с выраженным яблочным привкусом	Кисло-сладкий вкус с выраженным яблочным привкусом	Кисло-сладкий вкус с выраженным яблочным привкусом	Кисло-сладкий вкус с выраженным яблочным привкусом	Усиление вкуса яблок, более насыщенный сладкий вкус

В процессе хранения пастилы теряет влажность. Нами была оценена степень усушки бесклеевой пастилы в процессе хранения.

Изменение массы пастилы оценивали в дни проведения санитарно-микробиологических испытаний. На 30-е сут степень усушки составляла 2%, на 60-е – 3%, на 120-е – 5%, на 144-е – 10%.

Из представленных данных видно, что в течение 120 сут хранения при температуре $18 \pm 3^\circ\text{C}$ и влажности не более 75% усушка пастилы не превышает 5%.

Заключение

Маркетинговые исследования, проведенные среди жителей Калининградской области, показали перспективность и актуальность создания бесклеевой пастилы, более половины опрошенных респондентов (73,4%) считают разработку технологии и рецептуры данного продукта актуальной;

- показана возможность использования сухого яичного белка в рецептуре бесклеевой пастилы, при использовании сухого белка кратность пены увеличилась в 3,6 раза;
- установлено, что целесообразно проводить сбивание пастильной массы одновременно с внесением сахара и сухого яичного белка сразу после смешивания;
- установлена возможность снижения концентрации сахара в пастильной массе с 24 до 12%;
- установлен срок годности для бесклеевой пастилы, выработанной по интенсифицированной технологии, составляющий 120 сут при температуре $18 \pm 3^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха не более 75%. Усушка в процессе хранения составила не более 5%.

Литература

1. В Калининградской области начался очередной этап закладки промышленных садов [Электронный ресурс] // Правительство Калининградской области: официальный портал. – URL: <https://gov39.ru/news/101/100570/> (дата обращения: 25.04.2016).
2. Технология кондитерских изделий: учеб. пособие / В.М. Кудинова, Г.И. Назимова, Т.В. Рензьева. – Кемерово: Кемер. технол. ин-т пищ. пром-ти, 2006. – 140 с.
3. Мухамедиев Ш.А., Васькина В.А. Эмульсии и пены: строение, получение, устойчивость // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2008. – № 4. – С. 17–20.

4. Мухамедиев А.Ш., В.А. Васькина Эмульсии и пены: строение, получение, устойчивость // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2008. – № 5. – С. 21–24.
5. Дунченко Н.И., Магомедов М.Д. Управление качеством в отраслях пищевой промышленности: учеб. пособие. – М.: ИТК «Дашков и К°», 2012. – 212 с.
6. МР 4.2.1847-04 Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов: нормативно-правовой материал. – М.: Стандартинформ, 2004. – 102 с.

Информация об авторах
Information about the authors

Альшевская Марина Николаевна – Калининградский государственный технический университет; 236000, Россия, Калининград; кандидат технических наук, доцент; доцент кафедры технологии продуктов питания животного происхождения; marina.alshevskaya@klgtu.ru

Alshevskaya Marina Nikolaevna – Kaliningrad State Technical University; 236000, Russia, Kaliningrad; Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; Associate Professor of Technology of Animal Origin Food Products Chair; marina.alshevskaya@klgtu.ru

Трофимова Виктория Юрьевна – Калининградский государственный технический университет; 236000, Россия, Калининград; студент магистратуры; vivien-2010@mail.ru

Trofimova Victoria Yuryevna – Kaliningrad State Technical University; 236000, Russia, Kaliningrad, Master's Student; vivien-2010@mail.ru

УДК 663.35:634.18:582.272.46

М.В. Благонравова**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВИНА ИЗ ЯГОД РЯБИНЫ БУЗИНОЛИСТНОЙ
С ДОБАВЛЕНИЕМ ЛАМИНАРИЕВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ**

Приводятся результаты разработки технологий вина из рябины бузинолистной (*Sorbus sambucifolia* (Cham. et Schlecht.) M. Boem.) с добавлением экстракта ламинариевых водорослей. Обосновывается целесообразность их экстрагирования виноматериалом, полученным из рябины бузинолистной. Приводится технологическая схема производства рябинового вина, обогащенного экстрактом ламинариевых водорослей, богатым минеральными веществами, витаминами и другими полезными для организма человека органическими соединениями. Показаны удовлетворительные органолептические показатели полученного вина. Установлено, что вино из рябины с водорослями отличается очень высокой экстрактивностью (массовая доля остаточного экстракта составила 116,8 г/дм³) и значительной спиртуозностью (массовая доля этилового спирта равнялась 13,0%). Установлено, что по физико-химическим показателям вино полностью соответствует требованиям стандарта и при этом содержит значительное количество витамина С и йода.

Ключевые слова: вино, рябина бузинолистная, ламинариевые водоросли, органолептические показатели, химические показатели, содержание этилового спирта.

M.V. Blagonravova**DEVELOPMENT OF WINE TECHNOLOGY FROM BERRIES OF SORBUS
SAMBUCIFOLIA WITH LAMINARIA ALGAE ADDITION**

The results of the wine technology development from *Sorbus sambucifolia* (Cham. et Schlecht.) M. Boem with the addition of laminaria algae extract are presented in the article. The expediency of their extraction with wine material obtained from *Sorbus sambucifolia* (Cham. et Schlecht.) M. Boem is proved. The technological scheme of rowan wine production which is enriched with laminaria algae extract and is rich with minerals, vitamins and other useful organic compounds is presented. Satisfactory organoleptic characteristics of the wine are shown. It was found that the wine from rowan with algae is characterized by a very high extractivity (the mass fraction of the residual extract was 116,8 g/dm³) and a significant alcohol strength (the mass fraction of ethyl alcohol was 13,0%). According to physical and chemical parameters this wine fully meets the requirements of the standard and at the same time contains a significant amount of vitamin C and iodine.

Key words: wine, *Sorbus sambucifolia*, laminaria algae, organoleptic characteristics, chemical parameters, ethyl alcohol content.

DOI: 10.17217/2079-0333-2018-46-23-28

Введение

Флодово-ягодные вина представляют собой продукт сбраживания сока или мезги свежих пло- дов и ягод и занимают достойное место среди других вин [1, 2]. На базе КамчатГТУ разработана технология вина из рябины бузинолистной (*Sorbus sambucifolia* (Cham. et Schlecht.) M. Boem.), в изобилии произрастающей на территории Камчатского края. Установлено, что полученное из рябины вино имеет хорошие органолептические показатели. По химическим показателям оно полностью соответствует требованиям стандарта. Надо отметить, что на территории Камчатско- го края полностью отсутствует производство вин, в том числе из местного сырья, что отражается также на ценообразовании этого вида продуктов. Вышесказанное позволяет предположить, что внедрение разработанной технологии будет рентабельным и позволит насытить рынок Камчатки натуральными винами из местного сырья. Ягоды и водоросли на Камчатке – доступное и срав- нительно недорогое сырье [3–6].

Работы по использованию местных видов сырья для производства плодово-ягодных вин ведутся в разных регионах разными авторами, однако изучение возможности применения ламинариевых водорослей в сочетании с рябиной бузинолистной для производства вина еще никем не проводилось. Это позволяет говорить об актуальности предпринятого нами исследования, поскольку организация местного винного производства позволит обеспечить население Камчатки относительно недорогим натуральным вином из местного сырья, характеризующимся повышенным содержанием необходимых нутриентов. Выбранная для получения вина ягода доступна для сбора, запасы ее достаточно обширны на всей территории Камчатки. Сами ягоды характеризуются богатым набором витаминов, микро- и макроэлементов, БАВ. Ламинариевые водоросли вдоль побережья Камчатки также встречаются практически повсеместно, их добыча не представляет особой сложности. Камчатские представители ламинариевых отличаются высокой пищевой ценностью, высоким содержанием йода, витаминов, фукоидана и других ценных соединений [3]. Поэтому разработка технологии вина из плодов рябины бузинолистной с добавлением ламинариевых водорослей Камчатского края – весьма своевременная и актуальная, при сокращении импорта в РФ натуральных вин, задача.

В ходе разработки этого направления исследований автором обоснованы технологические параметры производства вина из ягод рябины бузинолистной с добавлением ламинариевых водорослей, разработана технология его производства и изучены показатели его качества. Полученные данные представлены ниже.

Материалы и методы исследования

Объектами исследований служили виноматериалы из рябины бузинолистной (*Sorbus sambucifolia*), экстракты из ламинариевой водоросли *Saccharina bongardiana*. Плоды рябины бузинолистной собрали в Елизовском районе Камчатского края в сентябре 2017 г., бурые водоросли были собраны в открытых районах Авачинского залива в те же сроки.

Для проведения исследований использовали аналитические, физические, химические, физико-химические, органолептические методы анализа. Экспериментальные исследования проведены в научной лаборатории кафедры технологий пищевых производств Камчатского государственного технического университета. Для определения органолептических показателей применяли описательный метод, метод с использованием балльных шкал и метод, основанный на применении профилограмм [7].

Отбор проб водорослей для лабораторных испытаний проводили по ГОСТ 31413 «Водоросли, травы морские и продукция из них. Правила приемки и методы отбора проб». Органолептическую оценку качества, а также определение массовой доли йода в готовых изделиях проводили согласно ГОСТ 31412 «Водоросли, травы морские и продукция из них. Методы определения органолептических и физических показателей» и ГОСТ 26185 «Водоросли морские, травы морские и продукты их переработки. Методы анализа».

Отбор проб винных продуктов проводили согласно ГОСТ 31730. Химико-технологические параметры ягодного сырья и винных продуктов (титруемую кислотность в пересчете на яблочную кислоту, массовую концентрацию общего экстракта, объемную долю этилового спирта, массовую концентрацию сахаров) исследовали согласно методам теххимического контроля в виноделии [8]. Массовую долю витамина С определяли йодатным методом по ГОСТ 7047. При проведении всех исследований для обработки полученных данных применяли методы графоаналитической обработки.

Результаты и обсуждение

Известно, что для производства винных напитков повышенной биологической ценности целесообразно использовать экстракты из растительного сырья, имеющего высокую пищевую ценность [9, 10]. Поскольку перед нами стояла задача разработки натуральных вин из камчатского сырья, было решено использовать для экстракции водорослевых соединений виноматериалы из рябины бузинолистной. Для максимального извлечения биологически активных веществ из *Saccharina bongardiana* использовали разные гидромодули. Процесс экстрагирования проводили следующим образом: воздушно-сухие водоросли вносили в емкость с вином из рябины бузинолистной в соотношения водоросли : вино, г/дал, 100 : 1; 150 : 1; 200 : 1; 250 : 1. Продолжительность экстрагирования составила 15 сут.

Наилучшие результаты были получены при соотношении 200 : 1; 250 : 1 г/дал (рис. 1). В то же время содержание экстрактивных веществ при таких гидромодулях отличается незначительно (116,7 и 121,3 г/дм³). Следует отметить, что в процессе экстрагирования при разведении 250 : 1 г/дал возникли трудности – набухшие водоросли не помещались в емкости с вином. С учетом небольшой разности в концентрации экстрактивных веществ наиболее целесообразным признан гидромодуль, в котором соотношение сухих бурых водорослей и рябинового вина составляло 200 : 1 г/дал.

Так как изначально целью проводимых исследований была разработка технологии производства вин исключительно из камчатского сырья, необходимо было исследовать бродильную активность микрофлоры ягод рябины. При выявлении низкой бродильной активности возникала бы необходимость внесения в виноматериалы дополнительных культур винных дрожжей.

Для изучения бродильной активности измельченные ягоды рябины заливали водой с предварительно растворенным в ней сахаром (2 кг сахара на 1 дал воды) с гидромодулем 1 : 3. Брожение проводили при температуре 20–24°C (использовали максимально рекомендуемые температуры с целью его интенсификации). В ходе этого процесса изучали изменения физико-химических показателей сусла: титруемую кислотность в пересчете на яблочную кислоту, объемную долю этилового спирта, массовую концентрацию сахаров, содержание витамина С. В ходе проведения экспериментов было установлено, что величина начальной кислотности сусла составляет 8,0 г/дм³. В процессе брожения через 15 сут кислотность снизилась до 6,1 г/дм³. Таким образом, было установлено, что сусло, приготовленное по приведенному выше способу, отличается достаточно высокой бродильной активностью. Данные ее ежедневных измерений приведены на рис. 2.

Снижение сахаристости интенсивно происходило в течение 16 сут. В последующие 5 сут брожение не происходило (рис. 3). В целом высокая его интенсивность отмечалась в течение 15 сут. Таким образом, было установлено, что микрофлора ягод рябины бузинолистной обладает достаточной бродильной активностью, что делает возможным процесс брожения без использования дополнительных дрожжевых материалов.

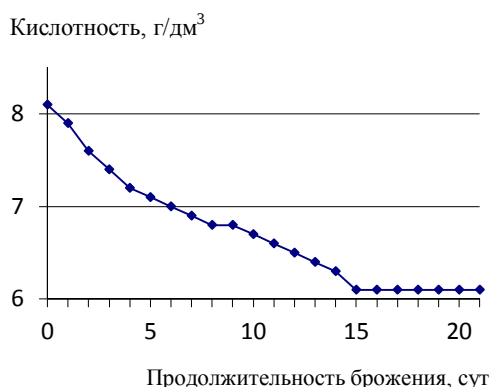


Рис. 2. Изменение кислотности в процессе брожения в сусле из рябины бузинолистной, г/дм³

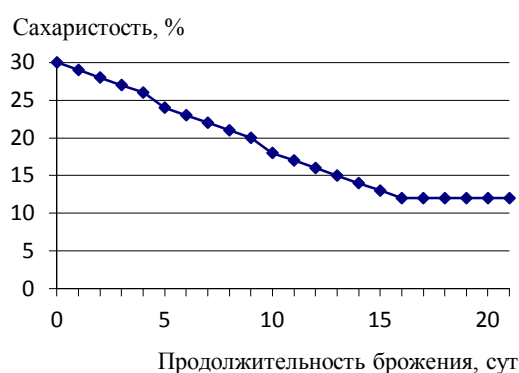


Рис. 3. Изменение сахаристости в процессе брожения в сусле из рябины бузинолистной, % в пересчете на яблочную кислоту

Определение содержания этилового спирта в сусле показало, что его массовая доля за 15 сут от начала брожения выросла до 7% об. С целью увеличения содержания спирта во избежание инактивации винных дрожжей в сусло четыре раза добавляли сахар, каждый раз в количестве 1/3 от первоначального количества. В результате процессы брожения при первых трех внесениях

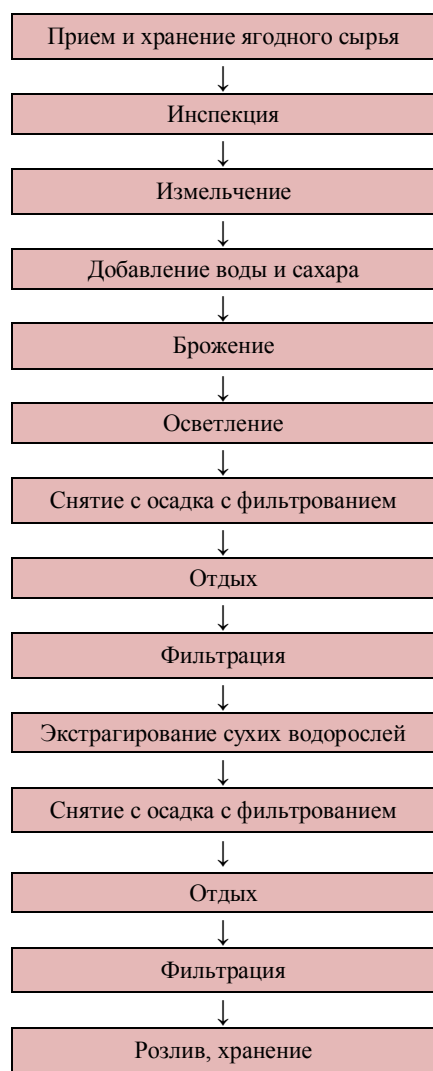


Рис. 4. Технологическая схема производства вина из ягод рябины бузинолистной с добавлением ламинариевых водорослей

снова интенсифицировались. Дополнительные внесения сахара позволили увеличить содержание спирта в готовом виноматериале до 13% об. Последующее внесение сахара не привело к интенсификации процесса брожения. На основании результатов исследования была разработана технологическая схема производства вина из рябины бузинолистной с добавлением ламинариевых водорослей, она приведена на рис. 4.

После созревания вина из ягод рябины бузинолистной с добавлением ламинариевых водорослей, занявшего в целом 4 мес, было изучено его качество путем органолептической оценки и определения физико-химических показателей.

Результаты органолептической оценки готового вина, проведенные описательным методом и методом балльных шкал, показаны в табл. 1. Результаты органолептических исследований с помощью профилограмм приведены на рис. 5–7.

Для органолептического анализа были сформированы дескрипторы органолептических показателей, а также профилограммы органолептических показателей, аромата и вкуса. Вино из рябины с добавлением водорослей имело желто-коричневый цвет, сложный аромат с сильным ароматом водорослей. Относительно аромата и вкуса мнения дегустаторов разошлись. Часть дегустаторов (30%) сочли интенсивность водорослевого аромата неприятным, а сам аромат негармоничным. Анализируемое вино отличалось также сильным привкусом водорослей, в результате те же 30% дегустаторов посчитали вкус вина негармоничным. В то же время большая часть дегустаторов посчитала гармоничными и аромат, и вкус вина, а привкус, внесенный водорослями, – вполне допустимым. В целом качество вина было оценено как удовлетворительное.

Надо заметить, что все указанные недостатки были вызваны высокой концентрацией экстрактивных веществ из водорослей, имеющих своеобразный водорослевый запах и вкус. Поскольку целью исследований является разработка вина с повышенной биологической ценностью,

был сделан вывод о приемлемости органолептических показателей разработанного вина, в котором некоторое присутствие несвойственного рябине вкуса компенсировалось повышенной биологической ценностью продукта.

Таблица 1

Органолептические показатели вина из ягод рябины бузинолистной с добавлением ламинариевых водорослей

Образец	Наименование показателя				
	Прозрачность	Окраска	Аромат	Вкус	Общее сложение
	Кристаллически прозрачное	Желто-коричневый цвет	Сложный, умеренно плодовой с ароматом рябины, с сильным ароматом водорослей	Умеренный плодовой с умеренной спиртуозностью, густой экстрактивный вкус, сладкий, терпковатый, с сильным привкусом водорослей	Удовлетворительное качество
	Средний балл				
	0,5	0,5	1,5	4,0	6,5

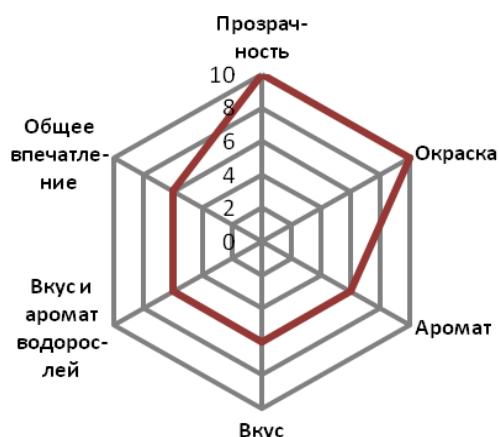


Рис. 5. Профилограмма органолептических показателей вина из ягод рябины бузинолистной с добавлением ламинариевых водорослей

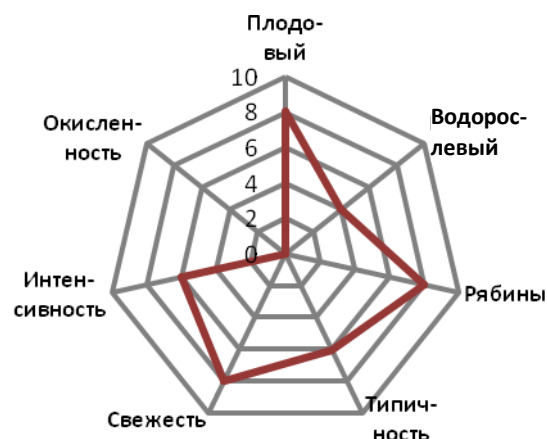


Рис. 6. Профилограмма аромата вина из ягод рябины бузинолистной с добавлением ламинариевых водорослей

Исследование в готовом вине из рябины бузинолистной с добавлением ламинариевых водорослей таких показателей качества, как объемная доля этилового спирта, массовая концентрация сахаров, массовая концентрация титруемых кислот в пересчете на яблочную кислоту, массовая концентрация остаточного экстракта показало, что все они отвечают требованиям ГОСТ 33806 «Вина фруктовые столовые и виноматериалы фруктовые столовые» по химическим характеристикам (табл. 2).

В ходе проведенных исследований было также установлено, что вино из рябины с водорослями характеризуется очень высокой экстрактивностью (массовая доля остаточного экстракта составила $116,8 \text{ г/дм}^3$) и значительной спиртуозностью (массовая доля этилового спирта в готовом вине составила $13,0\%$).

В готовом вине по мере его хранения также определяли содержание витамина С и йода. В ходе этих исследований было установлено, что первые полгода в нем, как и в вине без добавления экстракта водорослей, сохраняется высокое содержание витамина С.



Рис. 7. Профилограмма вкуса вина из ягод рябины бузинолистной с добавлением ламинариевых водорослей

Таблица 2

Химические показатели вина из рябины бузинолистной с добавлением ламинариевых водорослей

Наименование показателя	Норма по ГОСТ 33806	Значения показателя
Объемная доля этилового спирта в столовых винах, %	Не менее 6,0 и не более 15,0	$13,0 \pm 1,0$
Массовая концентрация сахаров в полусухих винах, г/дм^3	Более 4,0 и менее 30,0	$5,0 \pm 1,0$
Массовая концентрация титруемых кислот в пересчете на яблочную кислоту, г/дм^3	Не менее 4,0	$8,1 \pm 0,04$
Массовая концентрация остаточного экстракта, г/дм^3	Не менее 10,0	$116,8 \pm 0,7$

Йод, как известно [11], участвует в функционировании щитовидной железы, необходим для роста и дифференцировки клеток всех тканей организма человека, митохондриального дыхания, регуляции трансмембранного транспорта натрия и гормонов и многих других физиологических процессов, протекающих на клеточном и органно-системном уровнях. Потребление его с пищей в России широко варьирует в зависимости от региона, при этом значительная часть населения страны, в том числе камчатского, страдает йододефицитом. На Камчатке он обусловлен низкой минерализацией природных вод и высокой промываемостью песчаных почв. Определение массовой доли йода в полученном вине показало, что таковая составила $36,16 \text{ мкг на } 100 \text{ см}^3$ вина, особо отметим, что содержание йода в готовом продукте оставалось

стабильным в течение 16 мес хранения. Это количество, согласно Методическим рекомендациям МР 2.3.1.2432-08 санитарной службы РФ, соответствует 24% физиологической потребности для взрослых. Это лишний раз свидетельствует о ценности полученного в ходе экспериментального исследования нового натурального продукта – вина из местного ягодного сырья с добавлением экстрактивных веществ ламинариевых водорослей.

Заключение

Таким образом, на основании проведенных исследований разработана технология производства вина из рябины бузинолистной с добавлением ламинариевых водорослей. Оно имеет удовлетворительные органолептические показатели (прозрачность, цвет, аромат, вкус). Установлено, что по физико-химическим показателям (объемная доля этилового спирта в столовых фруктовых винах, массовая концентрация сахаров, массовая концентрация титруемых кислот в пересчете на яблочную кислоту, массовая концентрация остаточного экстракта) оно полностью соответствует требованиям ГОСТ 33806 «Вина фруктовые столовые и виноматериалы фруктовые столовые» к винам столовым полусухим. Показано, что вино, изготовленное по предложенной нами технологии, содержит значительное количество витамина С и йода.

Литература

1. *Оганесянц Л.А.* Разработка нового способа производства плодово-ягодных вин специального типа: дис. ... канд. техн. наук. – М., 1984 г. – 226 с.
2. *Киселев В.М., Гореликова Г.А., Адаева А.А.* Состояние и перспективы российского рынка плодовых вин // *Виноделие и виноградарство*. – 2013. – № 1. – С. 7–10.
3. *Клочкова Н.Г., Березовская В.А.* Водоросли камчатского шельфа. Распространение, биология и химический состав. – Владивосток: Дальнаука, 1997. – 154 с.
4. *Стукалова С.П.* Промысловые морские водоросли и травы дальневосточных морей. – М.: Пищ. пром-сть, 1981. – 113 с.
5. *Подкорытова А.В., Суховеева М.В.* Распределение, химический состав и использование ламинариевых водорослей дальневосточных морей // *Морские прибрежные экосистемы: водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки: материалы I Междунар. науч.-практ. конф.* – М.: ВНИРО, 1999. – С. 174–182.
6. *Усов А.И., Иванова Е.Г.* Полисахариды водорослей // *Биоорганическая химия*. – 1990. – Т. 16, № 11. – С. 1545–1551.
7. *Баланов П.Е., Смотряева И.В.* Промышленное производство вина. Ч. 2: учеб. пособие для вузов. – СПб.: Ун-т ИТМО, 2016. – 82 с.
8. *Методы теххимического контроля в виноделии* / под ред. Гержиковой В.Г. – Симферополь: Таврида, 2002. – 260 с.
9. *Салмин А.А.* Обоснование и разработка технологии вин и винных напитков из плодово-ягодного сырья Дальнего Востока: дис. ... канд. техн. наук. – Владивосток, 2012. – 171 с.
10. Оптимизация процесса экстракции красящих веществ из растительного сырья / *Р.А. Рамазанова, В.В. Пинянский, М.С. Мурадов, Т.Н. Даудова* // *Хранение и переработка сельхозсырья*. – 2003. – № 5. – С. 39–40.
11. Методические рекомендации МР 2.3.1.2432-08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» (утв. Гл. гос. сан. врачом РФ 18 декабря 2008 г.) [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.elbib.ru/index.phtml?page=elbib/rus/journal/2003/part1/PLP/> (дата обращения: 18.04.2018).

Информация об авторе Information about the author

Благонравова Майя Владимировна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат технических наук; доцент кафедры технологий пищевых производств; mbлагонravova@mail.ru

Blagonravova Majya Vladimirovna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Food Production Technologies Chair; mbлагонravova@mail.ru

УДК 664.8:664.959

А.С. Божко, И.М. Титова, Н.А. Проневич

**НАУЧНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ РЕЦЕПТУР
ОБОГАЩЕННЫХ РЫБНЫХ ПРОДУКТОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
УРОВНЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ ПОТРЕБНОСТИ В ВИТАМИНАХ ГРУППЫ В**

В статье представлено обоснование технологии рыбных поликомпонентных запеченных паштетов с повышенным содержанием витаминов группы В. Обогащение кулинарных продуктов производится за счет использования автолизата пивных дрожжей, что позволяет создавать новые функциональные пищевые продукты и решать задачи снижения дефицита пищевых веществ, витаминов, микроэлементов и других эссенциальных веществ.

Ключевые слова: обогащенные продукты, витамины группы В, автолизат пивных дрожжей, АПД, пивные дрожжи, побочные продукты пивоваренных производств, рыбные продукты.

A.S. Bozhko, I.M. Titova, N.A. Pronevich

**SCIENTIFIC AND EXPERIMENTAL SUBSTANTIATION OF ENRICHED FISH PRODUCTS
RECIPES TO ENSURE THE LEVEL OF PHYSIOLOGICAL NEEDS IN B VITAMINS**

The substantiation of the technology of fish multicomponent baked pate with a high content of B vitamins is presented in the article. Culinary products are enriched by the use of beer yeast autolysate, which allows to create new functional food products and to solve the problem of reducing the deficiency of nutrients, vitamins, trace elements and other essential substances.

Key words: enriched products, B vitamins, beer yeast autolysate, BYA, beer yeast, byproducts of brewing production, fish products.

DOI: 10.17217/2079-0333-2018-46-29-34

Введение

Основными задачами Концепции демографической политики Российской Федерации на период до 2025 г. являются сохранение и укрепление здоровья населения, увеличение продолжительности активной жизни, создание условий и формирование мотивации для ведения здорового образа жизни. Питание является одним из факторов, определяющих состояние здоровья населения, а также элементом здорового образа жизни. В связи с этим существует необходимость разработки новых продуктов питания, позволяющих поддерживать здоровье населения. Снижению в питании населения дефицита макро- и микронутриентов, эссенциальных веществ могло бы способствовать производство пищевых продуктов, обогащенных витаминно-минеральными премиксами, пищевыми волокнами и другими обогащающими компонентами, биологически активными добавками (БАД) к пище [1].

Результаты анализа заболеваемости населения неинфекционными болезнями, связанной с факторами вредного воздействия среды, показывают, что проживание в неблагоприятной экологической обстановке требует более тщательного подбора рациона питания в части содержания в нем нутриентов, оказывающих профилактическое воздействие на состояние здоровья населения [1].

На основании данных федерального информационного анализа первичной заболеваемости за 2011–2014 гг., например для Новосибирской области, некомфортной для проживания взрослого населения, выявляются такие наиболее распространенные, имеющие тенденцию к росту заболевания, как болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением, бронхит неуточненный и эмфизема, инсулинонезависимый сахарный диабет, мочекаменная болезнь,

астма и астматический статус, ожирение, гастрит и дуоденит [2]. Кроме вышеперечисленных нозологий в перечень приоритетной патологии в 2014 г. включена анемия, как заболевание, на развитие которого также большое влияние оказывают факторы окружающей среды.

Медицинскими исследованиями была показана взаимосвязь проявлений болезней крови и кроветворных органов, органов пищеварения, кожи и подкожной клетчатки, нервной системы и системы кровообращения с недостатком в рационе питания витаминов группы В [1]. Их дефицит в организме человека может быть устранен путем совершенствования рациона питания, главным образом, в ходе употребления продуктов, обогащенных данной группой витаминов.

Оценивая потенциально возможных «поставщиков» группы витаминов В, авторы настоящей работы установили, что их прекрасными натуральным источником являются пивные дрожжи, содержащиеся во вторичных продуктах пивоварения. Так, из каждого гектолитра пива получается в среднем 1,2 кг неиспользуемых в производстве дрожжей, представляющих собой достаточно густую массу, содержащую до 15% сухих веществ, из которых 35–40% приходится на долю сырого протеина. Средний завод по производству пива мощностью 2 млн гл в год должен утилизировать до 2 400 т дрожжей [3, 4]. Это огромное количество органики в настоящее время утилизируется в основном на полигонах. Незначительная часть дрожжей используется для производства кормов для сельскохозяйственных животных, и совсем небольшое количество – для производства БАД. Однако, согласно социологическим опросам, БАД с включением пивных дрожжей в своем рационе используют менее 2% населения Российской Федерации. Они не получили широкой популярности в связи с неприятными органолептическими характеристиками, в частности кислым, дрожжевым вкусом и ароматом. На этом основании можно говорить о недостаточном использовании вторичных продуктов пивоварения как поставщиков витаминов группы В.

Авторами статьи были выполнены теоретические расчеты по нормам внесения пивоваренных дрожжей в рыбную продукцию для ее обогащения витаминами группы В и проведены лабораторные эксперименты с целью обоснования рецептур таких продуктов. Ниже представлены результаты, полученные в ходе этих исследований.

Материалы и методы

Известно, что сырые пивные дрожжи достаточно сложно использовать в технологическом производстве, поэтому для их концентрирования и удлинения сроков хранения производят автолизат дрожжей (АПД). В данном исследовании сухой автолизат пивных дрожжей, вырабатываемый по СТО 80708718-001-2012 «Автолизаты пивных дрожжей» (поставщик ООО «БИОТЕХ ПЛЮС», Московская область, г. Клин, Россия). Рыбную продукцию готовили из охлажденного и мороженого карася серебряного (*Carassius gibelio*). В качестве модельных образцов кулинарного изделия готовили паштет рыбный запеченный, в качестве контрольного – котлеты рыбные запеченные (рецептура № 394 Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания).

Содержание витаминов группы В определяли по ГОСТ 32042-2012.

Органолептическую оценку паштета проводили по специально разработанной 25-балльной шкале. Разработку рецептур рыбных паштетов осуществляли с использованием методов линейного программирования.

Результаты и обсуждение

Известно, что автолизат пивных дрожжей может служить не только источником витаминов группы В, но также источником аминокислот, пептидов и белков, находящихся в легкоусвояемой форме. Это, безусловно, повышает его биологическую ценность. Анализ содержания витаминов группы В в АПД показал, что их количество в несколько раз превышает суточную физиологическую потребность. Приведенные в табл. 1 литературные данные [5] доказывают целесообразность использования АПД в качестве источника для обогащения, имеющего высокую концентрацию всех витаминов группы В. Самые высокие концентрации среди них имеют витамины В₃ (ниацин), В₄ (холин), В₅ (пантотеновая кислота), 96; 4820; 288 соответственно. Это в 4,8; 8,16 и 57,6 раза больше максимума суточной нормы для детей.

Ценность рыбы как продукта питания не вызывает сомнений, поэтому она была использована в качестве основы для получения новых обогащенных продуктов. С целью рационализации процесса внесения компонентов было принято решение о создании линейки продуктов на фаршевой основе.

Таблица 1

**Содержание витаминов группы В в автолизате пивных дрожжей
и их суточная физиологическая потребность для детей и взрослых [5]**

Витамин	Содержание, мг/кг в автолизате	Физиологическая потребность для взрослых, мг/сут	Физиологическая потребность для детей, мг/сут	
			от	до
B ₁ (тиамин)	57,2	1,5	0,3	1,5
B ₂ (рибофлавин)	28,3	1,8	0,4	1,8
B ₃ (ниацин)	96	20	5	20
B ₄ (холин)	4820	500	100	500
B ₅ (пантотеновая кислота)	288	5	1	5
B ₆ (пиридоксин)	6,2	2	0,4	2
B ₉ (фолаты)	11,4	0,4	0,05	0,4
B ₁₂	0,3	0,003	0,0003	0,003
H, B ₇ (биотин)	0,4	0,05	0,01	0,05

В качестве сырья для получения рыбного фарша возможно использование разных видов морских и пресноводных рыб, в том числе объекты аквакультуры. При выборе источника сырья важно учитывать ряд факторов, важнейшим из которых является невысокая себестоимость новой продукции. В связи с этим в разрабатываемой технологии в качестве основного сырья было решено использовать карася серебряного, являющегося недоиспользуемым в Новосибирской области видом рыбного сырья. Мышечная ткань карася обладает высокими вкусовыми качествами и сбалансированным химическим составом, карась не пользуется популярностью у населения и переработчиков. Это, прежде всего, связано с особенностями его строения, в частности наличием большого количества внутримышечных костей. Наилучшим способом устранения этого недостатка является получение из мяса карася фарша.

В ходе обоснования рецептуры рыбных продуктов, обогащенных витаминами группы В, и разработки технологий их производства с учетом требований ТР ТС 021 ставилась задача создания продукта, одна порция которого содержала бы витамины группы В. Поскольку автолизат пивных дрожжей содержит в своем составе разное количество витаминов и для ряда из них установлен допустимый суточный предел, нам было необходимо рассчитать объем его добавки к рыбному фаршу, не превышающий нормы суточного потребления. Ниже, в табл. 2, представлен расчет данных по содержанию витаминов в зависимости от количества добавленного в рыбный фарш автолизата на одну порцию продукта массой 100 г.

Таблица 2

**Удовлетворение суточной потребности взрослого человека
при различных закладках автолизата пивных дрожжей (АПД),%**

Витамины	Количество АПД в г, внесенного в соответствии с рецептурой на 100 г продукта										
	3 г	4 г	5 г	6 г	6,25 г	7 г	8 г	9 г	10 г	12 г	16 г
B ₁ (тиамин)	11,4	15,3	19,1	22,9	23,8	26,7	30,5	34,3	38,1	45,8	61,0
B ₂ (рибофлавин)	4,7	6,3	7,9	9,4	9,8	11,0	12,6	14,2	15,7	18,9	25,2
B ₃ (ниацин)	1,4	1,9	2,4	2,9	3,0	3,4	3,8	4,3	4,8	5,8	7,7
B ₄ (холин)	2,9	3,9	4,8	5,8	6,0	6,7	7,7	8,7	9,6	11,6	15,4
B ₅ (пантотеновая кислота)	17,3	23,0	28,8	34,6	36,0	40,3	46,1	51,8	57,6	69,1	92,2
B ₆ (пиридоксин)	0,9	1,2	1,6	1,9	1,9	2,2	2,5	2,8	3,1	3,7	5,0
B ₉ (фолаты)	8,6	11,4	14,3	17,1	17,8	20,0	22,8	25,7	28,5	34,2	45,6
B ₁₂	30,0	40,0	50,0	60,0	62,5	70,0	80,0	90,0	100,0	120,0	160,0
H, B ₇ (биотин)	2,4	3,2	4,0	4,8	5,0	5,6	6,4	7,2	8,0	9,6	12,8
Итого количество витаминов, удовлетворяющих 5% от суточной физиологической потребности	4	5	5	6	7	7	7	7	7	8	9

Согласно табл. 2, при закладке 3 г АПД на 100 г фарша только четыре витамина (V_1 , V_5 , V_9 и V_{12}) достигают 5%-ного уровня, необходимого для удовлетворения суточной физиологической потребности человека в данных микронутриентах. При закладке от 4 до 5 г АПД на 100 г фарша указанный выше перечень дополняет витамин V_2 . Из табл. 2 также видно, что увеличением закладки от 6,25 до 10 г автолизата на 100 г фарша достигается необходимый уровень уже по семи витаминам (V_1 , V_2 , V_4 , V_5 , V_9 , V_{12} и V_7). Диапазон от 12 до 15 г обеспечивает рацион по восьми витаминам и только при закладке АПД в размере 16 г достигается удовлетворение 5%-ной суточной потребности по всем девяти витаминам. При этом необходимо отметить, что уже при добавлении АПД в количестве 10 г на 100 г фарша достигается концентрация витамина V_{12} , соответствующая максимальной суточной норме его потребления.

Из табл. 2 видно, что «идеальной», с точки зрения количественного содержания витаминов группы В, является рецептура с массовой долей автолизата в количестве 16 г на 100 г, но для оценки целесообразности такой закладки кроме химического состава столь же важны органолептические характеристики готового продукта.

Для их определения были проведены специальные исследования. В качестве базовой рецептуры использовали таковую для котлет рыбных из фарша карася с добавлением репчатого лука и пшеничного хлеба. В ходе эксперимента были получены шесть образцов с содержанием АПД в количестве от 3 до 16%. После термической обработки тестовых образцов котлет была проведена оценка их органолептических характеристик. Дегустацию проводили независимые эксперты. Результаты сенсорных исследований представлены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты органолептической оценки тестовых образцов, балл

Показатели	Содержание АПД в рецептуре					
	3%	6,25%	8%	10%	13%	16%
Внешний вид	$4,9 \pm 0,1$	$4,8 \pm 0,1$	$4,6 \pm 0,1$	$4,1 \pm 0,2$	$3,9 \pm 0,2$	$3,6 \pm 0,2$
Вкус	$4,7 \pm 0,1$	$4,7 \pm 0,2$	$3,3 \pm 0,1$	$2,8 \pm 0,2$	$2,6 \pm 0,2$	$1,7 \pm 0,2$
Запах	$4,7 \pm 0,1$	$4,6 \pm 0,1$	$3,5 \pm 0,2$	$2,7 \pm 0,1$	$2,1 \pm 0,2$	$1,6 \pm 0,2$
Цвет	$4,8 \pm 0,1$	$4,8 \pm 0,1$	$4,5 \pm 0,2$	$4,3 \pm 0,2$	$4,3 \pm 0,1$	$4,1 \pm 0,2$
Консистенция	$4,5 \pm 0,2$	$4,6 \pm 0,1$	$4,0 \pm 0,2$	$3,9 \pm 0,1$	$3,7 \pm 0,2$	$2,8 \pm 0,2$
Средняя оценка	4,72	4,70	3,98	3,56	3,32	2,76

Одним из основных оцениваемых параметров являлся вкус готового изделия, в связи с тем, что увеличение доли закладываемого в продукт АПД оказывало на него существенное влияние. Дегустаторы отмечали, что образцы с массовой долей АПД 8% и более имели характерный для автолизата кисловатый запах и привкус, который не исчез и после тепловой обработки. Лучшими, по мнению дегустаторов, оказались образцы с содержанием АПД в количестве 3 и 6,25%. Выбранные рецептуры получили наивысшую оценку и были использованы в качестве базовых. Основная масса предлагаемых на российском рынке паштетов содержит большое количество функционально-технологических добавок, таких как стабилизаторы, загустители, консерванты. Разрабатывая обогащенный продукт для здорового питания, мы, прежде всего, стремились отказаться от использования данных ингредиентов. В связи с этим требовалось выбрать добавки, которые бы позволили не только максимально маскировать особенности вкусовой гаммы автолизата, но и отвечали потребительским вкусам современных покупателей.

Линейку рецептов рыбных запеченных паштетов разрабатывали с одной стороны с целью расширения ассортимента рыбной продукции, а с другой – соблюдения принципов пищевой комбинаторики. Предлагаемые для включения в фарш растительные компоненты содержат пищевые волокна и природные антиоксиданты, что существенно повышает полезные свойства запеченных паштетов. Используя такие хорошо зарекомендовавшие себя компоненты, как карри и имбирь, было возможно придать рыбной продукции новые вкусовые оттенки. Данные компоненты не только обеспечили яркую вкусовую гамму, но и, как отметили дегустаторы, убрали характерный рыбный вкус. Разработанные по итогам экспериментов рецептуры представлены в табл. 4.

Таблица 4

Состав рецептов, выбранных по результатам органолептической оценки, %

Компонент	Рецептура, %				
	С карамелизированной морковью	С карамелизированной морковью и карри	С карамелизированной грушей	С карамелизированной грушей и имбирем	С черносливом
Рыба	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0
Лук репчатый пассерованный	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Масло растительное	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Соль, перец	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Автолизат	6,25	6,25	6,25	6,25	6,25
Карамелизованная морковь	22,0	21,5	–	–	–
Карри	–	0,5	–	–	–
Карамелизованная груша	–	–	22,0	20,0	–
Имбирь	–	–	–	2,0	–
Чернослив	–	–	–	–	22,0

Весь ассортимент запеченных паштетов получил высокие баллы и одобрение членов дегустационной комиссии. Проведенные исследования показали, что все разработанные нами рецепты целесообразно рекомендовать для внедрения в производство, поскольку изготовленные из них изделия обладают своеобразным приятным вкусом и могут найти своих потребителей.

Таким образом, по результатам оценки органолептических характеристик были выбраны образцы с содержанием АПД в количестве 6,25% как получившие высокую оценку дегустационной комиссии и в то же время удовлетворяющие 5%-ную физиологическую потребность организма взрослого человека в семи витаминах группы В, таких, как В₁, В₂, В₄, В₅, В₉, В₁₂ и В₇.

Заключение

Одной из задач развития пищевой промышленности является целесообразное и безопасное использование вторичных продуктов пищевых производств. К таким продуктам относятся отработанные дрожжи, получаемые при производстве пива. Разработка технологии обогащения пищевых рыбных продуктов автолизатом пивных дрожжей (АПД) решает проблему рационального использования вторичных продуктов пивоваренных производств, важную как с экологической, так и с экономической точек зрения.

Создание линейки новых обогащенных рыбных продуктов в свою очередь расширяет производство функциональной пищевой продукции и решает задачи снижения дефицита пищевых веществ, витаминов, микроэлементов и других эссенциальных веществ, наносящего серьезный ущерб здоровью населения.

Добавка в состав изделий АПД помимо их обогащения витаминами группы В и свободными аминокислотами, способствует их обогащению β-Каротином, микро- и макроэлементами за счет включения в рецептуру дополнительных ингредиентов, маскирующих дрожжевой вкус готовых продуктов во всей линейке запеченных рыбных паштетов, и обеспечивает их высокие органолептические показатели.

Использование караса серебряного в качестве основного рыбного сырья в разработанной линейке продуктов в определенной мере решает проблему вовлечения в промысел малоиспользуемого рыбного сырья.

Для производства запеченных рыбных паштетов рекомендуется добавка АПД в размере 6,25% к 100 г рыбного сырья. Употребление одной стограммовой порции паштета способно обеспечить от 5 до 62,5% суточной потребности организма взрослого человека в витаминах В₁, В₂, В₄, В₅, В₉, В₁₂ и В₇. При этом потребителю предлагается продукт с высокими органолептическими показателями.

Литература

1. Божко А.С., Титова И.М. К вопросу о возможности использования вторичного сырья пивоваренных производств с целью создания продукции, обогащенной витаминами группы В //

Инновации в технологии продуктов здорового питания: сб. науч. тр. – Калининград: Изд-во КГТУ, 2017. – 176–180 с.

2. Государственный доклад о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Новосибирской области в 2015 году / Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Новосибирской области. – Новосибирск, 2016. – 250 с.

3. Разработка технологии удаления горечи из отработанных пивных дрожжей / В.Е. Куцакова, Т.В. Шкотова, С.В. Фролов, Т.В. Чичина // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 2012. – № 4. – С. 80–86.

4. Кунце В. Технология солода и пива: пер. с нем. – СПб.: Профессия, 2003. – 912 с.

5. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации: методические рекомендации / Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. – М., 2009. – 36 с.

Информация об авторах **Information about the authors**

Божко Антон Сергеевич – Калининградский государственный технический университет; 236022, Россия, Калининград; аспирант; bozhkoanton@mail.ru

Bozhko Anton Sergeevich – Kaliningrad State Technical University; 236022, Russia, Kaliningrad; Post-graduate; bozhkoanton@mail.ru

Титова Инна Марковна – Калининградский государственный технический университет; 236022, Россия, Калининград; кандидат технических наук, доцент; заведующий кафедрой технологии продуктов питания; inna.titova@klgtu.ru

Titova Inna Markovna – Kaliningrad State Technical University; 236022, Russia, Kaliningrad; Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; Head of the Food Technology Chair; inna.titova@klgtu.ru

Проневич Наталья Алексеевна – Фонд содействия пациентам «Жизнь»; 236029, Россия, Калининград; президент фонда, врач-диетолог, терапевт, гериатр; Lifesocialfund@gmail.com

Pronevich Natalia Alexeevna – Foundation for Patient Assistance «Life»; 236029, Russia, Kaliningrad; President of the Foundation, dietitian, therapist, geriatrician; Lifesocialfund@gmail.com

УДК 664.856:634.11

Н.В. Макарова, Н.Б. Еремеева, Д.Е. Быков, Я.В. Давыдова**ИССЛЕДОВАНИЕ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИХ, ПРОЧНОСТНЫХ,
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МНОГОСЛОЙНОЙ СЪЕДОБНОЙ ПЛЕНКИ
НА ОСНОВЕ ЯБЛОЧНОГО СЫРЬЯ**

В последнее время в качестве покрытий пищевых продуктов приобрели популярность съедобные пленки и съедобные покрытия, представляющие собой естественный биоразлагаемый материал. Их использование – путь к уменьшению количества отходов традиционных упаковочных материалов. Они, кроме того, улучшают общее качество пищевых продуктов, увеличивают срок их годности, способствуют повышению экономической эффективности производства. В статье приводятся результаты разностороннего изучения образцов одно-, двух-, трех-, четырех-, пяти-, шести-, семи-, восьми-, девяти-, десятислойных съедобных пленок, полученных на основе одного из самых распространенных видов фруктов – яблок. У них изучены органолептические свойства (внешний вид, цвет, вкус, аромат, пережевываемость), микроструктура поверхности. Последняя изучалась с использованием лазерной микроскопии. Структуру пленок исследовали с помощью ИК-спектроскопии. В ходе проведенных исследований было определено отношение пленок к воде, к воздействию высоких и низких температур, изучены их прочностные свойства. Результаты исследований показали, что съедобная многослойная пленка, полученная на основе яблочного сырья, вполне приемлема по органолептическим показателям. Несмотря на отдельные трещины и пустоты в структуре пленки, она обладает высокими прочностными характеристиками, при этом она достаточно устойчива к воде и низким температурам, но теряет свои пластические свойства при МВ-нагреве.

Ключевые слова: съедобная пленка, многослойная пленка, яблоки, органолептические свойства, прочность, структура, водостойчивость, воздействие температуры.

N.V. Makarova, N.B. Ereemeeva, D.E. Bykov, Y.V. Davydova**STUDY OF ORGANOLEPTIC, STRENGTH, PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES
OF MULTILAYERED EDIBLE FILM ON THE BASIS OF APPLE RAW MATERIAL**

Recently, edible films and edible coatings, which are a natural biodegradable material, have become popular as food coatings. Their use is a way to reduce the amount of traditional packaging materials waste. Moreover, they improve the total quality of food products, increase their shelf life and contribute to the economic efficiency of production. The results of comprehensive study of samples of one-, two-, three-, four-, five-, six-, seven-, eight-, nine-, ten-layers edible films obtained on the basis of one of the most common types of fruit – apples are presented in the article. The organoleptic properties (appearance, color, taste, aroma, chewability), surface microstructure are examined. The latter was studied by using laser microscopy. The structure of the films was investigated by IR spectroscopy. During the research the ratio of films to water, to the effects of high and low temperatures was determined, their strength properties were studied. The results showed that the edible multilayer film obtained on the basis of apple raw materials is quite acceptable in organoleptic characteristics. Despite the individual cracks and voids in the structure of the film, it has high strength characteristics, while it is sufficiently resistant to water and low temperatures, but loses its plastic properties when MV-heating.

Key words: edible film, multilayer film, apples, organoleptic properties, strength, structure, water resistance, temperature effect.

DOI: 10.17217/2079-0333-2018-46-35-46

Введение

В последние годы, в период действия санкций со стороны европейских государств и США, быстрыми темпами развивается агропромышленный сектор экономики России. При этом необходимо отметить, что развитие объемов производства зерна, молока, мяса, растительного масла, овощей, фруктов и т. д. намного опережает развитие перерабатывающих отраслей. Однако стоит ожидать, что в скором времени темпы развития производства и переработки пищевых продуктов станут сопоставимы. Российские ученые не только изучают темпы роста производства и условия

ускоренного развития [1], но и предлагают экономико-математические модели для характеристики этих процессов [2].

В ближайшие годы в России доля продуктов, находящихся в разной степени готовности и полностью готовых к употреблению, будет только возрастать, поскольку этому способствует само изменение образа жизни россиян. Основанием для этого утверждения является тот факт, что время, которое тратят граждане нашей страны на работу, увеличивается. Свое свободное время они предпочитают посвятить не домашнему хозяйству и приготовлению пищи, а спорту, отдыху, развлечениям, образованию. В связи с этим возрастает и роль продуктовых магазинов [3] и предприятий общественного питания.

С увеличением роста количества готовых пищевых продуктов растет количество расфасованных пищевых продуктов. Индустрия их упаковки постоянно эволюционирует [4], и при этом изменяется качество полимерных материалов в соответствии с изменениями требований к ним. Появляются принципиально новые виды упаковки, например, «активная» упаковка или упаковка с использованием нанокompозитных материалов [5]. Их отличают не только новые технoхимические свойства, но и наличие специальных свойств, например, антимикробных.

Яблоки среди фруктов являются одним из самых значимых сырьевых источников пищевой промышленности. Поэтому интерес к исследованию их химического состава и технологических свойств очень высок. В этой области постоянно появляются новые публикации. Так, например, турецкие ученые [6] выполнили большой комплекс исследований, направленных на выявление общего содержания сухих веществ, кислот, фенолов, аскорбиновой кислоты, влажности, pH, минерального состава у яблок сортов Golden, Starkin-Golden, Granny Smith, Red chif, Gala, Starkimison, Amasya, Golden-Starking, Koleksiyon Bake, Golden-Starkimison. Они проводили их в многократном повторении, используя яблоки из разных мест сбора в Турции. По каждому из изученных показателей они выбрали наиболее перспективные сорта. Так, лидером по содержанию сухих веществ является сорт Gala, а по уровню аскорбиновой кислоты – сорт Starkimison.

Польские ученые [7] наряду с цветом, плотностью и кислотностью у яблок шести сортов (Alwa, Fiesta, Gloster, Golden Delicious, Mutsu, Pinova) с использованием методов ВЭЖХ определили содержание разных групп полифенолов: флаван-3-олов (процианидина B₁, $\pm$ -катехина, процианидина B₂, (-)-катехина, процианидина C1, полимерных процианидинов), дигидрохалконов (флоретин-2'-О-ксилоглюкозида, флоретин-2',-О-глюкозида), гидроксициннамовых кислот (хлорогеновой, криптохлорогеновой), флавонолов (кверцетин-3-О-галактозида, кверцетин-3-О-глюкозида, кверцетин-3-О-ксилозида, кверцетин-3-О-рамнозида), антоцианов (цианидин-3-О-галактозида). Для яблочных соков из этих шести сортов яблок изучена энзимная активность до и после пастеризации. Такой показатель, как сорт яблок, влияет как на уровень отдельных фенольных веществ, так и на ферментативную активность соков после пастеризации.

Яблочное сырье исследуется не только в целях разработки технологий переработки. Многочисленные публикации свидетельствуют и об их положительном влиянии на здоровье человека. Так, например, чилийские ученые [8] установили, что приблизительно 40% населения страны имеет повышенный уровень холестерина, а у 25% он достигает критической отметки, что является фактором риска развития сердечно-сосудистых заболеваний. Опыты на лабораторных мышах показали, что после 40 дней у животных, рацион питания которых включал яблоки, снизился уровень холестерина и липопротеинов высокой плотности и нормализовался вес. На основании этого эксперимента упомянутая исследовательская группа рекомендовала шире использовать яблоки в рационе питания населения своей страны.

Еще более интересные данные представлены в совместной работе канадского и польских ученых [9]. Они изучали экспрессию генов у созревающих яблок двух сортов (Golden Delicious и McIntosh) с целью идентификации функционального молекулярного маркера, определяющего физиологическую спелость плодов за несколько дней до их полного созревания и сбора урожая. Проведенные ими исследования позволили предположить, что это ген глюкозидазы крахмала (StG), поскольку на поздних стадиях созревания плодов, еще до начала производства этилена наблюдалась его гиперэкспрессия. Эти исследования имеют не только научный, но и большой практический интерес.

Несмотря на положительное воздействие яблок на организм человека, наличие в мире большого объема яблочного сырья, интересных технологических разработок, их использование в промышленном масштабе ограничивается получением нескольких пищевых продуктов. Изучение возможности использования этого сырья сосредоточено в основном на улучшении техноло-

гий производства традиционной продукции. Например, в работе польских авторов [10] описываются аспекты технологии производства сока из яблок сортов Trinity, Maupole, Alex Red. В ходе их экспериментов были подобраны оптимальные концентрации добавляемой аскорбиновой кислоты, ферментный препарат, изучено влияние процессов центрифугирования и хранения при температурах 2 и 20°C и изменения при этом содержания сухих веществ, антоцианинов, полифенолов, титруемой кислотности. На основании полученных результатов для каждого технологического параметра выбраны значения, существенно улучшающие процесс производства яблочного сока.

Одним из способов консервирования яблок является сушка. В настоящее время ведется экспериментальный поиск наиболее оптимальных технологий сушки фруктов. Большую роль приобретают не просто сублимационная сушка, а ее сочетание с другими видами сушки: вакуумной, конвекционной, распылительной, инфракрасной. В связи с этим венгерские ученые [11] изучили изменение цветности, содержание кислот, регидратацию яблок при использовании нескольких технологических режимов сублимационной сушки, сочетанной сублимационной и конвекционной, сублимационной и инфракрасной сушки. Предложенная математическая модель описания процесса сушки позволила им выбрать оптимальную энергетическую нагрузку.

Яблочное пюре является не только готовым для потребителей продуктом, но и активно используемым ингредиентом при производстве соков, печенья, конфет, десертов. При этом вопрос повышения качества пюре при его производстве остается весьма актуальным. Румынские ученые [12] для его пастеризации предложили новую установку омического нагрева и на основании результатов многофакторного анализа выбрали наиболее оптимальные условия нагрева в ней пюре. Таким образом, анализ литературных данных показывает, что до настоящего времени яблочное сырье использовалось в основном для получения традиционных продуктов питания.

Съедобные пленки – новый для пищевой промышленности вид упаковочного материала. Высокий интерес к ним вызван, прежде всего, ухудшением общей экологической ситуации на планете и в России в связи с поступлением в окружающую среду большого количества не разлагаемых живыми организмами полимерных материалов, использовавшихся для упаковки товаров. К настоящему времени имеются определенные успехи в разработке новых или улучшении существующих технологий производства пищевых пленок.

Так, для снижения способности к набуханию и уменьшению влагопроницаемости аргентинские ученые [13] в состав пленки из хитозана и глицерина вводили оливковое масло. При изучении ее микроструктуры, прочности и эластичности они обнаружили, что повышенное содержание в эмульсии хитозана оливкового масла приводит к повышению прочности и эластичности пленки.

Американские ученые изготовили пленку из пуллуана с покрытием из рисового воска и изучили у изготовленных ими образцов проницаемость для водяного пара [14]. При этом они показали, что увеличение содержания в ней воска приводит к уменьшению ее проницаемости.

Японские ученые [15] в качестве основы для получения съедобной пленки использовали мантию кальмара. Процесс производства таких пленок был проведен с использованием солей NaCl, цитрата, бензоата, ацетата, тартрата Na. У полученной пленки исследовали барьерные свойства по отношению к ультрафиолету, прочностные характеристики, проницаемость водяного пара. Самой прочной оказалась пленка, полученная с использованием цитрата натрия, а менее водонепроницаемой – с хлористым натрием.

В съедобную пленку из йота-каррагинана с добавлением или без липидов инкапсулировали d-лимонен и n-гексаналь [16]. Такие образцы пленки испытывали на способность к увлажнению при температуре 25 и 35°C в зависимости от состава среды (вода и 0,9%-ный раствор NaCl). Оказалось, что все воздействующие на нее факторы влияют на уровень удержания в пленке ароматических веществ.

В другом случае съедобные пленки были получены методом экструзии на основе кукурузного крахмала с добавкой амилозы [17]. Изучение их эластичности и прочности на разрыв показало, что повышение содержания амилозы увеличивает прочностные характеристики. Однако при этом усложняется процесс экструзии.

В состав съедобной пленки, изготовленной из изолята белков канолы с пластификаторами (глицерин, сорбитол, полиэтиленгликоль), добавляли генипин [18] и изучали ее прочность на разрыв, эластичность, структуру, проницаемость для водяных паров. Генипин делает пленки более прочными, но малоэластичными.

В состав биоразлагаемых съедобных пленок на основе растворимых полисахаридов соевых бобов вводили различные количества – 20, 30, 40% – глицерина [19]. Установлена зависимость между прочностными характеристиками, оптическими и барьерными свойствами и содержанием глицерина. Пароводопроницаемость пленок оказалась лучшей при добавлении 20% глицерина. Увеличение содержания глицерина увеличивает удлинение пленок, но при этом снижает прочность.

На основе желатина с использованием нанокристаллов бактериальной целлюлозы были получены съедобные, биоразлагаемые, дешевые, высокоэффективные наногликозидные пищевые пленки [20]. Для получения нанокристаллов бактериальную целлюлозу подвергали кислотному гидролизу в контролируемых условиях. Изучение микроскопической структуры пленки и распределения в ней нанокристаллов показало, что внутри желатина образуется сетка, что ее прочностные характеристики имеют сложную зависимость от количества нанокристаллов и что ее прочность максимальна при 4%. Однако ее эластичность при этом составляет 0%.

К съедобной пленке из желатина чешуи зубатки полосатой были добавлены 0, 50, 100 и 150% триацетина и эмульгатор Tween-80 [21]. Микроструктуру пленки изучали с помощью рентгеновского микроскопа. Введение триацетина снижало прочность пленки на разрыв (TS), но увеличивало ее растяжимость (FS, E), растворимость в воде (WVP).

В ходе разработки технологий производства съедобных пленок были проверены хитозановые пленки, проконтролированы микробиологические показатели и качество брокколи [22]. Экспериментально было доказано, что такое покрытие снижает количество мезофильных и психотрофных бактерий, дрожжей, *E. coli* и штамма O157:H7, ингибирует раскрытие и пожелтение цветков. Таким образом, было обнаружено, что хитозановые покрытия позволяют сохранить качество свежесрезанной брокколи в течение 20 дней.

В другом исследовании пищевая пленка была изготовлена на основе пшеничной клейковины и желатина [23]. С целью придания ей антимикробных свойств в ее состав вводили слизистые вещества жира или энтеротоксин (ES). Пленки на основе энтеротоксина утрачивали свою антимикробную активность через 2 ч. Но оба их вида авторы рекомендуют как упаковку для продуктов, защищающую от загрязнения *Listeria monocytogenes*.

Корейские ученые изготовили двойные комбинированные пленки из белкового изолята соевых грибов и зеина [24]. Для этой пленки изучены прочностные характеристики, проницаемость кислорода и водяного пара. Эту пленку с успехом использовали для хранения оливкового масла от окислительного прогоркания и уменьшения в нем перекисного числа. Испанские ученые [25] изучали пролонгированное освобождение витамина Е из съедобных пленок хитозан-ацетилированного моноглицерида (АМ) с разным содержанием хитозана. В качестве пластификатора они использовали глицерин. В течение 480 ч они оценивали выделение из пленки α -токоферола в среде этанол : вода. Такие пленки были предложены как обладающие антиоксидантной активностью.

Таким образом, обзор указанных выше литературных источников показывает, что в настоящее время в мире наблюдается большой интерес к разработке технологий производства съедобных биоразлагаемых пленок как альтернативе широко используемых ныне полимерных пленок. В ходе этих исследований были созданы разные типы пищевых пленок, обладающих дополнительными полезными свойствами, которые отсутствуют у полимерных материалов.

Ниже авторами работы представлены результаты изучения органолептических свойств, микроструктуры, водопоглопительной способности, прочностных характеристик, устойчивости к воздействию высоких и низких температур одно-, двух-, трех-, четырех-, пяти-, шести-, семи-, восьми-, девяти-, десятислойных съедобных пленок, полученных на основе яблочного сырья с добавлением пластификатора – пектина в количестве 2%.

Материалы и методы исследования

Метод производства многослойной съедобной пленки. Для получения яблочного пюре, используемого в качестве основы пленок, плоды яблок подвергали первичной обработке, предусматривающей инспекцию плодов, сортировку, калибровку и мойку, удаление несъедобных частей (плодоножки, семенной камеры, кожуры) нарезку и измельчение до пюреобразного состояния. К полученной массе добавляли пектин в количестве 2% от массы исходного сырья и вновь подвергали гомогенизации. Формование однослойного пленочного материала проводили

методом прокатывания массы через вальцы с образованием съедобной пленки толщиной 1–3 мм. Полученный лист съедобной пленки сушили в течение 1 ч при температуре 55–60°C. Последующие слои наносили аналогичным образом, сушили 30 мин. Готовую пленку охлаждали до комнатной температуры.

Определение органолептических характеристик многослойной съедобной пленки. Исследования органолептических показателей были проведены по ГОСТ 8756.1-79 «Продукты пищевые консервированные». Методы определения органолептических показателей, массы нетто или объема массовой доли составных частей». Для каждого образца пленки были определены такие характеристики, как внешний вид, цвет, вкус, аромат и пережевываемость.

Микроскопические исследования. Изучение поверхностного слоя образцов многослойной съедобной пленки проводили на лабораторном микроскопе «Микромед 3-20М». Сканирующая электронная микроскопия образцов многослойной съедобной пленки была проведена на электронном микроскопе «JEOL-6390А».

ИК-спектроскопия многослойной съедобной пленки. ИК-спектры для образцов многослойной съедобной пленки были сняты с помощью лабораторного прибора «Shimadzu IRAffinity-1» в тонком слое с преобразованием Фурье.

Определение влагопоглощительной способности многослойной съедобной пленки. Влагопоглощительная способность была определена для всех пленок следующим образом: образцы пленок помещали в дистиллированную воду и выдерживали при 23°C в течение 30, 60, 90 мин, при 60°C в течение 30, 60, 90 мин и при 90°C в течение 30, 60, 90 мин. Степень водопоглощения определяли как отношение массы пленки после эксперимента к массе пленки до эксперимента, выраженное в процентах.

Определение толщины многослойной съедобной пленки. Толщину пленки измеряли с помощью цифрового микрометра «FIT 19909». Для каждой пленки выполняли пять измерений: один в центре образца и четыре на разных участках его периметра. Затем определяли средние показатели толщины пленки.

Испытание на растяжение многослойной съедобной пленки проводили на лабораторном испытательном комплексе, включающем разрывную машину «INSTRON-5988» (Испытательная лаборатория по определению механических свойств и химического состава конструкционных материалов СамГТУ) со скоростью приложения нагрузки в больших пределах от 0,001 мм/мин до 508 мм/мин. Испытывали образцы, имеющие вид полосок шириной 10 мм при расстоянии между зажимами 150 мм. Деформационные свойства материалов определяли с помощью полученных графиков зависимости «нагрузка-перемещение», «напряжение-перемещение». Математическую обработку результатов проводили с помощью программного обеспечения Bluehill 3. Исследования прочностных характеристик и толщины пищевых пленок были проведены по ГОСТ Р 53226-2008 «Плотна нетканые. Методы определения прочности».

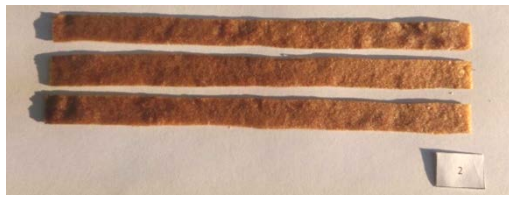
Определение устойчивости многослойной съедобной пленки к температурным воздействиям. Образцы многослойной съедобной пленки размером 10 × 10 см выдерживали при температурах: 0...–4°C в течение 24 ч, –18°C в течение 24 ч, в микроволновой печи при режиме 600 Вт в течение 1 мин – и после этого для каждого образца определяли органолептические показатели.

Результаты и обсуждение

Одной из важнейших характеристик съедобных пленок являются органолептические показатели. Если для биоразлагаемых пленок на первом месте стоят такие свойства, как прочность, газопроницаемость, то применение съедобной пленки не имеет смысла при ее неудовлетворительной органолептике. Нами для десяти образцов многослойной съедобной пленки, полученной на основе яблочного пюре, разработана и использована методика органолептического анализа. Результаты органолептического анализа для многослойных пленок приведены в табл. 1. Проведенное исследование показало, что все многослойные съедобные пленки имеют приемлемый внешний вид, а свойственный им яблочный аромат и кисловатый вкус делают их весьма привлекательным пищевым объектом.

Таблица 1

Органолептические свойства многослойных съедобных пленок на основе яблочного сырья

Вид пленки 1	Изученные образцы 2	Показатель 3	Характеристика 4
Однослойная		Внешний вид	Поверхность пленки ровная, блестящес-матовая, без трещин
		Цвет	Бледно-желтый
		Аромат	Слабый яблочный
		Вкус	Кисловатый
		Пережевываемость	Хорошая
Двухслойная		Внешний вид	Поверхность пленки ровная, блестящес-матовая, без трещин
		Цвет	Бледно-желтый
		Аромат	Слабый яблочный
		Вкус	Кисловатый
		Пережевываемость	Хорошая
Трехслойная		Внешний вид	Поверхность пленки ровная, блестящес-матовая, без трещин
		Цвет	Бледно-желтый
		Аромат	Слабый яблочный
		Вкус	Кисловатый
		Пережевываемость	Хорошая
Четырехслойная		Внешний вид	Поверхность пленки ровная, блестящес-матовая, без трещин
		Цвет	Бледно-желтый
		Аромат	Слабый яблочный
		Вкус	Кисловатый
		Пережевываемость	Хорошая
Пятислойная		Внешний вид	Поверхность пленки ровная, блестящес-матовая, без трещин
		Цвет	Желто-коричневый
		Аромат	Слабый яблочный
		Вкус	Кисловатый
		Пережевываемость	Средняя
Шестислойная		Внешний вид	Поверхность пленки ровная, блестящес-матовая, без трещин
		Цвет	Желто-коричневый
		Аромат	Слабый яблочный
		Вкус	Кисловатый
		Пережевываемость	Средняя
Семислойная		Внешний вид	Поверхность пленки ровная, блестящес-матовая, без трещин
		Цвет	Желто-коричневый
		Аромат	Слабый яблочный
		Вкус	Кисловатый
		Пережевываемость	Средняя
Восьмислойная		Внешний вид	Поверхность пленки ровная, блестящес-матовая, без трещин
		Цвет	Желто-коричневый
		Аромат	Слабый яблочный
		Вкус	Кисловатый
		Пережевываемость	Средняя

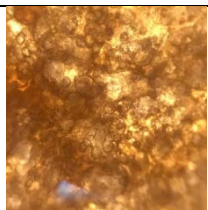
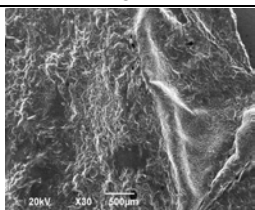
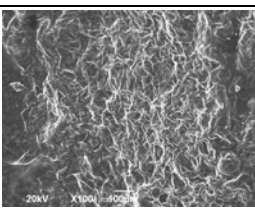
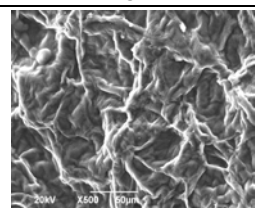
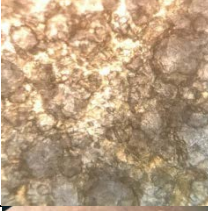
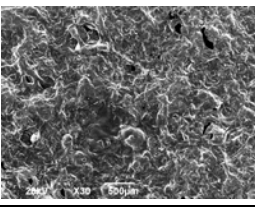
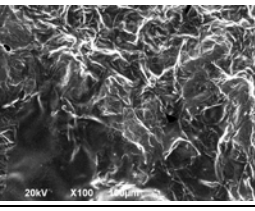
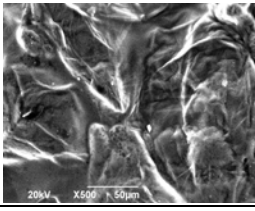
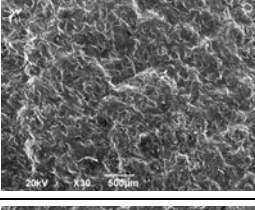
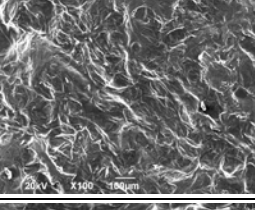
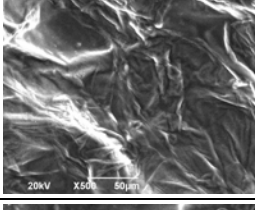
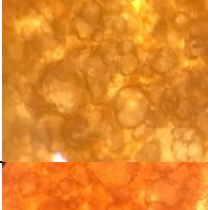
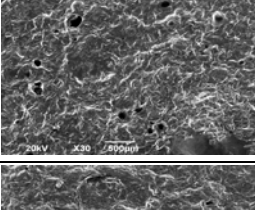
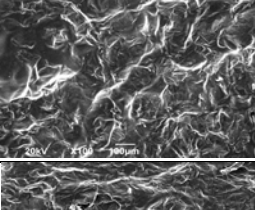
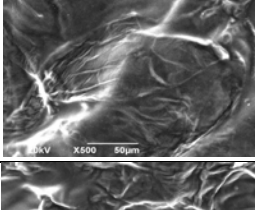
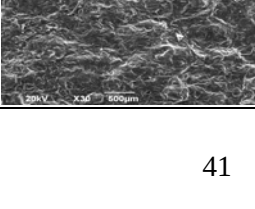
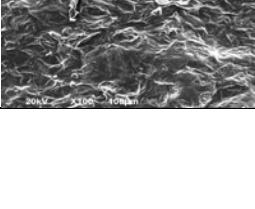
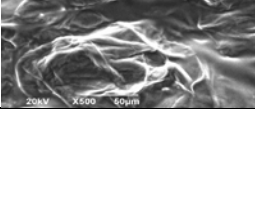
Окончание табл. 1

1	2	3	4
Девятислойная		Внешний вид	Поверхность пленки ровная, блестяще-матовая, без трещин
		Цвет	Желто-коричневый
		Аромат	Слабый яблочный
		Вкус	Кисловатый
		Пережевываемость	Средняя
Десятислойная		Внешний вид	Поверхность пленки ровная, блестяще-матовая, без трещин
		Цвет	Желто-коричневый
		Аромат	Слабый яблочный
		Вкус	Кисловатый
		Пережевываемость	Средняя

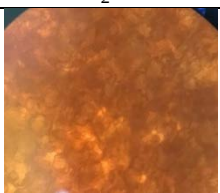
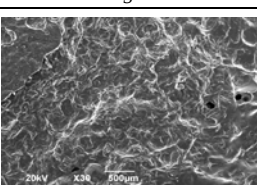
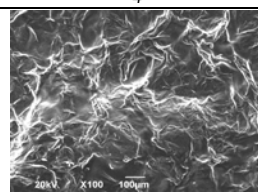
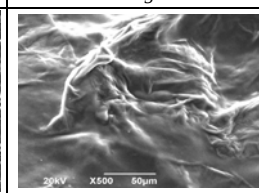
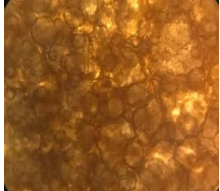
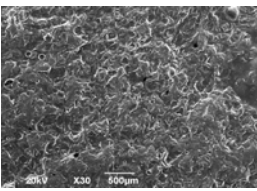
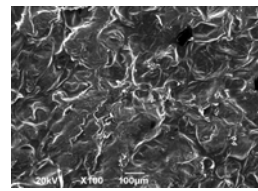
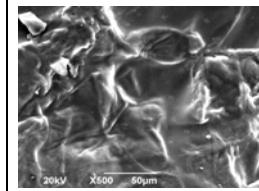
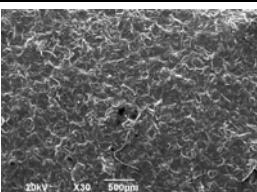
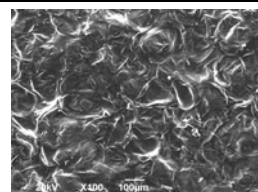
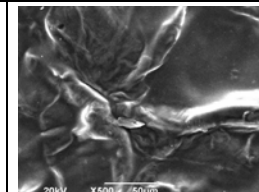
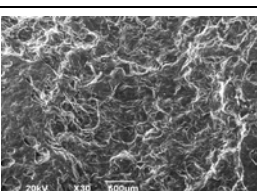
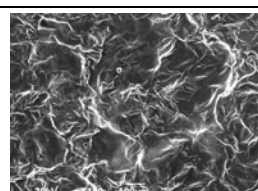
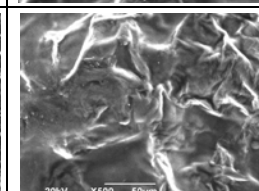
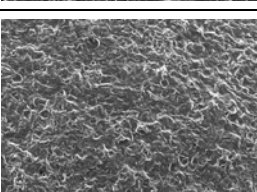
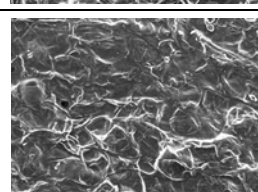
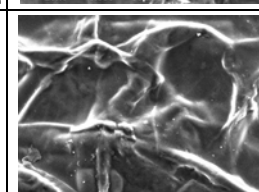
Данные микроскопических исследований поверхности многослойных съедобных пленок позволяют получить более точные сведения по структуре пленки. Нами для образцов многослойной съедобной пленки выполнены исследования структуры пленок с помощью микрофотографирования и лазерного микрофотографирования. Данные по микрофотографированию пленок сведены в табл. 2.

Таблица 2

Данные по микрофотографированию образцов многослойных съедобных пленок на основе яблочного сыра

Вид пленки	Внешний вид поверхности пленки под световым микроскопом	Внешний вид поверхности пленки под лазерным микроскопом		
		Увеличение 30×	Увеличение 100×	Увеличение 500×
1	2	3	4	5
Однослойная				
Двухслойная				
Трехслойная				
Четырех-слойная				
Пяти-слойная				

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5
Шести- слойная				
Семи- слойная				
Восьми- слойная				
Девяти- слойная				
Десяти- слойная				

Анализ данных микроскопических исследований свидетельствует о наличии отдельных пузырьков воздуха и дефектов в структуре пленки. Однако при наложении одного слоя пленки на другой этот недостаток устраняется.

Хотя исследование ИК-спектров для химических соединений широко применяется для идентификации их структуры, в технологических исследованиях, направленных на изучение аспектов производства и свойств разных пищевых продуктов, этот метод практически не используется. Но в случае разработки технологий производства съедобных пленок он очень важен, так как позволяет получить информацию по содержанию в них гидроксильных групп, которые способны взаимодействовать с водой за счет образования водородных связей. А это влияет на такие показатели пленки, как водопоглощение, водоотталкивание, перевариваемость пленки в организме. Данные по ИК-спектрам многослойных съедобных пищевых пленок на основе яблочного сырья представлены на рис. 1.

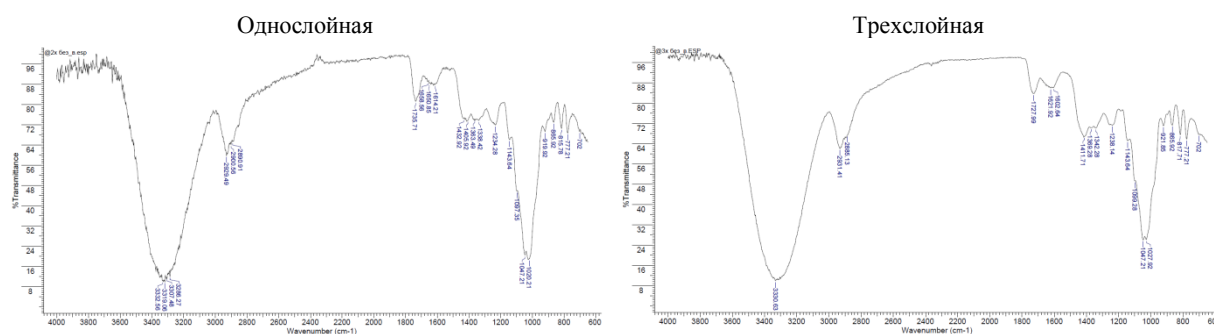


Рис. 1. (Начало) ИК-спектры многослойных съедобных пищевых пленок на основе яблочного сырья

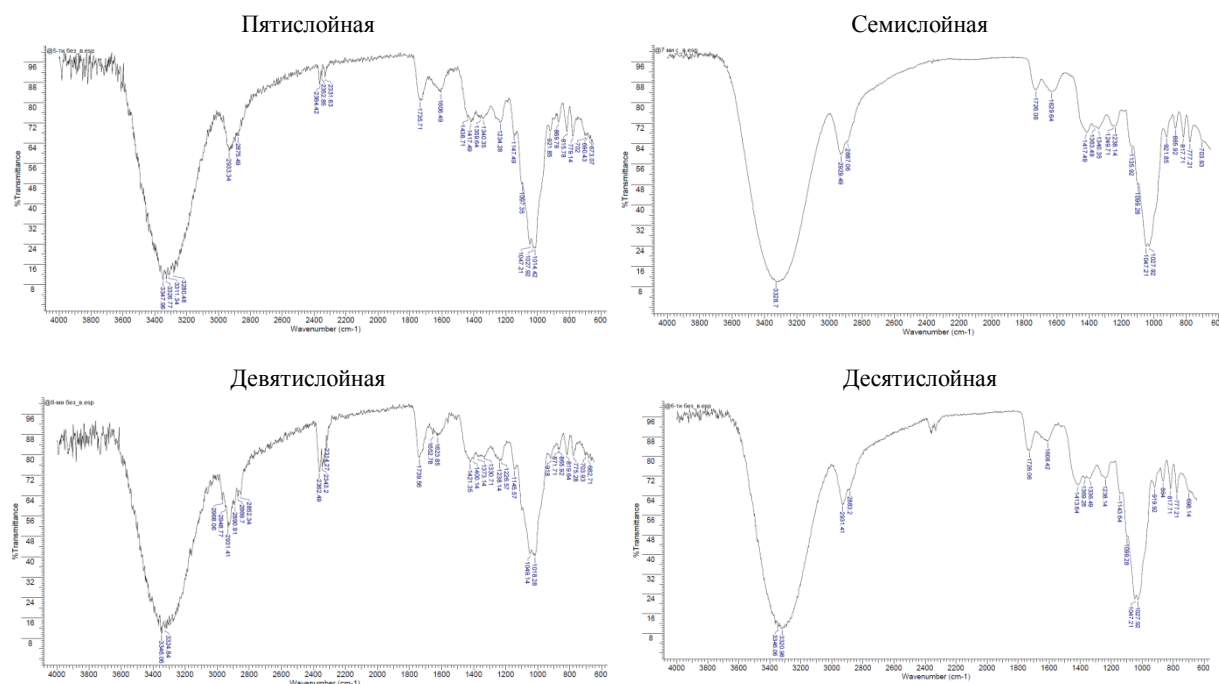


Рис. 1. (Окончание) ИК-спектры многослойных съедобных пищевых пленок на основе яблочного сырья

Как видно из рис. 1, для приведенных выше ИК-спектров съедобных пленок на основе яблочного сырья свойственно наличие широкой полосы поглощения в диапазоне $3\ 300\text{--}3\ 400\text{ см}^{-1}$. Это свидетельствует о наличии в них свободных гидроксильных групп.

Водопоглощительная способность пленок – одна из важнейших их характеристик. Ее высокий уровень способствует их лучшему перевариванию и усвоению организмом. В то же время способность к водоотталкиванию характеризует устойчивость пленок к воздействиям внешней среды. Нами для всех изучаемых образцов были определены показатели водопоглощения при трех температурах 25, 60 и 90°C в течение 30, 60 и 90 мин. Результаты этих экспериментов представлены на рис. 2.

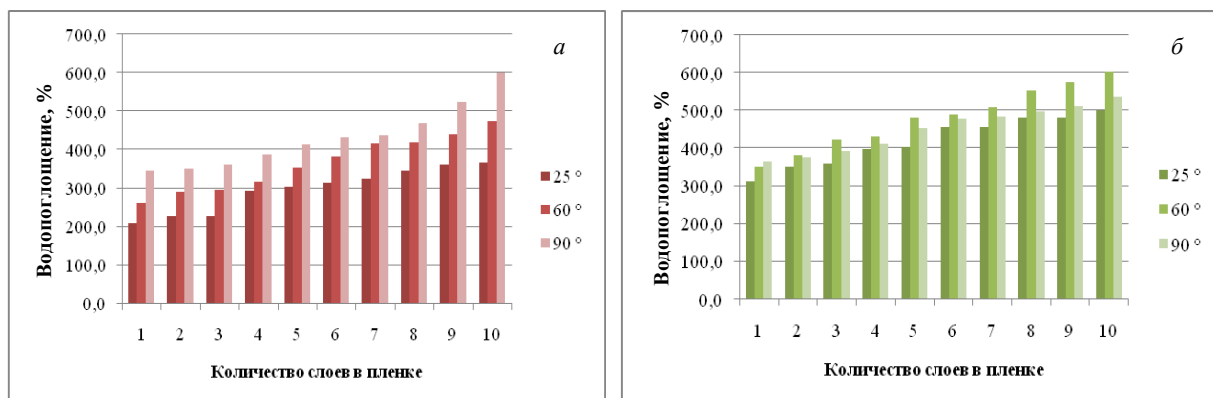
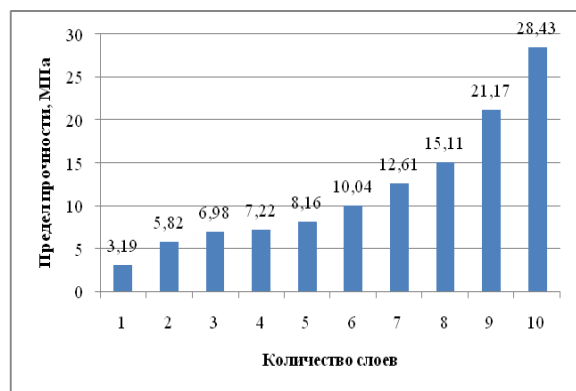


Рис. 2. Водопоглощение многослойными съедобными пленками за период 30 (а) и 60 (б) минут

Анализ результатов по водопоглощению многослойных съедобных пленок на основе яблочного сырья однозначно свидетельствует о влиянии такого фактора, как количество слоев пленки: чем больше слоев, тем выше показатель водопоглощения пленки. С увеличением температуры и времени этот показатель также увеличивается. Для времени 90 мин все образцы многослойной съедобной пленки утрачивают свою целостность.

Характеристика съедобных пленок в отличие от обычных полимерных с точки зрения прочности имеет два аспекта. С одной стороны, более высокая прочность пленки открывает и более широкие возможности по ее использованию. С другой стороны, чем выше прочность съедобной пленки, тем сложнее она пережевывается. Изучение толщины и прочности (рис. 3) съедобных многослойных пленок на основе яблочного сырья показало, что с увеличением количества слоев в пленке повышается не только толщина, но и прочностные характеристики.



а

Количество слоев	Толщина пленки, мм
1	1,23
2	2,34
3	3,41
4	4,49
5	5,53
6	6,61
7	7,68
8	8,74
9	9,82
10	10,90

б

Рис. 3. Прочность (а) и толщина (б) разных по количеству слоев съедобных пленок

Кроме отношения к воде важной характеристикой обсуждаемой съедобной пленки является такая характеристика, как сохранение свойств при воздействии высокой или низкой температур. Авторы работы воздействовали на образцы пленок разными температурами: 1) 0...–4°C в течение 3 сут; 2) –18°C в течение 7 сут; 3) микроволновый нагрев мощностью 600 Вт – в течение 1 мин. После термического воздействия определяли органолептические свойства пленок. Проведенные исследования показали, что низкие температуры практически не изменили органолептические свойства изученных образцов. Микроволновое воздействие, даже столь краткое, привело к утрате пластичности и появлению постороннего запаха гари.

Выводы

Таким образом, в результате комплексных экспериментов, направленных на определение органолептических характеристик разнослойных съедобных пленок, *изготовленных на основе яблочного сырья*, их микроструктуры, водопоглотительной способности, прочностных характеристик, устойчивости к воздействию высоких и низких температур, было установлено, что при увеличении количества слоев в пленке все указанные выше свойства пленок не ухудшаются. Напротив, при этом увеличивается их прочность и водопоглощение, исчезают структурные дефекты, увеличивается целостность.

Литература

1. Fiscal technologies of budget liquidity management and their role to ensure the sustainable growth of the agrarian sector in the context of global uncertainty / O.V. Glushakova, N.V. Fadeykina, I.V. Baranova, K.Yu. Tsygankov V.V. Mikhailov // Food and Raw Materials. – 2017. – Vol. 5, № 1. – P. 174–191. DOI: 10.21179/2308-4057-2017-1-174-191.
2. Modeling of the agribusiness enterprise activity on the basis of the balanced scorecard / E.A. Fedulova, A.V. Medvedev, P.D. Kosinskiy, S.A. Kononova, P.N. Pobedash // Food and Raw Materials. – 2016. – Vol. 4, № 1. – P. 154–162. DOI: 10.21179/2308-4057-2016-1-154-162.
3. Gluster approach to the development of food market of the region: theoretical and applied aspects / E.A. Fedulova, A.V. Medvedev, P.D. Kosinskiy, S.A. Kononova, P.N. Pobedash // Food and Raw Materials. – 2016. – Vol. 4, № 2. – P. 157–166. DOI: 10.21179/2308-4057-2016-2-157-166.
4. Risch S.J. Food packaging history and innovations // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2009. – Vol. 57. – P. 8089–8092. DOI: 10.1021/jf900040r.
5. Azeredo H.M.C. Nanocomposites for food packaging applications // Food Research International. – 2009. – Vol. 42. – P. 1240–1253. DOI: 10.1016/j.foodres.2009.03.19.
6. Er F., Özcan M.M. Chemical compositional properties and mineral contents of some apple cultivars // South Weatem Journal of Horticulture. Biology and Environment. – 2010. – Vol. 1, № 2. – P. 121–131.
7. Teleszko M., Nowicka P., Wojdyto A. Chemical, enzymatic and physical characteristics of cloudy apple juices // Agricultural and Food Science. – 2016. – Vol. 25. – P. 34–43.
8. Apple extracts present catabolic and hypocholesterolemic effect in mice / M. Poblete, A. Neira, R. Huilcamán, I. Palomo, J.A. Yuri, R. Moore-Carrasco // Food and Nutrition Science. – 2015. – Vol. 6. – P. 141–150. DOI: 10.4236/fns.2015.61015.

9. Changes in gene expression profile during fruit development determine fruit quality / S. Keller-Przybyłkiewicz, K.P. Rutkowski, D.E. Kruczyńska, K. Pruski // *Horticultural Science*. – 2016. – Vol. 43, № 1. – P. 1–9.
10. Cloudy red-fleshed apple juice production and quality / M. Mieszczakowska-Frąc, M. Buczek, D. Kruczyńska, J. Markowski // *Polish Journal of Natural Scivolence*. – 2015. – Vol. 30, № 1. – P. 59–72.
11. Antal T. Comparative study of three drying methods: freeze, hot air-assisted freeze and infra-red-assisted freeze modes // *Agronomy Research*. – 2015. – Vol. 13, № 4. – P. 863–878.
12. Nistor O.-V., Botez E., Luca E., Mocanu G.D., Andronoiu D.G., Timofti M. Ohmic heating process characterizations during apple puree processing // *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*. – 2013. – Vol. 19, № 2, – P. 228–236.
13. Pereda M., Amica G., Marcovich N.E. Development and characterization of edible chitosan/olive oil emulsion films // *Carbohydrate Polymers*. – 2012. – Vol. 87, № 2. – P. 1318–1325. DOI: 10.1016/j.carbpol.2011.09.019.
14. Shih F.F., Daigle K.W., Champagne E.T. Effect of rice wax on water vapour permeability and sorption properties of edible pullulan films // *Food Chemistry*. – 2011. – Vol. 127, № 1. – P. 118–121. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.12.096.
15. Edible film from squid (*Todarodes pacificus*) mantle muscle / A. Leerahawong, R. Arii, M. Tanaka, K. Osako // *Food Chemistry*. – 2011. – Vol. 124, № 1. – P. 177–182. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.06.005.
16. Influence of temperature and NaCl on the release in aqueous liquid media of aroma compounds encapsulated in edible films / M.J. Fabra, O. Chambin, A. Volley, J.-P. Gay, F. Debeaufort // *Journal of Food Engineering*. – 2012. – Vol. 108, № 1. – P. 30–36. DOI: 10.1016/j.foodeng.2011.07.035.
17. Extrusion processing and characterization of edible starch films with different amylose contents / M. Li, P. Liu, W. Zou, L. Yu, F. Xie, H. Pu, H. Li, L. Chen // *Journal of Food Engineering*. – 2011. – Vol. 106, № 1. – P. 95–101. DOI: 10.1016/j.foodeng.2011.04.021.
18. Chang C., Nickerson M.T. Effect of plasticier and genipin on the mechanical, optical, and water vapor barrier properties of canola protein isolate-based edible films // *European Food Research and Technology*. – 2014. – Vol. 238, № 1. – P. 35–46. DOI: 10.1007/s00217-013-2075-x.
19. Soluble soybean polysaccharide: A new carbohydrate to make a biodegradable film for sustainable green packaging / S. Tajik, Y. Maghsoudlou, F. Khodalyan, S.M. Jafari, M. Ghasemlou, M. Aalami // *Carbohydrate Polymers*. – 2013. – Vol. 97, № 2. – P. 817–824. DOI: 10.1016/j.carbpol.2013.05.037.
20. George J., Siddaramaiah. High performance edible nanocomposite films containing bacterial cellulose nanocrystals // *Carbohydrate Polymers*. – 2012. – Vol. 87, № 3. – P. 2031–2037. DOI: 10.1016/j.carbpol.2011.09.019.
21. Physical properties and internal microstructures of films made from catfish skin gelatin and triacetin mixtures / M. Jiang, S. Liu, X. Du, Y. Wang // *Food Hydrocolloids*. – 2010. – Vol. 24, № 1. – P. 105–110. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2009.08.011.
22. Moreira M.R., Roura S.I., Ponce A. Effectiveness of chitosan edible coatings to improve microbiological and sensory quality of fresh cut broccoli // *LWT – Food Science and Technology*. – 2011. – Vol. 44, № 10. – P. 2335–2341. DOI: 10.1016/j.wt2011.04.009.
23. Edible films with anti-*Listeria monocytogenes* activity / C. Iharqurer, L. Vivas, M.A. Bertuzzi, M.C. Apella, A.M. Carina // *International Journal Food Science and Technology*. – 2010. – Vol. 45, № 7. – P. 1443–1449. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2010.02286.x.
24. Cho S.Y., Lee S.Y., Rhee C. Edible oxygen barrier film pouches from corn zein and soy protein isolate for olive oil packaging // *LWT – Food Science and Technology*. – 2010. – Vol. 43, № 8. – P. 1234–1239. DOI: 10.1016/j.lwt.2010.03.014.
25. Edible chitosan-acetylated monoglyceride films for prolonged release of vitamin E and anti-oxidant activity / B. Blanco-Fernandez, M. Rial-Hermida, C. Alvarez-Lorenzo, A. Concheiro // *Journal of Applied Polymer Science*. – 2013. – Vol. 129, № 2. – P. 626–635. DOI: 10.1002/app.38766.

Информация об авторах
Information about the authors

Макарова Надежда Викторовна – Самарский государственный технический университет; 443100, Россия, Самара; доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии и организации общественного питания; makarovnv1969@yandex.ru

Makarova Nadezhda Viktorovna – Samara State Technical University; 443100, Russia, Samara; Doctor of Chemical Sciences, Professor, Head of the Technology and Public Catering Organization Chair; makarovnv1969@yandex.ru

Еремеева Наталья Борисовна – Самарский государственный технический университет; 443100, Россия, Самара; старший преподаватель кафедры технологии и организации общественного питания; rmvnatasha@rambler.ru

Eremeeva Natalia Borisovna – Samara State Technical University; 443100, Russia, Samara; Senior Lecturer of Technology and Public Catering Organization Chair; rmvnatasha@rambler.ru

Быков Дмитрий Евгеньевич – Самарский государственный технический университет; 443100, Россия, Самара; доктор химических наук, профессор, ректор; rector@samgtu.ru

Bykov Dmitry Evgenievich – Samara State Technical University; 443100, Russia, Samara; Doctor of Chemical Sciences, Professor, Rector; rector@samgtu.ru

Давыдова Яна Владимировна – Самарский государственный технический университет; 443100, Россия, Самара, студент

Davidova Iana Vladimirovna – Samara State Technical University; 443100, Russia, Samara; Student

УДК 664.644:582.272

Н.С. Салтанова, О.В. Мищенко**ВЛИЯНИЕ ДОБАВЛЕНИЯ ВОДОРΟΣЛЕВОГО ОТВАРА
В РЕЦЕПТУРНЫЙ СОСТАВ ТЕСТА
НА ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ ДРОЖЖЕВЫХ КЛЕТОК**

Приведены результаты изучения влияния водорослевого отвара, входящего в рецептуру теста, на активность и увеличение количества клеток дрожжей в процессе брожения. Показано, что внесение в нее отвара водорослей оказывает положительное влияние на дрожжевые клетки, улучшает процесс брожения теста, его технологические свойства и показатели качества хлебобулочных изделий. При добавлении в рецептуру водорослевого отвара тесто достигает требуемых показателей созревания за более короткий промежуток времени. Это позволяет сократить технологический процесс производства хлебобулочных изделий и, соответственно, снизить производственные энергозатраты, получить более качественную продукцию, обогащенную ценной низкомолекулярной органикой, входящей в состав ламинариевых водорослей.

Ключевые слова: дрожжи сахаромикеты, ламинариевые водоросли, водорослевый отвар, брожение, активность дрожжей, количество дрожжей.

N.S. Saltanova, O.V. Mishchenko**THE INFLUENCE OF THE ALGAE BROTH ADDITION TO THE DOUGH FORMULATION
ON THE YEAST CELLS VIABILITY**

The results of the study of the effect of algae broth included in the dough formulation on the activity and the growth of yeast cells amount in the fermentation process are presented. It is shown that the algae broth addition has a positive effect on yeast cells, improves the fermentation process of the dough, its technological properties and quality indicators of bakery products. By adding the algal broth into the formulation the dough reaches the required maturation indicators in a shorter period of time. It allows to reduce the technological process of bakery production and, accordingly, to reduce production energy costs, to obtain more qualitative product enriched with valuable low molecular organics which is a part of laminaria algae content.

Key words: *Saccharomycetes* / true yeasts, laminaria algae, algae broth, fermentation, activity of yeast, amount of yeast.

DOI: 10.17217/2079-0333-2018-46-47-52

Введение

Дрожжевые клетки в процессе своей жизнедеятельности используют содержащиеся в тесте питательные вещества и выделяют углекислый газ и другие продукты обмена, разрыхляющие тесто, поэтому основной задачей ускорения процесса брожения является создание условий, необходимых для активного выделения дрожжами углекислого газа.

В хлебопекарном производстве для разрыхления теста используют дрожжи сахаромикеты (*Saccharomyces cerevisiae*), постоянными спутниками которых являются молочнокислые бактерии. При этом между ними устанавливаются сложные симбиотические взаимоотношения. Основной особенностью сахаромикетов является способность вызывать брожение продуктов, содержащих простые сахара. В этом случае из сбраживаемых продуктов образуются этанол и углекислый газ. Побочными продуктами дрожжевого брожения являются изоамиловый, изобутиловый и бутиловый спирты, уксусный альдегид, разнообразные органические кислоты (молочная, янтарная, винная, щавелевая) и другие вещества, принимающие участие в формировании характерного вкуса и аромата хлебобулочных изделий. Кроме простых сахаров для нормального развития дрожжей необходимы витамины (особенно биотин), минеральные соли, содержащие калий, фосфор, кальций, магний, серу, а также доступные для ус-

воения соединения азота. Основным источником азота для дрожжей служат аминокислоты и соли аммония [1–4].

Существенное влияние на жизнедеятельность дрожжей оказывает температура опары и теста. Наибольшую подъемную силу они демонстрируют при 25–30°C. Повышение температуры до 32–35°C сопровождается быстрым нарастанием кислотности теста, поскольку данный термический режим благоприятен для развития кислотообразующих бактерий. Жизнедеятельность дрожжей в указанном температурном диапазоне еще интенсивна. Температура 40°C действует на жизнедеятельность дрожжей угнетающе [2, 3].

При температуре теста от 25 до 30°C амилазы муки интенсивно расщепляют крахмал до простых сахаров, а дрожжи энергично сбраживают сахара с выделением углекислого газа. Повышение температуры ускоряет процесс газообразования, однако реологические свойства теста, выстоявшегося при повышенных температурах, заметно ухудшаются. Оптимальной для скорости процесса брожения и качества теста является температура 28–30°C. При 25°C его качество лучше, однако, скорость процесса брожения замедляется, при 30°C и выше скорость брожения увеличивается, но качество теста и готовой продукции при этом становится хуже. Повышенные температуры вызывают ослабление клейковины, тесто при этом сильнее разжижается, его упругость снижается, формоустойчивость ухудшается.

Важным фактором, влияющим на количество и жизнеспособность дрожжей в тесте, является рецептурный состав теста. Наличие в тесте сахара и жиродержащих продуктов влияет на ферментативную активность дрожжей и их жизнестойкость. При внесении сахара в количестве более 7% к массе муки в тесте начинаются процессы плазмолиза дрожжевых клеток, вызывающие снижение их жизнедеятельности. Добавление в него жировых продуктов в количестве более 5% вызывает снижение газообразования, связанное с адсорбированием на поверхности дрожжевых клеток жира, замедляющего или останавливающего проведение через клеточную оболочку растворимых питательных веществ, и таким образом ингибирующего клеточный метаболизм дрожжей. Наличие в рецептуре аминокислот, витаминов, минеральных и других веществ, необходимых для роста и развития дрожжевых клеток, вызывает их активное размножение и, как следствие, интенсификацию процесса брожения [1, 4].

Авторами разработана технология хлебобулочных изделий, в рецептуру теста которых, кроме основных традиционных компонентов, входит отвар камчатской бурой водоросли *Saccharina bongardiana*. Добавление в тесто отвара, оставшегося после ее варки, позволяет рационально использовать водорослевое сырье и входящие в его состав ценные водорастворимые вещества [5–8].

Материалы и методы

Основным объектом в работе является дрожжевое тесто, приготовленное безопасным способом. Лабораторные эксперименты проводили с целью выявления влияния на жизнедеятельность дрожжевых клеток отвара *S. bongardiana*.

Для исследования влияния рецептурного состава теста с внесенным в него отваром и температуры брожения на жизнеспособность клеток дрожжей были определены такие показатели, как активность дрожжевых клеток и скорость их накопления. Активность клеток оценивали по изменению окраски метиленового синего, который основан на изменении цвета индикатора под влиянием жизнедеятельности микроорганизмов. Навески (контрольный и опытные образцы) растирали в ступке с двукратным количеством воды, предварительно нагретой до 40°C, добавляя воду постепенно небольшими порциями. Подготовленную пробу переносили в пробирку, куда добавляли раствор метиленового синего. Содержимое пробирки перемешивали до равномерного распределения краски и помещали пробирку в водяную баню с температурой 40°C. Скорость накопления дрожжевых клеток определяли прямым подсчетом по методу Бургвица или постоянно окрашенных препаратов.

Для приготовления отвара сушеные бурые водоросли *Saccharina bongardiana* замачивали в воде на 30 мин. После приобретения водорослями гибкости их припускали в течение 90 мин (соотношение сушеных водорослей и воды 1 : 5). Полученный отвар сливали, охлаждали до 37°C и использовали при замесе теста. Содержание сухих веществ в отваре определяли с помощью рефрактометра ИРФ-454 Б2М, следя за тем, чтобы их количество составляло около 6%.

Результаты и их обсуждение

Для проведения исследований готовили один контрольный образец и пять опытных образцов теста с добавлением водорослевого отвара (с различным соотношением отвара и воды), рецептуры которых приведены в таблице.

Рецептура дрожжевого теста

Сырье	Расход на 1 кг муки					
	Контрольный образец	Опытный образец 1	Опытный образец 2	Опытный образец 3	Опытный образец 4	Опытный образец 5
Мука пшеничная в/с, г	560	560	560	560	560	560
Сахар-песок, г	40	40	40	40	40	40
Масло сливочное, г	60	60	60	60	60	60
Яйцо куриное, г (шт.)	60 (1½)	60 (1½)	60 (1½)	60 (1½)	60 (1½)	60 (1½)
Соль поваренная, г	7	7	7	7	7	7
Дрожжи, г	7	7	7	7	7	7
Отвар водорослей, мл	–	12	24	48	145	290
Вода, мл	290	278	266	242	145	–
Выход, г	1000	1000	1000	1000	1000	1000

Содержание сухих веществ в водорослевом отваре (с учетом разбавления водой, входящей в рецептуру теста) составляет для образцов теста: контрольный образец – 0%, опытные образцы (1–5) – 0,25; 0,5; 1; 3 и 6% соответственно.

Тесто готовили безопарным способом. Его брожение велось в течение 3 ч при температуре окружающей среды 32, 35 и 38°C, при этом температура теста в процессе брожения составляла $25 \pm 0,5$; $28 \pm 0,5$ и $30 \pm 0,5$ °C соответственно. В процессе брожения делали две обминки.

Активность микроорганизмов в полуфабрикатах определяли по скорости изменения окраски – чем более активны микроорганизмы, тем быстрее меняется цвет в пробирках с индикатором [9, 10]. Влияние водорослевого отвара на активность дрожжей показано на рис. 1.

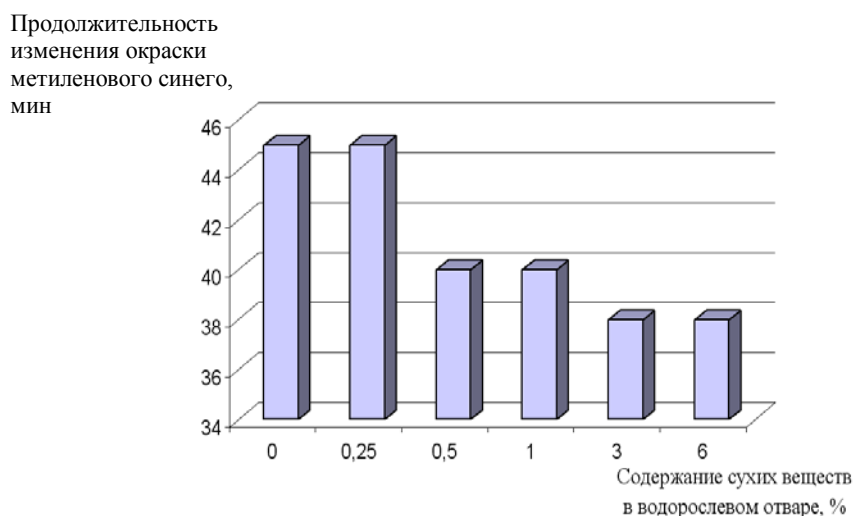


Рис. 1. Влияние отвара на продолжительность изменения окраски индикатора

Из данных, представленных на рис. 1, видно, что окраска индикатора заметно быстрее менялась в опытных образцах 2–5 по сравнению с таковой у контрольного образца и опытного образца 1. При этом продолжительность изменения окраски у двух последних оказалась одинаковой, что указывает на то, что содержание сухих веществ в водорослевом отваре в количестве 0,25% не оказывает никакого влияния на активность дрожжей. Время изменения окраски в опытных образцах 2 и 3 было на 11,1% меньше, чем в контрольном образце, а в опытных образцах 4 и 5 – было меньшим на 15,6%. Это свидетельствует о том, что положительное влияние на активность дрожжевых клеток оказывает водорослевый отвар с содержанием сухих веществ 0,5–6%.

В процессе брожения образцов теста с разным количеством водорослевого отвара определяли скорость накопления дрожжевых клеток прямым подсчетом по методу Бургвица или постоянно окрашенных препаратов [9, 10]. Данные этого исследования представлены на рис. 2. Они показывают, что внесение водорослевого отвара в целом оказывает благоприятное влияние на

скорость накопления дрожжевых клеток и что при большем содержании в тесте сухих веществ водорослевого отвара наблюдается более интенсивный рост количества дрожжевых клеток. В конце брожения (через 2,5–3 ч) наблюдалось резкое повышение биомассы дрожжей в опытном образце 5 до $8,8\text{--}8,9 \cdot 10^6$ КОЕ/г, что на 32,8% выше, чем в контрольном образце. Из того же рис. 2 видно, что на увеличение количества клеток дрожжей существенное влияние оказывает температура теста. При этом можно отметить, что в опытных образцах 4 и 5 даже при температуре теста $25 \pm 0,5$ рост количества дрожжевых клеток происходит интенсивно и через 2,5–3 ч достигает достаточно высоких значений ($8,2$ и $8,8$ КОЕ $\cdot 10^6/\text{г}$).

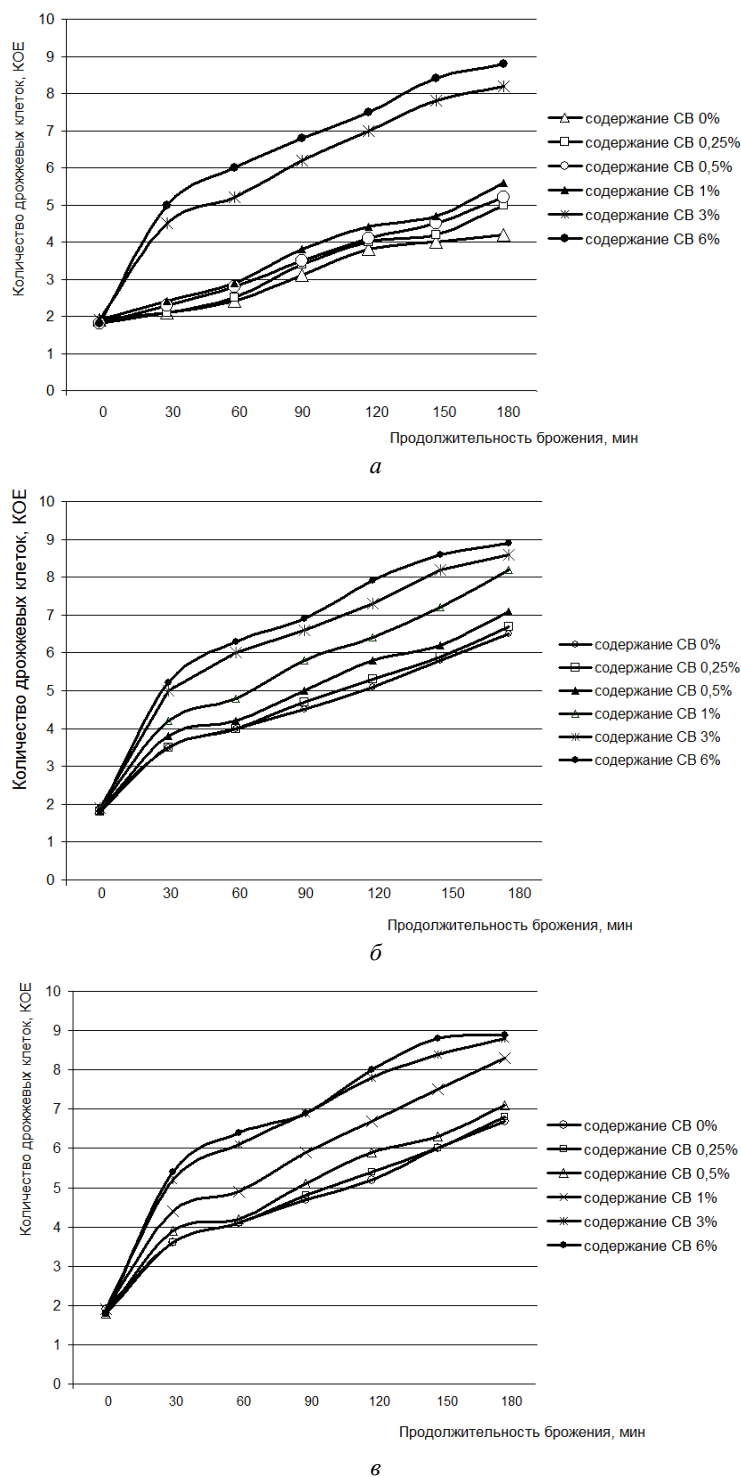


Рис. 2. Изменение количества дрожжевых клеток в зависимости от содержания сухих веществ в водорослевом отваре теста и продолжительности ($\text{КОЕ} \cdot 10^6/\text{г}$):
а – температура теста $25 \pm 0,5^\circ\text{C}$; б – температура теста $28 \pm 0,5^\circ\text{C}$; в – температура теста $30 \pm 0,5^\circ\text{C}$

Технологические свойства теста оценивали также с помощью органолептических, физико-химических и реологических показателей. При этом было выявлено, что тесто, приготовленное на водорослевом отваре, по сравнению с тестом на воде, получается менее липким, более пластичным и упругим, его формоустойчивость также улучшается [7, 8]. При брожении оно разрыхляется выделяющимся углекислым газом. Именно это оказывает влияние на его реологические показатели, в частности на предельное напряжение сдвига в тесте. Результаты его определения коррелируют с данными рис. 2, поскольку при увеличении количества водорослевого отвара в рецептуре теста и при более высокой температуре брожения предельное напряжение сдвига теста снижается с большей скоростью, что свидетельствует о большей активности дрожжевых клеток и, следовательно, об интенсификации процесса брожения.

В процессе брожения дрожжевого теста происходит увеличение его кислотности, вызванное накоплением продуктов, имеющих кислую реакцию. Это является важным показателем, характеризующим интенсивность брожения и признаком созревания теста. Результаты определения кислотности в процессе брожения подтверждают положительное влияние водорослевого отвара на активность клеток дрожжей. Так, кислотность теста за 180 мин его брожения в контрольном образце поднимается от 1,6 до 2,7 град., в первом и третьем опытных образцах – с 1,6 до 2,9, а в четвертом и пятом опытных образцах – с 1,6 до 3,2. При этом в опытных образцах 4 и 5 требуемой кислотности (2,6–2,7 град.) тесто достигает за 120 мин.

Из исследуемых образцов теста выпекали хлебобулочные изделия. Результаты органолептической оценки готовых изделий показали, что опытные образцы 4 и 5 отличаются лучшими показателями: более развитой равномерной пористостью в отличие от остальных образцов, при этом пористость у них по сравнению с таковой у остальных образцов увеличивалась на 2,5%; мякиш был более эластичным, после легкого надавливания хорошо восстанавливал первоначальную форму. При этом времени на восстановление затрачивалось меньше, чем для остальных образцов.

Заключение

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что наличие в водорослевом отваре экстрактивных веществ (водорастворимых витаминов, минеральных веществ), являющихся питательной средой для развития дрожжевых клеток, активизирует процесс брожения. В результате тесто с его добавлением достигает требуемых показателей созревания за более короткий промежуток времени. Это позволяет сократить технологический процесс производства хлебобулочных изделий и, соответственно, снизить производственные энергозатраты. При этом интенсификация брожения оказывает положительное воздействие и на качество готовых хлебобулочных изделий.

Литература

1. Ауэрман Л. Я. Технология хлебопекарного производства. – М.: Легкая и пищ. пром-сть, 1984. – 416 с.
2. Пашук З.Н., Анет Т.К., Анет И.И. Технология производства хлебобулочных изделий. – СПб.: ГИОРД, 2009. – 400 с.
3. Пащенко Л.П., Жаркова И. М. Технология хлебобулочных изделий. – М.: КолосС, 2006. – 389 с.
4. Цыганова Т.Б. Технология хлебопекарного производства. – М.: ПрофОбрИздат, 2001. – 432 с.
5. Клочкова Н.Г., Березовская В.А. Водоросли Камчатского шельфа. Распространение, биология и видовой состав. – Владивосток: Дальнаука, 1997. – 154 с.
6. Мищенко О.В., Салтанова Н.С. Влияние водорослевого отвара на технологические свойства дрожжевого теста и хлебобулочных изделий из него // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: материалы VII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (22–24 марта 2016 г.): в 2 ч. / отв. за вып. В.И. Карпенко. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2016. – Ч. I. – С. 40–44.
7. Мищенко О.В., Салтанова Н.С. Использование отвара бурых водорослей при производстве хлебобулочных изделий // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: материалы VIII Всерос. науч.-практ. конф. (12–14 апреля

2017 г.): в 2 ч. / отв. за вып. Н.Г. Клочкова. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2017. – Ч. 2. – С. 66–69.

8. *Мищенко О.В., Салтанова Н.С.* Способ приготовления дрожжевого теста для хлебобулочных изделий [Электронный ресурс]: патент РФ 2638045. – URL: <http://www.findpatent.ru/patent/263/2638045.html>

9. *Елисеева С.И.* Контроль качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции на хлебозаводах. – М.: Агропроиздат, 1987. – 192 с.

10. *Ковалева И.П., Титова И.М., О.П. Чернега* Методы исследования свойств сырья и продуктов питания. – СПб.: Проспект Науки, 2012. – 152 с.

Информация об авторах **Information about the authors**

Салтанова Наталья Сергеевна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат технических наук; начальник отдела науки и инноваций, доцент кафедры технологий пищевых производств; saltanova-ns@yandex.ru

Saltanova Natalia Sergeevna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Technical Sciences; Head of the Science and Innovation Department, Associate Professor of the Food Production Technologies Chair; saltanova-ns@yandex.ru

Мищенко Ольга Васильевна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; аспирант; olga.mishenko@list.ru

Mishchenko Olga Vasilievna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Postgraduate; olga.mishenko@list.ru

РАЗДЕЛ II. БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК [504:502.51:622.691.4.053](571.66)

Т.Л. Введенская, А.В. Улатов**АНТРОПОГЕННОЕ ВЛИЯНИЕ НА ЛОСОСЕВЫЕ ВОДОТОКИ
В ПЕРИОД СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ
МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА (КАМЧАТКА)**

Воздействие на лососевые водотоки в период строительства и эксплуатации газопровода проявляется в виде попадания в русло рек мелкодисперсной взвеси с берегов и вдоль трассового проезда. Осаждаясь на дне, она изменяет гранулометрический состав грунта и, соответственно, условия обитания бентосных животных. В большинстве исследованных водотоков обнаружены изменения в составе и структуре макрозообентоса на участках русла, находящихся в зоне влияния прокладки газопровода, по сравнению с таковыми, не затронутыми антропогенным влиянием. Они выражаются в увеличении олигохетного индекса, снижении индекса удельного видового богатства Маргалефа, обеднении видового состава ЕРТ, снижении индекса ЕРТ и изменений общей численности и биомассы беспозвоночных. Такие изменения ведут к ухудшению кормовой базы молоди лососей и прочих видов рыб.

Ключевые слова: магистральный газопровод, макрозообентос, мелкодисперсная взвесь, антропогенное воздействие.

T.L. Vvedenskaya, A.V. Ulatov**ANTHROPOGENIC IMPACT ON SALMON WATERCOURSES DURING
THE CONSTRUCTION AND OPERATION OF THE MAIN GAS PIPELINE (KAMCHATKA)**

Impact on salmon watercourses during the construction and operation of the gas pipeline occurs in the form of fine suspension inflow from the shores and along the route into the riverbeds. Deposited on the bottom, it changes the granule metric composition of the soil and, thus, the habitat of benthic animals. Changes in the composition and structure of macrozoobenthos on parts of the river located in the gas pipeline zone compared to the areas without anthropogenic influence were found in most of the studied watercourses. They are expressed in the oligochetes index increase, Margalef's specific species richness index decrease, ERT species composition depletion, ERT index decrease and the invertebrates total number and biomass changes. Such changes lead to the deterioration of the young salmon and other fish species forage base.

Key words: gas pipeline, macrozoobenthos, fine suspension, anthropogenic impact.

DOI: 10.17217/2079-0333-2018-46-53-65

Введение

На Камчатке добыча газа осуществляется от Кшукского газоконденсатного месторождения (ГКМ). Магистральный газопровод (МГ) «УКПП-2 Нижне-Квакчикского ГКМ – АГРС г. Петропавловска-Камчатского» (УКПП – установка комплексной подготовки газа, АГРС – автоматизированная газораспределительная станция) имеет протяженность 392 км. Его строительство начато в августе 2000 г. в соответствии с технико-экономическим обоснованием (проект 2000 г.), а ввод в эксплуатацию осуществлен в 2011 г. Трасса МГ пересекает 524 водотока, среди которых нерестовыми для тихоокеанских лососей являются 266 (50,8%). Газопровод проходит по

территории единственного на Камчатке лососевого заказника «Река Коль», созданного в 2005 г. в бассейнах рек Коль и Кехта.

Ихтиофауна рек в зоне прохождения МГ представлена 16 видами жилых и анадромных видов рыб, в том числе шестью видами тихоокеанских лососей (р. *Oncorhynchus*), двумя видами гольцов (р. *Salvelinus*), микижей (*Parasalmo mykiss*) и краснокнижным видом – камчатской семгой (*P. penshinensis*). Большинство пересекаемых МГ водотоков относятся к высшей категории рыбохозяйственного значения, поскольку являются местом обитания ценных видов рыб – кижуча, нерки и чавычи [1, 2].

Прокладка МГ неизбежно вызывает увеличение мутности воды, изменяет состав грунтов. Это, в свою очередь, оказывает негативное влияние на бентосную фауну и приводит к ухудшению состояния ее литореофильных компонентов, уменьшению их численности или даже к их полному исчезновению. Об этом свидетельствуют данные проведенного авторами исследования, представленные в настоящей статье.

Материал и методика

Гидробиологические исследования проведены после строительства в период эксплуатации газопровода в наиболее важных лососевых водотоках. Отбор проб бентоса проводили по стандартным методикам [3] с использованием бентометров площадью 0,12 и 0,0625 м².

При сравнении макрозообентоса обследованных участков реки, как правило, двух: расположенного выше зоны воздействия (фон) и ниже зоны воздействия (контрольный), использовали такие показатели, как количество семейств (S_f), количество таксонов (S_t). При определении S_f и S_t организмы, принадлежащие к каждому из таксонов, – Nematoda, Mermitida, Oligochaeta, Hydracarina, – рассматривали как один таксон. Определяли также численность организмов (N , экз./м²), их биомассу (B , г/м²), суммарное число видов поденок Ephemeroptera, веснянок Plecoptera и ручейников Trichoptera, ЕРТ, ($S_{ЕРТ}$), индекс ЕРТ ($N_{ЕРТ}/N_{общ}$) (поскольку по мере увеличения интенсивности загрязнения вначале из состава донной фауны выпадают наиболее чувствительные к повышению мутности воды группы животных – веснянки, поденки и ручейники – Woodowiss, 1964). На основании полученных данных высчитывали индекс удельного видового богатства Маргалёфа ($S_t - 1 / \ln N_{общ}$) и индекс общности таксонов и доминант k по формуле

$$K = a / a + v + c,$$

где a – число общих таксонов в сравниваемых пробах, v – число таксонов, обнаруженных только в первой пробе, c – число таксонов, обнаруженных только во второй пробе.

Общность таксонов рассчитывают для всего комплекса таксонов, а общность доминант – только для таксонов, плотность населения которых >10 экз./м² (при использовании ловушки площадью 0,12 м²) и 160 экз./м² (при использовании ловушки площадью 0,0625 м²). Критериями тяжелого, среднего и слабого воздействия для индекса общности таксонов являются значения <0,29; 0,30–0,49 и 0,50–0,70 соответственно. Для индекса общности доминант это <0,20; 0,21–0,50 и 0,51–0,80 соответственно. При отсутствии негативного воздействия мутности воды на состояние речной биоты первый индекс принимает значения >0,71, второй – >0,81.

Коэффициент биоценотического сходства по Вайнштейну, где $K = \sum v_i \min$ (v_i – удельное обилие вида), рассчитывается по численности или по массе. Поскольку при сильном загрязнении водотока основными обитателями бентали становятся малощетинковые черви, качество воды определяли по олигохетному индексу Гуднайта – Уитлея ($N_{ol}/N_{общ}$), равному отношению численности олигохет к численности всего бентоса. При этом считали, что чистым условиям соответствуют значения 0,01–0,16, условно чистым – 0,17–0,33, слабо загрязненным – 0,34–0,50, загрязненным – 0,51–0,67, грязным – 0,68–0,84, очень грязным – 0,85–1,00 [4].

В общей сложности авторами было обследовано 20 участков русел в девяти водотоках (рис. 1, табл. 1).

Измерения оптической мутности выполняли портативным турбидиметром «НАСН 2100P Turbidimetr».

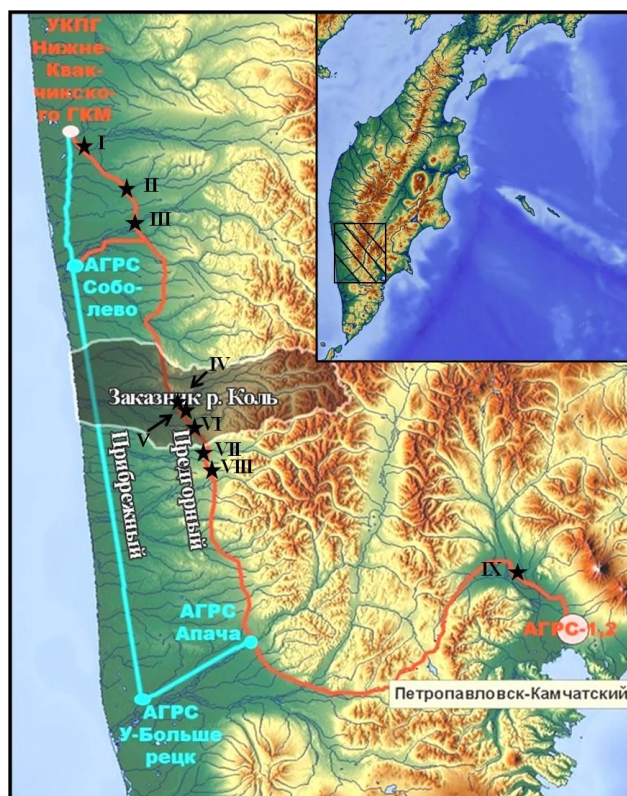


Рис. 1. Схема расположения газопровода и обследованных водотоков: I – р. Большая Воровская, II – р. Средняя Воровская, III – р. Колтакова, IV – р. Коль, V – руч. Симовый, VI – руч. Извилинка, VII – р. Пымта, VIII – р. Чимстина, IX – р. Авача

Таблица 1

Гидрологическая характеристика водотоков в створе перехода трассы газопровода

Водоток	Дата проведения исследований	Номер станции, ее положение	Геоморфологические и гидрологические характеристики
1	2	3	4
Ручей Извилинка** (лев. приток второго порядка, длина 11 км, впадает в р. Киумшечек, длиной 47 км лев. приток первого порядка р. Коль)	22.07.2011	ст. 1, выше кульверта	Вода прозрачная, без запаха; песок, щебень, много ила, с левого берега поступает мелкодисперсная взвесь, обильные нитчатые водоросли; левый берег крутой, техногенно оголенный; правый берег пологий, поросший растительностью; pH 6,8; температура воды 7,0°C; около левого берега выходы ключей
		ст. 2, ниже кульверта	Вода прозрачная, без запаха; галечник, песок, встречаются валуны; берега пологие, поросшие растительностью; pH 6,8; температура воды 6,6°C
Ручей Симовый**, (пр. приток первого порядка р. Коль, длина 6,3 км)	22.07.2011	ст. 3, ниже кульверта	Вода прозрачная, без запаха; мелкий галечник, встречаются валуны, песок, обрастания на камнях; берега пологие, поросшие растительностью; pH 8,0; температура воды 10,5°C
Река Коль*, длина 122 км	24.07.2011	ст. 4, выше моста	Вода прозрачная, без запаха; галечник, встречаются валуны, песок, обрастания на камнях; левый берег пологий, правый крутой, поросшие растительностью; pH 8,2; температура воды 12,4°C; мутность 1,38 NTU
Река Чимстина, длина 27 км (пр. приток первого порядка р. Кихчик, длина 103 км)**	09.08.2012	ст. 5 (фон), выше моста	Вода прозрачная, без запаха; галечник, встречаются валуны, песок, лиственный опад; берега пологие, поросшие растительностью; pH 7,6; температура воды 11,1°C
		ст. 6 (контроль), ниже моста	Вода прозрачная, без запаха; галечник, встречаются валуны, песок, мох на камнях, обрастания; берега пологие, поросшие растительностью; pH 7,7; температура воды 11,0°C
Река Колпакова*, длина 180 км	18.08.2014	ст. 7 (фон), выше моста	Вода прозрачная, без запаха; галечник, встречаются валуны, песок, обрастания на камнях; левый берег крутой, правый берег пологий, поросшие растительностью; pH 7,6; температура воды 10,7°C
		ст. 8 (контроль), ниже моста	

Окончание табл. 1

1	2	3	4
Река Большая Воровская*, длина 167 км	14.10.2015	ст. 9 (фон), выше моста	Вода прозрачная, без запаха; галечник, встречаются валуны, песок, много листового опада; левый берег крутой, правый берег пологий, поросшие растительностью; pH 8,1; температура воды 7,6°C; мутность 0,57 NTU
		ст. 10 (контроль), ниже моста	Вода прозрачная, без запаха; галечник, встречаются валуны, песок, много листового опада; берега пологие, поросшие растительностью; pH 8,1; температура воды 7,6°C; мутность 0,57 NTU
Река Средняя Воровская*, длина 116 км (лев. приток первого порядка р. Большая Воровская)	11.10.2016	ст. 11 (фон), выше моста	Вода прозрачная, без запаха; галечник, встречаются валуны, песок, обрастания на камнях; левый берег крутой, правый берег пологий, поросшие растительностью; pH 8,0; температура воды 5,1°C; мутность 0,44 NTU; электропроводность 28,3
		ст. 12 (контроль), ниже моста	Вода прозрачная, без запаха; галечник, встречаются валуны, песок, обрастания на камнях; левый берег пологий, правый берег крутой, поросшие растительностью; pH 8,1; температура воды 5,1°C; мутность 0,31 NTU; электропроводность 28,4
Река Коль*, длина 122 км	11.10.2016	ст. 13 (фон), выше моста	Вода прозрачная, без запаха; галечник, встречаются валуны, песок, обрастания на камнях; левый берег пологий, правый берег крутой, поросшие растительностью; pH 8,0; температура воды 6,4°C; мутность 0,40 NTU; электропроводность 34,3
		ст. 14 (контроль), ниже моста	Вода прозрачная, без запаха; галечник, встречаются валуны, песок, обрастания на камнях; левый берег пологий, правый берег крутой, поросшие растительностью; pH 7,9; температура воды 6,4°C; мутность 0,28 NTU; электропроводность 32,9
Река Пымта*, длина 115 км	12.10.2016	ст. 15 (фон), выше моста	Вода прозрачная, без запаха; галечник, встречаются валуны, песок; берега пологие, поросшие растительностью; pH 8,0; температура воды 4,7°C; мутность 0,39 NTU; электропроводность 23,4
		ст. 16 (контроль), ниже моста	Вода прозрачная, без запаха; галечник, встречаются валуны, песок; берега крутые, поросшие растительностью; pH 7,9; температура воды 4,8°C; мутность 0,26 NTU; электропроводность 23,0
Река Авача**, длина 122 км	13.07.2012	ст. 17 (фон), выше газопровода	Вода прозрачная, без запаха; галечник, встречаются валуны, песок, обрастания на камнях коричневого цвета; берега пологие, поросшие растительностью; pH 8,3; температура воды 11,2°C
		ст. 18 (контроль), в створе газопровода	Вода прозрачная, без запаха; галечник, валуны, песок, обрастания на камнях; левый берег пологий, правый берег крутой, поросшие растительностью; pH 8,3; температура воды 11,2°C
		ст. 19 (контроль), в 70 м ниже газопровода	
		ст. 20 (контроль), в 150 м ниже газопровода	

* Надземная прокладка газопровода.

** Подземная прокладка газопровода, длина водотоков взята из [5].

Результаты и обсуждение

Прокладка труб для газопровода осуществлялась двумя способами – траншейным и надземным. При прокладке трубопровода траншейным способом наибольший ущерб возникает в связи с проходкой и обратной засыпкой траншеи в русловой части водотоков. При этих работах происходит нарушение дна, изменение состава грунта, естественного гидрологического режима и русловых процессов, увеличение мутности воды, заиление дна и его обитателей. Ниже по течению от места проведения работ интенсивность воздействия на биоту зависит от концентрации взвешен-

ных частиц, продолжительности воздействия и дальности распространения шлейфа мутности. Влияние взвешенных твердых частиц на экосистемы лососевых рек происходит по следующим основным направлениям: заиливание нерестовых гнезд лососей с ослаблением в них проточности и ухудшением кислородного режима; прямое воздействие твердых минеральных частиц с острыми гранями на икру, эмбрионы и эпителий жабр, кожу молоди лососей с последующими кожными заболеваниями (сапролегниоз) и нарушением функций дыхания и водно-солевого регулирования в период смолтификации. Минеральная взвесь воздействует на зообентос; уменьшает прозрачность воды и первичную продукцию перифитона; доступность для рыб кормовых организмов приводит к изменению территориально-поведенческих реакций у молоди рыб [6, 7].

Как показывает многолетний опыт эксплуатации газопровода, подводные переходы при траншейной прокладке труб зачастую оказываются не столь надежными и являются дорогими, при этом основная часть затрат приходится на текущие обследования и дальнейшие работы по ликвидации оголений, провисаний трубопроводов и проведение берегоукрепительных мероприятий.

Возведение надземных переходов менее затратное, и их основными достоинствами являются: возможность визуального контроля состояния трубопровода и опор, безопасность и надежность эксплуатации трубопровода при прохождении трассы в сложных гидрогеологических условиях, отсутствие необходимости ведения строительно-монтажных работ в русле реки, что важно с точки зрения экологической безопасности, сведения к минимуму негативного воздействия или даже полному отсутствию воздействия на водоток [8].

В ходе строительства и эксплуатации газопровода были выявлены нарушения, которые оказывают негативное воздействие на водотоки [9, 10]. Эти воздействия проявляются по-разному, основные из них приведены ниже.

В результате опасных русловых процессов менее чем через 1,5 года после окончания строительства газопровода возникла необходимость в реконструкции и капремонте 11 надземных (6 в вантовом, 3 в балочном, 2 в эстакадном исполнении) переходов через важнейшие нерестовые реки – Колпакова, Большая Воровская, Средняя Воровская, Коль, Пымта, Удова, Правый Кихчик, Киумшечек, Коклянка, Испова и Авача [11]. Эти работы начаты в 2013 г. и должны были быть завершены к концу 2017 г.

При пересечении трассой газопровода траншейным методом на 119 водотоках выявлено несоответствие водопропускных сооружений (кульвертов) технологического проезда требованиям свободного пропуска лососевых рыб. Данные сооружения стали трудно- или непреодолимым барьером для лососей, поднимающихся вверх по рекам, нарушили пути их миграций и отсекали десятки гектаров нерестилищ и нагульно-выростных участков. В большинстве нарушенных лососевых водотоков произошло обеднение рыбного сообщества, в некоторых – выше газопровода они исчезли полностью.

Проведенные земляные работы в руслах и на берегах водотоков привели к созданию многочисленных искусственных насыпей, сужению и спрямлению русел, поступлению мелкодисперсной взвеси в воду, превышающих фоновые значения от нескольких десятков – сотен до 30 000 раз. Шлейфы мутности распространялись на многие километры вниз по течению. Заиливанию подверглись нерестилища лососей, бентосные сообщества и, как следствие, места нагула молоди лососей.

Невыполнение противоэрозионных, берегоукрепительных и рекультивационных мероприятий на водотоках стало причиной поступления продуктов эрозии с нарушенных склонов в прилежащие водотоки. Выявлены проблемные водотоки с интенсивным развитием опасных склоновых эрозий и оползней.

Долговременные переезды вброд через лососевые водотоки из-за отсутствия насыпи технологического проезда через низинные болота вблизи р. Колокольникова (приток первого порядка р. Авача) и на левом берегу р. Мутная-1 (приток второго порядка р. Авача) привели к увеличению ширины воздействия техники на болотные массивы. В результате в болотных массивах произошли нарушения гидрогеологического режима территории, образовались локальные места повышенной концентрации загрязняющих веществ с выносом их болотными водами из-под торфяной насыпи над трубой и поступлением в русла рек.

Используя макрозообентос как маркер, можно оценить влияние газопровода на сообщество бентосных беспозвоночных на участке русла, расположенного ниже по течению от места воздействия (контроль) с участком русла, расположенного выше воздействия (фон). При прокладке труб независимо от метода (воздушного или траншейного) проводились различные земляные работы. В водоток попадал грунт.

Из литературных источников известно, что для лососевых рек увеличение мутности и накопление осадков на дне оказывают влияние на все элементы речной экосистемы и приводят к ее изменениям [6, 12, 13 и др.]. Для бентосных животных увеличение концентрации минеральных частиц ухудшает условия дыхания, питания, уменьшает площадь обитания. В результате происходит резкое снижение численности и даже полное исчезновение литореофильных компонентов бентофауны [7]. Взвешенные частицы, оседая на дно, изолируют богатые пищей слои субстрата – перифитон, листовой опад, детрит, а также заполняют пространство между частицами грунта, лишая гидробионтов удобных мест обитания. При этом осевшие частицы взвеси воздействуют на зообентос не только через снижение трофности субстрата и сокращение укрытий, но и посредством ухудшения условий дыхания, поскольку механически повреждают их покровы и засоряют жаберный аппарат. Мелкофракционные осадки неблагоприятны для большинства зообентосных организмов, нуждающихся в твердых субстратах для прикрепления, движения и размножения [14, 15]. Первыми покидают изменившиеся биотопы мошки, ручейники, наиболее чувствительные виды поденок, веснянок и хирономид из подсемейств Diamesinae и Orthocladiinae. В результате на грунтах с повышенным содержанием песка и ила, бедных органикой, формируются сообщества, по составу близкие к исходным, но со значительно более низкими количественными показателями [16–19 и др.]. Уменьшается также и средняя масса гидробионтов, что свидетельствует о том, что биомасса уменьшается не только в связи с падением численности организмов, но и благодаря сокращению доли крупных гидробионтов. На Камчатке это литореофильные ручейники, поденки, веснянки, не выдерживающие заиления [20].

Бассейн р. Коль. На завершающем этапе прокладки газопровода в 2011 г. исследования бентофауны проводили в бассейне р. Коль – в двух притоках (руч. Извилинка – ст. 1, 2, руч. Симовый – ст. 3) и в основном русле реки (ст. 4), выше возведения опор на ее берегах (табл. 2).

Таблица 2

Состав макрозообентоса в бассейне реки Коль в 2011 г., % от общего числа его представителей

Таксон	Ручей Извилинка				Ручей Симовый		Река Коль, среднее течение		
	22.07.2011							24.07.2011	
	Ст. 1		Ст. 2		Ст. 3		Ст. 4		
	<i>N</i>	<i>B</i>	<i>N</i>	<i>B</i>	<i>N</i>	<i>B</i>	<i>N</i>	<i>B</i>	
Planaria	0,9	4,5	11,1	31,3	0,3	1,1	0,1	0,3	
Nematoda	–	–	–	–	0,1	<0,1	–	–	
Oligochaeta	8,2	12,1	27,4	6,0	9,3	1,1	2,3	0,6	
Ostracoda	1,1	<0,1	–	–	–	–	–	–	
Gammarus	–	–	–	–	–	–	0,4	0,8	
Hydracarina	–	–	–	–	–	–	0,7	0,1	
Chironomidae l.	86,6	82,2	53,8	53,1	78,2	52,7	87,5	40,1	
Chironomidae p.	1,3	0,5	0,6	2,0	5,2	21,1	0,4	0,6	
Cylindrotomidae p.	–	–	–	–	–	–	0,3	1,1	
Limoniidae l.	0,4	0,1	0,6	0,1	0,9	4,7	0,1	1,1	
Psychodidae l.	–	–	–	–	0,1	<0,1	–	–	
Empedidae l.	0,9	0,5	–	–	0,7	1,1	0,3	0,8	
Stratiomyidae l.	–	–	–	–	0,1	0,1	–	–	
Plecoptera l.	0,4	0,1	5,9	6,7	2,7	6,5	3,7	36,6	
Trichoptera l.	–	–	–	–	0,1	<0,1	3,5	0,4	
Trichoptera p.	0,2	<0,1	–	–	0,1	8,0	0,1	1,1	
Ephemeroptera l.	–	–	0,6	0,8	2,1	3,6	0,6	16,4	
Coleoptera l.	–	–	–	–	0,1	<0,1	–	–	

Примечание: N – численность, B – биомасса, l. – личинка, p. – куколка.

В **руч. Извилинка** выше створа перехода газопровода притрассового проезда, где расположен лимнокрен (ключевой водоток озерного типа) при взятии проб бентоса со дна поднимается обильная очень мелкая взвесь. Нахождение, накопление и поступление мелкодисперсной фракции из грунта обусловлено постоянным антропогенным воздействием. Рельеф берегов неодинаков – левый берег крутой и высокий, правый пологий и низкий. При строительных работах левый берег был глубоко срезан, а правый засыпан грунтом с дорожного полотна. Мелиоративные работы не проведены, поэтому мелкодисперсная взвесь во время атмосферных осадков любого типа поступает с берегов в лимнокрен (рис. 2).



Рис. 2. Ручей Извилинка (бассейн р. Коль) 15.07.2010

Ниже кульверта на камнях взвеси не обнаружено. Для выявления последствий воздействия на бентосные сообщества антропогенного фактора были исследованы донные биотопы выше (ст. 1) и ниже (ст. 2) кульверта. Состав и структура обитающих бентосных сообществ представлена в табл. 2.

По видовому составу бентос исследованных участков руч. Извилинка различался незначительно, тогда как количественная характеристика представителей отдельных групп зообентоса, их общая численность и биомасса, имела существенные отличия. Общая плотность беспозвоночных выше кульверта (ст. 1) составила 15,4 тыс. экз./м², ниже (ст. 2) – 53,8 тыс. экз./м², а биомасса – 41,8 и 34,9 г/м² соответственно. Таким образом, в первом биотопе при меньшей численности гидробионтов биомасса была выше, во втором – при большей их численности биомасса была ниже. Это несоответствие можно объяснить следующим. В биотопах, расположенных выше кульверта, наибольшая численность и биомасса принадлежала комарам-звонцам и малощетинковым червям (табл. 2). В популяции комаров-звонцов наибольшей численности достигали взрослые личинки IV возраста, отличающиеся большими размерами (длиной до 1,5 см), они, соответственно, и формировали наибольшую биомассу. Второе место по численности занимали малощетинковые черви, при этом встречались очень крупные их представители. Ниже кульверта (ст. 2) самыми массовыми обитателями биотопа были также комары-звонцы, малощетинковые черви и молочные планарии (*Dendrocoelum lacteum*), им же принадлежала и наибольшая биомасса. Но в данном случае следует отметить, что значительная часть популяции личинок комаров-звонцов (40%) была менее зрелой (I–III возраста) и, соответственно, имела меньшую биомассу. Видовой состав малощетинковых червей, видимо, был другим, так как их популяция состояла из мелких особей.

Проявление действия антропогенного фактора на данном участке ручья можно оценить и по другим представителям насекомых. Поступление в водоток взвеси и осаждение ее на дне влияет на состав гидробионтов и участие их в формировании структуры, численности и биомассы. По мере увеличения интенсивности загрязнения вначале из состава донной фауны выпадают наиболее чувствительные группы животных – представители насекомых группы ЕРТ. Принимая это во внимание, следует отметить, что на ст. 1 отсутствовали поденки, а веснянки были представлены только одним видом, тогда как на ст. 2 видовой состав насекомых группы ЕРТ был более разнообразным и представлен поденками (два вида) и веснянками (два вида), и их численность была довольно высокой.

Таким образом, из вышеизложенного следует, что поступление взвешенных частиц негативно влияет на экологическое состояние ручья. Проявляется оно в первую очередь в снижении численности и разнообразия амфибиотических насекомых из группы ЕРТ. В целом состояние исследованных участков ручья по олигохетному индексу оценивается как «условно чистое» на ст. 1 и как «чистое» на ст. 2.

В руч. Симовый (ст. 3) зообентосное сообщество образовано в основном амфибиотическими насекомыми (табл. 2). При этом Limoniidae представлены видами *Dicronota* (D.) *bimaculata*, Empedidae – *Chelifera* sp., Plecoptera – *Suwallia* sp. и молодью Perlodidae, Trichoptera –

Apatania sp., Ephemeroptera – *Baetis fuscatus* и *Cinygmula putoranica*. Наибольшую численность и биомассу в сообществе донных беспозвоночных образовывали хирономиды (личинки и куколки), их доля в общей численности гидробионтов составляла 83,4%, в биомассе – 73,9%. Среди личинок встречались все возрастные группы. Их доля в численности личинок составляла I–II – 36,0%, III – 22,1%, IV – 41,9%, а биомасса соответственно 2,3; 4,5 и 93,2%. Количество других амфибиотических насекомых, представленных восемью семействами, было значительно меньшим как по численности (6,9%), так и по биомассе (24,0%). Присутствие олигохет характеризовало качество воды как «чистая». Сообщество бентосных беспозвоночных соответствовало состоянию естественных лососевых водотоков: общая численность гидробионтов составляла 39,5 тыс. экз./м² и биомасса – 25,1 г/м².

В **основном русле р. Коль** (ст. 4) макрозообентос состоял в основном из хирономид (87,4% от общей численности гидробионтов, 40,1% от их общей биомассы) и насекомых группы ЕРТ (7,9% от общей численности гидробионтов, 44,5% от их общей биомассы) (табл. 2). Хирономиды были представлены многочисленными личинками и немногочисленными куколками. Среди личинок встречались все возрастные группы, но преобладали старшие особи – III (19,1%) и особенно IV (57,9%) возрастной группы. Четвертая стадия хирономид является последней, завершающей ее личиночное развитие перед переходом в куколочную стадию. Такая же особенность отмечена и в отношении биомассы, в которой наибольшая доля принадлежала личинкам хирономид, находящимся на последней стадии их развития. Большую долю от общей биомассы (36,3%) образовывали также немногочисленные веснянки (3,7%), среди которых встречались молодь и взрослые особи.

Третье место по биомассе (16,4%) занимали немногочисленные (0,6%), но крупные по размерам поденки. Присутствие насекомых группы ЕРТ и небольшая численность малощетинковых червей (2,3 тыс. м², 2,3% от общей численности гидробионтов) характеризует качество воды исследованного участка русла р. Коль как «чистое». Общая численность (99,7 тыс. экз./м²) и биомасса (47,4 г/м²) беспозвоночных соответствует естественным, незагрязненным лососевым водотокам Камчатки [21].

В **р. Чимстина** (правый приток первого порядка р. Кихчик) газопровод прокладывали траншейным способом, и крутой правый берег подвергся срезке. В результате в водоток с берега попадает мелкодисперсная взвесь. В 2012 г. были обследованы участки реки в районе перехода газопровода на двух станциях: фоновая ст. 5, расположенная выше газопровода, и ст. 6, находящаяся ниже газопровода. Обитателями донных биотопов в этом районе были представители разных групп беспозвоночных (Planaria, Oligochaeta, Hydracarina, Chironomidae, Tipulidae, Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera). Наибольшее значение в сообществе макрозообентоса принадлежало хирономидам и насекомым группы ЕРТ: на ст. 5 первое место по численности занимали хирономиды (69,8%), второе – насекомые группы ЕРТ (23,6%), по биомассе, наоборот, основную долю (66,2%) составляли насекомые группы ЕРТ, а 30,6% – представители хирономид; на ст. 6 доминантами по численности и биомассе были хирономиды (соответственно 82,2 и 48,4%), субдоминантами – насекомые группы ЕРТ (8,4 и 35,2%).

Таким образом, влияние строительных работ при прокладке газопровода проявилось в виде постоянного попадания в воду мелкодисперсной взвеси с берега, и это явилось причиной изменений в донных сообществах – общая численность беспозвоночных снизилась в 1,5 раза (ст. 5 – 52,2 тыс. экз./м², ст. 6. – 35,6 тыс. экз./м²), общая биомасса – в 2,2 раза (ст. 5 – 51,0 г/м², ст. 6. – 23,3 г/м²). Изменения обнаружены и в составе беспозвоночных, особенно у насекомых группы ЕРТ – уменьшилась их численность и биомасса соответственно в 2,8 и 1,8 раза. Кроме того, в зоне воздействия на ст. 6 возросло разнообразие насекомых за счет комаров-долгоножек и мух-толкунчиков. Личинки этих насекомых имеют червеобразную форму, и появление их на этом участке русла обусловлено наличием мелкодисперсной взвеси в виде наилка на камнях и песке.

Тем не менее величина коэффициентов биоценотического сходства зообентоса на исследованных участках реки показала высокую степень общности фаун по численности, равную 83,5%, но значительно ниже по биомассе – 58,9%.

На **р. Колпакова** прокладка газопровода осуществлена воздушным способом. Русло реки затронуто не было, но берега подверглись срезке, и для предотвращения эрозии на них были положены габионы. Противозрозионные мероприятия проведены некачественно, с нарушением методики укладки габионов, и они были обнаружены в 2014 г. при проведении гидробиологических исследований. Сообщества макрозообентоса исследовали на двух станциях – выше

(ст. 7 фон) и ниже (ст. 8) моста. Состав беспозвоночных на обследованных участках русла существенно не отличался. Наибольшее значение в формировании численности и биомассы донных сообществ принадлежало хирономидам. По численности их доля от всех учтенных беспозвоночных на фоновой станции составляла 42,4%, на контрольной станции – 70,1%, по биомассе – 33,6 и 49,6% соответственно. Существенное значение в зообентосном сообществе принадлежало насекомым из группы ЕРТ. Среди этих насекомых встречались как пассивные (молодь), так и активные (зрелые личинки) мигранты. Особенно многочисленной была молодь *Plecoptera*, ее доля в обоих обследованных биотопах почти одинакова. На ст. 7 она составляла 99,3%, на ст. 8 – 93,8%.

Возрастной состав двух других представителей этой группы насекомых на ст. 7 был представлен в большей степени зрелыми личинками, тогда как на ст. 8 в популяции *Trichoptera* преобладала молодь (79,5%). Существенные изменения были обнаружены в общей численности беспозвоночных – на фоновом участке русла она оказалась в три раза больше за счет присутствия многочисленных мелких беспозвоночных, а биомасса зообентоса за счет присутствия более крупных экземпляров ручейников, наоборот, была выше в 1,7 раза на контрольном участке (ст. 8). По составу макрозообентоса, в частности насекомых группы ЕРТ, и почти полному отсутствию малощетинковых червей участки реки выше (ст. 7) и ниже (ст. 8) перехода газопровода характеризуются как «чистые». Но ухудшение экологического состояния может произойти вследствие разрушения габионов, и этот процесс уже начался, так как в бентосных пробах было обнаружено довольно много фрагментов и волокон бентоматов, использовавшихся в качестве подложки под габионы.

В *р. Большая Воровская* при возведении в 2010 г. опор мостов, пилонов, ферм и эстакад перехода газопровода через русло реки земляные работы выполнялись в пределах прибрежных участков. За фон (ст. 9) принят участок реки, расположенный в 100 м выше моста, за контроль (ст. 10) – участок реки, расположенный в 30 м ниже моста.

В составе зообентосного сообщества обнаружено 34 таксона. Среди амфибионтов выделяются по разнообразию поденки (7 видов), веснянки (6 видов), ручейники (7 видов), хирономиды (1 вид и молодь из трех подсемейств *Orthocladinae*, *Tanytoidinae* и *Chironominae*), кроме них встречались долгоножки (сем. *Tipulidae* – 1 вид), болотницы (сем. *Limoniidae* – 1 вид), толкунчики (сем. *Empididae* – 2 вида) и брюхоногие моллюски.

Состав макрозообентоса на фоновом участке (ст. 9) характеризовался большим разнообразием по сравнению с контрольным участком (ст. 10), но более низкой численностью (в 4,4 раза) и биомассой (в 1,3 раза). Увеличение обилия макрозообентоса на ст. 10 обусловлено обитанием здесь многочисленных мелких олигохет, численность которых достигала 30 тыс. экз./м², или 55,6% от численности всего зообентосного сообществ, а более высокая биомасса – малочисленными, но крупными по размерам личинками ручейников.

На ухудшение экологического состояния на участке русла реки, находящегося в зоне влияния газопровода, по сравнению с фоновым участком, указывает увеличение в 1,9 раза олигохетного индекса, снижение в 1,5 раза индекса удельного видового богатства Маргалёфа, обеднение видового состава ЕРТ с 14 до 13 видов и снижение индекса ЕРТ в 4,1 раза (табл. 3).

Таблица 3

**Изменение экологического состояния рек в створе перехода газопровода
по основным показателям макрозообентоса**

Показатель	Река Большая Воровская		Река Средняя Воровская		Река Коль		Река Пымта	
	2010 г.		2016 г.					
	ст. 9	ст. 10	ст. 11	ст. 12	ст. 13	ст. 14	ст. 15	ст. 16
<i>1</i>	2	3	4	5	6	7	8	9
Качественная и количественная характеристики								
Количество семейств (<i>n_f</i>)	20	17	9	10	14	10	11	11
Количество таксонов (<i>n_t</i>)	26	21	22	19	35	23	23	28
Численность бентоса, тыс. экз./м ²	2,3	53,9	13,6	33,9	89,6	74,9	19,5	57,9
Биомасса бентоса, г/м ²	25,4	33,1	37,5	9,2	65,1	9,5	154,2	64,2

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Показатели экологической обстановки								
Количество видов ЕРТ ($n_{\text{ЕРТ}}$)	14	11	14	10	18	12	11	15
Индекс ЕРТ ($N_{\text{ЕРТ}} / N_{\text{общ}}$)	0,33	0,08	0,19	0,12	0,18	0,25	0,18	0,22
Олигохетный индекс Гуднайта – Уитлея ($N_{\text{олиг.}} / N_{\text{общ}}$)	0,30	0,56	0,13	0,70	0,00	0,37	0,04	0,03
Индекс Маргалефа ($n_i - 1$) / $\ln N_{\text{общ}}$	2,65	1,83	2,21	1,73	2,98	1,96	2,23	2,46
Парный анализ макрозообентоса								
Индекс общности таксонов	0,37		0,54		0,49		0,38	
Индекс общности доминант	0,33		0,33		0,50		0,63	

Река Средняя Воровская. Для данного водотока гидробиологические исследования проведены в 2016 г. в месте, где на берегах были возведены опоры для газопровода. Обследование донных сообществ проводилось также на двух участках: фоновом и подверженном антропогенному воздействию. Первый (ст. 11) был расположен выше возведенных опор, второй участок, контрольный створ (ст. 12), – ниже этих сооружений.

В макрозообентосе обсуждаемого водотока были обнаружены представители 23 таксономических групп, включая планарий, нематод, мермитид, малощетинковых червей, водяных клещей и амфибиотических насекомых. Среди последних по видовому разнообразию и количественному обилию выделялись хирономиды (6 видов), поденки (5 видов), веснянки (6 видов), ручейники (4 вида) и болотницы (1 вид).

На ст. 11 наибольшая доля от общей численности беспозвоночных принадлежала хирономидам – 40,2%, насекомым группы ЕРТ – 28,6% (поденкам – 10,0%, веснянкам – 11,8%, ручейникам – 6,8%) и малощетинковым червям – 21,2%. Тогда как в биомассе исключительное значение имели насекомые группы ЕРТ (95,2%), особенно веснянки (65,0%) и ручейники (19,6%). На ст. 12 сообщество макрозообентоса существенно отличалось, по численности и биомассе преобладали малощетинковые черви (81,6 и 47,9% соответственно). Второй по значимости группой были насекомые группы ЕРТ. По количеству особей их доля составляла 13,9%, по биомассе – 44,6%. Столь разная структура сообществ зообентоса определяет несоответствия количественных показателей. Так, при более высоких значениях общей численности беспозвоночных на ст. 12 (33,9 тыс. экз./м²) биомасса их (9,2 г/м²) была в 4,1 раза меньше таковой на ст. 11, где меньшие по численности особи (13,6 тыс. экз./м²) имели большую биомассу (37,5 г/м²).

В зоне воздействия строительных работ выявлено ухудшение экологического состояния по сравнению с фоном по следующим показателям: снижению количества таксонов до 19 против 22, уменьшению количества видов ЕРТ (10 против 14), снижению индекса ЕРТ в 1,6 раза и индекса удельного видового богатства Маргалефа в 1,3 раза. Резкое увеличение олигохетного индекса в 5,4 раза, когда численность олигохет возросла от 2 880 экз./м² (21,2% от общей численности беспозвоночных) до 34 659 экз./м² (80,0% от общей численности беспозвоночных), означает тот факт, что и в этом районе происходит ухудшение качества воды от «условно чистой» на ст. 11 до «грязной» на ст. 12.

В **р. Коль** в 2016 г. были проведены повторные исследования ее основного русла на двух участках: выше опор моста (ст. 13, фон) и ниже опор (ст. 14, контроль). В собранном там макрозообентосе обнаружены представители 35 таксономических групп. Это планарии, нематоды, мермитиды, малощетинковые черви, остракоды, водяные клещи и насекомые. Среди амфибионтов по видовому разнообразию и обилию выделяются хирономиды 8 видов (4 вида подсемейства Diamesinae – *Diamesa davisii*, *D. gregsoni*, *Pagastia orientalis*, *Diamesinae* sp., 2 вида подсемейства Orthoclaadiinae – *Orthocladus saxosus*, *Orthoclaadiinae* sp., 1 вид подсемейства Tanypodinae – *Tanypodinae* sp., 1 вид Chironominae), поденки 7 видов (*Cinygmula* sp., *Caenis rivulorum*, *Ameletus montanus*, *Baetis* sp., *B. bicaudatus*, *Ephemerella* sp., *E. mucronata*), веснянки 7 видов (*Perlodidae* sp., *Pictetiella asiatica*, *Suwallia* sp., *Diura majuscula*, *Capnia* sp., *Taenionema japonicum*, *Skwala pusilla*), ручейники 7 видов (*Apatania* sp., *A. stigmatella*, *A. crimophila*, *Glossosoma* sp., *Brachycentrus* sp., *B. americanus*, *Hydatophylax* sp.). Кроме них в водотоке был встречен 1 вид болотниц (*D. (D.) bimaculata*, 1 вид долгоножек (*Tipula (A.) selisetorum*), 1 вид бабочниц (*Berdeniella helvetica*), 1 вид толкунчиков (*Clinocera* sp.) и представители мошек, определить которых до вида не удалось.

Общая численность и биомасса гидробионтов изменялась в пределах 74,9–89,6 тыс. экз./м² и 9,5–65,1 г/м². Наибольшие количественные показатели обнаружены на фоновом участке русла (табл. 3). Структура макрозообентоса по численности на обследованных участках реки имела очень близкие показатели – наибольшую долю формировали личинки хирономид, соответственно 41,2 и 57,3%, и насекомые группы ЕРТ, соответственно 34,3 и 45,9%. Тогда как структура зообентосного сообщества по биомассе существенно отличалась: выше моста наибольшее значение в бентосе принадлежало насекомым группы ЕРТ (45,9%) и личинкам хирономид (41,2%), ниже моста – насекомым группы ЕРТ (73,6%). По олигохетному индексу качество воды на исследованных участках реки характеризовалось как «чистое».

Река Пымта обследована на двух участках русла: выше (ст. 15 фон) и ниже (ст. 16 контроль) опор моста. В макрозообентосе обнаружены представители 27 таксономических групп, в том числе нематоды, мермитиды, малощетинковые черви, остракоды, водяные клещи и амфибиотические насекомые. Среди последних по видовому разнообразию и количественному обилию выделяются хирономиды (5 видов – *P. orientalis*, *Diamesinae* sp., *O. saxosus*, *Orthoclaadiinae* sp., *Tanypodinae* sp.), поденки (8 видов – *C. putoranica*, *Cinygmula* sp., *C. rivulorum*, *A. montanus*, *Baetis* sp., *Ephemerella* sp., *E. aurivilli*, *E. mucronata*), веснянки (6 видов – *Perlodidae* sp., *Skwala pusilla*, *P. asiatica*, *Suwallia* sp., *D. majuscula*, *Capnia* sp.), ручейники (6 видов – *Apatania* sp., *A. stigmatella*, *Arctopsyche ladogensis*, *Glossosoma* sp., *B. americanus*, *Anagapetus schmidi*). Кроме них в водотоке встречаются еще представители двукрылых: личинки болотниц (1 вид – *D. (D.) bimaculata*) и толкунчиков (2 вида – *Clinocera* sp., *Hemerodromia* sp.). Состав и структура макрозообентоса на обследованных участках реки различается незначительно. Общая численность и биомасса изменялась в пределах 19 472–57 920 экз./м² и 64,166–154,207 г/м² (табл. 3). Наибольшая численность беспозвоночных обнаружена на контрольном участке русла реки, а наибольшая биомасса – на фоновом.

Возведение опор при прокладке газопровода воздушным путем на берегах реки выполнено с соблюдением нормативов, соответственно, негативное влияние на сообщество донных беспозвоночных отсутствует. По всем показателям макрозообентоса состояние реки при прокладке и эксплуатации газопровода соответствует естественному, а воду, судя по олигохетному индексу, можно квалифицировать как «чистую».

Река Авача обследована на четырех участках, расположенных в районе строительства основной и резервной ниток траншейного перехода. На двух станциях пробы бентоса были взяты выше места прокладки трубы для газопровода (ст. 17, фон) в створе (ст. 18, контроль) и на двух станциях ниже – на расстоянии 70 м (ст. 19) и 140 м (ст. 20).

Обитателями донных биотопов на ст. 17 были различные беспозвоночные, наибольшее значение в формировании структуры зообентосных сообществ принадлежало комарам-звонцам (83,7% по численности и 40,5% по биомассе) и группе насекомых ЕРТ, которая состояла из взрослых личинок поденок и веснянок. В численном отношении на долю этих насекомых приходилось 10,8%, а их биомасса составляла 40,5%. В створе прокладки газопровода (ст. 18) основную численность и биомассу беспозвоночных по-прежнему составляли комары-звонцы (89,2% и 50,8% соответственно) и насекомые группы ЕРТ. В составе последних отмечены некоторые изменения, в частности появление ручейников, снижение доли этих насекомых по численности до 3,6% и возрастании их биомассы до 41,8%. Среди насекомых группы ЕРТ преобладали многочисленными молодые особи и немногочисленные взрослые личинки крупных размеров. Ниже по руслу, на ст. 19, донные сообщества наряду с комарами-звонцами, поденками, веснянками и ручейниками включали довольно многочисленных малощетинковых червей. Плотность населения олигохет на этой станции достигала 2,5 тыс. экз./м², тогда как в вышерасположенных участках русла их количество составляло 0,4–0,5 тыс. экз./м². На ст. 20 состав основных групп беспозвоночных по численности изменялся также незначительно по сравнению с вышерасположенными участками, в то же время распределение биомассы по группам бентоса было иным. Доля комаров-звонцов здесь снизилась до 24,7%, при этом доля насекомых группы ЕРТ возросла до 53,5%. Кроме того, на этой станции встречались немногочисленные, но очень крупные малощетинковые черви. Их максимальная длина достигала 52 мм, а масса – 420 мг. Она составляла 9,2% от общей биомассы зообентоса.

Обилие беспозвоночных на исследованных биотопах р. Авача изменялось в широком диапазоне. Общая их численность варьировала от 13,9 до 70,2 тыс. экз./м², биомасса – от 4,3 до 47,9 г/м². На ст. 17 численность представителей зообентоса достигала 57,2 тыс. экз./м²,

а биомасса – 47,9 г/м²; на ст. 18 – 70,2 тыс. экз./м² и 28,8 г/м²; на ст. 19 – 13,9 тыс. экз./м² и 4,3 г/м²; и, наконец, на ст. 20 – 75,0 тыс. экз./м² и 38,0 г/м².

Минимальные значения численности и биомассы беспозвоночных определены для ст. 19, расположенной в 70 м ниже траншеи газопровода. Кроме общего снижения обилия гидробионтов здесь отмечается самая высокая среди всех изученных водотоков численность малощетинковых червей. Изменения в структуре сообществ беспозвоночных обусловлены накоплением в грунте мелкодисперсных фракций, появившихся в результате взмучивания и перемещения грунта при прокладке труб. Ниже по течению реки мелкодисперсная взвесь, по всей видимости, исчезает, и структура зообентоса близка к таковой на станциях 17 и 18.

Экологическое состояние участка р. Авача по качеству воды как выше, так и ниже траншейного перехода газопровода по составу зообентосных сообществ оценивается как «чистое». Биocenотическое сходство по методу Ванштейна показало высокую степень общности фаун. По численности она составляет 77,6–91,1% и по биомассе – 65,9–75,7%.

Заключение

Воздействие газопровода на состояние донных беспозвоночных проявляется в виде попадания в русло рек мелкодисперсной взвеси с берегов и вдоль трассового проезда. Осаждаясь на дне, она изменяет гранулометрический состав грунта и, соответственно, условия обитания бентосных животных. При обильном поступлении в водоток мелкодисперсной взвеси происходит ухудшение экологического состояния русла водотока, которое выражается в изменениях состава и структуры сообществ зообентоса.

На обследованных водотоках в местах их пересечения газопроводом наблюдаются изменения донного населения. Они проявляются в увеличении олигохетного индекса, снижении индекса удельного видового богатства Маргалефа, видового состава в группе ЕРТ, индекса ЕРТ и изменений общей численности и биомассы беспозвоночных. Тем не менее воду изученных водоемов по качеству в большинстве случаев можно охарактеризовать как «чистая» и «условно чистая». Наиболее значительные изменения зообентоса произошли на реках Большая Воровская и Средняя Воровская. Для первой качество воды изменилось от «условно чистой» до «грязной» на второй – от «чистой» до «грязной».

Изменения, происходящие в составе и структуре макрозообентоса, в итоге отражаются на кормовой базе рыб, в том числе на молоди тихоокеанских лососей.

Литература

1. Об утверждении Перечня особо ценных и ценных видов водных биоресурсов, отнесенных к объектам рыболовства: приказ Росрыболовства от 16.03.2009 № 191 [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_86657/
2. Об установлении категорий водных объектов рыбохозяйственного значения и особенностей добычи (вылова) водных биологических ресурсов, обитающих в них и отнесенных к объектам рыболовства: приказ Росрыболовства от 17.09.2009 № 818 [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_92599/
3. Тиунова Т.М. Методические рекомендации по сбору и определению зообентоса при гидробиологических исследованиях водотоков Дальнего Востока России. – М.: ВНИРО, 2003. – 95 с.
4. Goodnight C.J., Whitley L. Oligochaetes as indicators of pollution // Proc. 15th Ind. Waste Conf. Purdue Univ. Ext. Ser. 106, 1961. – P. 139–142.
5. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 20 Камчатка / под ред. В.Ч. Здановича. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 260 с.
6. Русанов В.В., Зюсько А.Я., Олышаванг В.Н. Состояние отдельных компонентов водных биоценозов при разработке россыпных месторождений дренажным способом. – Свердловск. УрО АН СССР, 1990. – 122 с.
7. Семушин Р.Д. Роль мошек в самоочищении текущих водоемов // Динамика зооценозов, проблемы охраны и рациональное использование животного мира Белоруссии: тез. докл. зоол. конф. (Витебск, 19–21 сентября 1989) / АН БССР ин-т зоол. – Минск, 1989. – С. 182–183.
8. Леман В.Н., Лошкарева А.А. Справочное пособие по природоохранным и мелиоративным мероприятиям при производстве строительных и иных работ в бассейнах лососевых нерестовых рек Камчатки. – М.: Тов. науч. изд-в КМК, 2009. – 192 с.

9. Улатов А.В., Леман В.Н., Логачев А.Р. Магистральный газопровод и ресурсы лососей: типичные экологические проблемы // Природоохранная деятельность предприятий газовой промышленности: материалы междунар. конф. 20–24 декабря 2010 г. / ООО «Газпром трансгаз Томск». – Томск, 2010. – С. 193–231.
10. Введенская Т.Л., Улатов А.В. Обзор результатов исследований состояния лососевых водных объектов с различной степенью антропогенной нагрузки в Камчатском крае // Комплексные исследования водных биологических ресурсов и среды обитания: материалы Второй науч. шк. молод. учен. и спец. по рыбн. хоз-ву и экол. с междунар. участием, посвящ. 100-летию со дня рождения И.Б. Бирмана (Звенигород, 19–25 апреля 2015 г.). – М.: Изд-во ВНИРО, 2015. – Т. 2. – С. 173–188.
11. Программа капремонта магистрального газопровода «УКПГ Нижне-Квакчикского ГКМ – АГРС г. Петропавловска-Камчатского» на участках пересечений с реками (Камчатского ЛПУ ООО «Газпром трансгаз Томск») на 2013–2015 гг. – 2012. – 5 с.
12. Chapman D.W. Critical review of variables used to define effects of fines in redds of large salmonids // Trans. Am. Fish. Soc. – 1988. – V. 117, № 1. – P. 1–21.
13. Lloyd D.S. Turbidity as a water quality standart for salmonid habitats in Alaska // N. Am. J. Fish. Manage. – 1987. – V. 7. – P. 34–45.
14. Морозов А.Е. Донная фауна малых рек и влияние на нее взвешенных веществ дрижных вод // Труды Пермской лаборатории ГосНИОРХ. – 1979. – Вып. 2. – С. 128–131.
15. Culp J.M., Walde S.J., Davies R.W. Relative importance of substrate particle size and detritus to stream benthic macroinvertebrate microdistribution // Can. J. Fish. Aquat. Sci. – 1983. – V. 40, № 5. – P. 1568–1574.
16. Злобина Н.Ф., Ушаков А.И. Современное состояние донных сообществ реки Томи на отработанных карьерах // Рациональное использование природных ресурсов Сибири: тез. докл. научн. конф. (Томск, 24–25 октября 1989). – Томск, 1989. – С. 200.
17. Будаева Л.М. Биологический мониторинг рек Большого Кавказа // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – Т. 13. – С. 54–60.
18. Благовидова Л.А., Важеннин Г.Г. Влияние дноуглубительных работ на состояние макробентоса р. Обь // Гидробиологический журнал. – 1983. – Вып. 19. – С. 18–22.
19. Петрова Н.А., Уварова В.И., Бутакова Т.А. Влияние добычи нерудных строительных материалов на гидробионтов в русле реки Иртыш // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. – 1989. – № 305. – С. 135–145.
20. Леман В.Н., Чебанова В.В. Реакция литофильного зообентоса на изменение гранулометрического состава грунта в метаритрале малой предгорной реки (юго-запад Камчатки) // Экология. – 2005. – № 1. – С. 1–6.
21. Леванидов В.Я., Кохменко Л.В. Количественная характеристика бентоса текущих водоемов // Изв. ТИНРО. – 1970. – Т. 73. – С. 88–99.

Информация об авторах Information about the authors

Введенская Татьяна Леонидовна – Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО); 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат биологических наук; доцент; ведущий научный сотрудник лаборатории прикладной экологии; vvedenskaya.t.l@kamniro.ru

Vvedenskaya Tatyana Leonidovna – Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO); 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Biological Sciences; Associate Professor; Leading Researcher in the Laboratory of Applied Ecology; vvedenskaya.t.l@kamniro.ru

Улатов Антон Владимирович – Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО); 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский; старший научный сотрудник лаборатории прикладной экологии; ulatov.a.v@kamniro.ru

Ulatov Anton Vladimirovich – Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO); 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Senior Researcher in the Laboratory of Applied Ecology; ulatov.a.v@kamniro.ru

УДК 597.552.511: [591.11+639.2.03]

Л.И. Изергин, Е.Е. Изергина**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МОЛОДИ КЕТЫ И ГОРБУШИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИХ АДАПТАЦИОННОГО СТАТУСА В РАННИЙ МОРСКОЙ ПЕРИОД**

Показаны видоспецифичные отличия в морфологической картине крови молоди кеты и горбуши. В начальный период смолтификации молодь горбуши более резистентна к условиям резко увеличивающейся солености воды, чем молодь кеты. В связи с этим произошедшее изменение гидрологии Ольского лимана не будет оказывать отрицательного влияния на формирование численности популяции горбуши р. Ола. Анализ морфологической картины крови молоди кеты показал снижение адаптивных возможностей при изменении гидрологии устья р. Ола, что оказало отрицательное воздействие на выживаемость молоди в ранний морской период и, как следствие, снижение численности подходов производителей этого вида в дальнейшем.

Ключевые слова: выживаемость молоди лососевых, молодь кеты и горбуши, морфологическая картина крови, Охотское море, ранний морской период.

L.I. Izergin, E.E. Izergina**USING THE HEMATOLOGICAL PARAMETERS OF JUVENILE CHUM AND PINK SALMON TO ASSESS THEIR ADAPTATION STATUS IN THE EARLY MARINE PERIOD**

We discuss species-specific differences in the blood cell morphology in young chum and pink salmon. During initial period of smoltification, juveniles of the pink salmon are more resistant to the conditions of sharply increasing salinity of water than those of the chum salmon. Therefore, changes in the hydrology of the Olsky lagoon will not have a negative impact on the formation of pink salmon population in the Ola river. Analysis of the blood cell morphology in young chum salmon showed a decrease in adaptation, with a change in the hydrology of the Ola river's mouth, which had a negative impact on the survival rate of juveniles in the early marine period and, consequently, a decrease in the number of mature individuals of this species coming for spawning in the future.

Key words: survival rate of juvenile salmon, juvenile chum and pink salmon, blood cell morphology, Sea of Okhotsk, early sea period.

DOI: 10.17217/2079-0333-2018-46-66-72

Введение

Ранний морской период жизни тихоокеанских лососей играет особую роль в формировании численности их поколений. Уровень выживания молоди кеты и горбуши в течение раннего онтогенеза определяет численность популяций этих видов, имеющих для материкового побережья Охотского моря наибольшее промысловое значение. Особое внимание уделяется изучению популяций лососевых в реках, устьевая зона которых имеет значительные лиманы [1–2]. Такие эстуарии характеризуются гомогенными водными массами и относятся к олигогалинному типу с соленостью 0–20‰. Молодь кеты и горбуши в эстуариях этого типа нагуливается длительный период, превышающий две недели [2]. Способность адаптироваться к условиям нарастающей солености обеспечивает выживаемость молоди в период катадромной миграции [3–4]. Осморегуляторный механизм, обеспечивающий гипоосмотическую регуляцию в морской среде, начинает формироваться у молоди кеты еще в пресноводный период и достигает значительного уровня развития перед выходом в море [5].

Река Ола является одной из крупнейших рек Магаданской области по запасам дальневосточных лососей. До 2007 г. характерной особенностью ее гидрологии было наличие в ее бассейне крупного лимана с площадью акватории 30 км², миксогалинного типа с четко дифференцируемыми олигогалинными (соленость 0,5–5‰), мезогалинными (соленость 5–18‰)

и полигалинными (соленость 18–30‰) участками акватории. В результате многолетней мальковой съемки было установлено, что практически вся молодь кеты естественного воспроизводства после ската из русла реки активно мигрировала и распределялась по акватории лимана, и только после смолтификации она активно уходила на участки морского побережья. Молодь горбуши, в связи с особенностями биологии этого вида, то есть пассивным скатом в зоне течений, выносилась с русловым потоком и под действием приливно-отливных течений распределялась на открытых участках побережья Тауйской губы.

В 2007 г. после размыва Нюклинской косы произошло смещение устья р. Ола, в результате чего полностью была прекращена связь реки с лиманом. В связи с этим вся молодь лососевых, включая горбушу и кету, стала напрямую выноситься речным потоком из пресной воды в прибрежные участки моря с соленостью 28–30‰, с дальнейшим распространением под действием циклонического течения вдоль побережья п-ова Старицкого. Гематологические показатели, характеризующие иммунную систему и определяющие компенсаторные возможности организма, претерпевают в этот период значительные изменения [6–7]. Согласно экспериментальным данным, при быстром переходе из пресной воды в морскую с соленостью 30‰ гибель молоди кеты составляла 30–40% [8].

С целью выявления влияния изменившихся абиотических условий мы провели анализ гематологических показателей молоди кеты и горбуши из сборов 2004 и 2008 гг. Анализ данных о подходах производителей этих видов в р. Ола в последующие годы позволил выявить закономерности формирования численности их поколений.

Материалы и методы

В работе использовались гематологические материалы, собранные в ходе мальковой лососевой съемки в лимане р. Ола в июне – июле 2004 и 2008 гг. Физиологические пробы были получены у 60 экз. молоди кеты и 70 экз. молоди горбуши из уловов 2008 г., а также обработаны и проанализированы мазки крови молоди кеты и горбуши из уловов 2004 г. (60 и 30 экз. соответственно). Отлов молоди проводился закидным неводом длиной 12 м, изготовленным из дели с размером ячеи 3 × 3 мм. Обловы проводились в стандартных точках: пресноводных (соленость 0–0,1‰) и морских (соленость 25–30‰) (рис. 1). Кровь у мальков брали из хвостовой артерии, мазки высушивали и затем фиксировали этиловым спиртом. Препараты окрашивали Азур-эозином по Романовскому (ТУ 9398-003-29508133-2011) и просматривали под микроскопом Leica на увеличении 1000×. Клетки крови идентифицировали по классификации Н.Т. Ивановой [9]. Данные гематологических исследований обрабатывали методами математической статистики с использованием компьютерных программ Statistica 6.0 и Microsoft Excel.



Рис. 1. Картограмма района в Тауйской губе, в котором осуществлялось взятие проб для гематологических исследований:

а – в июне – июле 2004 г.; б – в июне – июле 2008 г. после размыва Нюклинской косы

Fig. 1. Map of the areas in the Taui Bay where sampling for hematological studies was carried out: а – in June – July 2004; б – in June – July 2008, after erosion of the Nyuklinskaya spit

Результаты и обсуждение

Характер изменений гематологических показателей у молоди горбуши в период смолтификации происходит по типу адекватной реакции на воздействие сильных стрессовых факторов, что отмечалось нами ранее и для молоди кеты [9]. Однако, несмотря на общую схожесть происходящих изменений в системе крови горбуши и кеты, нами были отмечены специфические отличия данных видов как в структуре красной, так и в структуре белой крови. К моменту выхода в акватории с повышенной соленостью доля зрелых эритроцитов в периферической крови молоди горбуши на 30% выше, чем у молоди кеты. Соответственно, существенно различаются показатели доли юных эритроцитов (рис. 2, *а*). Таким образом, совокупность одних и тех же абиотических факторов заставляет реагировать эритроцитарную систему этих двух видов по-разному.

На всех мазках крови молоди горбуши, собранной в пресных водах, среди зрелых эритроцитов нами было отмечено большое количество безъядерных и амитотических эритроцитов (рис. 2, *а – б*). Последние у молоди кеты ранее нами отмечены не были, а амитоз встречался единично. Большое количество амитотически делящихся клеток мы наблюдали только в опыте, проведенном в 2004 г., когда заводскую молодь, не перешедшую на внешнее питание, пересадили в воду с соленостью 15‰. Стоит отметить, что в то время температура воды на заводе была менее 3°C, доля юных эритроцитов в крови молоди горбуши составляла 4%. Тогда резкое повышение солености вызвало усиление эритропоэза и появление в крови заводской молоди большого количества амитотически делящихся клеток.

Различия в составе крови у молоди горбуши и кеты в 2008 г. наблюдалось и в лейкоцитарной формуле по количеству юных фагоцитарных форм (промиелоцитов) (рис. 2, *б*). У молоди горбуши доля промиелоцитов достоверно больше ($t = 2,57, p < 0,05$), чем у молоди кеты, что указывает на активный фагоцитоз у первого вида с самого начала смолтификации. При этом расходуются сегментоядерные лейкоциты и идет синтез новых клеток этого ряда и моноцитов, тогда как у кеты доли промиелоцитов и сегментоядерных лейкоцитов примерно равны (рис. 2, *б*). Еще одним отличием крови у молоди горбуши является наличие большого количества гемогистобластов – клеток, дающих начало всем форменным элементам крови (рис. 3, *в – г*) [10]. Обычно они не присутствуют в периферической крови, а находятся в кроветворных органах. Их наличие непосредственно в кровяном русле свидетельствует о максимальной мобилизации всех адаптационных механизмов у молоди горбуши. Таким образом, наши результаты показывают, что в начальный период смолтификации молодь горбуши более устойчива к условиям резко увеличивающейся солености воды, чем молодь кеты. Это, вероятно, обусловлено особенностью приспособительных реакций горбуши, молодь которой в момент перехода в соленую воду характеризуется пассивным скатом и не совершает активных перемещений из выносного потока в зоны переменной солености, которые предпочитает молодь кеты. Таким образом, изменение гидрологии Ольского лимана, по нашему мнению, не будет оказывать отрицательного влияния на формирование численности популяции горбуши р. Ола.

Для оценки степени воздействия изменения русла р. Ола и отсутствия прямого стока в акваторию Ольского лимана на покатную молодь кеты нами был проведен сравнительный анализ гематологических показателей молоди лососей из контрольных уловов 2004 и 2008 гг. Необходимо отметить, что дискриминантный анализ всей совокупности гематологических показателей выявил наличие в выборках на пресноводных станциях в 2008 г. двух хорошо дифференцированных групп молоди кеты, которые резко отличались от молоди горбуши (рис. 2, *е*). К 1-й группе кеты была отнесена молодь, в периферической крови которой относительное количество зрелых эритроцитов не превышало 50%, к 2-й группе – молодь, у которой количество зрелых эритроцитов превышало 65%. Сравнивая показатели красной крови из уловов 2004 и 2008 гг., можно отметить, что у молоди кеты, отнесенной к 1-й группе, количество незрелых эритроцитов (базофильные нормобласты), то есть не способных переносить кислород, было в 3,5 раза больше, чем у молоди, отнесенной к 2-й группе и молоди, скатившейся в 2004 г. (до изменения русла, когда адаптация кеты к повышенной солености проходила постепенно) (рис. 2, *е*). Кроме того, на всех мазках крови у молоди кеты из 2-й группы были обнаружены безъядерные эритроциты (рис. 3, *д*) и большое количество амитотически делящихся эритроцитов, чего не отмечалось ни у молоди из 1-й группы, ни у молоди из уловов 2004 г. По морфологическим показателям эритроцитарной системы крови молодь кеты, отнесенная к 2-й группе, сходна с молодью горбуши.

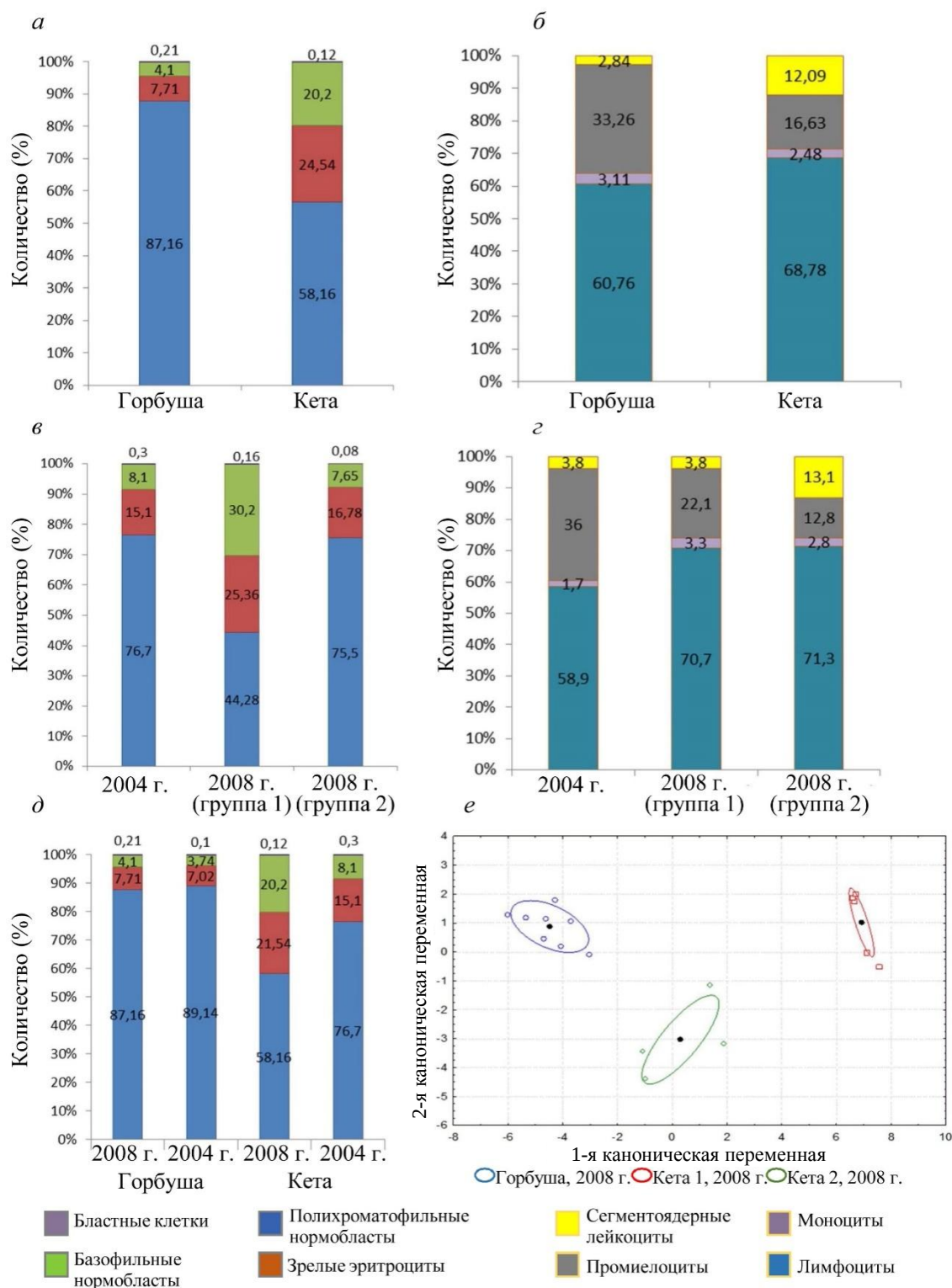


Рис. 2. Показатели крови молоди горбуши и кеты, собранной в устье р. Ола в разные годы (а – д) и дискриминантный анализ всей совокупности гематологических показателей (е).
 Соотношение форм эритроцитов (а) и лейкоцитов (б) у молоди горбуши и кеты в 2008 г.
 Соотношение форм эритроцитов (в) и лейкоцитов (г) у молоди кеты, распределенной по группам 1 и 2 (2004, 2008 гг.).
 Соотношение форм эритроцитов в крови молоди горбуши и кеты в 2004 и 2008 гг. (д).
 Взаиморасположение выборок разных видов в плоскости главных канонических переменных (е)

Fig. 2. Blood indicators in juvenile pink salmon and chum salmon collected in the mouth of the river Ola in different years (a – d) and discriminant analysis of total hematological parameters (e).
 Ratio of forms of erythrocytes (a) and leukocytes (b) in juvenile pink salmon and chum salmon in 2008.
 Ratio of forms of erythrocytes (v) and leukocytes (g) in juvenile chum salmon distributed in groups 1 and 2 (2004, 2008).
 Ratio of erythrocyte forms in the blood of juvenile pink and chum salmon in 2004 and 2008(d).
 Interposition of samples of different species in the plane of main canonical variables (e)

В лейкоцитарной формуле в выделенных нами группах у молоди кеты 2008 г. прослеживались различия между соотношением промиелоцитов и сегментоядерных клеток (рис. 2, з). На мазках крови молоди кеты из 1-й группы было отмечено больше молодых форм фагоцитарных клеток (промиелоцитов), в том числе и моноцитов, которые появляются в кровяном русле на смену сегментоядерным клеткам при продолжительном действии стрессовых факторов ($t = 7,10, p < 0,001$), чем у молоди из 2-й группы. На основании полученных данных можно сказать, что, судя по показателям эритроцитарной системы, молодь кеты, отнесенная к 1-й группе, находилась в состоянии сильного стресса, поскольку большая часть исследованной выборки по количеству зрелых эритроцитов была за пределами нормальной адаптации. По наблюдениям прошлых лет в начальный период смолтификации погибала молодь именно с такими показателями красной крови [2].

В общей выборке 2008 г. доля молоди кеты, отнесенной к 1-й группе, составляла 55%. В среднемноголетнем аспекте доля рыб с такой картиной крови не превышала 30–35%. Помимо этого, в крови молоди кеты, собранной в 2004 г., общее количество клеток, способных к фагоцитозу, превышало 40%, в то время как в крови из сборов 2008 г. их доля была ниже и составила 30%. Иными словами, иммунная система молоди кеты в период сбора гематологического материала в 2008 г. еще не была активизирована в достаточной степени для адекватной реакции на резкую смену солёности. Таким образом, сравнительный анализ морфологической картины крови молоди кеты р. Ола в 2004 и 2008 гг. показал, что адаптационный статус молоди в 2008 г. был значительно ниже, чем в 2004 г., в отличие от молоди горбуши (рис. 2, д).

Проведенные в 2008 г. исследования показали, что отличия в морфологической картине крови молоди кеты и горбуши носят видоспецифичный характер. Молодь горбуши в начальный период смолтификации более резистентна к условиям резко увеличивающейся солёности воды, чем молодь кеты. Таким образом, можно предполагать, что произошедшее изменение гидрологии Ольского лимана не будет оказывать отрицательного влияния на формирование численности популяции горбуши р. Ола. Исходя из совокупности полученных данных, было сделано предположение, что изменение гидрологии Ольского лимана отрицательно скажется на состоянии запасов ольской кеты, в первую очередь за счет увеличения смертности порядка 20–25% в ранний морской период.

Как известно, кета, воспроизводящаяся в реках охотоморского побережья, возвращается на нерест в основном в возрасте 3–6 лет (2+...5+ года), причем рыбы в возрасте 1+ и 6+ лет крайне редки [11]. Доминирующими группами в подходах в р. Ола являются, как правило, производители в возрасте 3+, 4+ и 5+, доли которых достаточно широко варьируют в течение ряда лет. Таким образом, молодь, скатившаяся весной 2008 г. (поколение 2007 г.), формирует подходы 2011, 2012 и 2013 гг. Согласно имеющимся данным, в 2007 г. величина подхода производителей кеты в р. Ола составляла 173,63 тыс. экз. Численность производителей кеты поколения 2007 г. (скат 2008 г.), пришедших на нерест после нагула, составила: в 2011 г. – 15,13 тыс. экз. (при общем подходе в р. Ола 47,46 тыс. экз.), в 2012 г. – 25,82 тыс. экз. (при общем подходе в р. Ола 28,63 тыс. экз.), в 2013 г. – 9,75 тыс. экз. (при общем подходе в р. Ола 31,27 тыс. экз.). Как видно из приведенных данных, в период с 2011 по 2013 гг. численность подходов кеты резко сократилась. Столь малые показатели подходов производителей кеты, как общие, так и в частности поколения 2007 г., в рассматриваемые годы могут быть связаны с комплексом негативных факторов, но, по нашему мнению, решающее значение в формировании численности поколений имеют неблагоприятные абиотические факторы в ранний морской период (позднее распаление льдов в прибрежной части, низкие температуры воды). Однако при проведении исследований с 2006 по 2010 гг. нами в прибрежной зоне не были отмечены условия окружающей среды, которые могли бы существенно повлиять на выживаемость молоди в прибрежье. Таким образом, по нашему мнению, единственным существенным негативным фактором стало изменение гидрологии р. Ола вследствие изменения русла, повлекшее за собой увеличение смертности молоди кеты на 20–25% из-за ее низкого адаптационного статуса в ранний морской период. Следовательно, опираясь на данные, полученные при исследовании гематологических показателей молоди кеты в период смолтификации, можно прогнозировать изменения в формировании численности поколений лососевых.

Подводя итог наших исследований, стоит отметить, что изучение гематологических показателей молоди кеты и горбуши в ранний морской период является чрезвычайно важным для достоверного прогнозирования выживаемости лососевых в период смолтификации. Данные о морфологической картине крови позволяют выявить долю молоди с низким адаптационным статусом, что впоследствии может быть использовано при прогнозировании численности подходов производителей лососевых.

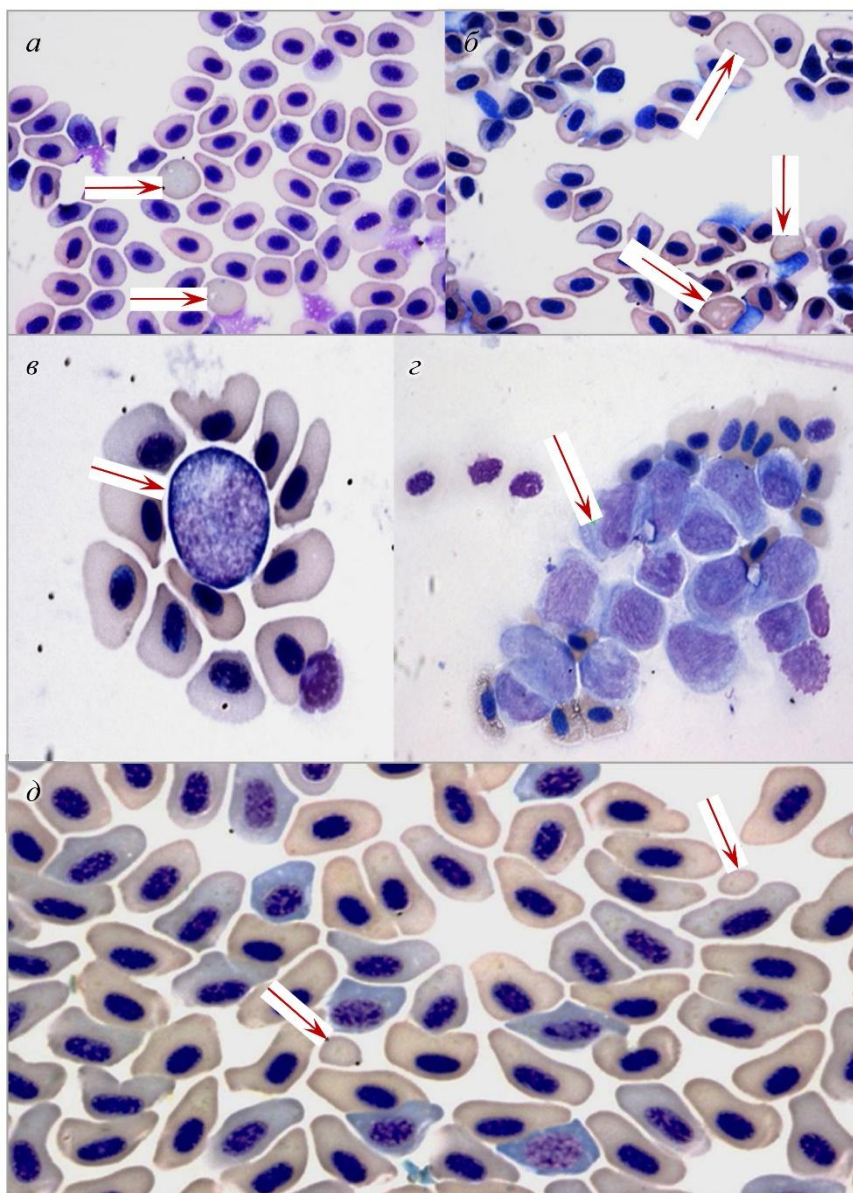


Рис. 3. Мазки крови молоди горбуши (а – з) и кеты (д), собранной в устье р. Ола (Охотское море). Стрелками показаны безъядерные эритроциты крови горбуши (а – б) и кеты, отнесенной к 2-й группе (д), а также гемогистобласты крови горбуши (в – з)

Fig. 3. Blood smears of juvenile pink salmon (a – z) and chum salmon (d) collected at the mouth of the river Ola (Sea of Okhotsk). Arrows indicate non-nuclear erythrocytes in the blood of pink salmon (a – б) and chum salmon, assigned to the 2nd group (d), as well as hemogistoblasts of pink salmon's blood (в – з)

Литература

1. Пустовойт С.П. Генетическое разнообразие четного и нечетного поколений горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum, 1792) реки Ола (Охотское море) // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2017. – Вып. 42. – С. 77–83.
2. Изергина Е.Е., Изергин И.Л. Изменение показателей красной крови молоди кеты р. Ола при смене среды обитания // Бюл. № 3 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». – Владивосток: ТИНРО-центр, 2008. – С. 157–161.
3. Варнавский В.С. Смолтификация лососевых. – Владивосток: ИБМ ДВО АН СССР, 1990. – 180 с.
4. Карпенко В.И. Ранний морской период жизни тихоокеанских лососей. – М.: Изд-во ВНИРО. – 1998. – 165 с.
5. Функциональное состояние осморегуляторной системы молоди горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* в речной (предмиграционный) и морской (прибрежный) периоды жизни / Л.С. Кра-

юшкина, Ю.И. Степанов, О.Г. Семёнова, А.А. Панов // Вопросы ихтиологии. – 1995. – Т. 35, № 3. – С. 388–393.

6. Валова В.Н. Проблема качественной оценки заводских популяций тихоокеанских лососей // Вопросы взаимодействия естественных и искусственных популяций лососей: сб. науч. тр. – Хабаровск, 1999. – С. 107–110.

7. Остроумова И.Н. Состояние крови форели при адаптации к разным условиям кислородного и солевого режимов воды // Известия ГосНИОРХа. – 1964. – Т. 58. – С. 27–37.

8. Изергин И.Л., Изергина Е.Е. Изменения в эритроцитарной системе крови молоди кеты р. Ола в ходе постановочного опыта // Бюл. № 3 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». – Владивосток: ТИНРО-центр, 2008. – С. 151–156.

9. Изергина Е.Е., Изергин И.Л. Влияние солёности воды на физиологическое состояние молоди кеты в эстуарии реки Ола северо-восточного побережья Охотского моря // Материалы VI науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей». – Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор, 2006. – С. 48–55.

10. Иванова Н.Т. Атлас клеток крови рыб. – М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1983. – 184 с.

11. Лососевидные рыбы Северо-Востока России / И.А. Черешнев, В.В. Волобуев, А.В. Шестаков, С.В. Фролов. – Владивосток: Дальнаука, 2002. – 496 с.

Информация об авторах Information about the authors

Изергин Лев Игоревич – Магаданский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (МагаданНИРО); 685000, Россия, Магадан; младший научный сотрудник лаборатории экологии рыбохозяйственных водоемов; lev_izergin@mail.ru

Izergin Lev Igorevich – Magadan Research Institute of Fisheries and Oceanography, 685000, Russia, Magadan; Research Assistant of the Ecology of Fishery Water Bodies Laboratory; lev_izergin@mail.ru

Изергина Елена Евгеньевна – Магаданский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (МагаданНИРО); 685000, Россия, Магадан; научный сотрудник лаборатории экологии рыбохозяйственных водоемов

Izergina Elena Evgenievna – Magadan Research Institute of Fisheries and Oceanography; 685000, Russia, Magadan; Research Officer of the Ecology of Fishery Water Bodies Laboratory

УДК 597.553.2(282.257.41)

В.И. Карпенко, А.А. Бонк, А.П. Лозовой**БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НЕКОТОРЫХ РЫБ В НИЗОВЬЕ РЕКИ КОЛЬ**

В работе дано описание ихтиофауны нижнего течения р. Коль. Предложены схема и возможные методы исследований различных сторон биологии молоди лососевых рыб. Установлено, что в районе биостанции р. Коль обитают особи разных размерных и возрастных групп, имеющие неодинаковое физиологическое состояние. Основу молоди кижуча составляют сеголетки, которые могут еще год и более нагуливаться в районе биостанции. Молодь других видов тихоокеанских лососей встречается в меньшем количестве, что обусловлено скатом основных видов – горбуши и кеты, а также невысокой численностью нерки, чавычи и симы в этом водотоке.

Ключевые слова: ихтиофауна, молодь лососей, биологические показатели, межгодовая изменчивость.

V.I. Karpenko, A.A. Bonk, A.P. Lozovoy**BIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SOME FISHES IN THE LOWER PART OF THE KOL RIVER**

The ichthyofauna of the Kol river lower flow is described in the paper. The scheme and possible methods of various aspects of young salmon biology research are offered. It is established that specimens of different size and age groups having different physiological state inhabit the area of the biological station of the Kol river. The basis of coho salmon juvenile consists of fingerlings that may fatten near the biological station for more than a year. Juveniles of other Pacific salmon species are not so numerous due to the downstream migration of the main species – pink salmon and chum salmon, as well as the low number of sockeye salmon, chinook salmon and masu salmon in this watercourse.

Key words: ichthyofauna, salmon juveniles, biological parameters, interannual variability.

DOI: 10.17217/2079-0333-2018-46-73-85

Введение

Особо охраняемые территории (ООПТ) Камчатского края включают биосферные заповедники, природные парки, заказники, памятники природы и некоторые другие места сохранения природных ресурсов [1]. Они имеют разный статус охраны и использования, что направлено на сохранения природного биоразнообразия растительного и животного мира ООПТ. В настоящее время охрана наземных животных и растений осуществляется достаточно качественно из-за большей их доступности и наглядности при нарушениях природоохранного законодательства, тогда как водные животные и растения находятся в иной среде, плохо контролируемой визуально, и учитывать их труднее. Одним из наиболее важных составляющих ООПТ является ихтиофауна водоемов и водотоков, находящихся на их территориях.

Формирование численности поколений рыб, воспроизводящихся в водоемах ООПТ, например тихоокеанских лососей, происходит в основном в пресноводный и в начальный период морской жизни, а продукции – в океанических просторах северной части Тихого океана. В пресных водах большое значение имеют гидрологические условия на нерестилищах (уровень воды, температура, заиление и пр.) и в местах нагула, состояние кормовой базы, а также хищничество. Если контролировать абиотические факторы среды относительно легко, при наличии соответствующей стационарной или переносной аппаратуры, то все биотические факторы требуют длительного мониторинга с целью оценки их воздействия на популяции рыб.

В частности, до сих пор наиболее трудным среди них для контроля является оценка трофности водоемов, которая с одной стороны требует знания состояния кормовых ресурсов водоемов и их динамики, а с другой – особенностей питания отдельных видов, их пищевых потребностей и использования энергии, получаемой с пищей на развитие и рост, обеспечивающих выживание

поколений. Благоприятные кормовые условия определяют высокие размерные показатели рыб отдельных видов (в частности, их молоди), способствующие снижению пресса различных хищников, в том числе других видов рыб и высших животных.

Ранее бассейны рек Коль и Кехта уже являлись базовыми полигонами изучения краснокнижного вида рыб Камчатки – камчатской семги, которые позволили выяснить многие вопросы экологии и биологии этого вида, а также представить их результаты специалистам в виде публикаций и даже монографий [2, 3]. Однако многие вопросы биологии других представителей ихтиофауны этих водотоков остались исследованными недостаточно. Это не устранила даже публикация «Материалов комплексных исследований разных вопросов растительного и животного мира лососевого заказника «Река Коль», выполненных большим коллективом исследователей [4]. Ряд исследований по некоторым аспектам биологии рыб этого водотока в настоящее время подвергается более тщательной обработке и анализу. Уже подготовлены работы по возрастному составу молоди кижуча [5], а также особенностям питания молоди большинства видов [6], хотя общая биологическая характеристика большинства видов рыб не анализировалась.

В 2010–2016 гг. кафедрой водных биоресурсов, рыболовства и аквакультуры Камчатского государственного технического университета были организованы экспедиции на территорию Лососевого заказника «Река Коль», где были проведены полевые исследования ихтиофауны и среды обитания преимущественно лососевых рыб. Их целью являлось знакомство с составом ихтиофауны молоди рыб, включая лососевых, и характеристика биологических показателей отдельных видов. Основным результатам исследования биологических показателей основных видов рыб и посвящена настоящая работа.

Материал и методика

Исследования проводились на базе упомянутой выше биологической станции в рамках научно-исследовательской программы кафедры водных биоресурсов, рыболовства и аквакультуры¹ – «Оценка биоразнообразия лососевых рек Западной Камчатки (на примере р. Коль в зоне ООПТ)» в июне – августе 2010, 2011, 2013 и 2016 гг. Наиболее продолжительными исследования были в 2011 г., когда они велись с 29 июня по 25 августа. В остальные годы они ограничивались периодом в две-три недели – с конца июля по начало августа.

Большая часть материала собрана с использованием традиционной сетки станций и методики; наиболее густой она была в 2011 г., тогда как в первый, 2010, год они отрабатывались. В 2013 и 2016 гг. они были выполнены лишь с незначительными изменениями, зависящими от погодной и гидрологической обстановки в день проведения исследований. Таковые включали следующие виды работ.

Места и методы сбора ихтиологических проб. Сбор проб производили на трех участках русла реки: в основном русле (на расстоянии 8 км от устья), в устье – в месте смешения морских и пресных вод, и в притоке – р. Красная. Время сбора проб представлено в табл. 1. Отлов рыб производили в основном мальковым закидным неводом. Кроме того, в местах скопления рыб для лова молоди использовали вентери, ловушки и сачки.

Таблица 1

Даты взятия ихтиологических проб (●) в реке Коль в 2011 году

Дата	Нижнее течение		Устье
	Основное русло	Река Красная	
5.07		(●)	
10.07	(●)		
13.07		(●)	
30.07	(●)		
1.08	(●)		
5.08		(●)	
10.08	(●)		
13.08		(●)	
14.08			(●)
20.08	(●)		

¹ Полевые работы выполнялись большим коллективом преподавателей и студентов кафедры, за что авторы приносят им свою благодарность.

Для отлова половозрелых особей лососей использовали жаберные сети, а также ловушки и удочки. Выловленные взрослые лососи и другие рыбы сразу же подвергали биологическому анализу, а пойманную молодь фиксировали 4%-ным формалином для последующей камеральной обработки.

В ходе выполнения биологического анализа у половозрелых рыб определяли: длину тела по Смиту, промысловую длину, массу тела целой рыбы, массу порки, пол и стадию зрелости половых продуктов, у самок – вес гонад и плодовитость. Для определения их возраста собирали чешую, а в некоторых случаях – отоциты [7]. В лабораторных условиях выполняли анализ фиксированной молоди лососей и других рыб. Перед обработкой молодь отмачивали в пресной воде. Общее количество собранного и обработанного материала представлено в соответствующих таблицах. Полученные данные обработаны традиционными методами статистического анализа [8].

Результаты исследований

Биологическая станция КамчатГТУ «Река Коль» расположена в нижнем течении реки. Здесь, кроме основного русла, река имеет несколько рукавов, заливаемых стариц и болот, а также достаточно крупные притоки. Одним из них является р. Красная, которая доступна для исследований из-за близости к биостанции. Периодически сборы проб осуществляли в низовье р. Коль, там также выполняли работы по исследованию гидрологических особенностей эстуария и состава ихтиофауны.

Состав ихтиофауны Коль включает 15 видов рыбообразных и рыб из примерно 58 видов и подвидов, встречающихся в пресных и солоноватых водоемах камчатского полуострова [9]. В районе биостанции «Река Коль» видовой состав еще беднее – в 2010–2016 гг. здесь встречено 9–11 видов рыб, биологическая характеристика которых дана ниже.

Как ранее определили специалисты кафедры ихтиологии МГУ [3], район нижнего течения реки относится к Пс сообществу лососевых рыб, характеризующемуся как обедненное видами сообщество придаточной системы поймы реки. Здесь встречаются все шесть видов рода тихоокеанских лососей – *Oncorhynchus*: чавыча – *Oncorhynchus tshawytscha* (Walbaum); сима – *O. masou* (Brevoort); кета – *O. keta* (Walbaum); горбуша – *O. gorbuscha* (Walbaum); кижуч – *O. kisutch* (Walbaum); нерка – *O. nerka* (Walbaum); два вида, относящихся к роду *Salvelinus*: проходной голец – *Salvelinus malma* (Walbaum); кунджа – *S. leucomaenis* (Pallas); а также многочисленные представители рода *Parasalmo*: микижа – *Parasalmo mykiss* (Walbaum). Кроме лососевых, в районе биостанции обитают трех- и девятииглая колюшки: трехиглая колюшка – *Gasterosteus aculeatus* (L.); девятииглая колюшка – *Pungitius pungitius* (L.), а также встречается тихоокеанская минога. Соотношение видов меняется по сезонам и годам.

Состав ихтиофауны. В 2010–2016 гг. общий видовой состав ихтиофауны мало изменялся, более значительно он варьировал по районам нижнего течения реки. Так, ближе к устью он был обычно беднее, чем в среднем и верхнем течении [3]. Это подтверждают и наши данные.

Так, в 2010 г. в уловах доминировала мальма – 783 экз. Численность остальных рыб составила лишь 659 экз., из них: кунджа – 261 экз., кижуч – 279 экз., чавыча – 69 экз., кета – 7 экз., трехиглая колюшка – 32 экз. Доля молоди кижуча была незначительной – 19,4% (рис. 1, а). В 2011 г. в уловах присутствовала молодь кижуча – 1 193 экз., нерки – 163 экз., кеты – 95 экз., кунджи – 48 экз., мальмы – 37 экз., чавычи – 66 экз. и микижи – 5 экз., а также колюшки трехиглая – 8 экз. При этом максимальной была доля молоди кижуча – 73,5% (рис. 1, б). В 2013 г. состав уловов включал молодь кижуча – 406 экз., мальму – 181 экз., микижу – 5 экз., симу – 4 экз., кунджу – 3 экз., чавычу – 2 экз., нерку – 1 экз. Доля молоди кижуча была высокой – 66,1% (рис. 1, в). В 2016 г. в уловах присутствовали мальма – 236 экз., микижа – 10 экз., кунджа – 23 экз., кижуч – 49 экз., сима – 4 экз., чавыча – 2 экз. Доля молоди кижуча составила лишь 14,6% (рис. 1, г). Таким образом, в течение четырех лет наблюдений в 2010 и 2016 гг. (четные годы) доминировала мальма, а в 2011 и 2013 гг. (нечетные годы) – молодь кижуча.

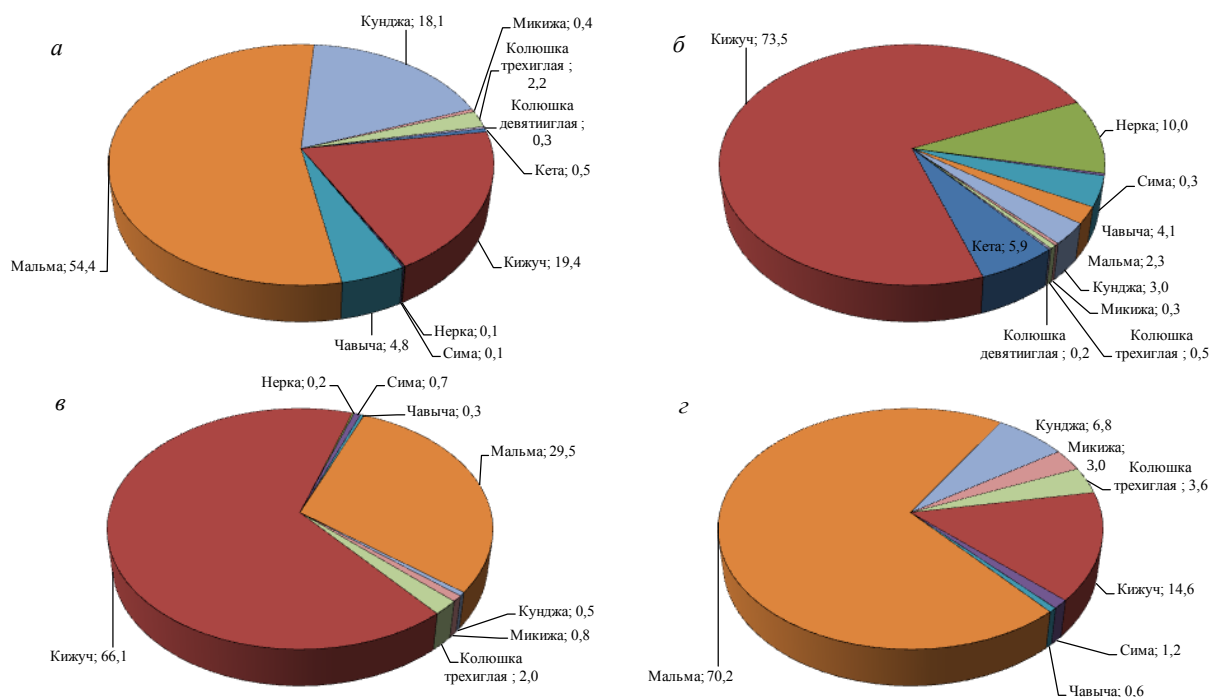


Рис. 1. Состав основных видов в уловах в 2010 г. (а), 2011 г. (б), 2013 г. (в) и 2016 г. (г), %

Краткая характеристика взрослых рыб

Горбуша. В районе биостанции ход этого вида достигает максимума в первой декаде августа, и в конце месяца основная часть производителей горбуши встречается уже на нерестилищах, где происходит массовый нерест. В зависимости от численности рыб величина и количество пиков численности заходящих рыб различаются значительно. Как во всех западно-камчатских реках, урожайное поколение горбуши заходит в р. Коль в четные годы. Самки горбуши разноурожайных поколений меньше различаются по размерам по сравнению с самцами. По данным Д.С. Павлова с соавторами [3], самцы неурожайных поколений значительно крупнее, кроме того, они крупнее самок. В некоторые годы по двум видам половозрелых тихоокеанских лососей – горбуше и кете – нами были собраны материалы, которые приводятся ниже.

В 2013 г. размерный состав горбуши в уловах включал особей длиной от 35 до 67,5 см (средняя 50,3 см) (табл. 2). Длина тела самок изменялась в пределах 44,5–58,0 см (средняя – 50,2 см), а у самцов пределы колебаний были больше – 35–67,5 см (средняя – 50,4 см). В уловах преобладали самцы (75,5%). Масса тела самок варьировала в пределах 1 144–2 582 г (средняя – 1 562 г), а самцов от 558 до 3 400 г, при среднем ее значении 1 748 г. Связь между длиной и массой тела хорошо описывалась уравнением степенной функции (рис. 2). Плодовитость горбуши колебалась от 1 219 до 2 178 икринок (в среднем – 1 742 икринки).

Таблица 2

Биологические показатели производителей тихоокеанских лососей и других рыб в 2013 году

Вид, пол	Длина, см	Масса тела, г	Количество, экз.
1	2	3	4
Горбуша, самки	50,2 (44,5–58,0)*	1 562 (1 144–2 582)	13
Горбуша, самцы	50,4 (35,0–67,5)	1 748 (558–3 400)	40
Горбуша, оба пола	50,3 (35,0–67,5)	1 703 (558–3 400)	53
Кета, самки	63,1 (51,0–73,0)	3 426 (1 828–5 030)	58
Кета, самцы	66,6 (56,0–73,0)	4 081 (2 354–5 118)	46
Кета, оба пола	64,6 (51,0–73,0)	3 716 (1 828–5 118)	105
Нерка, самки	59,8(59,5–60,0)	2 898 (2 838–2 958)	2
Нерка, самцы	53,5	2 220	1
Нерка, оба пола	57,7 (53,5–60)	2 672 (2 220–2 958)	3
Мальма, самки	32,4 (23,0–44,5)	431 (132–916)	24
Мальма, самцы	38,1 (18,0–54,5)	737 (16,0–1 774)	62
Мальма, оба пола	36,5 (18,0–54,5)	652 (16,0–1 774)	86

Окончание табл. 2

1	2	3	4
Кунджа, самки	31 (29–33)	183 (120–246)	2
Кунджа, самцы	28,1 (16,5–53,0)	342 (24,0–1 628)	16
Кунджа, оба пола	28,4 (16,5–53,0)	324 (24,0–1 628)	18
Микижа, самки	36,8 (28,5–45)	626 (256–996)	2
Микижа, самцы	29,7 (22–49,5)	448 (132–1 568)	7
Микижа, оба пола	31,3 (22–49,5)	487 (132–1 568)	9

* Здесь и далее средний показатель, в скобках – размах колебаний.

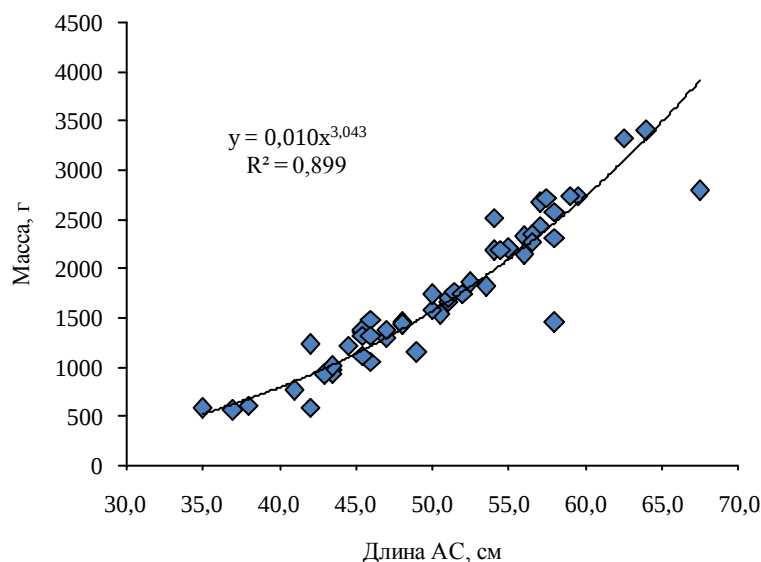


Рис. 2. Зависимость длина-масса тела горбуши в 2013 г.

Кета. В реке воспроизводится летняя и осенняя расы, при этом первая разделена на две – «раннюю» и «позднюю». Ход разных рас кеты продолжается с июня до конца сентября, причем, вероятно, наиболее продолжителен он у летней поздней расы. Несомненно, с этим обстоятельством связаны и сроки нереста разных рас в отдельных частях русла реки. Размеры рыб разных рас различаются незначительно и в основном определяются возрастом рыб (старшие рыбы обычно крупнее) и полом – самцы крупнее самок. Возрастной состав включает от 2 до 5 возрастных групп – от трехлеток (2+) до семилеток (6+). Больше разнообразие возрастного состава рыб встречается у летней поздней расы, плодовитость самок которой чаще ниже по сравнению с летней ранней расой [3].

В 2013 г. в уловах кеты доминировали самки – 55,3%. Размерный ряд включал особей длиной тела от 51 до 73 см. Самцы были крупнее: их длина колебалась от 56 до 73 см (средняя 66,6 см) (табл. 2). Выделяются два пика: особи длиной 62–63 см (19,6%) и 67–70 см (39,1%). Длина самок изменялась от 51 до 73 см (средняя 64,6 см). В размерном ряду самок также выделяются два пика: 60–62 см (26,3%) и 63–67 см (57,9%). Масса тела самок кеты изменялась от 1 828 г до 5 030 г (средняя 3 426 г), а самцов – от 2 354 г до 5 118 г (средняя 4 081 г). Зависимость длина-масса у самок хорошо описывается уравнением экспоненциальной функции (рис. 3, а), тогда как самцов – степенной функцией (рис. 3, б). Плодовитость самок колебалась от 1 324 до 5 902 икринок (средняя – 2 512 икринок).

Нерка к середине июля встречалась уже очень редко и имела небольшие размеры: длину 53,5–60,0 см и массу тела 2,2–3,0 кг (см. табл. 2).

Кроме **тихоокеанских лососей** в реке встречаются два вида голец – р. *Salvelinus* и микижа.

Мальма. В р. Коль этот вид представлен анадромной формой, тысячниками, резидентными и карликовыми самцами. Мальма является массовым видом. Основной ход на нерест проходной формы приурочен к июлю, с пиком в середине месяца. Первый массовый ход неполовозрелых рыб совпадает с таковым у горбуши, а второй проходит спустя месяц. Обычно рыбы не поднимаются высоко по реке, а скапливаются в глубоких местах ее низовьев. Длина и масса тела рыб определяется формой гольца – проходной, резидентной или «тысячника»; с нею же связан возрастной

состав рыб. У проходных рыб основу составляют особи в возрасте 4+, 5+ и 6+, а у «тысячников» – трехлетки (2+) и четырехлетки (3+). Соотношение полов у проходной формы близко к 1 : 1, а у «тысячников» несколько больше самцов. Плодовитость самок у этого вида немного превышает 2,5 тыс. икринок. Мальма в нижнем течении реки встречается практически постоянно [3].

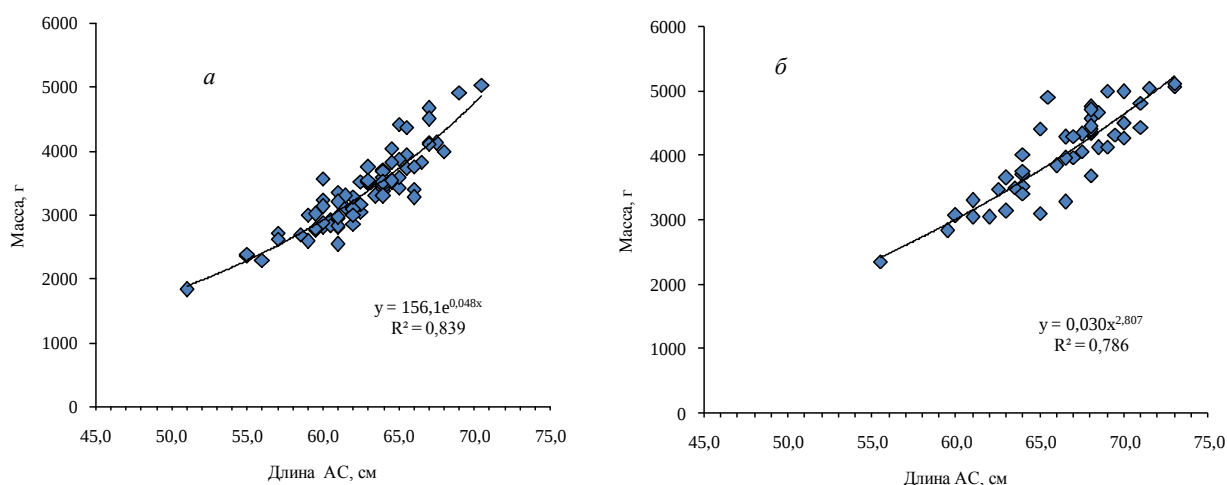


Рис. 3. Зависимость длина-масса у самок (а) и самцов (б) кеты в 2013 г.

В 2013 г. размерный состав половозрелых особей мальмы в период наблюдений характеризовался значительным разнообразием (см. табл. 2). Так, при вариабельности длины тела от 18,0 до 54,5 см (средняя длина 36,8 см) размерный состав представляет собой многовершинную кривую. Масса варьировала также в широком диапазоне от 16 до 1 774 г (средняя – 652 г). Доминировали самцы – 72,1%. Среди проанализированных особей 25,6% рыб имели гонады на III–IV стадии зрелости; у остальных она находилась в стадии покоя.

Кунджа. Как и мальма, кунджа была представлена анадромной формой, жилыми (речными) особями и карликовыми самцами. Численность этого вида невелика, и в низовье реки в конце июля – августе она встречается единично. В этот период взрослые особи поднимаются в верховье на нерест, который проходит в сентябре. Средняя длина и масса тела проходной формы кунджи у самок составляет около 50 см и 1,5 кг. А самцы на 10 см меньше и почти в два раза легче самок. Возраст нерестящихся проходных рыб обычно 6+...8+ лет; при этом самцы были на 1–2 года младше. Плодовитость самок колебалась от 2,3 до 3,1 тыс. икринок. Речные самцы имели длину более 36 см и массу более 0,5 кг; карликовые самцы, в возрасте 3+ ...5+ лет – 15–29 см и массу тела 50–250 г [3].

Кунджа в нижнем течении реки встречается относительно редко, что было отмечено и в 2013 г. В уловах попадались особи длиной от 16,5 до 53 см (средняя – 28,4 см), масса варьировала от 24 до 1 628 г (средняя – 324 г). Среди них отмечены только две самки (табл. 2).

Мижижа. По данным Д.С. Павлова с соавторами [3], мижижа в р. Коль представлена особями с разными жизненными стратегиями, хотя численность этого вида не дает оснований считать его самым массовым. Заход проходной формы вида и сроки ее нереста различаются незначительно и происходят весной в течение не более двух недель.

Проходная форма мижижи живет от 5 до 9 лет, в том числе в реке 2–4 года и в море 1–5 лет. Возрастная структура этой формы мижижи включает восемь групп от 2.3+ до 4.5+. Длина тела этих рыб изменяется от 59 до 85 см, а масса – 2,5–6,8 кг. Нерестятся эти рыбы до трех раз в течение жизни. Эстуарная мижижа мельче (43–56 см и 1,0–2,5 кг), живет до 8 лет (2–3 года в реке и 1–4 – в солоноватых водах). Возрастная структура включает рыб 2.2+, 3.1+ и 3.3+. Речная эстуарная мижижа имеет длину 40–55 см, массу 1,0–2,26 кг; живет 6–9 лет, нерестится до трех раз. В р. Коль эта форма мижижи наиболее многочисленна и имеет размеры: длину 37–60 см и массу 0,72–2,5 кг, живет до 11 лет. Средние размеры рыб этой формы по годам близки, и мижижа может нереститься до пяти раз. Абсолютная плодовитость разных форм мижижи различается: у проходной она составляет 8,8–12,6 тыс. икринок (в среднем 10,6); у эстуарной 3,0–4,1 (3,1); у речной эстуарной 2,9–3,8 (3,1); у речной 2,8–3,9 (3,0) тыс. икринок. Диаметр икринок у всех форм близок – 5,6–5,8 мм [5].

В 2013 г. половозрелая микижа встречалась довольно редко. Ее размеры колебались в пределах 22–49,5 см (средняя 31,3 см), а масса от 132 до 1 568 г (средняя 487 г) (см. табл. 2). Поскольку микижа (ее проходная форма) является редким краснокнижным видом, то пойманные особи измеряли и взвешивали, а затем возвращали в среду обитания. По этой причине определить соотношение полов и состояние гонад не удалось.

Молодь рыб

2010 г. В уловах молоди встречено 9 видов рыб, среди которых преобладали мальма (более 52,1%), молодь кижуча (19,8%) и кунджа (более 18,2%). Остальные виды, за исключением чавычи и колюшек, отмечены лишь единичными особями. Практически все виды были представлены молодью, взрослые рыбы наблюдались только среди колюшек.

Средняя длина молоди мальмы и кунджи составила 14,4 и 16,8 см, масса тела 36,3 и 57,6 г соответственно. Размеры молоди кижуча и чавычи были близки, их средняя длина составляла 7,6 и 7,4 см, а масса тела – 8,4 и 5,9 г (табл. 3). Большая средняя масса тела кижуча в сравнении с таковой чавычи обусловлена большей высотой тела этого вида, что характерно в этот период их жизненного цикла. Наиболее крупной молодью из всех тихоокеанских лососей была сима, средняя длина которой составила 13,1 см, а масса тела 29,1 г. Относительно крупной была и молодь кеты – 5,7 см и 2,3 г, что свидетельствовало о поимке такой молоди данного вида в этот поздний период – начало августа.

Таблица 3

Биологические показатели всех выловленных видов рыб в 2010 году

Вид	Длина, см	Масса тела, г	Количество, экз.
Мальма	14,4 (4,4–24,9)	36,3 (0,7–188)	694
Кунджа	16,8 (6,7–24,9)	57,6 (5,3–181,5)	243
Кижуч	7,6 (3,2–17,6)	8,4 (0,4–50,8)	264
Чавыча	7,4 (4,1–9,8)	5,9 (0,7–27,8)	69
Сима	13,1 (12,6–13,5)	29,1 (25,3–33,7)	4
Кета	5,7 (4,8–6,5)	2,3 (0,7–3,2)	7
Микижа	18,8 (9,2–45,5)	180,7 (10,2–1184)	14
Трехиглая колюшка	5,0 (3,5–8,4)	1,7 (0,1–6,8)	32
Девятииглая колюшка	6,7 (6,0–7,5)	3,5 (2,4–5,2)	5

Большими размерами отличалась и микижа, в выборке которой, наряду с молодью, встречались отдельные взрослые особи. Средняя длина этого вида составляла 18,8 см, а масса тела – 180,7 г (максимальные размеры 45,5 см и 1 184 г).

В основном русле р. Коль молодь рыб, а также взрослые особи обычно крупнее, чем в притоке – р. Красная, хотя количество пойманных здесь рыб было значительно меньшим. Большая часть рыб всех видов, у которых определяли возраст, были старше 1 года, причем у мальмы и кижуча доминировали двухлетки (1+), а у кунджи – четырехлетки (3+) (табл. 4). Эти рыбы были крупнее, чем остальные, что видно из данных, приведенных в табл. 3.

Таблица 4

Возрастной состав рыб в 2010 году (по отолитам), %

Вид	Возраст, кол-во (%)				
	0+	1+	2+	3+	4+
Мальма	–	28 (46,0)	24 (39,3)	8 (13,1)	1 (1,6)
Кунджа	–	1 (2,2)	4 (8,7)	24 (53,2)	14 (30,4)
Кижуч	9 (15,2)	30 (50,9)	20 (33,9)	–	–

2011 г. Практически все виды, за исключением кунджи, были представлены молодью не старше 2+, у которой четверть всех особей имела возраст 3+, а среди последних встречены созревающие самцы. У большинства видов основу составляли сеголетки. У кеты и микижи они составили 100%, у кижуча – 95,9%, чавычи – 74,5% и нерки – 68,7% (табл. 5).

Таблица 5

Возрастной состав рыб в 2011 году в основном русле реки Коль и реке Красная

Вид	Возраст, кол-во (%)				Всего рыб, экз.
	0+	1+	2+	3+	
Мальма	2 (6,7)	11 (36,7)	17 (56,6)	–	30
Кунджа	–	13 (29,5)	21 (47,8)	10 (22,7)	44
Кижуч	697 (95,9)	25 (3,4)	5 (0,7)	–	727
Чавыча	38 (74,5)	13 (25,5)	–	–	51
Сима	–	1 (50)	1 (50)	–	2
Кета	97 (100)	–	–	–	97
Микижа	29 (100)	–	–	–	29
Нерка	57 (68,7)	15 (18,1)	11 (13,4)	–	83

Такой возрастной состав обусловил незначительные изменения размерных показателей рыб. Наиболее крупной из них была кунджа возрастной группы 3+, средняя длина тела – 21,9 см, масса тела – 125,1 г (табл. 6). Другие рыбы были мельче, в частности, наиболее малыми размерами характеризовались сеголетки кижуча (средняя длина 3,2 см и масса тела 0,8 г). Такие мелкие размеры молоди этого вида были обусловлены доминированием сеголеток, в частности, выловленных в р. Красная (табл. 7). Тем не менее у таких мелких рыб уже формировалась чешуя, что оказалось весьма необычным явлением для молоди кижуча [6]. Кстати, в этом водотоке вся пойманная молодь лососей, за исключением нерки, была в возрасте 0+ и имела крайне мелкие размеры (табл. 7). В целом это обстоятельство сказалось на различиях биологических показателей молоди рыб в основном русле и этом притоке (р. Красная), а также на существенных различиях в возрастном составе (табл. 8).

Таблица 6

Биологические показатели рыб в основном русле реки Коль и реке Красная в 2011 году (возраст определен по отолитам и чешуе)

Вид	Возраст	Длина, см	Масса тела, г	Количество, экз.
Мальма	0+	3,3–3,6	0,3–0,5	2
	1+	11,1 (10,0–13,1)	16,3 (11,2–24,6)	11
	2+	14,3 (11,6–21,5)	36,1 (12,2–103,7)	17
Кунджа	1+	12,5 (8,8–36,7)	11,7 (0,6–17,6)	12
	2+	17,6 (9,4–22,3)	68,3 (9,8–120)	21
	3+	21,9 (19,2–26,3)	125,1 (86,0–246,0)	10
Кижуч	0+	3,2 (1,5–6,4)	0,8 (0,1–4,9)	697
	1+	7,3 (4,6–10,9)	6,5 (2,2–22,2)	25
	2+	10,5 (9,3–11,5)	15,8 (10,7–21,2)	5
Чавыча	0+	4,0 (2,5–5,6)	0,8 (0,1–1,9)	38
	1+	9,0 (5,6–12,2)	10,6 (2,2–20,9)	13
Сима	1+	10,8	15,7	1
	2+	12,6	26,4	1
Кета	0+	5,0 (3,6–7,7)	1,1 (0,4–2,8)	97
Микижа	0+	4,1 (3,2–5,9)	0,8 (0,4–2,2)	29
Нерка	0+	4,2 (3,1–5,0)	0,7 (0,2–1,3)	57
	1+	5,1 (4,9–5,4)	1,3 (1,0–1,5)	15
	2+	5,6 (5,1–6,4)	1,5 (0,7–2,0)	11

Таблица 7

Биологические показатели молоди рыб (сеголетки) в 2011 году (река Красная)

Вид	Длина, см	Масса тела, г	Количество, экз.
Кижуч	3,9 (2,9–5,6)	0,6 (0,1–1,7)	117
Чавыча	3,8 (3,1–4,9)	0,6 (0,2–1,1)	9
Кета	4,6 (3,7–6,0)	0,9 (0,4–1,7)	19
Микижа	4,0–4,6	0,7–1,1	2
Нерка (0+ – 8 экз.; 1+ – 2 экз.)	4,6 (3,2–5,4)	1,0 (0,2–1,5)	10

Таблица 8

**Биологические показатели рыб в основном русле реки Коль в 2011 году
(возраст определен по отолитам и чешуе)**

Вид	Возраст	Длина, см	Масса тела, г	Количество рыб, экз.
Мальма	0+	3,3–3,6	0,3–0,5	2
	1+	11,1 (10,0–13,1)	16,3 (11,2–24,6)	11
	2+	14,3 (11,6–21,5)	36,1 (12,2–103,7)	17
Кунджа	1+	12,5 (8,8–36,7)	11,7 (0,6–17,6)	12
	2+	17,6 (9,4–22,3)	68,3 (9,8–120)	21
	3+	21,9 (19,2–26,3)	125,1 (86,0246,0)	10
Кижуч	0+	3,1 (1,5–6,4)	0,9 (0,1–4,9)	580
	1+	7,3 (4,6–10,9)	6,5 (2,2–22,2)	25
	2+	10,5 (9,3–11,5)	15,8 (10,7–21,2)	5
Чавыча	0+	4,0 (2,5–5,6)	0,8 (0,1–1,9)	29
	1+	9,0 (5,6–12,2)	10,6 (2,2–20,9)	5
Сима	1+	10,8	15,7	1
	2+	12,6	26,4	1
Кета	0+	5,1 (3,6–7,7)	1,1 (0,4–2,8)	78
Микижа	0+	4,1 (3,2–5,9)	0,8 (0,4–2,2)	27
Нерка	0+	4,1 (3,1–4,8)	0,6 (0,2–1,2)	49
	1+	5,1 (4,9–5,4)	1,2 (1,0–1,5)	13
	2+	5,6 (5,1–6,4)	1,5 (0,7–2,0)	11

В целом биологические показатели молоди рыб в р. Коль в 2011 г. не отличались большим разнообразием. В связи с тем, что большая часть особей была представлена сеголетками разных видов, а старшие рыбы встречались единично и лишь в отдельных уловах, средняя длина и масса тела в этот год были наименьшими за все годы наблюдений (табл. 9). Кроме того, сеголетки, в основном остающиеся на зимовку в реке, существенно определяли соотношение всех видов. В частности, их высокая численность среди молоди кижуча, чавычи и нерки, а также неуспешная скатиться в море молодь кеты определили высокую долю молоди рода тихоокеанских лососей в общих уловах всех видов рыб в 2011 г.

Таблица 9

Биологические показатели всех рыб в реке Коль (включая реку Красная) в 2011 году

Вид	Длина, см	Масса тела, г	Количество, экз.
Мальма	13,0 (3,3–21,5)	30,4 (0,4–103,8)	37
Кунджа	16,8 (8,8–36,8)	62,6 (0,6–246,0)	47
Кижуч	3,5 (0,9–13,3)	1,7 (0,1–25,0)	1193
Чавыча	5,0 (2,5–12,2)	2,8 (0,1–20,9)	66
Сима	12,6 (10,8–14,4)	25,6 (15,7–35,1)	4
Кета	5,0 (3,6–7,7)	1,1 (0,4–2,8)	97
Микижа	4,1 (3,2–5,9)	0,8 (0,4–2,2)	29
Нерка	4,2 (2,7–6,4)	0,9 (0,2–2,0)	163
Колюшка трехиглая	6,5 (5,5–7,8)	3,7 (2,0–5,9)	8
Колюшка девятииглая	6,8 (5,7–8,3)	2,8 (1,8–4,6)	3

2013 г. Кижуч. В уловах молоди кижуча в основном русле нижнего течения р. Коль доминировали самцы – 54,2% (табл. 10). Размерный ряд включал особей с длиной тела от 2,4 до 13,9 см. Длина тела самцов при этом изменялась от 2,4 до 13,9 см (средняя 6,6 см), а самок колебалась от 3,3 до 13,5 см (средняя 6,8 см). Масса тела молоди кижуча включала рыб от 0,2 до 37,5 г, причем ее изменчивость у самцов была выше – от 0,2 до 37,5 г, чем самок – от 0,5 до 28,3 г, при одинаковом среднем значении у рыб обоего пола – 6,7 г.

Таблица 10

Размерный состав молоди кижуча в основном русле нижнего течения реки Коль (август 2013 г.)

Пол	Длина, см		Масса тела, г		Количество рыб, экз.
	Средняя	Размах колебаний	Средняя	Размах колебаний	
Самцы	6,6	2,4–13,9	6,7	0,2–37,5	220
Самки	6,8	3,3–13,5	6,7	0,5–28,3	186
Оба пола	6,7	2,4–13,9	6,7	0,2–37,5	406

У молоди кижуча явно выделяются две многочисленные размерные группы – особи длиной до 5 см и более 5 см (рис. 4). В обеих группах доминировали самцы. Минимальная длина особей меньшей размерной группы была отмечена именно у них. Молодь кижуча длиной до 5 см включала рыб с массой тела от 0,2 до 2,2 г. Масса тела самцов изменялась от 0,2 до 2,2 г (средняя 1,3 г), а самок – от 0,5 до 2,1 г (средняя 1,5 г). Максимальная длина особей большей размерной группы также была отмечена у самцов. Среди них особи с длиной тела более 5 см и массой тела от 1,9 до 37,5 г (средняя 10,6 г), тогда как у самок она была немного меньше 2,0–28,3 г (средняя 9,8 г).

Размерные характеристики самок незначительно отличались от таковых у самцов (рис. 4). Так, длина тела самок варьировала в пределах от 3,8 до 13,5 см (средняя 7,29 см), а самцов – от 2,4 до 13,9 см (средняя 6,97 см). В размерном составе рыб обоего пола были отмечены две модальные группы. У самок это были особи длиной от 4 до 6 см (47,4%) и 9–10 см (37,1%). Эта же размерная группа доминировала и у самцов: доля рыб длиной 4–6 см составляла 55,4%, а 9–10 см – лишь 23,0%.

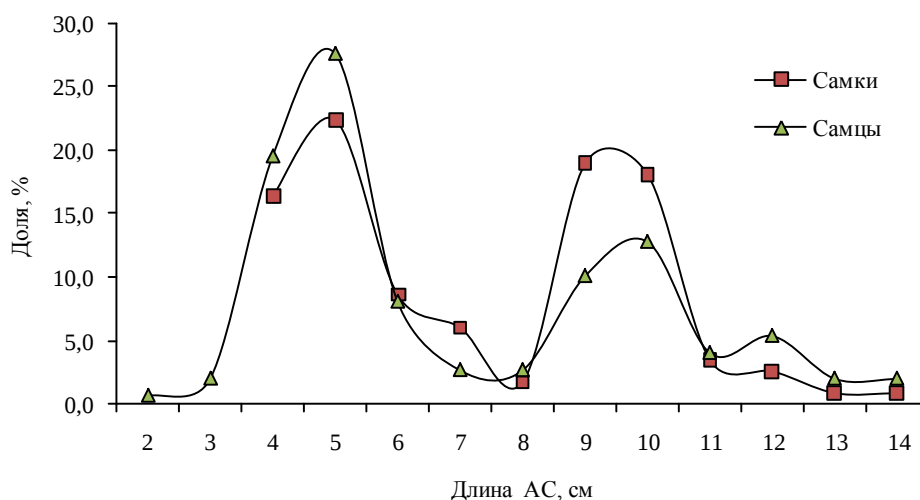


Рис. 4. Размерный состав самцов и самок молоди кижуча в 2013 г.

В целом масса тела молоди кижуча изменялась в более широком диапазоне: от 0,2 до 35,7 г (средняя 8,14 г). Связь между длиной и массой тела кижуча хорошо описывается уравнением степенной функции (рис. 5).

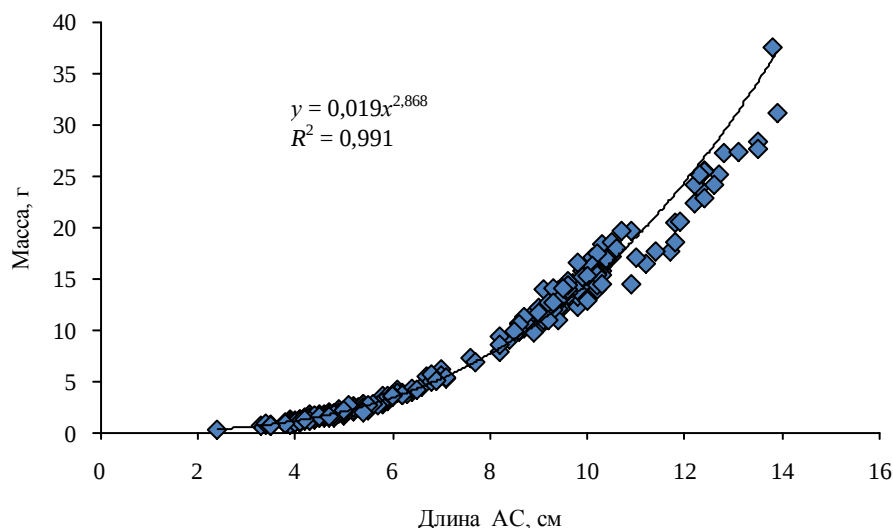


Рис. 5. Зависимость длина-масса для молоди кижуча в 2013 г.

При анализе всего размерного состава молоди кижуча видно, что он неоднороден. Так, особи с длиной тела от 3,5 до 6,0 см, по всей видимости, являются сеголетками от позднего нереста, а с длиной от 6,1 до 9,0 см, вероятно, годовиками. Молодь длиной более 10,5 см является уже покатниками на втором и третьем годах жизни.

Мальма. В уловах мальмы в основном русле нижнего течения р. Коль доминировали самки – 56,4% (табл. 11). Размерный ряд включал особей с длиной тела от 4,2 до 22,9 см. При этом длина самцов изменялась от 4,2 до 15,1 см (средняя 12,0 см), а самок – колебалась от 4,8 до 22,9 см (средняя 12,6 см). Мальма включала особей с массой тела от 0,9 до 145,3 г, причем масса тела у самцов изменялась от 0,9 до 39,9 г (средняя 23,5 г), а у самок – от 1,5 до 145,3 г (средняя 28,5 г).

Таблица 11

Размерный состав молоди мальмы в основном русле нижнего течения реки Коль (август 2013 г.)

Пол	Длина, см		Масса тела, г		Количество рыб, экз.
	Средняя	Размах колебаний	Средняя	Размах колебаний	
Самцы	12,0	4,2–15,1	23,5	0,9–39,9	79
Самки	12,6	4,8–22,9	28,5	1,5–145,3	102
Оба пола	12,4	4,2–22,9	26,3	0,9–145,3	181

В целом размеры рыб изменялись от 4,2 до 22,9 см (средняя 12,3 см), а масса тела – от 0,9 до 145,3 г (средняя – 26,25 г).

Другие виды. Микижа. Молодь этого вида в уловах была немногочисленной и представлена особями длиной от 12,1 до 12,9 см и массой от 27 до 32,3 г. Длина самцов изменялась от 12,1 до 12,6 см, а масса – от 27,0 до 29,0 г. Среди особей микижи была одна самка размером 12,9 см и массой 32,3 г.

Еще меньше было молоди чавычи и кунджи. В уловах эти виды были представлены особями длиной от 8,1 до 8,4 см (чавыча) и 16,2–18,5 см (кунджа). Улов кунджи состоял из трех самок, их длина изменялась от 16,2 до 18,5 см, а масса – от 50,1 до 81,3 г. Чавычу представляли две особи: самец длиной 8,1 см и массой 7,8 г и самка длиной 8,4 см и массой 8,8 г. А нерку – только один самец молоди длиной 6,9 см и массой 4,5 г.

2016 г. Кижуч. В уловах 2016 г. в нижнем течении р. Коль присутствовали особи длиной от 4,8 до 11,5 см, при средней 9,5 см (табл. 12). К сожалению, в ходе анализа особей не удалось точно определить их пол, что не позволило выяснить различия размеров самцов и самок. В целом размерный состав представляет собой одновыпуклую кривую с доминированием особей длиной 9 и 10 см (по 30,6% для каждой размерной группы). По показателям длины тела молодь кижуча в 2016 г. была близка к таковой в предыдущие годы.

Масса тела молоди кижуча изменялась в диапазоне от 1,6 до 22,6 г (средняя 13,0 г). Связь между длиной и массой тела кижуча, как и в предыдущие годы, хорошо описывается уравнением степенной функции (рис. 6).

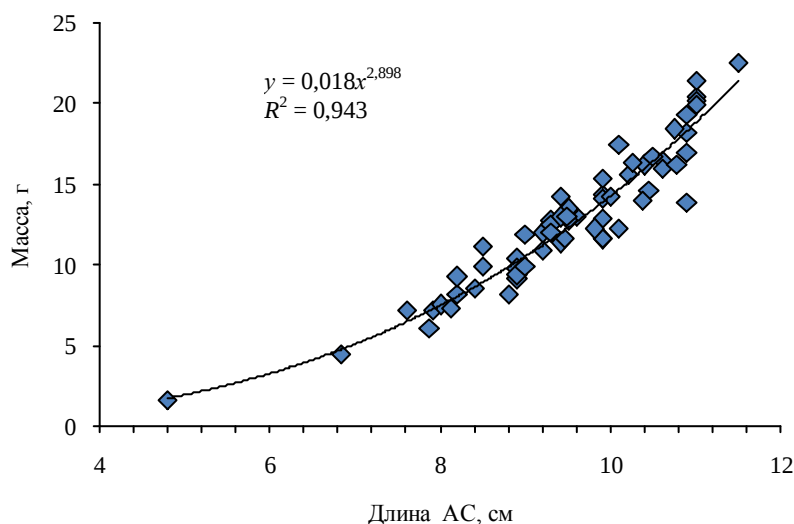


Рис. 6. Зависимость длина-масса для молоди кижуча в 2016 г.

Мальма. Самый многочисленный вид в уловах – мальма имела длину тела от 10,5 до 23 см (табл. 12). Размерный состав характеризуется наличием двух модальных групп: 13 см (22,8%) и 15 см (20,3%), а также небольшая часть рыб была длиной 21 см (1,9%).

Весовой состав мальмы варьировал в пределах от 11,24 до 158 г (средняя – 31,4 г). При этом преобладали особи с массой тела от 15 до 45 г, доля таких рыб составляла 93,7%.

Кунджа. Размерный состав был представлен рыбами длиной от 10,8 до 26,5 см, при этом среднее значение – 19,2 см. Основную группу составляли особи длиной от 16 до 32 см (81,5%), но преобладали рыбы длиной 19 см – 14,8%. Колебания массы тела были значительными: от 16,7 до 218 г, средняя 93,8 г. В основной группе масса тела рыб колебалась в пределах от 63 до 100 г. Среди проанализированных особей преобладали самцы, их доля составила 63,6%.

Среди других видов рыб в 2016 г. были отмечены несколько особей микижи и сима. Микижа была представлена рыбами длиной 17,3–18,5 см и массой тела 68–119 г. Сима в уловах имела размеры 11,3–12,2 см и массу тела 21,4–23,6 г (табл. 12). В уловах были также отмечены две особи чавычи, но в нашем распоряжении нет их биологических характеристик.

Таблица 12

Биологические показатели молоди лососевых рыб в реке Коль в 2016 году

Вид	Длина, см	Масса тела, г	Количество, экз.
Кижуч	9,5 (4,8–11,5)	13,0 (1,6–22,6)	62
Мальма	14,1 (10,5–23)	31,4 (11,24–158)	236
Кунджа	19,2 (10,8–26,5)	93,8 (16,7–218)	23
Сима	11,7 (11,3–12,2)	22,5 (21,4–23,6)	4
Микижа	17,8 (17,3–18,5)	101,7 (68–119)	3
Чавыча	–	–	2

Заключение

Проведенные исследования показали, что, несмотря на детализацию некоторых вопросов биологии основных представителей тихоокеанских лососей в нижнем течении р. Коль, значительное количество основных черт экологии и биологии этих рыб остается слабоизученным [5, 6, 10, 11].

Отмеченное доминирование молоди кижуча на этом участке реки и даже в устье не объясняет причин задержки этого вида в реке на зимовку. Хотя, несомненно, такая мелкая молодь кижуча, тем более в возрасте сеголетка, не способна скатиться, а тем более выжить в морских водах. Кроме того, возникает вопрос: как адаптируется к задержке в реке молодь лососей других видов тихоокеанских лососей, в частности нерки и чавычи? Выловленные рыбы этих видов в возрасте двухлетка имели достаточно низкие размерные показатели, а молодь сима, наоборот, обычно имела крупные размеры.

Не совсем ясна роль других представителей ихтиофауны этой реки, в частности, массового – мальмы – и относительно редкой кунджи. Также, несмотря на детальные и многолетние исследования микижи, проведенные ихтиологами МГУ имени М.В. Ломоносова [3], остаются вопросы по оценке питания этого вида-хищника в бассейне р. Коль.

Остается наиболее важный и злободневный вопрос: какое влияние разные представители ихтиофауны оказывают на состояние популяций тихоокеанских лососей? Роль же других представителей фауны этого района Камчатки – наземных животных – изучена еще меньше. Все эти и возникающие новые вопросы остаются объектом будущих полевых и камеральных исследований в ближайшие годы.

Литература

1. Особо охраняемые природные территории Камчатского края (ООПТ) / сост. И.Н. Каразия. – Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2012. – 152 с.
2. Тихоокеанские благородные лососи и форели Азии / Д.С. Павлов, К.А. Савваитова, К.В. Кузицин, М.А. Груздева, С.Д. Павлов, Б.М. Медников, С.В. Максимов. – М.: Научный мир, 2001. – 200 с.
3. Состояние и мониторинг биоразнообразия лососевых рыб и среды их обитания на Камчатке (на примере территории заказника «Река Коль») / Д.С. Павлов, К.А. Савваитова, К.В. Кузицин, М.А. Груздева, Д.А. Стенфорд. – М.: Тов. науч. изд. КМК, 2009. – 156 с.
4. Материалы по биоразнообразию бассейна реки Коль (Западная Камчатка) / под ред. Е.Г. Лобкова и В.И. Карпенко. – Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс; КамчатГТУ, 2016. – 220 с.
5. Лозовой А.П., Карпенко В.И. Особенности строения чешуи молоди кижуча в нижнем течении реки Коль (Западная Камчатка) в 2011 году // Вестник Камчатского государственного технического университета. – Петропавловск-Камчатский, 2017. – С. 71–76.

6. *Карпенко В.И., Погорелова Д.П.* Кормовая база и питание молоди некоторых рыб в низовье р. Коль // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана: сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. – 2016. – Вып. 43. – С. 24–40.
7. *Правдин И.Ф.* Руководство по изучению рыб. – М.: Пищ. пром-сть, 1966. – 376 с.
8. *Лакин Г.Ф.* Биометрия. – М.: Высшая школа, 1980. – 352 с.
9. *Карпенко В.И.* Лососевые ресурсы рек Западной Камчатки: прошлое, настоящее и перспективы промыслового использования // Традиционные знания и их значимость для сохранения биоразнообразия Камчатки / под ред. Ю.В. Корчагина. – Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамГУ им. Витуса Беринга, 2008. – С. 48–68.
10. *Лозовой А.П., Бонк А.А.* Видовое разнообразие молоди рыб в реке Коль (западная Камчатка) в августе 2010 г. // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: материалы XI междунар. науч. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения выдающихся российских ихтиологов А.П. Андрияшева и А.Я. Таранца. – Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2010. – С. 279–282.
11. *Лозовой А.П., Овчеренко С.А., Вахрамов В.Г.* Некоторые аспекты наблюдений за гидрологией, видовым биоразнообразием и возрастной структурой на реке Коль в августе 2010 года // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: II Всерос. науч.-практ. конф. (15–18 марта 2011 г.). – Петропавловск-Камчатский, 2011. – С. 190–192.

Информация об авторах Information about the authors

Карпенко Владимир Илларионович – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; доктор биологических наук; профессор; профессор кафедры водных биоресурсов, рыболовства и аквакультуры; karpenko_vi@kamchatgtu.ru

Karpenko Vladimir Illarionovich – Kamchatka State Technical University; 683603, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Biological Sciences; Professor; Professor of Water Bioresources, Fisheries and Aquaculture Chair; karpenko_vi@kamchatgtu.ru

Бонк Александр Анатольевич – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат биологических наук; доцент; заведующий кафедрой водных биоресурсов, рыболовства и аквакультуры; bonk_aa@kamchatgtu.ru

Bonk Alerksandr Anatolyevich – Kamchatka State Technical University; 683603, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Biological Sciences; Associate Professor; Head of Water Bioresources, Fisheries and Aquaculture Chair; bonk_aa@kamchatgtu.ru

Лозовой Алексей Петрович – Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии; 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский; аспирант; младший научный сотрудник; kaktusovar@list.ru

Lozovoy Alexey Petrovich – Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography; 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Postgraduate; Researcher; kaktusovar@list.ru

УДК [504:502.3](571.66)

К.Ю. Кириченко, И.А. Вахнюк, В.А. Дрозд, К.С. Голохваст**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ
КАМЧАТСКОГО КРАЯ С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРНОЙ ГРАНУЛОМЕТРИИ**

Приводятся результаты изучения атмосферных взвесей населенных пунктов п-ова Камчатка, проведенные в 2018 г. с помощью лазерной гранулометрии. Показано, что в атмосферном воздухе крупных населенных пунктов этого региона – г. Петропавловска-Камчатского, г. Елизово, пос. Ключи и с. Тигиль – наблюдается ухудшение экологической ситуации. Это связано с увеличением в атмосферной взвеси доли мелких фракций, и в частности фракции (PM_{10}), максимальный поперечник частиц у которой не превышает 10 мкм. Их содержание в общем объеме взвеси в целом по региону колеблется от 5 до 82%. Для г. Елизово, пос. Ключи и с. Тигиль подобные исследования проведены впервые.

Ключевые слова: атмосферные взвеси, микрочастицы, Петропавловск-Камчатский, PM_{10} , загрязнение воздуха, экологический мониторинг.

K.Y. Kirichenko, I.A. Vakhniuk, V.A. Drozd, K.S. Golokhvast**STUDY OF THE ATMOSPHERIC POLLUTION OF KAMCHATSKIY KRAI SETTLEMENTS
BY LASER GRANULOMETRY**

The study of settlements atmospheric suspensions in Kamchatka Peninsula conducted in 2018 by means of laser granulometry is presented in the article. It is shown that the atmospheric air of large settlements of this region such as Petropavlovsk-Kamchatsky, Yelizovo, Klyuchi and Tigil deteriorates. This is caused by small fractions increase in the atmospheric suspension, particularly, the fraction (PM_{10}), whose maximum particle diameter does not exceed 10 μm . Their content in the total volume of suspension in the whole region ranges from 5 to 82%. For Yelizovo, Klyuchi and Tigil such studies were conducted for the first time.

Key words: atmospheric suspensions, microparticles, Petropavlovsk-Kamchatsky, PM_{10} , air pollution, ecological monitoring.

DOI: 10.17217/2079-0333-2018-46-86-94

Введение

Камчатский край – очень контрастный регион с одной из наименьших плотностью населения. Он принадлежит к первой десятке субъектов Российской Федерации, имеющих большую площадь (464 275 км²), но находится в последней десятке по численности населения (314 700 чел.) [1]. Ввиду слабого развития промышленного производства на территории края расположено незначительное количество техногенных источников загрязнения атмосферы. В основном это предприятия энергетического сектора, но здесь имеются источники природного загрязнения, в частности вулканическая пыль, представляющая собой мельчайшие частицы пирокластического материала, горных пород, лавы и пепла, разносимые ветром на значительное расстояние от извергающегося вулкана. Это определяет своеобразие камчатского региона. Целью данного исследования было проведение анализа загрязнения атмосферного воздуха различных населенных пунктов Камчатского края взвешенными микроразмерными частицами, а также проведение сравнительного анализа с полученными ранее результатами экологического мониторинга атмосферной взвеси в Петропавловске-Камчатском [2, 3].

В данной работе обсуждаются результаты изучения атмосферных осадков в снежном покрове ряда населенных пунктов Камчатского края: Петропавловска-Камчатского, Елизово, Тигиля и Ключей, которые свидетельствуют о загрязнении их атмосферы.

Материалы и методы

Петропавловск-Камчатский – самый крупный населенный пункт и административный центр Камчатского края. В городе отсутствуют крупные техногенные источники загрязнения, за ис-

ключением нескольких ТЭЦ, предприятий рыбоперерабатывающей промышленности и автомобильного транспорта. Но вблизи города находятся многочисленные вулканы Авачинско-Корякской группы (Корякская сопка, Авачинская сопка и др.), которые являются источниками пыли природного происхождения. Известно, что пылевые нано- и микроразмерные частицы способны преодолевать расстояния в несколько тысяч километров, в том числе и между материками над водами Мирового океана [4]. Именно природные вулканические выбросы являются основным источником загрязнения атмосферы камчатского региона наряду с частицами, перенесенными воздушными массами, с прилежащих материковых и океанических районов. Данный факт обусловлен особым географическим расположением Петропавловска-Камчатского, являющегося транспортным узлом региона и одним из крупнейших портов российского Дальнего Востока.

Численность населения Петропавловска-Камчатского в настоящее время превышает 180 тыс. человек. Город расположен на берегу Авачинской бухты, имеющей прямой выход в Тихий океан. Климат Петропавловска-Камчатского характеризуется как морской муссонный. В зимнее время океан оказывает обогревающее влияние и значительно смягчает температурный режим. Именно в это время года выпадает большая часть среднегодовых осадков, поэтому отбор проб снега во всех указанных выше районах был проведен в феврале.

Ниже, на рис. 1, указаны места отбора проб снега. Они располагались вблизи источников загрязнения атмосферного воздуха (ТЭЦ, автомобильных трасс), рекреационных зон и жилых районов города.

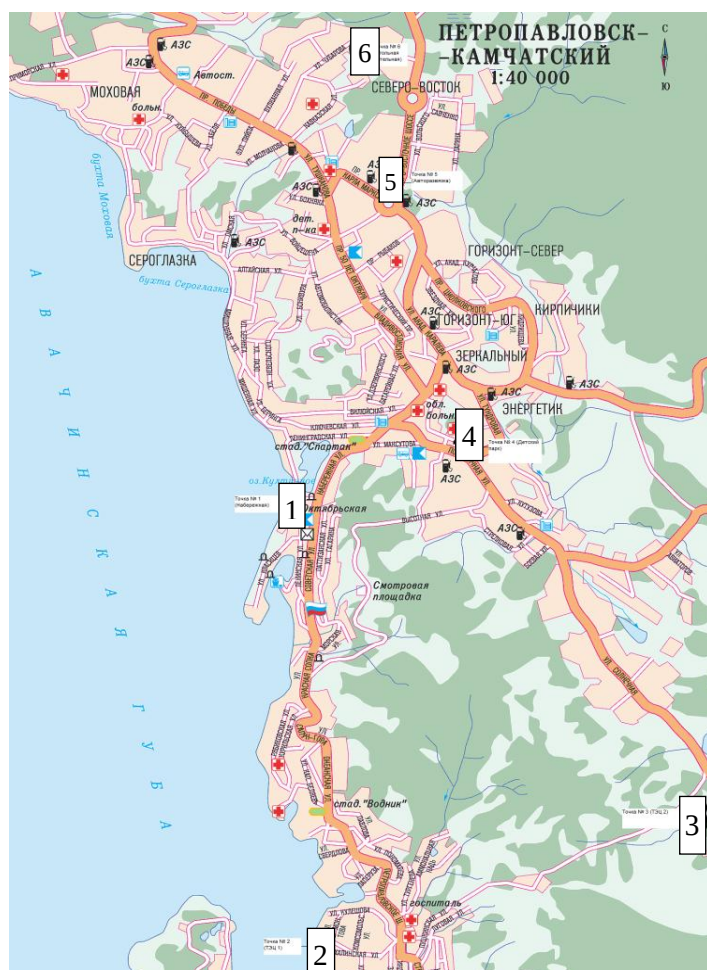


Рис. 1. Карта-схема мест отбора проб снега на территории г. Петропавловска-Камчатского:
1 – набережная в центре города,
2 – ТЭЦ-1 на ул. Сахалинская,
3 – ТЭЦ-2 на ул. Степная,
4 – детский парк на ул. Пограничная,
5 – угольная котельная на ул. Чубарова,
6 – автотрасса кольцо Нового рынка на Северо-восточное шоссе

В качестве пробоотборников использовались стерильные пластиковые контейнеры (ПВХ) объемом 2,7 л, изготовленные ООО «Мир упаковки» (Владивосток, Россия). Перед проведением эксперимента емкости тщательно промывались: один раз проточной, два раза дистиллированной водой. Каждый пробоотборник предварительно маркировался.

Пробы были отобраны в феврале 2018 г. сразу после снегопада, с целью предотвратить повторное техногенное загрязнение отбирали верхний слой 5–10 см. Места отбора проб снега для

проведения сравнительного анализа остаются постоянными последние годы. В текущем году на территории Петропавловска-Камчатского было отобрано шесть проб.

Выбор г. Елизово в качестве объекта исследования обусловлен рядом факторов: это второй по численности жителей город Камчатского края с населением около 40 тыс. чел., данный район является одним из наиболее благоприятных на Камчатке в климатическом отношении и характеризуется развитым сельскохозяйственным и туристическим сектором экономики.

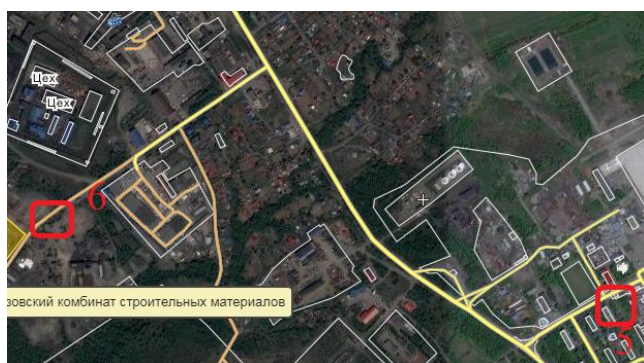
В г. Елизово расположен единственный на полуострове международный аэропорт и ряд рыбоперерабатывающих предприятий. Места отбора проб в г. Елизово показаны на рис. 2.

Ключи – поселок в центре Камчатского края, расположен у подножия самого высокого вулкана края – Ключевской сопки. Поселок находится в окружении естественных источников загрязнения атмосферного воздуха – вулканов: Ключевской сопки (4 754 м), Толбачика (3 682 м) и Шивелуча (3 283 м). Ключи – один из старейших населенных пунктов Дальнего Востока России, основанный в 1741 г. на месте казачьего острога на берегах крупнейшей и одноименной р. Камчатки, впадающей на восточном берегу полуострова в Тихий океан. Климат поселка континентального типа, с преобладанием осадков в зимний период. Места отбора проб в п. Ключи показаны на рис. 3.

Тигиль – село в центральной части Камчатского края, административный центр Тигильского района, входившего ранее в Корякский автономный округ, а ныне вошедший в состав Камчатского края. Село находится на берегу р. Тигиль, впадающей в Охотское море, омывающее западный берег п-ова Камчатка. Является одним из старейших населенных пунктов полуострова, основан в 1747 г. Население Тигиля составляет около 1 500 человек, в селе отсутствуют промышленные пред-



а



б

Рис. 2. Карта-схема мест отбора проб снега на территории г. Елизово:

- 1 – кольцо вблизи центрального рынка;
- 2 – котельная, сад, жилой микрорайон;
- 3 – территория районной больницы; 4 – стадион;
- 5 – район аэропорт; 6 – строительный комбинат

приятия, источниками загрязнения являются энергетические предприятия – ДЭС, ТЭЦ и автомобильный транспорт. Места отбора проб в с. Тигиль показаны на рис. 4.

После процедуры отбора пробы транспортировались в лабораторию НОЦ нанотехнологии Инженерной школы ДВФУ для проведения дальнейших исследований. Далее из каждой из них после взбалтывания брали по 100 мл жидкости для проведения анализа на содержание атмосферной взвеси на лазерном анализаторе частиц Analysette 22 NanoTec plus (Fritsch, Германия). Каждую пробу измеряли в двух режимах работы прибора: nano (0,01–45 мкм) и micro (0,08–2 000 мкм) по три раза. Результаты измерений, расчет для которых производился по уравнению Ми, указывают средний размер частиц и процентное соотношение частиц различной фракции. Для сравнения полученных данных с результатами ранее проведенных исследований [2, 3] аэрозольные частицы были разделены по размерам на семь классов: 1) от 0,1 до 1 мкм (соответствует PM_{10}), 2) от 1 до 10 (соответствует PM_{10}), 3) от 10 до 50 мкм, 4) от 50 до 100 мкм, 5) от 100 до 400 мкм, 6) от 400 до 700 мкм и 7) более 700 мкм.

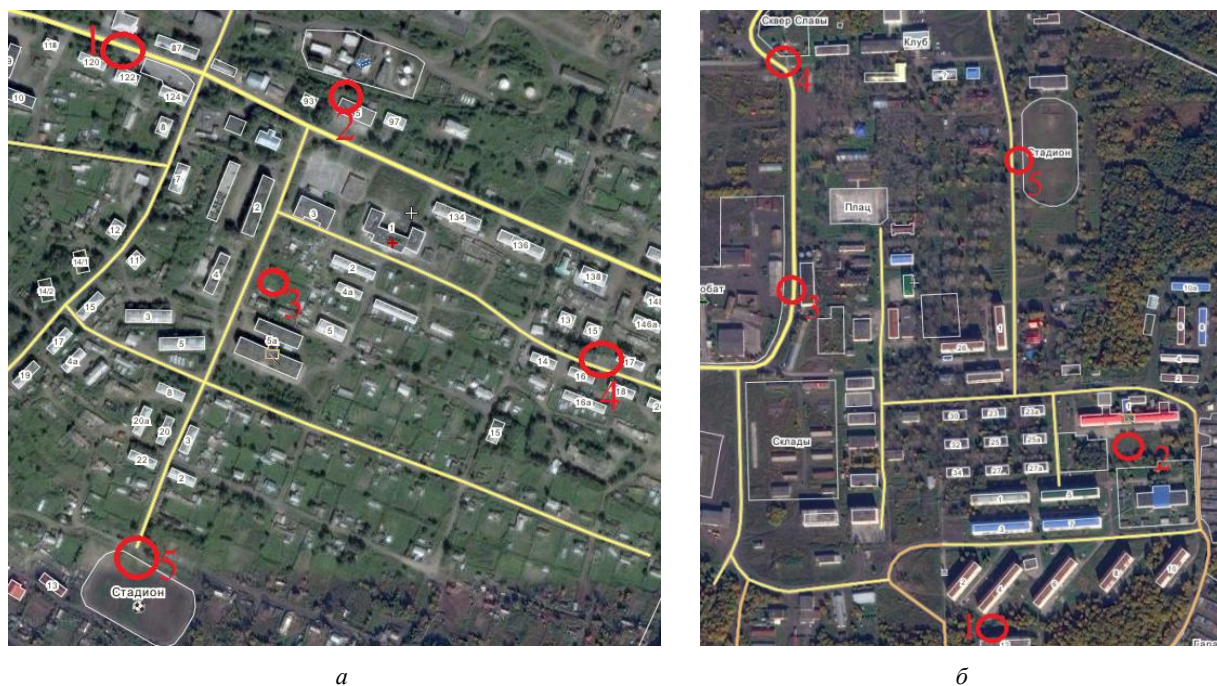


Рис. 3. Карта-схема мест отбора проб снега: а – на территории п. Ключи (1 – автостоянка; 2 – дизельная электростанция; 3 – между школой, садом и пустырем; 5 – стадион); б – на территории п. Ключи-1 (1 – ул. Ленина, дом 4; 2 – школа; 3 – котельная; 4 – сквер Славы; 5 – стадион)



Рис. 4 (а, б, в). Карта-схема мест отбора проб снега на территории с. Тигиль: 1 – переулок Строительный (наибольшая плотность застройки, детсад); 2 – мини-ТЭЦ на угле – источник загрязнения; 3 – улица Партизанская, жилой район, школа; 4 – дизельная электростанция – источник загрязнения; 5 – парк – рекреационная зона; 6 – аэропорт; 7 – порт Яры

Результаты и обсуждение

Город Петропавловск-Камчатский. Размеры частиц и процентное соотношение фракций в пробах взвеси, отобранных в Петропавловске-Камчатском, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Распределение частиц (%) в снеге по фракциям в пробах, отобранных в Петропавловске-Камчатском

Фракция, Ø, мкм, %	1	2	3	4	5	6
Менее 1	5,8	8,1	2,7	4,3	1,8	1,2
1,0–10	39,0	42,0	25,7	43,5	19,7	15,5
10,0–50	31,8	29,7	20,2	35,4	19,4	15,3
50–100	0	0	0	0	0	0
100–400	0	0	7,4	0	16,3	0
400–700	1,1	0,7	6,8	0,4	35,8	3,5
Более 700	22,3	19,5	37,1	16,4	6,9	64,4

Частицы размерностью PM_1 выявлены во всех шести отобранных в городе пробах снега и находятся в пределах от 1,2 до 8,1%. Уровень содержания следующей по крупности фракции частиц от 1 до 10 мкм стабильно высокий во всех пробах, в трех из шести отобранных пробах данные частицы являются преобладающими и составляют от 39 до 43,5%. Это места отбора проб, расположенные вблизи рекреационной зоны, – на набережной в центре Петропавловска-Камчатского, ТЭЦ-1 и детского парка. Данные значения свидетельствуют о высоком уровне загрязнения атмосферного воздуха потенциально опасными для человека частицами нано- и микродиапазона. Наночастицы, обладая большой удельной площадью поверхности, демонстрируют максимальную токсичность для живых организмов [5, 6].

В следующих трех точках содержание фракции PM_{10} находится на достаточно высоком уровне – от 15,5 до 25,7%. В этих точках, где расположены ТЭЦ-2, угольная котельная, авторазвязка, преобладают частицы более крупной фракции, а именно: от 400 до 700 мкм и более 700 мкм от 35,8 до 64,4%.

Подчеркнем, что по результатам гранулометрического анализа атмосферных взвесей (табл. 1) в пробах не обнаружены частицы размерностью 50–100 мкм.

По сравнению с результатами, полученными в предыдущие годы, в атмосферных взвешах наблюдается увеличение уровня содержания частиц размерностью менее 10 мкм.

Следует отметить повторяемость отбора проб в данных местах на протяжении последних лет, а именно в 2014 и 2017 гг. [2, 3]. Если сравнивать гранулометрические характеристики взвесей в исследованных районах, то можно сделать несколько заключений:

1. Во всех точках отбора присутствуют частицы нано- и микродиапазона, которые находятся во взвешенном состоянии в атмосферном воздухе и представляют угрозу для человека.

2. В трех из шести проб преобладают частицы фракции PM_{10} , которая представляет наибольшую опасность для здоровья человека, являясь причиной возникновения респираторных заболеваний [7, 8].

3. При сравнении полученных данных с данными 2014, 2017 гг. видно, что ситуация с микроразмерным загрязнением воздуха усугубляется, и уровень содержания частиц PM_{10} возрастает [2, 3].

4. В рассматриваемых пробах, собранных в Петропавловске-Камчатском, не выявлена фракция частиц, имеющая размеры от 50 до 100 мкм.

5. В половине отобранных проб преобладают частицы крупной фракции свыше 400 и 700 мкм, таковые обнаружены около объектов энергетического комплекса и крупной автомобильной трассы.

Город Елизово. По результатам гранулометрического анализа атмосферных осадков (табл. 2), отобранных в г. Елизово, впервые получены данные, свидетельствующие о наличии наночастиц в атмосферном воздухе, уровень которых в среднем варьируется от 0,8 до 6,2%. Минимальное значение частиц PM_1 выявлено вблизи строительного комбината – 0,8%, максимально высокий уровень – 29,7% (в пять раз выше по сравнению с остальными точками) – у автомобильного кольца, расположенного вблизи рынка, места с наибольшим автомобильным трафиком и, соответственно, максимальными выбросами выхлопных газов, в которых содержатся нано- и микрочастицы [9].

За исключением пробы, отобранной вблизи строительного комбината (5%), оставшиеся пять мест сбора характеризуются высоким содержанием частиц фракции PM_{10} (23,8–57,2%). В пробах, отобранных вблизи упомянутого автомобильного кольца возле рынка, районной больницы и спортивного стадиона, данная фракция является преобладающей.

Таблица 2

Распределение частиц (%) в снеге по фракциям в пробах, отобранных в городе Елизово

Фракция, Ø, мкм, %	1	2	3	4	5	6
Менее 1	29,7	5,5	6,2	3,7	4,8	0,8
1,0–10	57,2	23,8	38,0	40,0	32,5	5
10,0–50	4,9	2,8	34,1	4,7	38,9	12,1
50–100	0	0	0	0	0	3,3
100–400	0,3	0	0	0	0	33,6
400–700	3,6	1,9	0,5	1,4	0,5	26,6
Более 700	4,3	65,8	21,2	50,1	23,3	18,6

В Елизово практически отсутствуют частицы фракции 50–100 мкм. Лишь в одном месте сбора проб, вблизи строительного комбината, были обнаружены частицы указанной размерности, уровень их содержания составляет незначительную долю – 3,3%.

В пробе, отобранной возле котельной, преобладают частицы с размерами более 700 мкм, которые, судя по всему, представляют собой крупные агрегаты, полученные в процессе слипания более мелких частиц, являющихся продуктами выбросов при сгорании угольного топлива. В пробе, собранной около строительного комбината, наибольшую долю (33,6%) составляли частицы, принадлежащие к фракции 100–400 мкм.

Результаты, полученные в ходе гранулометрического анализа атмосферной взвеси, позволяют сделать следующие выводы:

1. Наибольшее загрязнение атмосферного воздуха нано- и микрочастицами выявлено вблизи автомобильной развязки, расположенной возле центрального рынка г. Елизово.
2. В Елизово практически не выявлены частицы фракции 50–100 мкм.
3. В пробе, отобранной вблизи котельной, преобладают частицы с размерами более 700 мкм.

Поселок Ключи. В процессе проведения исследований в данном поселке было взято наибольшее количество проб, так как поселок Ключи условно разбит на два микрорайона. В каждом из них было отобрано по пять проб. В связи с этим полученные нами результаты (табл. 3) позволяют наиболее полно судить о состоянии загрязнения его атмосферного воздуха.

Таблица 3

Распределение частиц (%) в снеге по фракциям в пробах, отобранных в поселке Ключи

Фракция, Ø, мкм, %	Ключи					Ключи-1				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Менее 1	0	0	8,2	1,4	0,4	8	5,3	2,4	8,9	7,2
1,0–10	0	0	37,4	43	0,1	33,7	34,1	28,7	69,3	37,1
10,0–50	1	1,1	8,8	10,4	1,7	0	20,3	0	9,8	10,7
50–100	1,1	2,1	0	0	0	0	0	0	0	0
100–400	30,5	53,3	0	16,3	41,3	0	0	0	2,1	1,2
400–700	53,6	41,6	2,4	24,6	51,7	5,6	2,2	3	9,6	11,5
Более 700	13,8	1,9	43,2	4,3	4,8	52,6	38,1	65,8	0,3	32,2

Уровень содержания частиц фракции PM_{10} находятся на низком уровне, от 0,4 до 8,9%, а вблизи автостоянки и дизельной электростанции частицы размерностью менее 10 мкм не выявлены вовсе. В данных точках преобладают частицы фракции 400–700 мкм и 100–400 мкм (53,6 и 53,3% соответственно).

В трех из десяти рассматриваемых точках (жилой микрорайон, автомобильная дорога и спортивный стадион) преобладали частицы фракции PM_{10} (табл. 3), их уровень составлял от 37 до 70%.

В целом в отобранных пробах преобладали частицы максимально крупной фракции – свыше 700 мкм. Они были обнаружены вблизи котельной, мини-ТЭЦ, автомобильной дороги и дизельной электростанции, то есть вблизи источников загрязнения атмосферного воздуха. Обобщая полученные результаты, можно сделать следующие выводы:

1. В четырех пробах, собранных в пос. Ключи, вблизи автостоянки, жилого микрорайона, стадиона, котельной, преобладают частицы самой крупной фракции атмосферной взвеси, свыше 700 мкм. Еще в двух районах исследования обнаружены частицы с размерами от 400 до 700 мкм в поперечнике.
2. В атмосферной взвеси пос. Ключи не выявлены частицы с размерами от 50 до 100 мкм.

Село Тигиль. Результаты анализа проб (табл. 4), отобранных в Тигиле, демонстрируют довольно равномерное распределение по фракционному составу. Частицы размерностью PM_{10} обнаружены во всех рассматриваемых пробах, и их уровень содержания находится в диапазоне от 4,9 до 12,9 %.

Таблица 4

Распределение частиц (%) в снеге по фракциям в пробах, отобранных в селе Тигиль

Фракция, Ø, мкм, %	1	2	3	4	5	6	7
Менее 1	4,9	6,9	7,7	12,9	9,2	18	10,4
1,0–10	20,6	34,5	32,2	37,5	36,6	82	49,9
10,0–50	25,5	31,1	36	12,1	9	0	0
50–100	0	0	3	0	0	0	0
100–400	0	0	0	0	0	0	0
400–700	1,2	0,8	0,8	1,4	3,5	0	1,1
Более 700	47,7	26,7	20,3	36	41,7	0	38,5

Из представленной табл. 4 видно, что в каждой из обработанных проб значительную долю, от 20,6 до 82%, составляют частицы с размерами менее 10 мкм. Отметим, что эта размерная фракция частиц с гигиенической точки зрения является наиболее вредной для здоровья, поскольку обладает повышенной проникающей способностью, может оседать глубоко в легких и по кровотоку распространяться по всему организму [7]. Наибольший уровень (82%) содержания данных частиц (PM_{10}) зафиксирован в точке № 6, отобранной вблизи аэропорта, что вполне объясняется тем, что там концентрируется автомобильный и авиационный транспорт, являющийся источником загрязнения атмосферного воздуха твердыми аэрозольными нано- и микро-размерными частицами [9, 10].

Лишь в двух из семи отобранных проб процентное содержание частиц иной фракции, а именно более 700 мкм, было выше (47,7 и 41,7%), чем у частиц других размерных категорий. Эти пробы (№ 1 и № 5) были собраны в районе с максимальной плотностью застройки и плотностью населения с. Тигиль – в районе многоэтажных жилых домов, дошкольного детского учреждения и рекреационной зоны, представляющей собой парк у берега реки. Во всех пробах наблюдается полное отсутствие или крайне низкое (1–3%) содержание частиц с размерами от 50 до 700 мкм.

Поскольку с. Тигиль более других обследованных нами населенных пунктов удален от действующих вулканов, можно предполагать, что крупные агрегаты частиц (более 700 мкм) сформированы первичными частицами техногенного происхождения меньшей размерности (PM_1 , PM_{10}), которые, находясь во взвешенном состоянии, слипаются и формируют более крупные частицы.

Для данного населенного пункта характерны следующие особенности:

1. Для пяти из семи отобранных в поселке проб выявлено преобладание частиц фракции PM_{10} . Их наибольшее содержание отмечено у аэропорта, что лишний раз подтверждает то, что выбросы выхлопных газов авиатранспорта и автомобилей являются источниками загрязнения атмосферного воздуха нано- и микрочастицами.
2. Мелкие техногенные частицы со временем способны слипаться и формировать более крупные агрегаты до 700 и более микрон в поперечнике.
3. В отобранных пробах практически отсутствуют частицы с размерами 50–100 мкм.

Заключение

Анализ данных изучения размерного состава и количественного содержания частиц атмосферной взвеси в Петропавловске-Камчатском свидетельствует о росте процентного содержания в ней частиц фракции менее 10 мкм и ухудшении экологической ситуации с точки зрения экотоксикологии. Это негативное явление обусловлено ростом численности личного автомобильного транспорта у горожан. Отметим, что Петропавловск-Камчатский находится в числе лидеров по количеству автомобилей на душу населения [11]. Повышенный уровень содержания вредных для здоровья человека частиц вблизи социально важных объектов (детских садов, школ) является фактом опасности. Он требует особого внимания органов природоохранных и городских властей. Разнообразие форм и размеров частиц увеличивает нагрузку на систему местного иммунитета дыхательной системы.

Полученные результаты гранулометрического анализа проб снега, собранных в населенных пунктах Камчатского края, свидетельствуют о наличии в них и, следовательно, в атмосферной взвеси частиц, наиболее опасных для здоровья человека фракций PM_1 и PM_{10} . Они же являются преобладающими в воздухе обследованных населенных пунктов. При этом частицы размером от 50 до 100 мкм в изученных пробах отсутствовали. Данное обстоятельство приводит к тому, что ряд разноразмерных групп становится прерванным. В нем имеется разрыв между фракциями самых мелких частиц, имеющих поперечник 50 мкм и менее, и самых крупных с размерами 700 мкм и более.

Учитывая высокий экотуристический потенциал Камчатки, наличие здесь уникальных природных территорий, не хотелось бы акцентировать внимание на антропогенном загрязнении атмосферного воздуха. Однако его нарастание в части содержания гигиенически значимой фракции частиц PM_{10} требует повышенного внимания со стороны природоохранных органов и принятия своевременных решений для сохранения экологической привлекательности Камчатки.

Наряду с ростом автомобильного транспорта и строительством объектов энергетического комплекса, которые являются источником излучения нано- и микрочастиц, не стоит забывать о наличии естественных источников излучения вулканической пыли. Известно, что распространение ее частиц коррелирует с направлением и скоростью ветра [12], поэтому следует отметить, что для окончательных выводов по экологическому состоянию атмосферного воздуха необходима организация системы постоянного экологического мониторинга нано- и микроразмерного загрязнения воздушной среды, которая может быть развернута на базе сейсмологических станций Института вулканологии ДВО РАН.

Помимо отобранных в ходе настоящей экспериментальной работы проб снега нами также были взяты образцы вулканической пыли трех вулканов: Ключевская сопка, Толбачик и Шивелуч. Исследованию ее химических, морфологических и морфометрических характеристик авторы надеются посвятить свою следующую работу.

Благодарности

Авторы благодарны сотрудникам ЦКП ДВФУ за предоставленное научное оборудование. Данная работа выполнена в рамках проекта «Разработка и практическая апробация методов экологической оценки объектов использования атомной энергии Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» для долгосрочного обеспечения безопасности на стадиях подготовки к их выводу из эксплуатации и вывода из эксплуатации с учетом совокупных антропогенных (радиационных, химических и иных) рисков Дальневосточного федерального округа».

Литература

1. О демографической ситуации в Камчатском крае: аналитическая записка [Электронный ресурс] / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Камчатскому краю. – 2012–2017. – 36 с. – URL: kamstat.gks.ru
2. Атмосферные взвеси Петропавловска-Камчатского по данным загрязнения снежного покрова: экологический анализ / К.С. Голохваст, В.В. Жаков, П.А. Никифоров, В.В. Чайка, Т.Ю. Романова, А.А. Карабцов // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. – 2014. – № 53. – С. 89–95.
3. Исследование загрязнения атмосферы Петропавловска-Камчатского с помощью лазерной гранулометрии / К.Ю. Кириченко, О.А. Казарин, А.В. Гридасов, К.С. Голохваст // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2017. – Севастополь, 2017. – С. 61–62.
4. Dust-climate couplings over the past 800 000 years from the EPICA Dome C ice core / F. Lambert, B. Delmonte, J.R. Petit, P.R. Kaufmann, M.A. Hutterli, T.F. Stocker, U. Ruth, J.P. Steffensen, V. Maggi // Nature Letters. – 2008. – V. 452. – P. 616–619.
5. Голохваст К.С. Профиль атмосферных взвесей в городах и его экологическое значение // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. – 2013. – № 49. – С. 87–91.
6. Nanoparticle interactions with zinc and iron: Implications for toxicology and inflammation / M.R. Wilson, L. Foucaud, P.G. Barlow, G.R. Hutchison, J. Sales, R.J. Simpson, V. Stone // Toxicology and Applied Pharmacology. – 2007. – Vol. 225, iss. 1. – P. 80–89.
7. Оценка влияния воздействия наноразмерных аэрозолей на респираторный тракт / М.В. Чащин, Я.С. Кабушка, А.В. Кузьмин, Т.Н. Васильева, Г.В. Скобникова // Актуальные вопро-

сы эколого-зависимых и профессиональных респираторных заболеваний: материалы Всерос. науч.-практ. конф. (17–18 апреля). – Ростов/н/Д, 2014. – С. 134–137.

8. Ultrafine particles in urban air and respiratory health among adult asthmatics / *P. Penttinen, K.L. Timonen, P. Tiittanen, A. Mirme, J. Ruuskanen, J. Pekkanen* // *European Respiratory Journal*. – 2001. – Vol. 17, iss. 3. – P. 428–435.

9. Size-segregated emissions and metal content of particles emitted by vehicles with low and high mileage: Implications to population exposure / *D.A. Sarigiannis, K.S. Golokhvast, V.V. Chernyshev, V.V. Chaika, S.M. Ugay, E.V. Zelinskaya, A.M. Tsatsakis, S.P. Karakitsios* // *Toxicology Letters*. – 2015. – Vol. 238, iss. 2, supplement. – P. 122.

10. Morphologic and chemical composition of particulate matter in motorcycle engine exhaust / *V.V. Chernyshev, A.M. Zakharenko, S.M. Ugay, T.T. Hien, L.H. Hai, A.S. Kholodov, T.I. Burykina, A.K. Stratidakis, Y.O. Mezhev, A.M. Tsatsakis, K.S. Golokhvast* // *Toxicology Reports*. – 2018. – Vol. 5. – P. 224–230.

11. *Тархов С.А.* Региональные различия автомобилизации в России и в мире // Региональные исследования. – 2004. – № 1. – С. 55–64.

12. Dust on a Hawaiian volcano: A regional model using field measurements to estimate transport and deposition / *M.M. Douglas, J.D. Stock, Ii. K. Bishaw, C. Cerovski-Darriau, D.R. Bedford* // *Earth Surface Processes and Landforms*. – 2018. – P. 45–54.

Информация об авторах Information about the authors

Кириченко Константин Юрьевич – Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ); 690000, Россия, Владивосток; кандидат биологических наук; научный сотрудник НОЦ нанотехнологии Инженерной школы ДВФУ; kirichenko2012@gmail.com

Kirichenko Konstantin Yurievich – Far Eastern Federal University; Russia, 690000, Vladivostok; Candidate of Biological Sciences, Researcher SEC Nanotechnology of Engineering School FEFU; kirichenko2012@gmail.com

Вахнюк Игорь Анатольевич – Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ); 690000, Россия, Владивосток; аспирант; vahnuk86@mail.ru

Vakhniuk Igor Anatolievich – Far Eastern Federal University; Russia, 690000, Vladivostok; Postgraduate Student; vahnuk86@mail.ru

Дрозд Владимир Александрович – Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ); 690000, Россия, Владивосток; инженер по радиационной безопасности НОЦ нанотехнологии Инженерной школы ДВФУ; v_drozd@mail.ru

Drozd Vladimir Alexandrovich – Far Eastern Federal University; Russia, 690000, Vladivostok; Engineer of Radiation Safety SEC Nanotechnology of Engineering School FEFU; v_drozd@mail.ru

Голохваст Кирилл Сергеевич – Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ); 690000, Россия, Владивосток; доктор биологических наук; профессор кафедры безопасности жизнедеятельности в техносфере Инженерной школы ДВФУ; droopy@mail.ru

Golokhvast Kirill Sergeevich – Far Eastern Federal University; Russia, 690000, Vladivostok; Doctor of Biological Sciences; Professor of Life Safety in the Technosphere Chair of Engineering School FEFU; droopy@mail.ru

УДК [597.552.51:577.1](571.66)

Ю.М. Позднякова, Н.Н. Ковалев, О.Ю. Бусарова, Е.В. Михеев**НЕКОТОРЫЕ БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ
БАСЕЙНА ОЗЕРА АЗАБАЧЬЕ (КАМЧАТКА)**

Представлены исследования общего химического и фракционного состава белков мышечной ткани, содержания ДНК в молоках лососевых рыб бассейна оз. Азабачье (Камчатка). Анализ общего химического состава мышечной ткани показал низкое содержание углеводов, содержание белка и воды соответствовало таковому для тихоокеанских лососей. Соотношение фракций растворимых белков в мышцах рыб было сходным у исследованных видов. В мышечной ткани лососей в наибольшем количестве представлены солерастворимые (миофибриллярные) белки. Второй по количественному соотношению являлась водорастворимая фракция. Наименьшим содержанием характеризуется щелочерастворимая фракция, которая обычно представлена соединительнотканными и структурными белками. По энергетической ценности следует выделить мышечную ткань микижи, а также нерки и горбуши. Мышечная ткань жилых форм малмы характеризовалась меньшей энергетической ценностью из-за более низкого содержания в ней жира. Результаты изучения содержания ДНК в молоках свидетельствуют о том, что у тихоокеанских лососей бассейна р. Камчатка (нерка, чавыча) этот показатель существенно не отличается от такового у других видов лососевых рыб (кета, горбуша), выловленных в открытых водах Японского моря. Полученные данные следует учитывать при использовании лососевых рыб в пищевых целях и для получения БАД и функциональных продуктов питания.

Ключевые слова: проходные, жилые формы лососевых рыб, фракционный состав белков, пищевая ценность, энергетическая ценность, ДНК.

Y.M. Pozdnyakova, N.N. Kovalev, O.Y. Busarova, E.V. Mikheev**SOME BIOCHEMICAL INDICATORS OF SALMONIDS IN THE LAKE AZABACHE BASIN
(KAMCHATKA)**

Studies of the total chemical and fractional composition of muscle proteins and the DNA content in the milt of salmon fish in the lake Azabache basin (Kamchatka) are presented. The analysis of the total chemical composition of muscle tissue showed a low carbohydrate content; protein and water content is within normal limits for Pacific salmon. The ratio of soluble protein fractions in fish muscles of the studied species was identical. The salt-soluble (myofibrillar) proteins are the most abundant in the salmon muscle. The second most quantitative fraction was the water-soluble fraction. The alkali-soluble fraction which is usually presented by connective tissue and structural proteins is characterized by the lowest content. The muscle tissue of rainbow trout, sockeye and pink salmon is energy valuable one. Muscle tissue of residential forms of Dolly varden was characterized by lower energy value due to its lower fat content. The study results of the DNA content in the milt show that the indicator of the Pacific salmon of the Kamchatka river basin (sockeye salmon, chinook salmon) does not differ significantly from that of the other salmonids (chum salmon, pink salmon) caught in the sea of Japan. The obtained data should be taken into account when using salmonids for food purposes and for obtaining biologically active additives and functional food products.

Key words: migratory, inhabiting forms of salmonids, fractional protein compound, nutritional value, energy value, DNA.

DOI: 10.17217/2079-0333-2018-46-95-100

Введение

Для первичной оценки пищевой ценности и дальнейшего использования различных видов рыб необходимо исследование общего химического состава их тканей. При промышленной обработке рыбы обычно учитывают содержание в ней белка, жира, воды, минеральных веществ (зола). В некоторых случаях дополнительно определяют содержание витаминов, небелковых азотистых веществ и собственно белков, отдельных минеральных элементов, аминокислот, жирных кислот.

Гонады лососевых рыб являются ценным сырьем для получения деликатесного (в случае икры) и высокобелкового пищевого продукта (молоки). Также одним из важных показателей является содержание ДНК в гонадах, так как ДНК является физиологически важным биологически активным веществом, положительно влияющим на метаболизм, кроветворение, умственную, физическую работоспособность, а также на иммунную систему [1]. ДНК в молоках рыб может также служить показателем стадии зрелости гонад. Известно, что молоки на поздней шестой стадии развития содержат в 1,5–2,5 раза больше ДНК, чем на четвертой [2]. Сведения о содержании ДНК в молоках необходимы для определения перспективности объектов для получения функциональных пищевых продуктов (ФПП) и БАД.

Ранее проведенное исследование по определению содержания ДНК в молоках морских рыб [3], а также в молоках пресноводных рыб Байкальского региона [4] позволило выявить межвидовые различия по данному показателю. В настоящей работе представлены исследования общего химического состава, фракционного состава белков мышечной ткани и содержания ДНК в молоках некоторых рыб, обитающих в оз. Азабачье (Камчатка). В озере обитают как проходные, так и жилые формы рыб семейства лососевых, многие из которых промысловые. В настоящей работе представлены результаты изучения химического состава мышечной ткани и содержания ДНК в молоках лососевых рыб бассейна оз. Азабачье.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования послужили мышечная ткань и молоки бентосоядной и хищной форм мальмы *Salvelinus malma*, микижи *Parasalmo mykiss*, кунджи *Salvelinus leucomaenis*, горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* и нерки *Oncorhynchus nerka*. Всего было проанализировано по 3 экз. каждого вида/формы рыб. Рыбы были отловлены в оз. Азабачье и в озерной протоке в июле 2017 г. Ткани рыб замораживали и анализы проводили в лабораторных условиях.

Фракционный состав белков в мышечной ткани определяли по методу Лоури [5], общее содержание белков – по методу Кьельдаля [6], содержание углеводов – антроновым методом [7]. Для определения общего содержания липидов использовали метод Фолча [8]. Энергетическую ценность определяли исходя из данных по окислению в организме 1 г жиров, белков, углеводов. Окисление 1 г жира – 9 ккал (37,7 кДж), 1 г белка – 4 ккал (16,7 кДж), 1 г усвояемых углеводов – 3,75 ккал (15,7 кДж). Расчет проводили на 100 г пищевого продукта [9]. Содержание ДНК определяли по методу Дише [10].

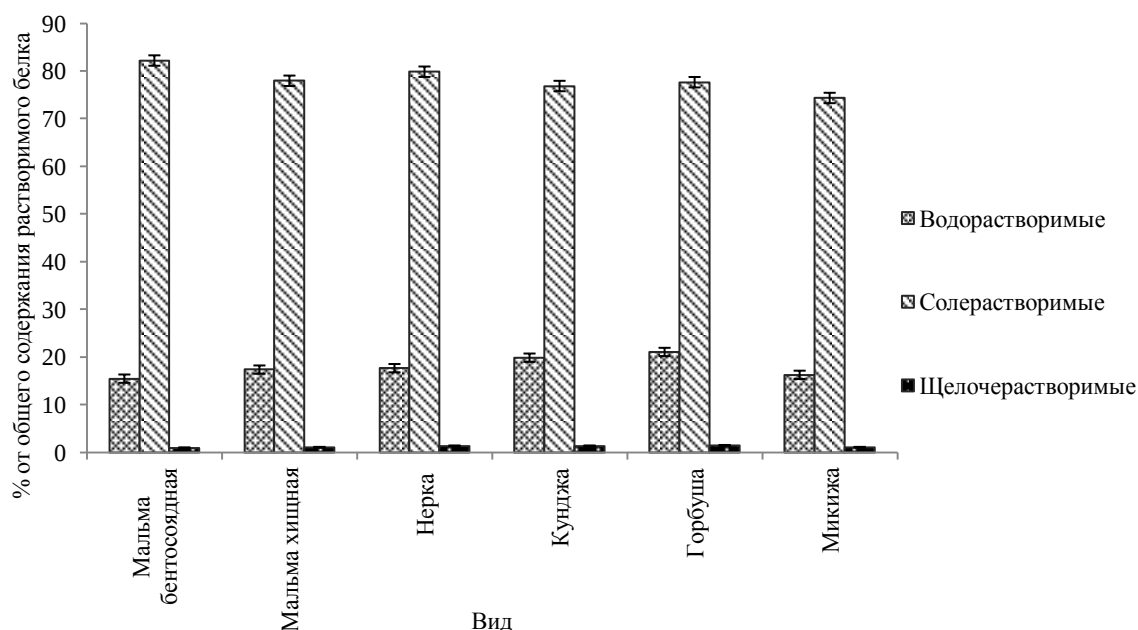
Результаты и обсуждение

Химический состав мяса рыб, определяющий ее пищевую ценность и вкусовые достоинства, характеризуется, прежде всего, содержанием воды, азотистых веществ, липидов, минеральных веществ, углеводов и витаминов. Он не является постоянным и существенно зависит от видовой принадлежности рыбы, ее физиологического состояния, возраста, пола, места обитания и других факторов [11].

В оз. Азабачье из ценных промысловых видов лососей, помимо нерки, нерестится и нагуливается кижуч *O. kisutch*, обитают жилые туводные виды лососей, весь жизненный цикл которых проходит в пресных водах озерно-речной системы. Это гольцы *Salvelinus malma*-complex, кунджа и микижа. В нижнем течении р. Камчатка, близ устья протоки Азабачьей, встречаются горбуша, кета, чавыча, мальма, поднимающиеся вверх по реке на нерест. В притоках р. Камчатка обитает камчатский хариус *Thymallus arcticus mertensii* [12].

Ниже представлены результаты определения химического состава мышечной ткани у разных видов лососевых рыб и их экологических форм и показано содержание разных фракций растворимых белков их мышечной ткани (рисунок).

Сравнительный анализ представленных на рисунке данных показывает, что изученные виды характеризуются сходным в процентном отношении содержанием разных фракций растворимых белков. Основную долю среди них у всех изученных представителей лососевых составляют со-лерастворимая фракция миофибриллярных белков. Они имеют высокую биологическую ценность и отличаются высокой влагоудерживающей способностью. Заметных различий в количественном содержании данной фракции белков у исследованных видов не обнаружено.



Соотношение фракций растворимых белков мышечной ткани лососевых рыб

Второй по количественному содержанию в составе растворимых белков является водорастворимая фракция. Ее доля составляет в среднем 22,8% от усредненного состава солерастворимых белков. Наименьшей по относительному содержанию оказалась щелочерастворимая фракция, представленная обычно соединительно-тканными и структурными белками.

Наибольшее содержание солерастворимых белков отмечено у бентосоядной мальмы. Их количество у нее достигает 82% от общего количества растворимых белков. Следует отметить, что этот вид характеризовался самым низким содержанием белков водорастворимой фракции – 15,3%. Наименьшим содержанием солерастворимой фракции среди исследованных видов характеризовалась мышечная ткань микижи, оно у данного вида достигало 74,4%. Среди всех проанализированных видов горбуша и кунджа имели наиболее высокое содержание водорастворимой фракции (21,1 и 19,9% соответственно).

Что касается щелочерастворимой фракции, то наибольшим ее содержанием характеризовалась горбуша, содержание белков данной фракции у нее достигало 1,5%. Самое низкое содержание щелочерастворимых белков имели две экологических формы мальмы (хищная и бентосоядная), а также микижа. Количество белков данной фракции у них не превышало 1,1%. Соотношение между собой разных фракций белков – водорастворимых, солерастворимых и щелочерастворимых – в среднем составляет 17,9 : 78,2 : 1,25.

Проведенное нами исследование общего химического состава показывает, что мышечная ткань проанализированных видов рыб характеризуется низким содержанием углеводов (табл. 1), которое во всех случаях не превышает 0,005% от общего содержания мышечной ткани. Содержание белка и воды в целом соответствует таковому у других видов тихоокеанских лососей [11].

Особенностью лососевых рыб является то, что жировая ткань у них распределяется преимущественно в мясе, между миомерами и мышечными волокнами. Наиболее высоким содержанием липидов (8,4%) среди изученных видов рыб характеризовалась микижа (табл. 1). Значительное содержание липидов в мышечной ткани было отмечено также у нерки – 6,78%, а самое низкое – у бентосоядной мальмы и кунджи – 3,2 и 3,9% соответственно.

По энергетической ценности следует выделить мышечную ткань микижи (169 ккал на 100 г), а также нерки (140 ккал на 100 г) и горбуши (129 ккал на 100 г). Мышечные ткани жилых форм лососевых (хищная и бентосоядная мальма) характеризовались меньшей энергетической ценностью, в основном из-за более низкого содержания жира. В то же время следует отметить более высокое содержание в мышечных тканях микижи воды.

Таблица 1

Химический состав и энергетическая ценность мышечной ткани лососевых рыб

Вид рыб	Белок, %	Липиды, %	Вода, %	Углеводы, %	Энергетическая ценность, ккал
Нерка	18,77 ± 0,84	6,78 ± 0,30	73,0 ± 3,20	< 0,005	140 ± 6,3
Горбуша	20,30 ± 0,97	4,95 ± 0,22	73,0 ± 3,1	< 0,005	129 ± 6,45
Микижа	22,23 ± 0,79	8,4 ± 0,40	69,0 ± 3,45	< 0,005	169 ± 6,76
Кунджа	19,83 ± 0,98	3,85 ± 0,19	74,3 ± 3,34	< 0,005	117 ± 5,14
Мальма (хищная форма)	19,7 ± 0,88	4,12 ± 0,18	74,0 ± 2,96	< 0,005	119 ± 5,95
Мальма (бентосоядная форма)	20,0 ± 0,84	3,83 ± 0,16	74,0 ± 3,7	< 0,005	117 ± 4,91

Таким образом, мышечная ткань изученных видов рыб в июле имела большое количество миофибриллярных солерастворимых белков, их доля в составе растворимых фракций достигала 82,5%. При этом количество щелочерастворимых белков у нее было довольно низким, и содержание белков данной фракции у разных видов практически не отличалось.

По общему количеству липидов в мышечной ткани изученные виды можно отнести к рыбам средней жирности. Неспециализированный хищник микижа имеет наибольшее количество липидов в мышцах, а бентосоядная мальма, питающаяся низкокалорийной пищей (моллюсками и амфиподами), имеет низкую жирность мышечной ткани.

Представленные выше данные показывают, что лососевые рыбы с характерными видоспецифическими и экологическими особенностями различаются по химическому составу и энергетической ценности мышечной ткани.

Анализ ранее полученных данных по содержанию ДНК в молоках морских видов рыб четвертой стадии зрелости показал, что среднее содержание нуклеиновых кислот составило 3,9%, в то время как у кеты и горбуши оно изменялось от 5 до 7,8%. Наибольшим (9,5 %) накоплением в молоках ДНК, как это было показано в нашей более ранней работе [3], характеризуется осетр. В ходе изучения пресноводных рыб оз. Байкал [4] было показано, что среднее содержание ДНК в их молоках более низкое, чем в молоках морских рыб, оно варьирует в пределах от 1,2% у ленка до 3,7% у омуля, а также то, что в мужских гонадах байкальского налима, представителя семейства тресковых, содержание ДНК гораздо ниже (в среднем в 2,8 раза), чем у морских рыб этого же семейства [4].

Содержание ДНК в гонадах лососевых рыб из оз. Азабачье, включая чавычу, показано в табл. 2.

Таблица 2

Содержание ДНК в гонадах лососевых рыб озера Азабачье

Вид	Стадия зрелости гонад	Содержание ДНК, %
Бентосоядная мальма	4	4,1 ± 0,163
Микижа	5	5,0 ± 0,21
Кунджа	5	5,3 ± 0,21
Чавыча	5	4,3 ± 0,19
Горбуша	5	5,4 ± 0,38
Нерка	5	8,9 ± 0,335

Данные таблицы показывают, что у горбуши, нерки и чавычи нижнего течения р. Камчатка содержание ДНК существенно не отличается от такового у кеты и горбуши из открытых вод Японского моря. По содержанию ДНК в молоках нерка схожа с кетой (в молоках кеты 7,8% ДНК), а чавыча – с горбушей (ДНК 5%) [3]. В молоках жилых форм лососевых (кунджа, мальма, микижа) содержание ДНК близко таковому в молоках горбуши и в 1,7–2,2 раза ниже, чем в молоках нерки.

Выводы

Таким образом, проведенное исследование показало, что по общему химическому составу мышечные ткани жилых форм лососевых рыб оз. Азабачье характеризуются меньшим содержанием липидов (за исключением микижи) по сравнению с проходными тихоокеанскими лососями. Мышечная ткань изученных видов рыб имеет низкое содержание саркоплазматических белков

и высокое – миофибриллярных, доля которых может достигать 82,5%. По содержанию щелочерастворимых белков исследованные виды практически не различаются. По содержанию ДНК в молоках жилые виды лососевых не отличаются от проходных. Исключение в этом отношении составляет нерка, имеющая самый высокий процент ДНК в молоках среди исследованных рыб.

Полученные данные следует учитывать при использовании лососевых рыб различных видов и экологических форм в пищевых целях и для получения БАД и ФПП.

Благодарности

Авторы глубоко признательны к.б.н. М.Ю. Ковалеву и В.А. Паренскому (ННЦМБ ДВО РАН) за помощь в проведении полевых работ и сборе ихтиологического материала.

Литература

1. Иммунотропные свойства дезоксирибонуклеиновой кислоты из молок лососевых рыб / Н.Н. Беседнова, Ю.И. Касьяненко, Л.М. Эпштейн, А.К. Гажга // Антибиотики и химиотерапия. – 1999. – № 10. – С. 13–15.
2. Получение и свойства производных ДНК из молок лососевых / Ю.И. Касьяненко, Ю.В. Ковалева, Л.М. Эпштейн, А.А. Артюков // Известия ТИНРО. – 1997. – Т. 120. – С. 37–43.
3. Позднякова Ю.М. Технология биологически активных добавок к пище на основе ферментативного гидролиза гонад гидробионтов: дис. ... канд. техн. наук. – Владивосток, 2003. – 160 с.
4. Сравнительный анализ содержания ДНК и ферментного состава в гонадах рыб Байкальского региона / Ю.М. Позднякова, Т.Н. Пивненко, М.А. Захарова, В.Ж. Цыренов, С.В. Гомбоева, В.В. Давидович // Известия ТИНРО. – 2011. – Т. 164. – С. 425–430.
5. Protein measurement with the Folin phenol reagent / O. Lowry, N. Rosenbrough, A. Parr, R. Randall // J. Biol. Chem. – 1951. – V. 193, № 1. – P. 265–276.
6. Лазаревский А.А. Технохимический контроль в рыбообрабатывающей промышленности. – М.: Пищепромиздат, 1955. – 518 с.
7. Кочетков Н.К. Методы химии углеводов. – М.: Мир, 1967. – 512 с.
8. Folch J., Lees M., Sloane Stanley G.H. Method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues // J. Biol. Chem. – 1957. – Vol. 226, № 1. – P. 497–509.
9. Барановский А.Ю. Диетология: моногр. / под ред. А.Ю. Барановского. – 4-е изд. – СПб., 2013. – 1024 с.
10. Карклиня В.А., Бирска И.А., Лимаренко Ю.А. Количественное определение нуклеиновых кислот в молоках лососевых различными методами // Химия природных соединений. – 1989. – Т. 1. – С. 122–126.
11. Особенности мышечной ткани нерестовой кеты / Т.Н. Слуцкая, Т.Н. Виняр, Т.П. Калиниченко, А.М. Павловский, М.И. Юрьева, Е.В. Якуш, Т.Н. Слуцкая, Т.Н. Виняр, Т.П. Калиниченко, А.М. Павловский, М.И. Юрьева, Е.В. Якуш // Изв. ТИНРО. – 1999. – Т. 125. – С. 60–71.
12. Бугаев В.Ф. Рыбы бассейна реки Камчатки (численность, промысел, проблемы). – Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2007. – 192 с.

Информация об авторах Information about the authors

Позднякова Юлия Михайловна – Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет; 690087, Россия, Владивосток; кандидат технических наук; директор НИИ инновационных биотехнологий; pozdnyakova.julia@yandex.ru

Pozdnyakova Yuliya Mikhaylovna – Far Eastern State Technical Fisheries University; 690087, Russia, Vladivostok; Candidate of Technical Sciences; Director of Research Institute of Innovative Biotechnology; pozdnyakova.julia@yandex.ru

Ковалев Николай Николаевич – Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, 690087, Россия, Владивосток; доктор биологических наук; профессор кафедры пищевой биотехнологии; kovalevnn61@yandex.ru

Kovalev Nikolay Nikolaevich – Far Eastern State Technical Fisheries University; 690087, Russia, Vladivostok; Doctor of Biological Sciences; Professor of Food Biotechnology Chair; kovalevnn61@yandex.ru

Бусарова Олеся Юрьевна – Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет; 690087, Россия, Владивосток; кандидат биологических наук; доцент кафедры экологии и природопользования; olesyabusarova@mail.ru

Busarova Olesya Yurievna – Far Eastern State Technical Fisheries University; 690087, Russia, Vladivostok; Candidate of Biological Sciences; Associate Professor of Ecology and Nature Management Chair; olesyabusarova@mail.ru

Михеев Евгений Валерьевич – Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет; 690087, Россия, Владивосток; кандидат технических наук; старший научный сотрудник НИИ инновационных биотехнологий; zhenyasuper79@mail.ru

Mikheev Evgeny Valerievich – Far Eastern State Technical Fisheries University, 690087, Russia, Vladivostok; Candidate of Technical Sciences; Head Researcher of Research Institute of Innovative Biotechnology; zhenyasuper79@mail.ru

УДК [595.384.12:591.342](265.53)"2015.06-07"

Н.А. Седова, Е.М. Пташкина

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЛИЧИНОК КРЕВЕТОК В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ
ОХОТСКОГО МОРЯ В ИЮНЕ – ИЮЛЕ 2015 ГОДА**

Личинки креветок трех семейств (Crangonidae, Pandalidae, Thoridae) обнаружены над глубинами от 14 до 458 м в 80,2% собранных планктонных проб. Наибольшие их скопления отмечены в северной части района исследования. Преобладали личинки семейств Thoridae и Crangonidae. Средняя численность личинок на одной станции составила 84,1 экз./м². Наибольшие концентрации (до 180 экз./м²) образовывали виды *Neocrangon communis*, *Pandalus goniurus* и представители рода *Eualus*. В более ранние сроки в планктоне появлялись личинки родов *Pandalus* и *Eualus*. Отдельные особи видов *P. goniurus*, *Mesocrangon intermedia* и *N. communis* к началу июля уже заканчивают личиночное развитие, а у большинства других видов метаморфоз еще продолжается.

Ключевые слова: креветка, Crangonidae, Pandalidae, Thoridae, стадия развития, зоэа, род, распределение численности, Охотское море.

N.A. Sedova, E.M. Ptashkina

**DISTRIBUTION OF SHRIMPS LARVAE IN THE EASTERN PART OF THE SEA
OF OKHOTSK DURING JUNE – JULY, 2015**

Shrimp larvae of three families (Crangonidae, Pandalidae, Thoridae) were found above depths of 14 to 458 m in 80,2% of collected plankton samples. The largest concentrations were observed in the northern part of the studied area. Larvae of the families Crangonidae and Thoridae were dominated. The average number of larvae at one station was 84,1 specimens / m². The greatest concentrations (up to 180 specimens / m²) were formed by the types of *Neocrangon communis*, *Pandalus goniurus* and genus *Eualus* representatives. At an earlier period larvae of the genera *Pandalus* and *Eualus* appeared in plankton. Individual species of *P. goniurus*, *Mesocrangon intermedia* and *N. communis* have already completed larval development by the beginning of July, but metamorphosis of most other types still continues.

Key words: shrimp, Crangonidae, Pandalidae, Thoridae, development stage, zoea larva, genus, population distribution, the sea of Okhotsk.

DOI: 10.17217/2079-0333-2018-46-101-113

Личинки креветок входят в состав меропланктона. Они проходят развитие в пелагиали, после чего оседают на дно и превращаются в ювенильную особь. Остальная часть жизненного цикла большинства креветок проходит на дне. Личинки инфраотряда Caridea в течение всего вегетационного сезона встречаются в планктонных пробах, взятых над континентальным шельфом, а иногда и в океанической части моря. Наиболее часто и регулярно попадают в сеть личинки креветок из трех семейств – Crangonidae, Pandalidae и Thoridae. Все они являются наиболее обычными придонными обитателями шельфа или близлежащих вод. Остальные семейства в сборах практически никогда не встречаются. Некоторые виды донных креветок не имеют пелагической личиночной стадии [1].

Изучение личинок десятиногих ракообразных, их морфологии и распределения – достаточно важная и интересная задача. Расширяющийся современный креветочный промысел диктует необходимость разведки и введения в ресурсную базу рыболовства новых запасов креветок из малоизученных районов [2, 3]. Западно-камчатский шельф – один из самых перспективных районов промысла беспозвоночных.

Изучение пространственного распределения личинок креветок имеет важное практическое значение, так как на основании планктонных сборов можно судить о районах распространения и сроках размножения отдельных видов. Работ по распределению личинок креветок в районе западно-камчатского шельфа очень мало. Отдельные сведения имеются в работах Р.Р. Макарова [1, 4] и Н.А. Седовой [5].

Цель данной работы – изучение качественного и количественного состава личинок креветок в планктонных пробах и особенностей их пространственного распределения по акватории восточной части Охотского моря в 2015 г.

Материал и методика

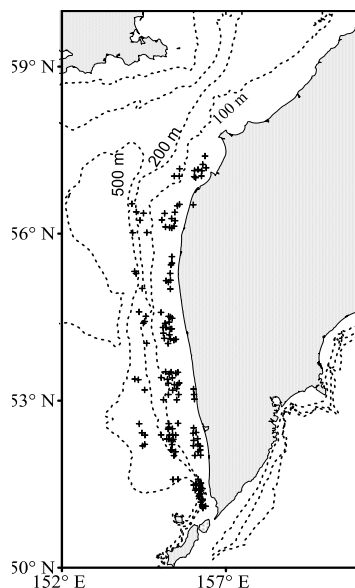


Рис. 1. Схема расположения станций

Материалом для данной работы послужили сборы планктона, выполненные сотрудниками КамчатНИРО в восточной части Охотского моря в июне – июле 2015 г. на НИС «Профессор Кизеветтер». Над глубинами 9–600 м использовали ихтиопланктонную коническую сеть ИКС-80 с диаметром входного отверстия 80 см и шагом ячеи 0,56 мм. Выполняли вертикальный тотальный лов от дна до поверхности. Личинок, фиксированных в 4%-ном формалине, изучали под бинокулярным микроскопом. В каждой пробе определяли таксономический состав личинок и стадии их развития, а также число личинок. Длину личинки измеряли от конца рострума до заднего края тельсона при помощи окуляр-микрометра с точностью до 0,5 мм. Для определения их видовой принадлежности использовали определители для прикамчатских вод [6–8] и статьи с описаниями личинок отдельных видов [1, 9–12]. Для построения карт и определения средних величин численности все данные рассчитывали на 1 м². Схема станций сбора проб планктона показана на рис. 1. Характеристика использованного материала приведена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика использованного материала

Таксон	Общее количество, экз.	Глубина моря, м	Стадия зоза
Crangonidae	977		
<i>Argis</i> spp.	7	15–39,4	II
<i>C. dalli</i>	71	15–171	I–IV
<i>P. echinata</i>	7	29–145	I–II
<i>M. intermedia</i>	339	11–430	I–V
<i>N. communis</i>	553	15–247	I–V
Pandalidae	2 020		
<i>P. eous</i>	692	15–458	I–V
<i>P. goniurus</i>	1 297	16–430	I–VI
<i>P. hypsinotus</i>	3	40–79,1	V
<i>P. tridens</i>	20	31–256	I–II
Thoridae	2 111		
<i>Eualus</i> spp.	1 669	14–362	I–IV
<i>E. fabricii</i>	7	28–99	II–IV
<i>E. gaimardii</i>	25	74–89,5	II–III
<i>Spirontocaris</i> spp.	406	14–430	II–V
<i>S. phippi</i>	4	32–100	IV

Поскольку зоза креветок держатся преимущественно в эпипелагиали, а после прохождения метаморфоза оседают на дно, мы полагаем бессмысленным рассчитывать их количество на всю толщу воды и выражать их численность в экз./м³. В любом случае личинки Caridea, как и весь остальной планктон, не распределяются равномерно в толще воды, а образуют скопления. Поэтому мы посчитали возможным показывать их численность на картах в виде количества встреченных особей на отдельных станциях, без использования методов усреднения данных, принятых в рыбохозяйственных исследованиях. В то же время количество экз./м² водного зеркала можно сравнивать с показателями численности взрослых особей в районе исследования.

Результаты и обсуждение

В пробах было обнаружено более 20 видов, относящихся к семействам Crangonidae, Pandalidae и Thoridae. Большинство из них являются тихоокеанскими широко распространенными бореальными сублиторальными или сублиторально-батиальными видами. Два вида –

Pandalus eous (Makarov, 1935) и *Pandalus goniurus* (Stimpson, 1860) – являются арктическо-бореальными. Один вид – *Paracrangon echinata* (Butler, 1980) – амфипацифическим. *Spirontocaris phippisi* (Kröyer, 1841) имеет циркумполярное распространение. Наиболее массовыми были представители рода *Eualus*, а также виды *Mesocrangon intermedia* (Stimpson, 1860), *Neocrangon communis* (Rathbun, 1899), *P. eous* и *P. goniurus*.

Личинки креветок были обнаружены в 80,2% всех проб над глубинами от 14 до 458 м по всей акватории района исследования (рис. 2). Наибольшие скопления в северной части района исследования образовали представители семейства Crangonidae и Thoridae.

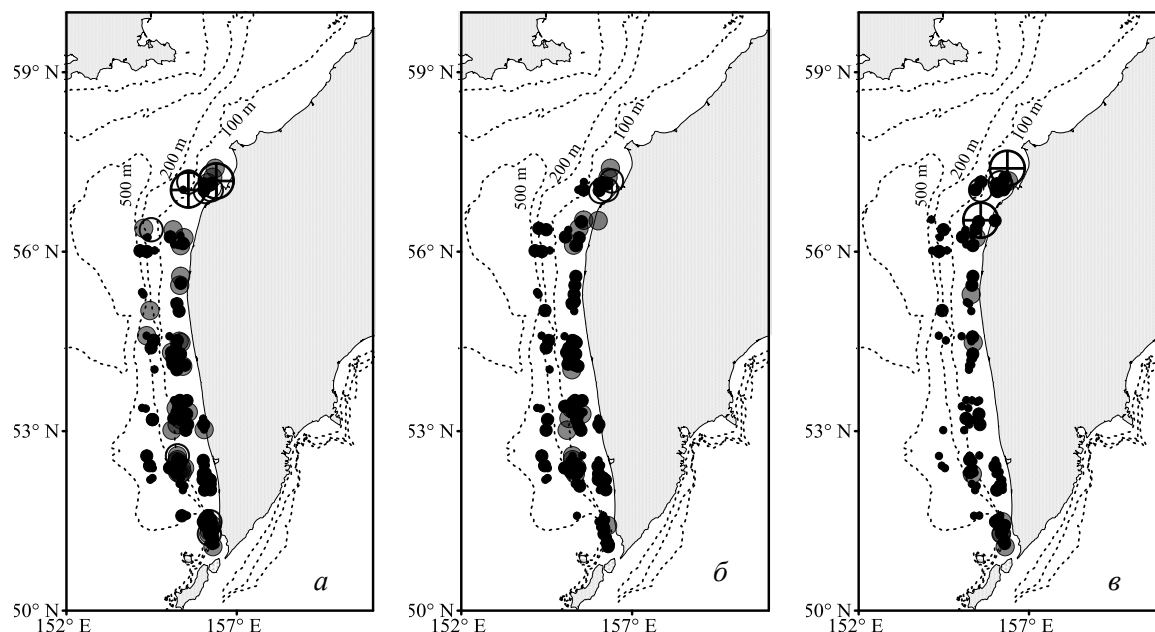


Рис. 2. Общая численность личинок креветок в восточной части Охотского моря в июне – июле 2015 г, экз./м²:

а – семейства Crangonidae, б – семейства Pandalidae, в – семейства Thoridae. Условные обозначения:

● 1 – 10 экз./м² ● 10 – 50 экз./м² ● 50 – 200 экз./м² ○ 200 – 500 экз./м² ⊕ 500 – 1 000 экз./м²

Наиболее крупные размеры имели личинки видов, относящихся к роду *Pandalus*, самые мелкие – виды из рода *Eualus*. Чаше в пробах встречались личинки из сем. Pandalidae. Они присутствовали почти во всех пробах, в которых были обнаружены личинки креветок (табл. 2). Средняя численность всех личинок на одной станции составляла 84,1 экз./м².

Таблица 2

Показатели численности и встречаемости для отдельных видов

Таксон	Средняя численность, экз./м ²	Частота встречаемости, % от всех проб	Средняя глубина, м
Crangonidae	22,0	57,8	61,5
<i>Argis</i> spp.	2,3	3,9	37,9
<i>C. dalli</i>	14,4	6,5	66,25
<i>P. echinata</i>	2,0	4,6	75,3
<i>M. intermedia</i>	11,1	39,7	65,2
<i>N. communis</i>	17,6	41,0	53,3
Pandalidae	27,3	92,9	81,4
<i>P. eous</i>	13,7	64,2	80,4
<i>P. goniurus</i>	26,5	63,7	68,4
<i>P. hypsinotus</i>	2,0	2,0	57,4
<i>P. tridens</i>	3,1	13,0	84,6
Thoridae	34,8	78,6	71,7
<i>Eualus</i> spp.	34,1	63,0	71,4
<i>E. gaimardii</i>	2,3	2,0	80,8
<i>E. fabricii</i>	3,7	5,9	58,7
<i>Spirontocaris</i> spp.	11,9	43,6	61,7
<i>S. phippisi</i>	2,7	2,0	59,0
Всего	84,1	80,2	66,8

Семейство Crangonidae. Из семейства Crangonidae были обнаружены личинки 7 видов: *Argis crassa* (Rathbun, 1899), *Argis lar* (Owen, 1839), *Argis ovifer* (Rathbun, 1902), *Crangon dalli*, *Mesocrangon intermedia*, *Neocrangon communis*, *Paracrangon echinata*.

Зоа разных стадий встречались над глубинами от 11 до 430 м по всей акватории района исследования. Наиболее массовым представителем данного семейства был *N. communis* – 56,6% от всех проб крагонид, в меньшем количестве *M. intermedia* – 34,7%. Единично в пробах отмечены представители *A. crassa*, *A. lar* и *A. ovifer*, *P. echinata*.

Личинки рода *Argis* проходят укороченное развитие через 2–3 стадии зоа и одну декаподитную, в пробах отмечена только зоа II. В пробах единично присутствовали личинки четырех видов II стадии зоа (рис. 3). Отмечены личинки на шести станциях над глубинами 15–80 м. Большая часть из них поймана в северной части западно-камчатского шельфа. Распределение по акватории дано без разделения на виды.

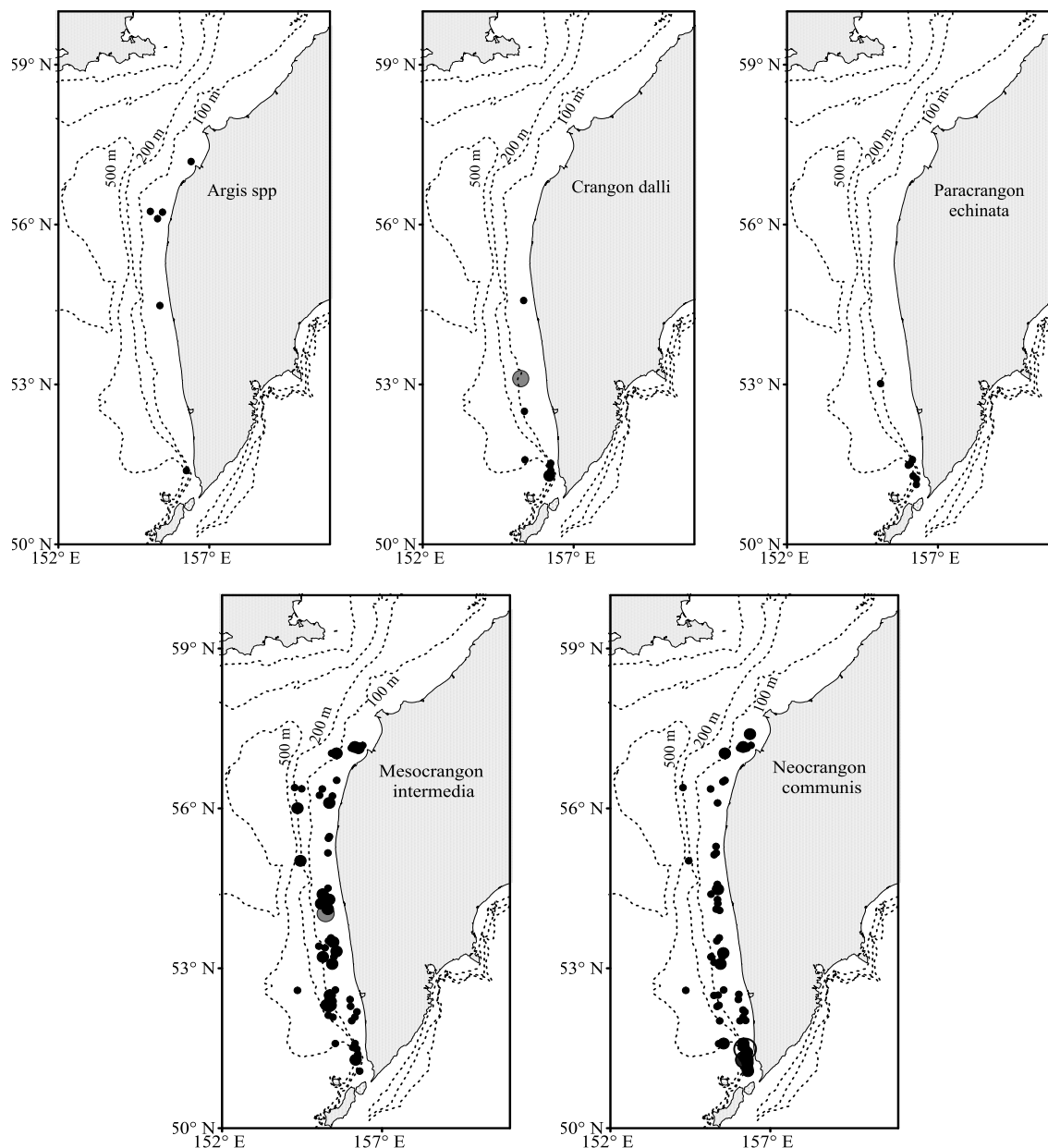


Рис. 3. Численность разных стадий личинок креветок семейства Crangonidae летом 2015 г. в восточной части Охотского моря, экз./м². Обозначения как на рис. 2

Crangon dalli проходит пять стадий зоа и одну декаподитную, в наших пробах отмечены I–IV стадии. Основная масса личинок данного вида была сосредоточена в южной части шельфа над глубинами 39–89,5 м (рис. 3). Личинки первой стадии встречались на двух станциях в центральной части шельфа. Максимальная численность самых младших зоа – 110 экз./м². Личинки

второй стадии зоэа отмечены, главным образом, в южной части шельфа над глубинами 15–83 м. Личинки третьей и четвертой стадии были пойманы на самом юге.

Paracrangon echinata проходит пять стадий зоэа, в наших пробах отмечены только I–II стадии (рис. 3). Личинки данного вида встречались единично, главным образом, в южной части западной Камчатки над глубинами до 145 м. Зоэа первой стадии пойманы только на одной станции в самой ее южной части. Личинки второй стадии отмечены на шести станциях в центральной и южной частях.

Один из наиболее массовых видов личиночного планктона – *Mesocrangon intermedia*. В наших пробах отмечены все пять стадий зоэа (рис. 4). Личинки *M. intermedia* были пойманы на 61 станции (39,7% проб, в которых присутствовали крангониды). Зоэа данного вида встречались равномерно вдоль всего западно-камчатского шельфа над глубинами 15–430 м. Личинки первой стадии зоэа присутствовали только на одной станции в южной части шельфа. Личинки второй и третьей стадии встречались вдоль всего шельфа, в основном на глубинах до 100 м, их максимальная численность достигала 34 экз./м². Личинки четвертой стадии образовывали наибольшее скопление в центральной и южной частях шельфа – 12 экз./м². Личинки пятой стадии зоэа пойманы только в южной части.

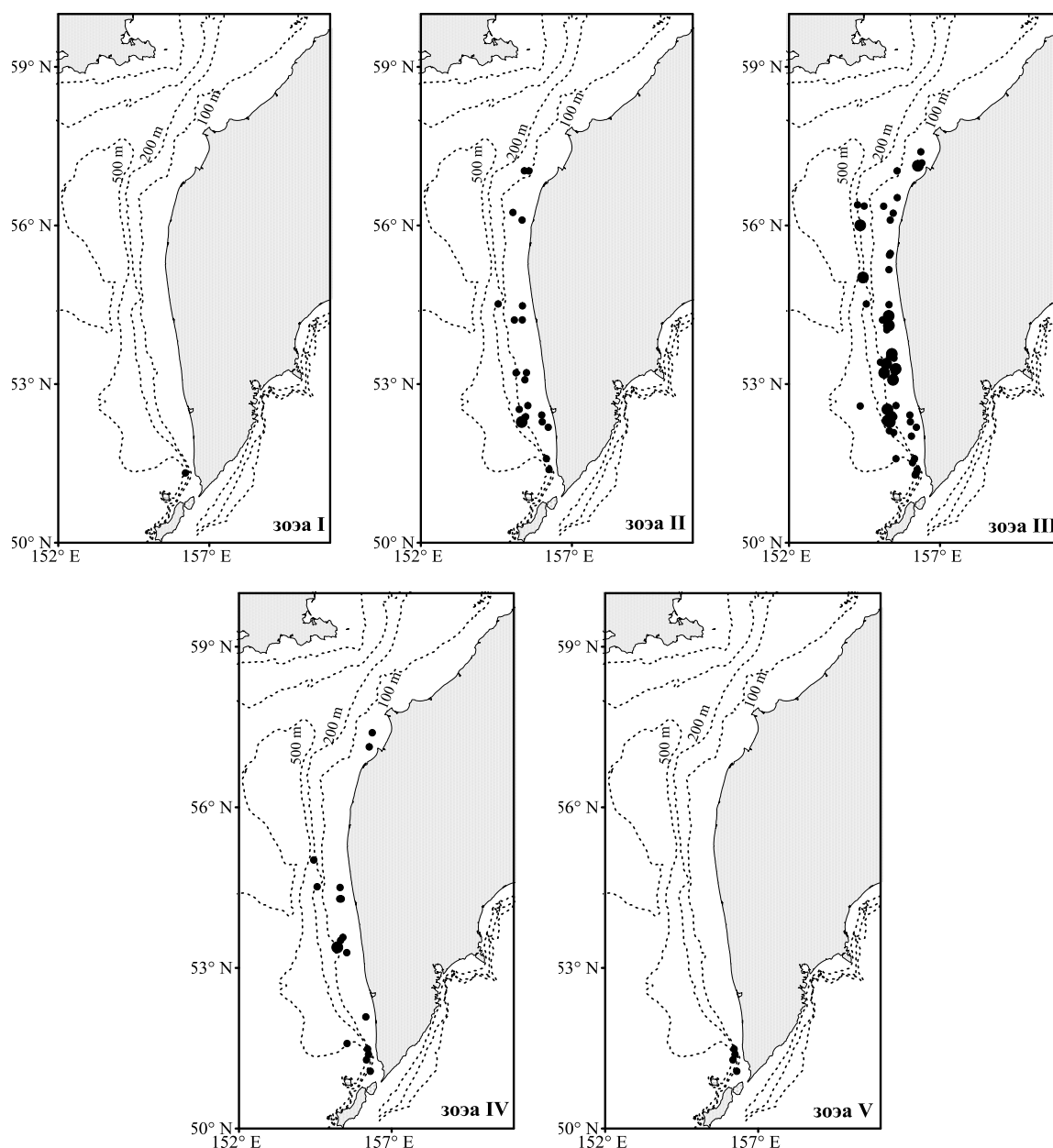


Рис. 4. Численность разных стадий личинок *Mesocrangon intermedia* в июне – июле 2015 г. в восточной части Охотского моря. Обозначения как на рис. 2

В наших пробах обнаружены все пять стадий зоэа *Neocrangon communis* (рис. 5). Всего было поймано 556 экземпляров. Представители *N. communis* были отмечены на 63 станциях (41,0% проб, в которых присутствовали крабгоныды). Личинки данного вида встречались вдоль всего западно-камчатского шельфа над глубинами 15–247 м. Максимальная численность (150 экз./м²) отмечена в южной части района. Личинки первой стадии зоэа попадались единично на трех станциях, расположенных в южных районах шельфа западной Камчатки. Личинки второй стадии встречались над разными глубинами, но в небольшом количестве. Преобладали особи третьей и четвертой стадий зоэа, которые находились в основном над глубинами 50–70 м, их максимальное количество отмечено на юге. Личинки пятой стадии присутствовали на пяти станциях в количестве не более 14 экз./м² над глубинами 15–171 м.

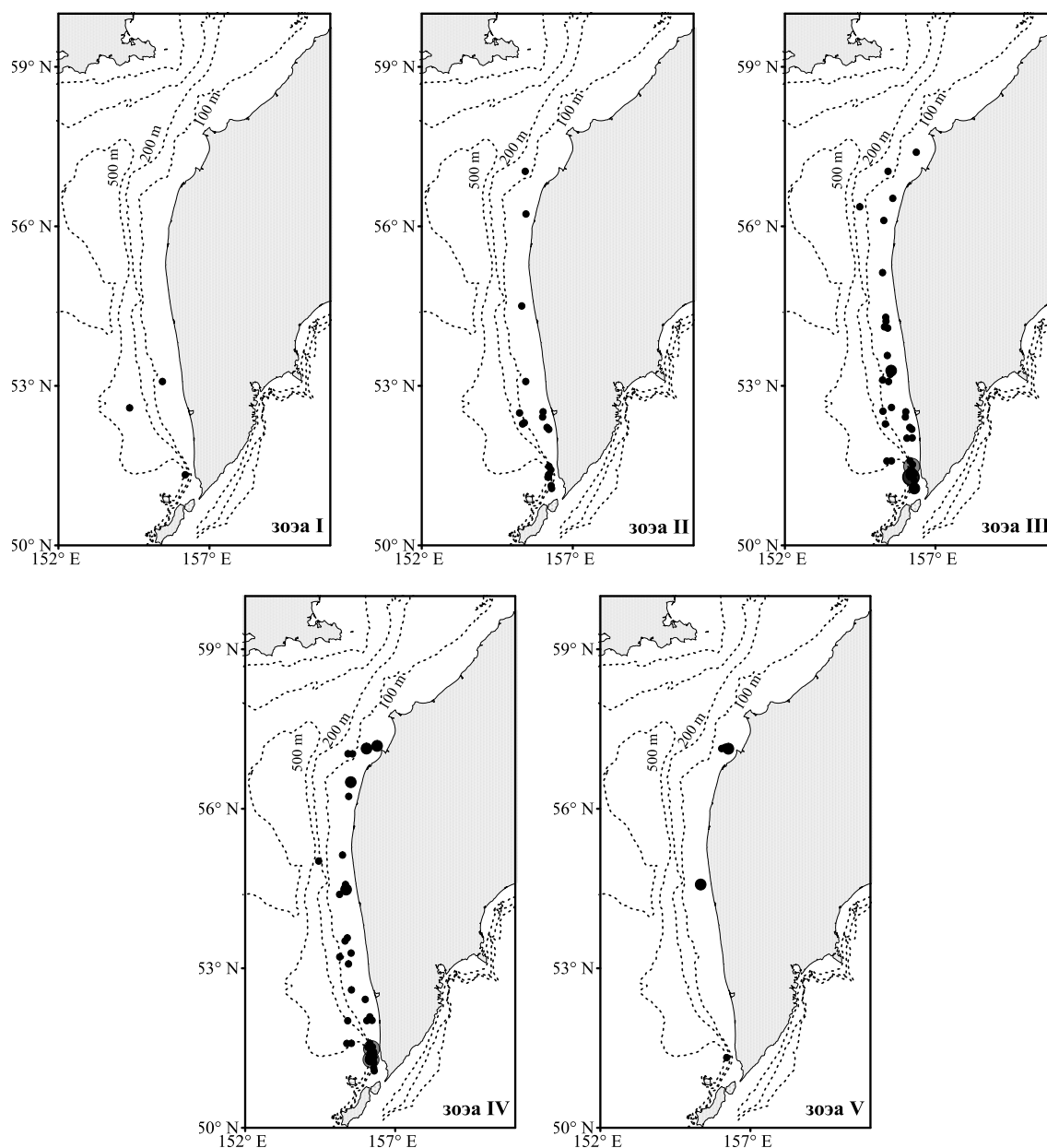


Рис. 5. Численность разных стадий личинок *Neocrangon communis* в июне – июле 2015 г. в восточной части Охотского моря. Обозначения как на рис. 2

Семейство Pandalidae. Из семейства Pandalidae в пробах были обнаружены личинки четырех видов: *Pandalus eous*, *P. goniurus*, *P. hypsinotus* (Brandt, 1851), *P. tridens* (Rathbun, 1902). Наиболее массовым был *P. goniurus* – 64,5% от всех проб пандалид, в меньшем количестве *P. eous* – 34,4%. Единично встречались личинки *P. hypsinotus* и *P. tridens*. Зоэа четырех видов креветок из семейства Pandalidae были обнаружены над глубинами от 15 до 458 м по всей акватории района исследования (рис. 6).

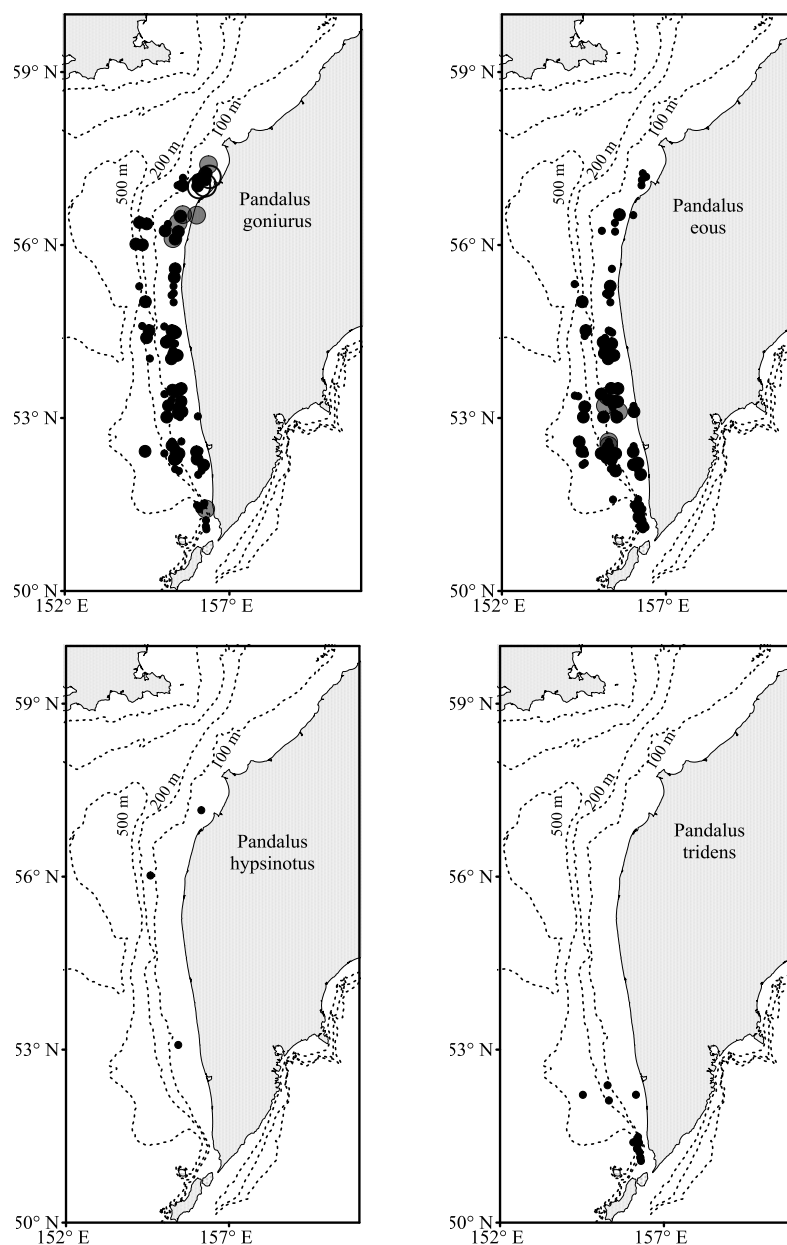


Рис. 6. Численность личинок креветок семейства Pandalidae летом 2015 г. в восточной части Охотского моря, экз./м². Обозначения как на рис. 2

Pandalus eous в своем личиночном развитии проходит девять стадий зоа. В наших пробах отмечены I–V стадии (рис. 7). Зоа *P. eous* были пойманы на 99 станциях (64,2% от всех проб, в которых присутствовали пандалиды). Всего было поймано 773 экземпляра. Зоа этого вида встречались вдоль всего западно-камчатского шельфа. Зоа первой и второй стадий единично присутствовали в центральной части шельфа над глубинами до 247 м. В большом количестве отмечены личинки на III–IV стадии зоа. Максимальная численность – 76 экз./м². Зоа пятой стадии пойманы в центральной части шельфа над глубинами 77,7–312 м.

Зоа *P. goniurus* были обнаружены на 98 станциях (63,7% от всех проб, в которых присутствовали пандалиды). Личинки этого вида встречались регулярно в большом количестве вдоль всего западно-камчатского шельфа над глубинами 14–430 м. В наших пробах определены только шесть стадий зоа (рис. 8). Личинки первой стадии зоа отмечены над глубинами 14–80 м, на трех северных станциях. Личинки второй, третьей и четвертой стадий встречались вдоль всего шельфа над всеми изученными глубинами 14–430 м в количестве до 106 экз./м².

Личинки V стадии пойманы вдоль всего шельфа над глубинами 15–267 м, наибольшее их скопление отмечено в северной части района. Личинки VI стадии пойманы в северной части.

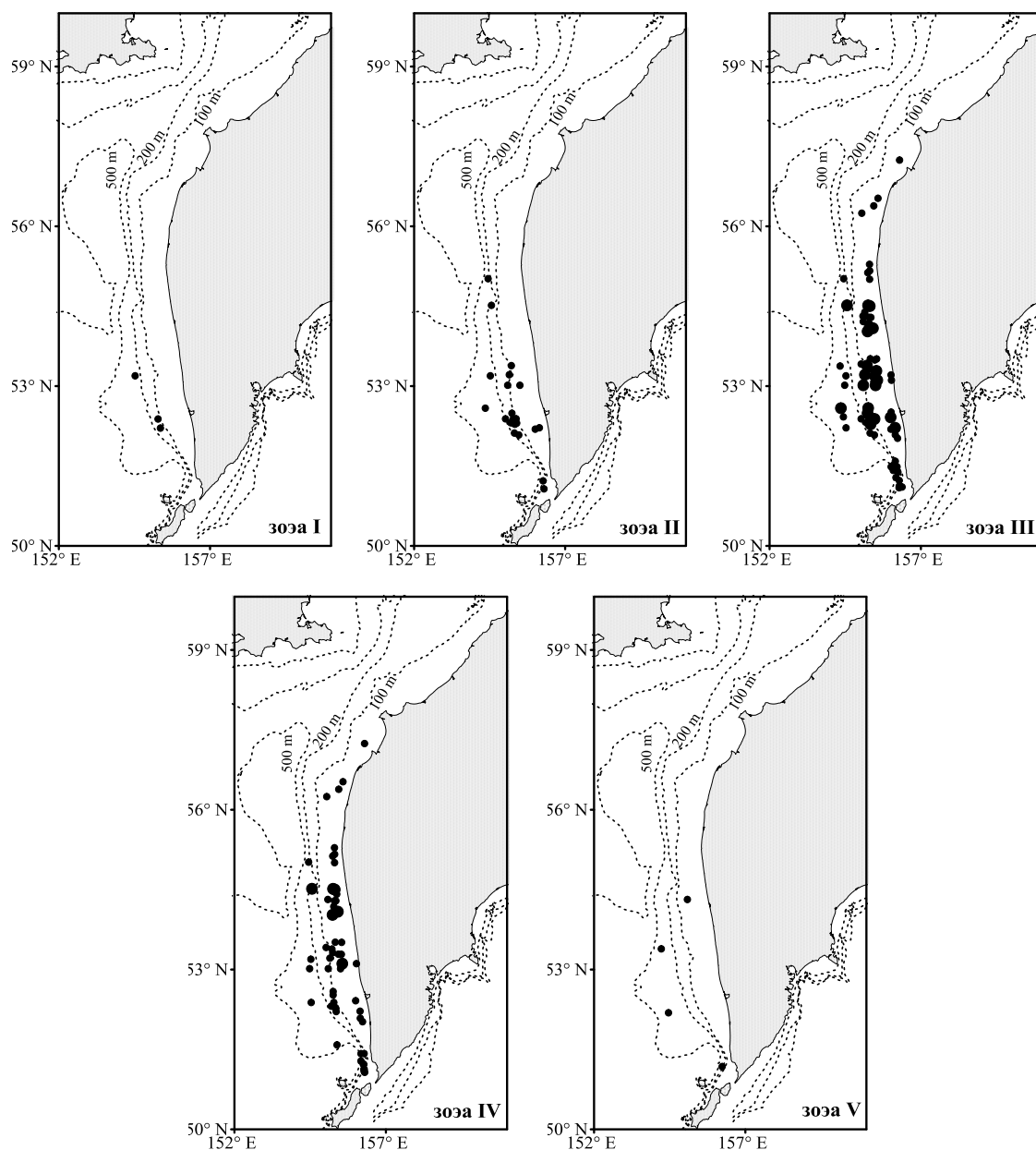


Рис. 7. Численность разных стадий личинок *Pandalus eous* в июне – июле 2015 г. в восточной части Охотского моря. Обозначения как на рис. 2

Pandalus hypsinotus в своем развитии проходит шесть стадий зоза. В наших пробах попались только старшие личинки – V стадия. Всего три личинки были пойманы в северной и центральной частях шельфа над глубинами 40–79 м (рис. 6).

Для *Pandalus tridens* известно пять стадий зоза. Личинки I и II стадий зоза отмечены на 14 станциях в южной части шельфа над глубинами 30,5–256 м (рис. 6). Личинки I стадии отмечены только один раз на станции с глубиной 74 м. Личинки II стадии развития встречались на 13 станциях. Максимальная численность на одной станции достигала 8 экз./м². Всего поймано 20 экземпляров данного вида.

Семейство Thoridae. В наших пробах обнаружены многочисленные представители семейства Thoridae, относящиеся к двум родам – *Spirontocaris* и *Eualus*. Из них до вида удалось определить только *E. fabricii* (Kröyer, 1841), *E. gaimardii* (Bellcher, 1837) и *S. phippisii*. Остальные определены только до рода. Личинки были обнаружены над глубинами от 14 до 430 м по всей акватории района исследования. Наиболее массовым представителем данного семейства оказался род *Eualus* – 63,0% от всех проб торид, в меньшем количестве были встречены представители рода *Spirontocaris* – 43,6%.

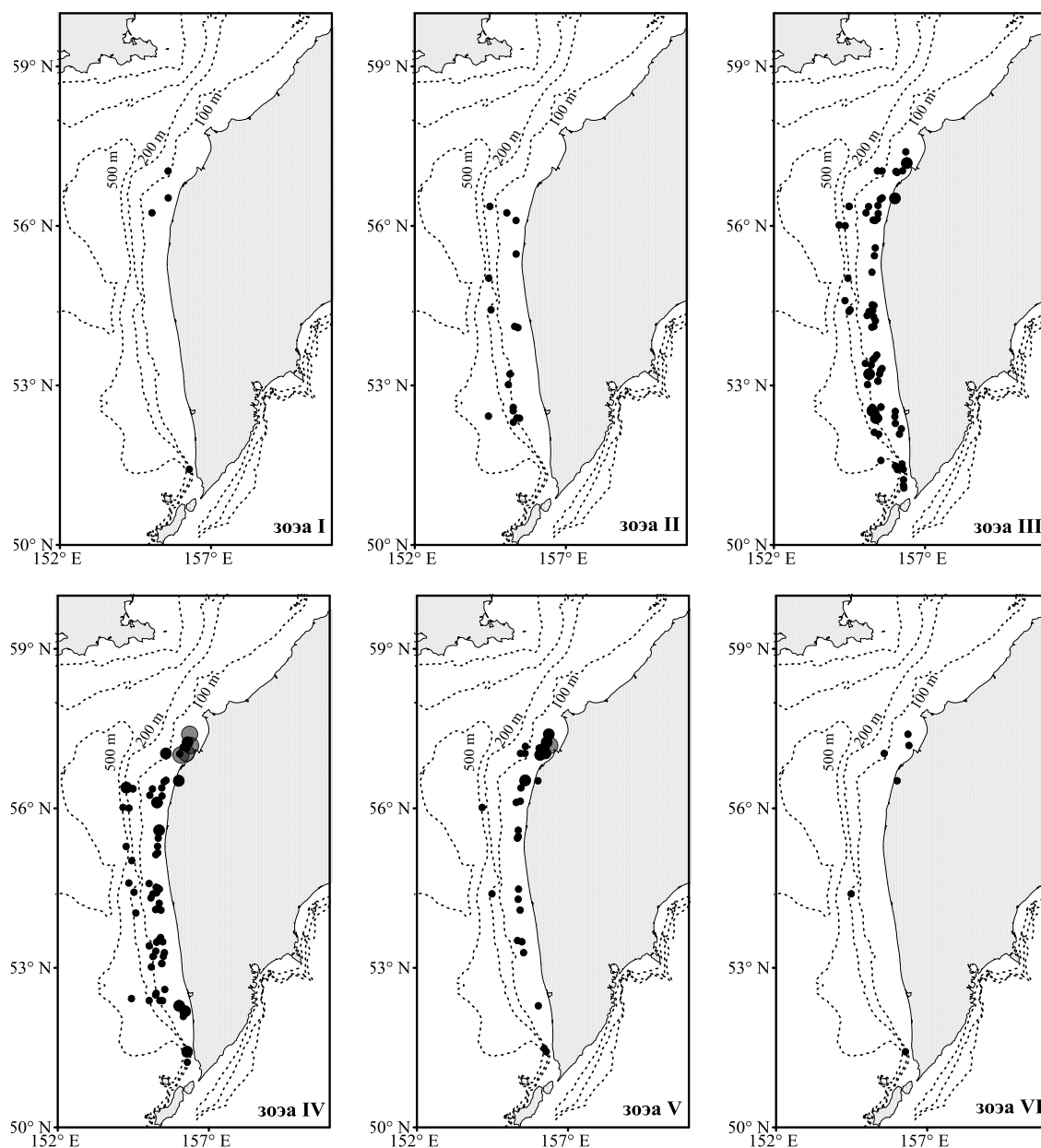


Рис. 8. Численность разных стадий личинок *Pandalus goniurus* в июне – июле 2015 г. в восточной части Охотского моря. Обозначения как на рис. 2

В прикамчатских водах обитает не менее девяти видов рода *Eualus* [13, 14]. Личиночное развитие большинства из них не описано. Личинки, относящиеся к роду *Eualus*, были пойманы на 97 станциях (63,0% от всех проб, в которых присутствовали ториды). Они встречались вдоль всего западно-камчатского шельфа (рис. 9).

Для рода *Eualus* обнаружены все стадии зоа. Личинки первой и второй стадий пойманы в северной и центральной части шельфа. Преобладали личинки, находящиеся на третьей и четвертой стадиях зоа над глубинами 15–430 м. Максимальная численность составила 450 экз./м². Личинки самого старшего возраста встречались в северной и центральной части шельфа.

Личинки *Eualus fabricii* II–IV стадии зоа были сосредоточены в центральном и южном районах шельфа. Зоа II стадии отмечены на двух станциях над глубинами 58–75,5 м. Личинки III стадии были сосредоточены в центральной и южной части шельфа над глубинами 28–99 м. Личинки IV стадии были обнаружены на юге над глубинами 30,5–75,5 м. Всего поймано 19 экземпляров данного вида.

Зоа *Eualus gaimardii* II–III стадий были обнаружены в южной части шельфа. Личинка II стадии зоа поймана на одной станции над глубиной 31 м. Третья стадия встречалась на двух станциях над глубинами 31–79 м.

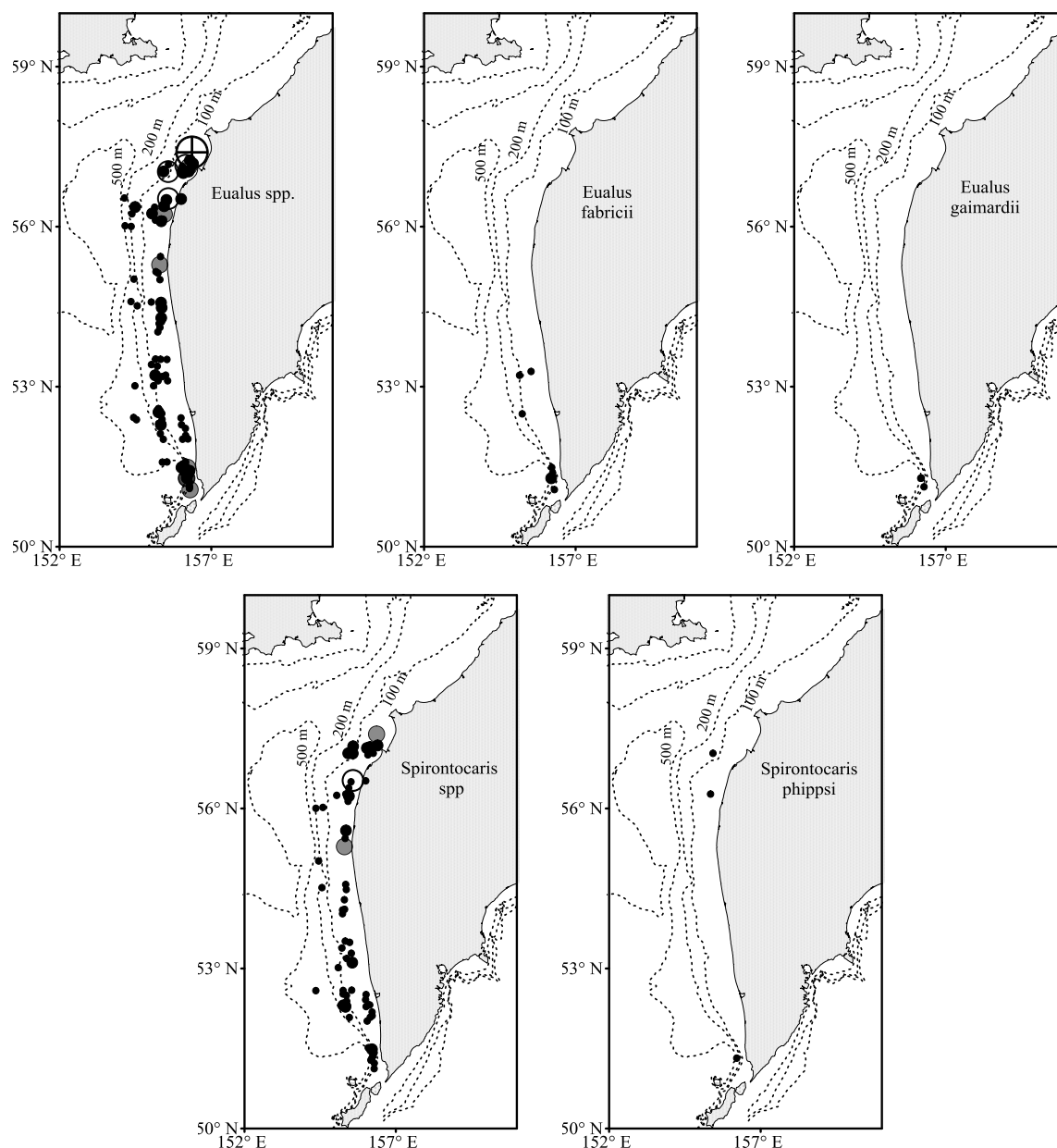


Рис. 9. Численность личинок креветок семейства Thoridae летом 2015 г. в восточной части Охотского моря, экз./м². Обозначения как на рис. 2

В прикамчатских водах обитают около 10 видов креветок из рода *Spirontocaris* [15, 16]. Определить видовую принадлежность этих личинок весьма затруднительно, так как к настоящему времени описаны лишь отдельные стадии развития *S. arcuata* Rathbun, 1902, *S. intermedia* Makarov & Kobjakova, 1936, *S. murchiei* Rathbun, 1902, *S. ochotensis* (Brandt, 1851), *S. phippsi*, *Sp. spinus* (Sowerby, 1805). Точное количество стадий для большинства остальных видов неизвестно (как правило, около 6).

Личинки этого рода были пойманы вдоль всего западно-камчатского шельфа. Обнаружены II–VI стадии зоза. Личинки второй стадии пойманы в центральной части побережья над глубинами 62–79 м. Зоэа третьей и четвертой стадий встречались вдоль всего побережья на глубинах до 125 м, их максимальная численность достигала 182 экз./м². Наибольшее скопление зоэа V–VI стадий наблюдалось в северном и центральном районах исследования. Зоэа *S. phippsi* пойманы на трех станциях в северной части шельфа над глубинами 32–100 м. В пробах отмечена только V стадия развития этого вида, их численность достигала не более 8 экз./м².

Взрослые особи *P. echinata* и *P. tridens* в восточной части Охотского моря не встречаются. Тем не менее их личинки I–II стадий зоза регулярно попадают в южной части западно-камчатского шельфа. По нашему мнению, они могут заноситься сюда из Тихого океана и района Курильских островов.

Р.Р. Макаров [1] отмечает, что личинки *N. communis* более редки в планктоне, чем личинки *M. intermedia*. По нашим же данным, первые встречаются в два раза чаще и в большем количестве, чем вторые.

Зоа Pandalidae и Thoridae на последней стадии развития пойманы, главным образом, на севере района исследования. В северной части западно-камчатского шельфа располагается одна из зон высокой биологической продуктивности [15], именно здесь отмечены наиболее значительные скопления личинок. Поэтому в данном районе можно обнаружить все стадии развития личинок у представителей этих семейств.

Последние стадии развития личинок Crangonidae были отмечены в южной части района. Зоа креветок из этого семейства появляются в планктоне на месяц позже, так как они обитают недалеко от берега, где вода прогревается позже. В южной части шельфа гидрологическое лето наступает раньше, поэтому здесь личинки крангонид развиваются быстрее. Не исключено также, что часть из этих личинок заносится сюда с юга.

Видовое разнообразие личиночного планктона в северной части шельфа меньше, поскольку здесь отсутствуют *C. dalli*, *A. crassa*, *A. lar*, *A. ovifer*, *P. echinata* и *P. tridens*. В имеющихся пробах отсутствуют личинки *Crangon septemspinosa* Say, 1818, отмеченные в восточной части Охотского моря в 1962, 1963 и в 1999–2003 гг. [1, 5]. Это связано с более поздними сроками лова планктона в эти годы. Обычно личинки данного вида появляются только во второй половине июля на малых глубинах. В 2015 г. планктон ловили с 6 июня по 16 июля. Личинки креветок рода *Lebbeus* к этому времени уже закончили свое укороченное развитие, поэтому также отсутствовали в пробах. Не попали в пробы также зоа мелких видов каридных креветок, обитающих у самых берегов на малых глубинах. Отмечено некоторое несоответствие распределения личинок по акватории с таковым, приведенным в более ранних публикациях [1, 5]. Это также можно объяснить разными сроками проведения исследований.

По мнению Р.Р. Макарова [1], по распределению личинок по акватории на I–II стадиях зоа можно косвенно судить о распределении взрослых особей. Наши данные подтверждают это. Так, по данным О.Г. Михайловой [16], *P. eous* встречается вдоль всего западного побережья Камчатки в диапазоне глубин 200–500 м. При этом в июне наибольшая ее численность отмечена у юго-западного побережья, где у изобаты 200 м формируется четко выраженное ядро скопления. Наши данные по распределению личинок совпадают с данными О.Г. Михайловой [16] по широтам и глубинам.

Заключение

В планктонных пробах, собранных в июне – июле 2015 г., было обнаружено более 20 видов личинок креветок из трех семейств (Crangonidae, Pandalidae, Thoridae), 14 из которых идентифицированы до вида. По причине отсутствия соответствующих описаний большинство видов из рода *Eualis* и *Spirontocaris* идентифицировать не удалось.

В пробах присутствовали личинки креветок, находящиеся на разных стадиях развития. У четырех видов (*M. intermedia*, *N. communis*, *P. goniurus*, *P. eous*) определены почти все стадии, чаще всего встречаются старшие личинки. Два вида представлены только самой младшей зоа (*P. echinata*, *P. tridens*). Укороченное развитие проходят виды из рода *Argis*. В июне – июле эти виды уже заканчивают свое развитие, поэтому в пробах – только старшие личинки.

Личинки большинства видов креветок отмечены преимущественно над глубинами от 14 до 100 м. Зоа креветок встречены в 80,2% обработанных проб. Самые большие скопления найдены на севере района исследования. Численность личинок обычно была не более 60 экз./м². В отдельных случаях наблюдались скопления *N. communis*, *P. goniurus* и род *Eualus* – до 180 экз./м². При продвижении от берега, начиная с 30-метровой глубины, количество личинок резко возрастало, а при достижении глубины 100 м – заметно падало.

Массовыми были личинки *M. intermedia*, *N. communis*, *P. goniurus*, *P. eous*, рода *Spirontocaris*. Максимальная численность наблюдалась на расположенных в северных районах западно-камчатского шельфа станциях за счет скоплений *N. communis* и рода *Eualus*. Личинки и старших, и младших стадий держатся далеко от берега.

В ходе работы были получены данные по количеству и распределению *C. dalli*, *P. echinata* и *P. goniurus*, *P. eous*, они очень похожи на данные Р.Р. Макарова [1] и Н.А. Седовой [5]. Так, *C. dalli* встречается, как правило, над малыми глубинами. Зоа *C. dalli* в пробах мало из-за

того, что личинки этого вида развиваются обычно в самой прибрежной зоне и не всегда доступны для лова с борта судна. Этим можно объяснить их небольшое количество в пробах.

Результаты проведенной работы позволяют предположить сроки появления в планктоне некоторых массовых видов. В более ранние сроки в планктоне появляются *P. echinata*, *P. goniurus*, *P. eous* и род *Eualus*. Личиночное развитие креветок, принадлежащих к родам *Crangon* и *Neocrangon*, начинается в июне – июле. Отдельные особи *P. goniurus*, *M. intermedia*, *N. communis* к началу июля уже заканчивают личиночное развитие, а у большинства других видов метаморфоз в это время еще продолжается.

Литература

1. Макаров Р.Р. Личинки креветок, раков-отшельников и крабов западно-камчатского шельфа и их распределение. – М.: Наука, 1966. – 164 с.
2. Калашиников Б.К. Изучение биологии северной креветки (*Pandalus borealis*) // Рыбное хозяйство. – 1984. – № 2. – С. 37–42.
3. Кобликов В.Н., Павлючков В.А., Надточий В.А. Бентос континентального шельфа Охотского моря: состав, распределение, запасы // Изв. ТИНРО. – 2002. – Т. – 124. – С. 27–38.
4. Макаров Р.Р. Разнос и распределение личинок десятиногих раков в планктоне западно-камчатского шельфа // Океанология. – 1969. – Т. 9, № 2. – С. 306–317.
5. Седова Н.А. Распределение личинок креветок в районе западнокамчатского шельфа в 1999 и 2001 гг. // Вопросы рыболовства. – 2004. – Т. 5, № 2 (18). – С. 193–205.
6. Седова Н.А., Григорьев С.С. Ключ для идентификации семейств и стадий развития личинок креветок (Decapoda, Caridea) из прикамчатских и сопредельных вод // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2016. – № 37. – С. 77–86.
7. Седова Н.А., Григорьев С.С. Определитель личинок креветок семейства Crangonidae (Decapoda, Caridea), проходящих неукороченное развитие в прикамчатских водах // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2017. – № 39. – С. 65–73.
8. Седова Н.А., Григорьев С.С. Ключ к определению личинок креветок семейства Pandalidae (Decapoda, Caridea) из планктона прикамчатских вод // Вестник СВНЦ ДВО РАН. – 2017. – № 4. – С. 111–121.
9. Иванов Б.Г. Личинки некоторых дальневосточных креветок в связи с их систематическим положением // Зоол. журн. – 1971. – Т. 50, вып. 5. – С. 657–665.
10. Haynes E.B. Early zoeal stages of *Lebbeus polaris*, *Eualus suckleyi*, *E. fabricii*, *Spirontocaris arcuata*, *S. ochotensis*, and *Heptacarpus camtschaticus* (Crustacea, Decapoda, Caridea, Hippolytidae) and morphological characterization of zoeae of *Spirontocaris* and related genera // Fish. Bull. – U.S., 1981. – 79 (3). – P. 421–440.
11. Sedova N.A., Grigoryev S.S. Morphological features of larvae of the genus *Argis* Kroyer 1842 (Decapoda, Crangonidae) from coastal Kamchatka and adjacent waters // Zoosystematica Rossica. – 2018. – 27(1). – P. 11–33.
12. Squires H.J. Decapod Crustacean Larvae from Ungava Bay // J. Northw. Atl. Fish. Sci. – 1993. – Vol. 10. – 168 p.
13. Марин И.Н. Малый атлас десятиногих ракообразных России. – М.: Тов. науч. изд. КМК, 2013. – 145 с.
14. Слизкин А.Г. Атлас-определитель крабов и креветок дальневосточных морей России. – Владивосток: ТИНРО-Центр, 2006. – 216 с.
15. Чернявский В.И. Циркуляционные системы Охотского моря // Изв. ТИНРО. – 1981. – Т. 105. – С. 13–19.
16. Михайлова О.Г. Промысел северной креветки *Pandalus borealis* у Западной Камчатки в 2004–2015 гг. // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. – 2016. – Вып. 40. – С. 42–49.

Информация об авторах
Information about the authors

Седова Нина Анатольевна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат биологических наук; доцент; доцент кафедры водных биоресурсов, рыболовства и аквакультуры; sedova67@bk.ru

Sedova Nina Anatolievna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Biological Sciences; Associate Professor; Associate Professor of Water Bioresources, Fishery and Aquaculture Chair; sedova67@bk.ru

Пташкина Екатерина Максимовна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; студент магистратуры; kate_smiled@mail.ru

Ptashkina Ekaterina Maximovna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Master's Student; kate_smiled@mail.ru

УДК [502.51:504.5+581.526.3](262.54)

О.В. Степаньян, В.В. Кулыгин

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИВОВ НЕФТИ НА ПРИБРЕЖНО-ВОДНЫЕ И ВОДНЫЕ РАСТЕНИЯ АЗОВСКОГО МОРЯ: МОДЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

В последние годы отмечен рост загрязнения российской акватории Азовского и Чёрного морей нефтью и нефтепродуктами. Особо опасными являются их залповые выбросы (исчисляемые сотнями тысяч тонн) в результате аварий. С 2010 г. постоянно повышается интенсивность перевозок нефти и нефтепродуктов по маршруту Азов – Керчь, в том числе транзитом через реку Дон, их объёмы составляют более 10 млн т в год. При увеличении интенсивности перевозок углеводородного сырья танкерами возрастает вероятность разливов нефти, она составляет, по разным источникам, от 0,1 до 0,5% его общего объёма. Одним из основных компонентов морских прибрежных экосистем, подверженных негативному воздействию углеводородов нефти, являются макроводоросли и водные растения. В настоящей работе на основе методов математического моделирования проведена оценка степени воздействия вероятных разливов нефти на прибрежно-водные и водные растения Азовского моря, выявлены основные пути их переноса и районы накопления в береговой зоне. Выделены малоустойчивые сообщества подводных трав, устойчивые сообщества макроводорослей и высокоустойчивые сообщества тростника южного. При оценке устойчивости учитывали видовой состав сообществ, проективное покрытие и биомассу фитобентоса, степень устойчивости видов к нефтяному воздействию. Выявлено, что разливы нефти объёмом 1 000 т не окажутся критичными для развития прибрежно-водных и водных растений на большей части акватории Азовского моря и не приведут к значительному ущербу большую часть года. Основным вектор переноса нефти будет направлен с востока на запад. Разлившиеся нефтепродукты в наибольшей степени будут накапливаться на Арабатской Стрелке и косах в северной части Азовского моря. В период его осолонения (который отмечается с 2010 г. по настоящее время) формируются более устойчивые к воздействию нефти и нефтепродуктов сообщества морских трав, прежде всего *Zostera noltii*, а в периоды распреснения – менее устойчивые сообщества из представителей *Potamogeton*, *Ceratophyllum*, *Myriophyllum* и *Vallisneria*.

Ключевые слова: Азовское море, математическое моделирование, разливы нефти, макрофиты, прибрежно-водные растения, система прогнозирования «EX-MARE», *Phragmites australis*, *Zostera*, *Potamogeton*.

O.V. Stepanyan, V.V. Kulygin

THE IMPACT OF OIL SPILLS ON COASTAL AQUATIC AND AQUATIC PLANTS OF THE AZOV SEA: A SIMULATION EXPERIMENT

In recent years it was indicated that the pollution of the Russian water area of the Azov and Black sea with oil hydrocarbons was increased. The major blowouts (hundreds of thousands of tons) caused by the accidents are extremely dangerous. Since 2010, the intensity of oil and oil products transportation along the Azov – Kerch route, including transit through the Don river has been steadily increased. The volume of hydrocarbons transported by river-sea vessels in the sea of Azov is more than 10 million tons per year. Due to the high intensity of hydrocarbon raw materials transportation by tankers, the probability of oil spills increases and according to various sources it reaches from 0,1 to 0,5% of the total volume. Macroalgae and aquatic plants are one of the main components of the marine coastal ecosystem which are exposed to negative effects of oil hydrocarbons. On the basis of mathematical modeling methods, the degree of probable oil spills impact on the coastal water and aquatic plants of the Azov sea is estimated in this work. The main ways of their transfer and areas of accumulation in the coastal zone are identified. The unstable communities of underwater grasses, stable communities of macroalgae and highly stable communities of the reed are detected. The species composition of communities, projective cover and biomass of phytobenthos, the degree of species resistance to oil effects were taken into account in analyzing the resistance. It was found that oil spills of 1000 tons will not be critical for the development of coastal water and aquatic plants in the most of the water area of the Azov sea and will not lead to significant damage most of the year. The main vector of oil transfer will be directed from East to West. The spilled oil products will accumulate to the greatest extent on the Arabat spit and spits in the northern part of the Azov sea. During the salinization period of the Azov sea, which is celebrated since 2010 till present, more resistant to oil and oil products communities of marine herbs, especially *Zostera noltii* form. During periods of desalination less stable communities of *Potamogeton*, *Ceratophyllum*, *Myriophyllum* and *Vallisneria* representatives develop.

Key words: the Azov sea, mathematical modeling, oil spills, macrophytes, coastal-water plants, the "EX-MARE" system forecasting, *Phragmites australis*, *Zostera*, *Potamogeton*.

DOI: 10.17217/2079-0333-2018-46-114-122

Введение

В последние годы отмечен рост загрязнения российской акватории Азовского и Чёрного морей углеводородами нефти [1–5]. Особо опасными являются залповые выбросы (сотни, тысячи тонн) нефти или нефтепродуктов в результате аварий, как, например, при катастрофе в Керченском проливе в 2007 г., когда в морскую среду попало свыше 2 000 т мазута [6]. С 2010 г. постоянно повышается интенсивность перевозок нефти и нефтепродуктов по маршруту Азов – Керчь, в том числе транзитом через р. Дон. Объем перевозимых углеводородов судами типа «река – море» в Азовском море составляет более 10 млн т в год. Известно, что при увеличении интенсивности перевозок углеводородного сырья танкерами («море», «река – море») возрастает вероятность разливов нефти, составляя, по различным источникам, от 0,1 до 0,5% от общего объема перевозимой нефти [7–11]. Один из основных компонентов морской прибрежной экосистемы, подверженный негативному воздействию при авариях и хроническом поступлении углеводородов нефти в морскую среду, – макроводоросли и водные растения [12]. Макрофиты выполняют ряд важных экосистемных функций: формируют биотопические условия для других живых организмов, создают органическое вещество, выделяют кислород и поглощают углекислый газ, участвуют в регуляции жизнедеятельности морских организмов, служат пищей для многочисленных видов животных от простейших и беспозвоночных до птиц и млекопитающих. Поэтому представлялось важным, используя методы математического моделирования, провести оценку степени возможного воздействия разливов нефти на прибрежно-водные и водные растения Азовского моря и выявить основные пути переноса и накопления нефти в береговой зоне и степень устойчивости растений.

Материалы и методы

Для оценки видового разнообразия и распределения прибрежно-водных и водных растений использован полевой ботанический материал, собранный одним из авторов в 2005–2012 гг. в Азовском море, в том числе в российском побережье Керченского полуострова, также включая количественные и качественные пробы, собранные в ходе работ, проводившихся на НИС «Денеб» и НИС «Профессор Панов». Дополнительно был проведен анализ отечественных и зарубежных публикаций, касающихся альгофлоры Азовского моря. При нормировании степени устойчивости сообществ растений использовали принятые в гидробиотических работах [13, 14] балльные оценки (устойчивости сообществ фитобентоса к антропогенному воздействию) от 1 до 3, где 1 – малоустойчивые сообщества, 2 – устойчивые сообщества, 3 – высокоустойчивые сообщества. При оценке устойчивости учитывали видовой состав растительных сообществ, проективное покрытие дна, биомассу, степень устойчивости к нефти.

Для оценки риска загрязнения береговой зоны Азовского моря была использована система прогнозирования «EX-MARE» [15, 16] и входящая в нее математическая модель распространения нефти в морской среде [17]. Подготовлены сценарии аварийных разливов в точках, расположенных вдоль основных морских путей транспортировки грузов в Азовское море. Весь транспортный путь был разделен на 81 участок. Для каждого из них проведен расчет индекса опасности разлива нефти I_{os} , измеряемого в условных баллах (от 0 до 100), и пропорционального количеству судов, перевозящих нефтепродукты по указанному участку [18]. В расчет включали маршруты из следующих портов: Ростов-на-Дону (транзит), Ейск, Мариуполь, Бердянск, Геническ, Приморско-Ахтарск, Таганрог и Темрюк (рис. 1). На основе индекса опасности нефтеразливов и информации о повторяемости ветровых ситуаций в разные сезоны [19] проводили модельные эксперименты для оценки возможного загрязнения береговой линии Азовского моря.

Моделировались сценарии залповых сбросов нефтепродуктов (объемом 1 000 т) из каждой точки маршрута транспортировки нефти в Азовском море. Всего их было 648, в связи с выбором 81 точки сброса и 8 направлений ветра по основным румбам. Растекание нефти и формирование начального пятна (слика) контролировалось толщиной пленки. В дальнейшем выполнялось его

деление на 100 микропятен, каждое из которых, судя по результатам вычислений, или рассеивалось в водной толще, или достигало береговой линии, или покидало границы акватории Азовского моря. В ходе каждого модельного эксперимента оценивали территорию загрязнения нефтью береговой зоны.

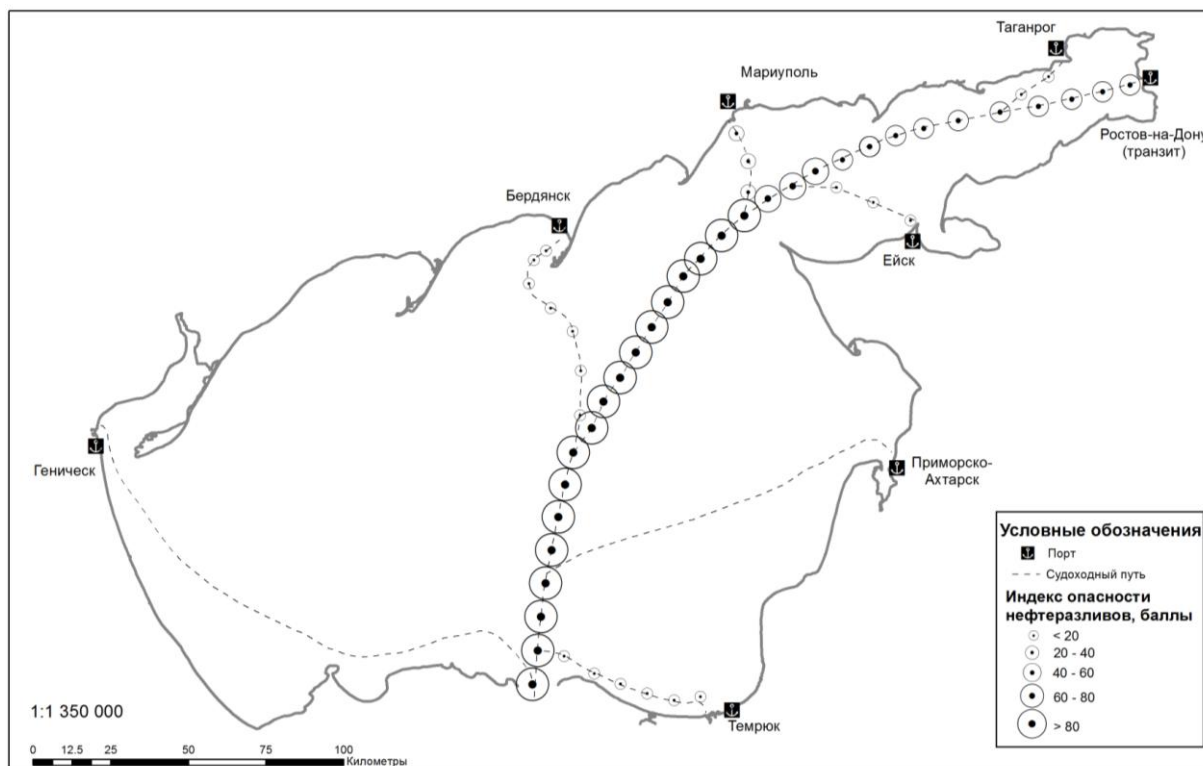


Рис. 1. Индекс опасности нефтеразливов в Азовском море

Результаты и обсуждение

Описание сообществ прибрежно-водных и водных растений

Для Азовского моря, Керченского пролива и Таманского залива выявлено 17 видов зеленых водорослей, 5 видов бурых и 23 вида красных водорослей [20]. В Таганрогском заливе доминируют зеленые водоросли родов *Ulva*, *Cladophora*, *Rhizoclonium*, *Chaetomorpha*. На остальной части Азовского моря и Керченского пролива преобладают морские макроводоросли из родов *Ulva*, *Chaetomorpha*, *Ceramium*, *Polysiphonia*, играющие существенную роль в формировании продуктивности прибрежных экосистем (сырая масса прикрепленных макроводорослей достигает $0,3\text{--}1,5\text{ кг/м}^2$, неприкрепленных – $0,5\text{--}8,5\text{ кг/м}^2$). Зеленые и красные водоросли образуют эпифитные синусии на водной и прибрежно-водной растительности. Несмотря на то, что количество видов бурых водорослей в Азовском и Черном морях значительно меньше, чем красных и зеленых, они играют в прибрежной экосистеме важную роль, поскольку некоторые из них – *Cystoseira barbata* и *C. crinita* – являются доминантами и эдификаторами сублиторальных фитосообществ средиземноморского типа. Сообщества красных и бурых водорослей приурочены к юго-западной части Азовского моря. На твердых естественных субстратах доминируют бурые водоросли (*C. barbata* и *C. crinita*), на рыхлых – морские травы (*Zostera marina*, *Z. noltii*) и харовые водоросли (*Chara aculeolata*).

В настоящее время произошли изменения в соотношении основных групп водорослей в Азовском море, что обусловлено колебаниями солености, связанными с изменениями климата. Ранее в период распреснения Азовского моря здесь преобладало менее разнообразное сообщество с отчетливо выраженным доминированием небольшого числа видов. В настоящее время при увеличении солености видовое разнообразие в сообществах макроводорослей возрастает. Для Таганрогского залива значение индекса Шеннона равно 0,65, для прибрежной части Азовского моря – 1,04, для Таманского залива – 1,38.

Во флоре Азовского моря преобладают космополиты (44,5%) и широкобореальные виды (36,7%) водорослей, арктическо-бореальные виды составляют 5,7%, бореально-тропические – 6,1%. Последняя группа водорослей локализована в прикерченском районе моря. Таким образом, условия водной среды в Азовском море оптимальны для развития космополитов и бореальных видов, отличающихся устойчивостью к динамично изменяющимся факторам окружающей среды.

Макроводоросли Азовского моря представлены мезо- и полисапробными видами, что определяет мезотрофный статус Азовского моря. На наш взгляд, это обусловлено не столько антропогенной эвтрофикацией вод Азовского моря, сколько действием естественных факторов. Сравнение собственных данных [20] с результатами более ранних исследований [21] показало, что видовое разнообразие и соотношение видов макроводорослей в сапробных группах изменилось. При этом список видов-полисапробов Азовского моря пополнился новым представителем – *Ulva rigida*. В значительной степени изменяется область распространения таких крупных бурых водорослей, как *C. barbata* и *C. crinita*. В середине 2000-х гг. они встречались только в районе Керченского пролива [22], но с 2010-х гг. *C. barbata* начала проникать в Азовское море и распространилась здесь вплоть до м. Казантип. Отметим, что разнос течениями жизнеспособных фертильных талломов *C. barbata* C. Ag. var. *barbata* f. *flaccida* (Kütz.) Woronich., судя по нашим наблюдениям [20], может достигать Таганрогского залива.

Распределение морских трав в Азовском море зависит не только от солености воды, но и от гранулометрического состава донных отложений. Морские травы предпочитают песчано-илистые грунты [23–24]. Этим объясняется практически полное отсутствие *Z. marina* и *Z. noltii* в Темрюкском заливе, где развитие трав лимитируется распространением подвижных песчано-ракушечных грунтов. Морские травы (*Z. marina*, *Z. noltii*, *St. pectinata*, *Ruppia spiralis*, *R. maritima*, *Zannichellia major*) формируют в Азовском море и Таманском заливе сообщества с биомассой от 1 до 5–6 кг/м² (табл. 1).

Таблица 1

Средние значения сырой биомассы (кг/м²) водных трав Азовского моря и Таманского залива по: [20]

Сообщество	Авандельта р. Дон	Ейский лиман	Бейсугский лиман	Таманский залив
<i>Ruppia spiralis</i>	–	–	–	0,7
<i>R. maritima</i>	–	–	0,3	0,5
<i>Zostera marina</i>	–	–	–	2,2
<i>Z. noltii</i>	–	0,3	0,4	1,4
<i>Zannichellia major</i>	–	0,3	0,2	0,5
<i>Najas marina</i>	–	0,4	0,4	0,4
<i>Potamogeton pectinatus</i>	1,3	2,4	1,6	2,2
<i>P. perfoliatus</i>	2,1	–	–	–
<i>Myriophyllum spicatum</i>	0,5	–	–	–
<i>Vallisneria spiralis</i>	1,8	–	–	–

Примечание. Прочерк – отсутствие видов.

Скопления трав приурочены к относительно защищенным от волн заливам и лиманам. Распространение трав на большую часть Азовского моря (несмотря на подходящие глубины) ограничено отсутствием подходящих грунтов. Здесь широко развиты обводненные пелитовые и алевритовые илы, толщина которых может составлять до 0,5 м. Активная абразия берегов и поступление в прибрежные мелководья абразивного материала также препятствует развитию водной растительности.

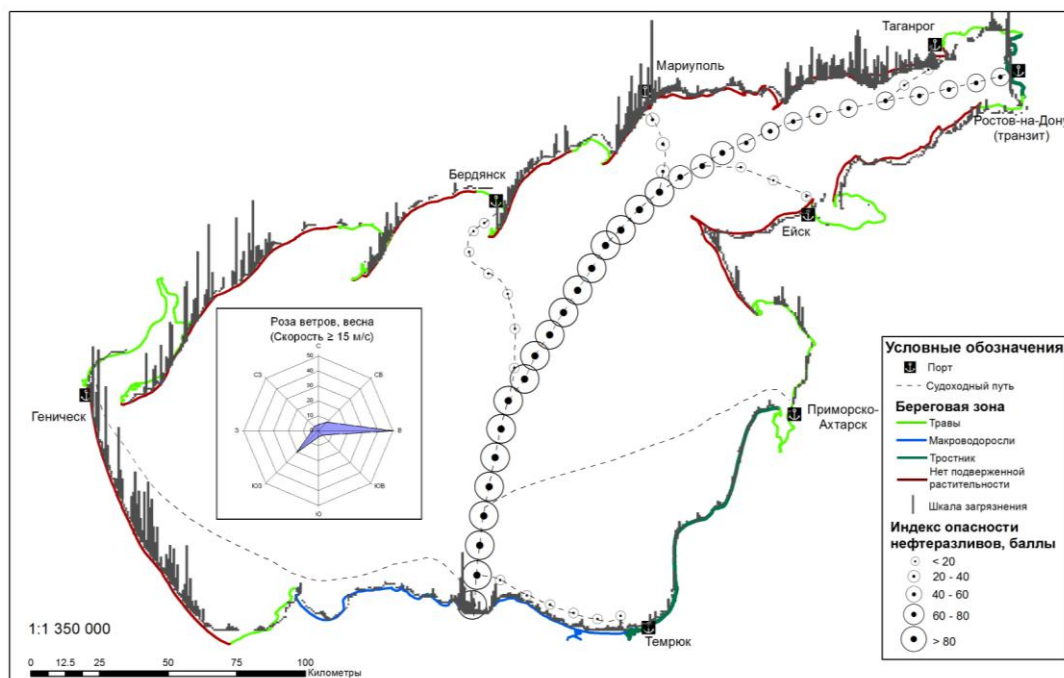
Пресноводные травы *P. perfoliatus* и *Myriophyllum spicatum* сосредоточены в опресненном Таганрогском заливе. *Z. marina* и *Z. noltii* произрастают в юго-западной части Азовского моря, составляя основу донных фитоценозов в Керченском проливе и Таманском заливе. Наши наблюдения показали, что до 2010 г. происходило сужение зоны обитания морских трав в Азовском море. Так, *Z. noltii* лишь единично встречалась в Ейском лимане, хотя в начале 1980-х гг. была здесь массовым видом [25]. Освободившиеся биотопы осваивали пресноводные цветковые растения. Но в связи с ростом солености в Азовском море, начавшимся с 2014 г., *Z. noltii* снова обнаруживается в Ейском лимане и в районе Беглицкой косы.

Сообщества прибрежно-водных растений (с доминированием *Phragmites australis*) ограничены в своем пространственном распределении распресненными до 5‰ участками побережья и приурочены к дельтовым областям рек Дон и Кубань [25].

Официальная добыча водорослей и трав в Азовском море (российский сектор) не ведется. Небольшой объем выброшенной травы *Zostera*, «камки», собирается у берегов Украины. Ориентировочный объем изъятия, зачастую нелегального, составляет не более 100 т. В российской части Черного моря квотируется допустимое изъятие двух промысловых объектов: *Cystoseira* (2 вида) и морских трав *Zostera* (2 вида). Основной запас представителей рода *Cystoseira* в российских водах Черного моря концентрируется в районе Туапсе – Анапа. Промысловые запасы морских трав рода *Zostera* сосредоточены в Таманском заливе и оцениваются в 70 тыс. т, при этом в 2018 г. к изъятию было рекомендовано всего 200 т [26]. Более 90% разрешенного объема изъятия водорослей и трав в российской части Черного и Азовского морей в настоящее время не осваивается из-за отсутствия интереса добывающих компаний к этому ресурсу.

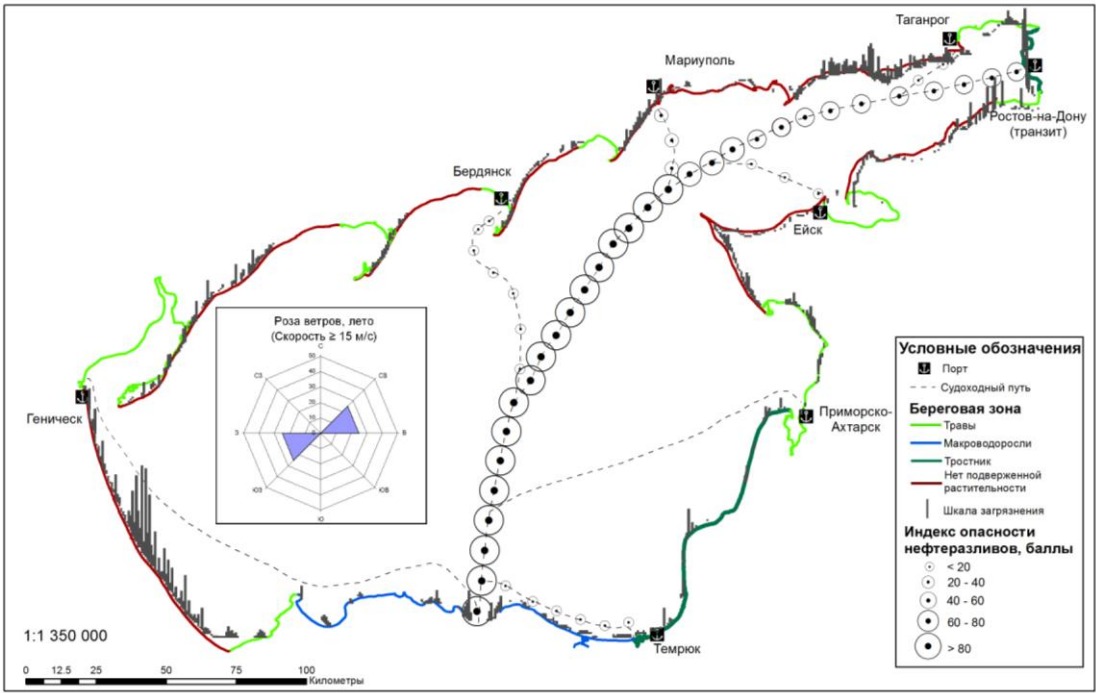
Оценка вероятности загрязнения береговой линии Азовского моря

Для оценки вероятности загрязнения береговой зоны при аварийных разливах нефти границная область моделирования была разделена на Керченский пролив и участки береговой линии Азовского моря с разными типами водной растительности: травами, макроводорослями, тростником, – и участки, не имеющие растительного покрова. Для каждого из сезонов года (кроме зимы) и всего года в целом результаты оценки объемов нефти, достигших береговой зоны, при разных сценариях развития ситуации суммировались. Суммарную величину нефтяного загрязнения для каждого участка береговой зоны выражали как относительную величину, характеризующую вероятность загрязнения береговой линии в соответствующий сезон. На основе этих данных получены вероятностные картосхемы загрязнения береговой зоны по сезонам (рис. 2). Они показывают, что зоны максимального вероятного загрязнения соответствуют направлению преобладающих ветров. В ходе исследований была определена вероятность загрязнения участков с разным типом растительности по сезонам, выраженная в процентах (табл. 2).

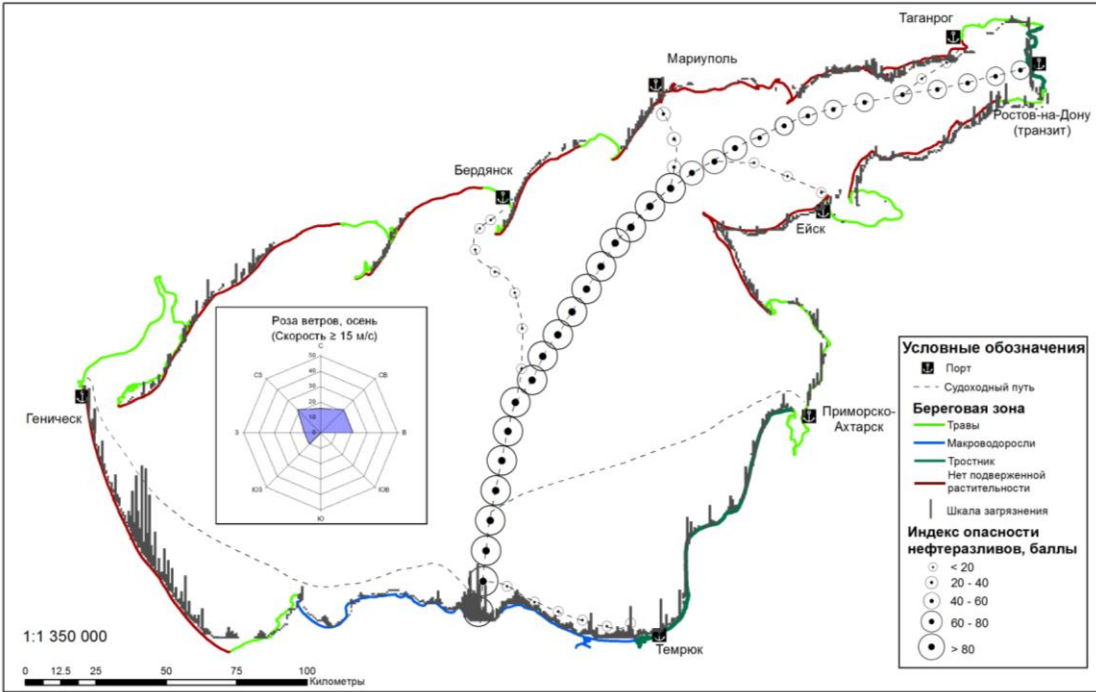


а

Рис. 2. (Начало) Оценка риска загрязнения береговой зоны Азовского моря при аварийных разливах нефтепродуктов:
а – весна, б – лето, в – осень



б



в

Рис. 2. (Окончание) Оценка риска загрязнения береговой зоны Азовского моря при аварийных разливах нефтепродуктов: а – весна, б – лето, в – осень

Таблица 2

Вероятности загрязнения береговой зоны Азовского моря, %

Участки граничной области		Сезон			
		Весна	Лето	Осень	Год
Береговая зона	Травы	6	9	8	7
	Макроводоросли	7	5	16	10
	Тростник	5	13	14	10
	Отсутствие растительности	80	72	57	70
Керченский пролив		2	1	5	3

Оценка устойчивости прибрежно-водных и водных растений и их сообществ к разливам нефти

Наиболее устойчивые сообщества к разливам нефти и нефтепродуктов – это тростниковые заросли. Тростник составляет основу растительности в дельтовых областях Дона и Кубани и занимает площадь более 500 и 4 000 км² соответственно, ширина по береговой линии составляет не менее 30 км для Дона и 110 км для Кубани (табл. 2). Тростник, как известно, выполняет роль биофильтра при очистке загрязненных вод [27]. Известно также, что плотные заросли тростника (свыше 100 растений на 1 м²) на участке шириной 10–15 м могут полностью погасить волну высотой 1 м [28] и, соответственно, ограничивать проникновение в глубь зарослей нефтепродуктов, особенно вязкой нефти или мазута.

На Керченском полуострове и в районе м. Ахиллеон на твердых субстратах формируются водорослевые сообщества, устойчивые к действию нефти и нефтепродуктов, с доминированием – *Ulva*, *Ceramium*, *Cystoseira*, которые, как показали эксперименты, в течение 10 и более суток могут вынести воздействие значительных концентраций нефтетоксикантов (до 50 мг/л) [29]. Протяженность береговой линии с такими сообществами составляет 80 км (табл. 2). Необходимо учитывать, что удаление нефтепродуктов с твердых пористых поверхностей (например, известняка) – это трудновыполнимая задача. Опыт ликвидации катастрофы, связанной с разливом в Керченском проливе в ноябре 2007 г. нефтепродуктов, показал, что удалить мазут с таких субстратов возможно только при использовании специальных технических средств, подающих горячую смесь диспергентов под давлением. Это, естественно, приводит к почти 100%-ной гибели всех живых организмов, в том числе и уцелевших в катастрофе водорослей.

Наименее устойчивые к действию нефти растительные сообщества образуют подводные травы [30]. Нефть и ее продукты могут повреждать растения механически, налипая на стебли и листья и обламывая их. Кроме того, они могут подавлять фотосинтез и дыхание, влиять на метаболизм растений. Наибольшие площади водная растительность занимает в придельтовых акваториях, на устьевых барах, а также в заливах и лиманах. Площадь таких участков составляет не менее 55 км², протяженность по береговой линии – 270 км. При оценке воздействия возможных разливов нефти важно учитывать многолетние колебания солености в Азовском море, поскольку в период его осолонения при среднегодовых значениях соленость выше 14‰. Здесь будут формироваться более устойчивые к воздействию нефти и нефтепродуктов сообщества морских трав, прежде всего *Zostera noltii*, а в периоды распреснения при среднегодовых значениях солености около 10‰ – менее устойчивые сообщества из представителей *Potamogeton*, *Ceratophyllum*, *Myriophyllum* и *Vallisneria*.

Отметим, что на значительной акватории моря донные отложения сформированы подвижными песчаными грунтами, особенно в районах азовских кос: Долгая, Утлюкская, Обиточная, Бердянская, Белосарайская, Кривая, Арабатская Стрелка – подводная растительность особенно с мористой стороны практически отсутствует. На этих же участках расположены природные парки и заказники, их большая часть приходится на украинское побережье. Указанные зоны (за исключением Утлюкской косы) наиболее освоены и застроены коттеджами, базами отдыха, санаториями (на каждой косе имеется не менее 200 строений). Это приводит к интенсивному сбросу канализационных сточных вод, в том числе содержащих нефтепродукты. Выполненные нами расчеты показывают, что именно на указанные районы, особенно на Арабатскую Стрелку, могут приходиться основные объемы выброшенной нефти. Ущерб для макрофитов из-за их отсутствия не будет, но в этом случае возможно проникновение нефти и нефтепродуктов в Сивашский лиман, а это уже может иметь для макрофитов и других компонентов экосистемы катастрофические последствия.

В весенний период, когда у высших водных растений и водорослей наиболее интенсивны процессы роста и формирования репродуктивных органов, воздействие вероятных разливов нефти будет максимальным. Оно может повлиять не только на жизнедеятельность сеголетних растений, но и на их потомство. Осенью, особенно поздней, когда вегетация у большинства растений заканчивается и наблюдается их массовое отмирание, воздействие будет минимальное. Отметим, что подобная ситуация имела место в ноябре 2007 г., что обусловило незначительное воздействие на водные и прибрежно-водные растения.

Резюмируя вышесказанное, отметим, что разлив нефти объемом 1 000 т не будет критичным для развития прибрежно-водной и водной растительности на большей части акватории Азовского моря и не приведет к значительному экологическому и экономическому ущербу.

Отметим, что проведение аналогичной оценки воздействия вероятных разливов нефти на другие компоненты прибрежных сообществ Азовского моря – беспозвоночных, рыб, птиц, млекопитающих – могло бы позволить более точно оценить вероятные риски и возможный ущерб экосистеме Азовского моря и сложившейся здесь системе хозяйственной деятельности.

Исследования проведены за счет государственной субсидии на проведение НИР «Анализ динамики природных систем на основе мегабаз данных за многолетний (IX–XX вв.) период наблюдений» (№ 01201450487); часть работы, связанная с моделированием загрязнения береговой зоны Азовского моря, выполнена В.В. Кулыгиным при поддержке гранта РФФИ № 16-35-60043 мол_а_дк.

Литература

1. Современные данные по загрязнению Азовского и Чёрного морей углеводородами нефти / Г.Г. Матишов, О.В. Степаньян, В.М. Харьковский, В.Г. Соьер // Вестник Южного научного центра. – 2014. – Т. 10, №4. – С. 49–52.
2. Особенности гидролого-гидрохимического режима Азовского и Черного морей в 2013 г. / Г.Г. Матишов, О.В. Степаньян, К.С. Григоренко, В.М. Харьковский, В.В. Поважный, В.Г. Соьер // Вестник Южного научного центра. – 2015. – Т. 11, № 2. – С. 36–44.
3. Нефтяное загрязнение Азовского и Черного морей растет / Г.Г. Матишов, О.В. Степаньян, В.М. Харьковский, В.Г. Соьер // Природа. – 2016. – № 5. – С. 64–69.
4. Немировская И.А., Полякова А.В., Юхимук В.Д. Распределение и состав углеводородов в прибрежных водах северо-восточной части Черного моря // Вестник Московского университета. Серия 5. География. – 2013. – № 6. – С. 16–22.
5. Загрязнение прибрежной акватории российского Причерноморья нефтяными компонентами / А.А. Ларин, Л.Ф. Павленко, Г.В. Скрыпник, И.Г. Корпакова // Морской экологический журнал. – 2011. – Спец. вып. 2. – С. 49–55.
6. Матишов Г.Г., Инжебейкин Ю.И., Савицкий Р.М. Воздействие на среду и биоту аварийного разлива нефтепродуктов в Керченском проливе в ноябре 2007 г. // Водные ресурсы. – 2013. – Т. 40, № 3. – С. 259–273. DOI: 0.7868/S0321059613020041.
7. Нельсон-Смит А. Нефть и экология моря. – М.: Прогресс, 1977. – 302 с.
8. Патин С.А. Нефть и экология континентального шельфа. – М.: ВНИРО, 2001. – 247 с.
9. Немировская И.А. Углеводороды в океане (снег – лед – вода – взвесь – донные осадки). – М.: Научный мир, 2004. – 328 с.
10. Немировская И.А. Нефть в океане (загрязнение и природные потоки). – М.: Научный мир, 2013. – 432 с.
11. ITOPF (International Tanker Owners Pollution Federation), Oil spill statistics // Ocean Orbit. – 1999. – Р. 6–12.
12. Степаньян О.В., Воскобойников Г.М. Влияние нефти и нефтепродуктов на морфо-функциональные особенности морских макроводорослей // Биология моря. – 2006. – Т. 32, № 4. – С. 241–248.
13. Шахин Д.А., Пинаев В.Е. Оценка современного состояния окружающей среды в рамках экологического сопровождения проектов. – М.: МАКС Пресс, 2013. – 214 с.
14. Шавыкин А.А., Ильин Г.В. Оценка интегральной уязвимости акватории Баренцева моря от нефтяного загрязнения. – Мурманск: ММБИ КНЦ РАН, 2010. – 110 с.
15. Программный комплекс "EX-MARE" – система краткосрочного прогнозирования опасных природных явлений в регионе Азовского моря / С.В. Бердников, А.А. Шавыкин, В.В. Кулыгин, Н.А. Яицкая, Л.В. Дашкевич, А.Л. Чикин, О.Е. Архипова, Н.В. Лихтанская, В.В. Сорокина, Л.Д. Немцева, А.А. Магаева, Г.В. Макаровский // Экология, экономика, информатика. Т. 1. Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. – Ростов/н/Д: ЮФУ, 2015. – С. 47–59.
16. EX-MARE – forecasting system of natural hazards in the Azov Sea region / S.V. Berdnikov, L.V. Dashkevich, V.V. Kulygin, I.V. Sheverdyayev., I.A. Tretyakova, N.A. Yaitskaya // Geography, Environment, Sustainability. – 2018. – Т. 11, № 2. – С. 29–45.
17. Методы прогнозирования загрязнения нефтью побережья Азовского моря в случае аварийных разливов при транспортировке судами / С.В. Бердников, А.А. Шавыкин, В.В. Кулыгин,

Н.А. Яицкая // Экология, экономика, информатика. Т. 1. Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. – Ростов/нД: ЮФУ, 2015. – С. 59–64.

18. Эколога-экономические проблемы Азовского моря / под ред. Б.В. Буркинского, В.Н. Степанова, С.В. Бердникова. – Одесса: Феникс, 2009. – 532 с.

19. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Том V. Азовское море / под ред. Н.П. Гоптарева. – СПб.: Гидрометеиздат, 1991. – 234 с.

20. Степаньян О.В. Распределение макроводорослей и морских трав Азовского моря, Керченского пролива и Таманского залива // Океанология. – 2009. – Т. 49, № 3. – С. 393–399.

21. Калугина-Гутник А.А. Фитобентос Черного моря. – Киев: Наукова думка, 1975. – 248 с.

22. Садогурский С.Е. К изучению макрофитобентоса у черноморского побережья Керченского полуострова (Крым) // Альгология. – 2007. – Т. 17, № 3. – С. 345–360.

23. Мильчакова Н.А. Морские травы южных морей Евразии: состав, распространение и структурно-функциональные особенности (обзор) // Тр. ЮгНИРО. – 2008. – Т. 46. – С. 93–101.

24. Мильчакова Н.А. Статистический анализ влияния гранулометрического состава донных осадков на численность и размерную структуру популяций морфоструктуры *Zostera marina* L. в Черном море // Экология моря. – 1989. – Вып. 32. – С. 59–63.

25. Громов В.В. Макрофитобентос южных морей России. Водоросли северо-кавказского побережья Черного моря, прибрежно-водная растительность Азовского моря и Северного Каспия. – Palmarium Academic Publishing, 2012. – 337 с.

26. URL: <http://www.rostov-fishcom.ru/otdely/oort/docs/> (дата обращения 15.10.2018 г.)

27. Морозов Н.В. Экологическая биотехнология: очистка природных и сточных вод макрофитами. – Казань, 2001. – 395 с.

28. Волков В.А. Волногасящие способности прибрежных зарослей водной растительности // Речной транспорт. – 1957. – № 10. – С. 30–32.

29. Степаньян О.В. Влияние нефти и нефтепродуктов на ранние стадии развития макроводорослей Черного моря // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2018. – № 3. – С. 32–37.

30. Lewis M., Pryor R. Toxicities of oils, dispersants and dispersed oils to algae and aquatic plants: Review and database value to resource sustainability // Environmental Pollution. – 2013. – V. 180. – P. 345–367.

Информация об авторах Information about the authors

Степаньян Олег Владимирович – Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук; 344006, Россия, Ростов-на-Дону; кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник; step@ssc-ras.ru

Stepanyan Oleg Vladimirovich – Federal Research Center, The Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences; 344006, Russia, Rostov-on-Don; Candidate of Biological Sciences; Leading Researcher; step@ssc-ras.ru

Кулыгин Валерий Валерьевич – Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук; 344006, Россия, Ростов-на-Дону; кандидат технических наук; старший научный сотрудник

Kulygin Valerii Valerievich – Federal Research Center, The Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences; 344006, Russia, Rostov-on-Don; Candidate of Technical Sciences; Senior Researcher

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

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

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

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

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

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

05.18.00 – технология продовольственных продуктов:

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

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

05.18.17 – Промышленное рыболовство (технические науки).

03.02.00 – общая биология:

03.02.08 – Экология (биологические науки);

03.02.04 – Зоология (биологические науки);

03.02.10 – Гидробиология (биологические науки);

03.02.14 – Биологические ресурсы (биологические науки).

В рамках общих направлений предпочтение отдается следующим профилям:

– научно-информационное обеспечение развития технических систем, контроля природной среды и использования природных ресурсов;

– аквакультура и охрана водных биологических ресурсов и среды их обитания, воздействие природных и антропогенных факторов на состояние водных экосистем;

– пищевые технологии и рыбоперерабатывающая техника.

Редакция оставляет за собой право отклонять статьи, не соответствующие профилю журнала

В журнале печатаются результаты, ранее не опубликованные и не предназначенные к одновременной публикации в других изданиях.

Работа должна соответствовать указанным выше направлениям, обладать несомненной новизной, иметь теоретическую и практическую значимость. Рукописи статей должны быть подготовлены на высоком научном уровне и содержать результаты исследований по соответствующей проблематике. Материалы исследований, присланные в журнал, не должны содержать заимствований из работ, принадлежащих другим ученым. Ссылки на исследования других специалистов даются в порядке, определенном традициями научного сообщества.

Рукописи должны быть оформлены в соответствии с правилами оформления, принятыми в журнале. Журнал публикует статьи на русском языке.

Направление рукописей

Рукописи статей в электронном виде направляются в редакцию журнала по адресу: vestnik@kamchatgtu.ru. Название файла должно содержать фамилию автора статьи.

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

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

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

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

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

Рецензирование рукописей

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

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

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

Рукописи, получившие рекомендации по доработке, отправляются авторам с замечаниями рецензентов. Доработанный вариант и письмо с ответами на замечания рецензентов необходимо прислать в редак-

цию 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)	

Приложение 2

Согласие автора

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

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

автор рукописи _____

(название рукописи)

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

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

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

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

наименование
организации

должность

дата

подпись

расшифровка
подписи

**АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В ЖУРНАЛЕ
«ВЕСТНИК КАМЧАТГТУ» В 2018 ГОДУ (№ 43–46)**

Айтукаев К.И., Карпенко В.И., ЗикунOVA О.В. Особенности темпа роста чавычи реки Камчатка.....	44	70–75
Алешков А.В., Земляк К.Г., Жебо А.В. Синергетические мультиэффекты лактулозы в обогащенных продуктах питания	43	44–54
Алешков А.В., Жебо А.В., Каленик Т.К. Аналоги, заменители и имитации пищевой продукции: аспекты терминологии, классификации и качества.....	46	6–14
Альшевская М.Н., Трофимова В.Ю. Научное обоснование совершенствования технологических параметров бесклеевой пастилы	46	15–22
Арчибисов Д.А., Швецов В.А. Контроль качества материалов и работ в ходе ремонта средств противокоррозионной защиты корпуса на маломерных судах	44	6–13
Благодарова М.В. Разработка технологии вина из ягод рябины бузинолистной с добавлением ламинариевых водорослей	46	23–28
Божко А.С., Титова И.М., Проневич Н.А. Научно-экспериментальное обоснование рецептов обогащенных рыбных продуктов для обеспечения уровня физиологической потребности в витаминах группы В	46	29–34
Введенская Т.Л., Улатов А.В. Влияние стоков рыбоперерабатывающих предприятий на экологическое состояние ручья Канонерский (бассейн реки Авача).....	45	73–79
Введенская Т.Л., Улатов А.В. Антропогенное влияние на лососевые водотоки в период строительства и эксплуатации магистрального газопровода (Камчатка)	46	53–65
Глухарев А.Ю., Куранова Л.К., Гроховский В.А., Волченко В.И. Оптимизация рецептурного состава консервов из мороженых гонад и жира печени трески	45	18–27
Григорьев С.С., Седова Н.А. Особенности морфологии личинок <i>Pandalus eous</i> , <i>Pandalus goniurus</i> и <i>Pandalus tridens</i> (Decapoda, Pandalidae) из прикамчатских вод	44	76–87
Еремеева Н.Б., Макарова Н.В. Изучение влияния предварительной обработки плодов и ягод ферментными препаратами на выход и антиоксидантную активность экстрактов	43	55–59
Живлянцев Ю.В., Куранова Л.К., Волченко В.И., Гроховский В.А. Пептон из вторичных продуктов переработки атлантической трески: технология, качество, использование	45	28–36
Журавлева С.В., Бойцова Т.М., Прокопец Ж.Г., Журавлева А.В. Влияние биомодификации на органолептические показатели мышечной ткани рыб.....	45	37–42
Изергин Л.И., Изергина Е.Е. Использование гематологических показателей молоди кеты и горбуши для оценки их адаптационного статуса в ранний морской период	46	66–72
Карпенко В.И., Бонк А.А., Лозовой А.П. Биологическая характеристика некоторых рыб в низовье реки Коль	46	73–85
Кашутин А.Н., Климова А.В., Клочкова Т.А. Воздействие ледового покрова на межгодовые изменения состояния литоральных зарослей бурой водоросли <i>Fucus distichus</i> subsp. <i>evanescens</i> в Авачинской губе (юго-восточная Камчатка).....	44	88–99
Кириченко К.Ю., Вахнюк И.А., Дрозд В.А., Голохваст К.С. Исследование загрязнения атмосферы населенных пунктов Камчатского края с помощью лазерной гранулометрии	46	86–94

Климова А.В., Клочкова Т.А., Клочкова Н.Г. Внутривидовые формы <i>Alaria esculenta</i> (Laminariales, Ochrophyta) во флоре морских водорослей восточной Камчатки: первая ревизия.....	43	74–86
Клочкова Т.А., Клочкова Н.Г. Проблемы геносистематики и изменение родовой принадлежности и авторства у видов бурых ламинариевых водорослей <i>Saccharina bongardiana</i> и <i>Saccharina gurjanovae</i>	43	87–95
Клочкова Н.Г., Клочкова Т.А. Ревизия видового состава морской альгофлоры восточного Сахалина и дополнения к ней.....	45	80–97
Лобков Е.Г. Трофические кочевки чайковых птиц в низовье реки Авачи (юго-восточная Камчатка) и их связь с речной миграцией и нерестом тихоокеанских лососей.....	43	60–73
Лобова Т.Ж., Белаш А.П. Усовершенствование математической модели антенной решетки для определения скоплений пелагических рыб.....	43	6–12
Мангазеев А.В., Потапов В.В., Горев Д.С. Применение керамической мембраны для концентрирования молочной сыворотки.....	43	13–21
Мандрикова О.В., Полозов Ю.А., Заляев Т.Л. Анализ параметров ионосферы и данных космических лучей в периоды магнитных бурь 2015 года.....	43	22–29
Макарова Н.В., Валиулина Д.Ф., Данчева А.С. Исследования химического состава и антиоксидантных свойств функциональных пищевых продуктов из торговой сети.....	44	38–49
Макарова Н.В., Еремеева Н.Б., Быков Д.Е., Давыдова Я.В. Исследование органолептических, прочностных, физико-химических свойств многослойной съедобной пленки на основе яблочного сырья.....	46	35–46
Мурадов С.В. Экологические взаимодействия термоминеральных вод и автохтонной микрофлоры илового сульфидного пелоида.....	45	98–102
Надточий Л.А., Лепешкин А.И., Дудник Е.Д., Проскура А.В., Мурадова М.Б., Мельчаков Р.М. Влияние температурного режима на вязкостные свойства глазури.....	45	43–49
Наумова Н.Л., Бучель А.В., Лукин А.А., Мигуля И.Ю. Результаты исследований применения жмыха ядер кедрового ореха в рецептуре печеночного паштета.....	45	50–57
Ненашева Е.М., Кириченко В.Е. Пауки (Arachnida: Aranei) – обитатели почвенного яруса Быстринского природного парка.....	44	100–108
Новокшанова А.Л., Топникова Е.В., Никитюк Д.Б. Минеральная составляющая молока в составе спортивных напитков.....	44	50–55
Опрышко Б.А., Фиронов Ю.Н., Швецов В.А., Белавина О.А., Гузь М.П. К вопросу о снабжении населения села Мильково Камчатского края питьевой водой.....	44	14–20
Пастушкова Е.В. Исследование процесса извлечения биологически активных веществ из лекарственно-технического сырья путем воздействия высоким давлением.....	44	56–62
Петренко В.А. О необходимости и результатах денежной реформы 1947 года в Советском Союзе.....	43	96–100
Позднякова Ю.М., Ковалев Н.Н., Бусарова О.Ю., Михеев Е.В. Некоторые биохимические показатели лососевых рыб бассейна озера Азабачье (Камчатка).....	46	95–100
Пюкке Г.А. К вопросу о моделях деградации многокомпонентных систем различной физической природы.....	44	21–29

Салтанова Н.С., Мищенко О.В.		
Влияние добавления водорослевого отвара в рецептурный состав теста на жизнеспособность дрожжевых клеток	46	47–52
Свергузова С.В., Шайхиев И.Г., Сапронова Ж.А., Валиев Р.Р.		
Использование отходов переработки габбро-диабазы для очистки сточных вод.....	45	6–11
Седова Н.А., Пташкина Е.М.		
Распределение личинок креветок в восточной части Охотского моря в июне – июле 2015 года	46	101–113
Сивоконь В.П., Ворошилов И.М., Машарова А.Е., Матанская Э.В.		
Геофизический фактор эффективности воздействия на ионосферу.....	43	30–36
Степаньян О.В.		
Макрофитобентос Новороссийской бухты (Черное море): деградация в условиях хозяйственной деятельности и климатических изменений.....	45	110–116
Степаньян О.В., Кулыгин В.В.		
Влияние разливов нефти на прибрежно-водные и водные растения Азовского моря: модельный эксперимент	46	114–122
Труднев С.Ю., Портнягин Н.Н.		
Компьютерное моделирование процесса запуска двигателя постоянного тока.....	44	30–37
Токранов А.М.		
Потенциальные объекты прибрежного рыболовства прикамчатских вод Охотского моря и проблемы использования их ресурсов	44	109–113
Фролова Н.А.		
Оптимизация рецептурного состава мармелада за счет введения плодово-ягодного сырья Амурской области	45	58–65
Царева В.А., Ванишин Г.П., Кружалов М.Ю., Сапунова Е.В.		
Температурные условия в прибрежных акваториях восточного Сахалина и острова Итуруп в период подхода горбуши и кеты на нерест в 2001–2017 гг. (нечетные годы)	44	114–119
Шавкун Г.А.		
Особенности развития региональных социально-экономических систем в условиях нестабильной среды	43	101–108
Швецов В.А., Чичева В.П., Белавина О.А.		
Обоснование необходимости совместного использования методов варьирования массы навески и состава шихты в рутинном пробирном анализе.....	45	12–17
Ширкова Е.Э., Ширков Э.И., Маснев В.А.		
Арктические и субарктические моря России как крупный резервуар стока, депонирования и захоронения атмосферного углерода.....	43	109–118
Шульгин Ю.П., Приходько Ю.И., Шульгин Р.Ю., Шкарина Т.Ю.		
Качество и биологическая ценность консервов на основе нетрадиционного мясного сырья	45	66–72
Шулюпин А.Н., Чермошенцева А.А., Чернев И.И.		
Метастабильное течение в пароводяной геотермальной скважине.....	43	37–43
Яшонков А.А.		
Теоретическое и экспериментальное исследование кинетики процесса сушки при производстве сушеной рыбной продукции	44	63–69

РЕДАКЦИОННОЕ СООБЩЕНИЕ

Редакция журнала «Вестник Камчатского государственного технического университета» информирует читателей об изменениях, вносимых в ранее опубликованные материалы.

На основании рассмотрения редакционной коллегией обращения дирекции ФГБУН «Научно-исследовательский геотехнологический центр Дальневосточного отделения Российской академии наук», а также решения ученого совета этой организации о неправомерном монопольном использовании в статье С.В. Рогатых «Видовой состав и экологические взаимодействия бактериального сообщества медно-никелевого месторождения Шануч (Камчатка)», опубликованной в 45 выпуске журнала (DOI: 10.17217/2079-0333-2018-45-103-109), научных результатов, полученных им совместно с другими сотрудниками НИГТЦ, принято решение о ретракции указанной выше статьи.

Протокол заседания редакционной коллегии журнала по данному вопросу № 5 от 24.12.2018 г. и необходимая информация по данному вопросу подлежат отправке в Совет по этике научных публикаций и базы научной информации (НЭБ, КиберЛенинка).

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

Управление Федеральной службы по надзору в сфере связи, информационных технологий
и массовых коммуникаций по Камчатскому краю
Свидетельство о регистрации средства массовой информации
ПИ № ТУ41-00292 от 06 декабря 2016 года

Главный редактор Н.Г. Клочкова
Научный редактор Т.А. Клочкова

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

Адрес редакции, издателя, типографии:

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

Дата выхода в свет 29.12.2018 г.
Формат 60*84/8. Печать цифровая. Гарнитура Times New Roman
Авт. л. 14,97. Уч.-изд. л. 15,33. Усл. печ. л. 15,35
Тираж 500 экз. Заказ № 14

Подписной индекс в каталоге «Пресса России» 81288

Цена свободная

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