

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

50

2019

Петропавловск-Камчатский

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Клочкова Н.Г. (главный редактор)	доктор биологических наук, советник ректора по научно-исследовательской работе и инновациям Камчатского государственного технического университета
Клочкова Т.А. (научный редактор)	доктор биологических наук, доктор философии биологии (Ph.D.), проректор по научной работе и международной деятельности 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, Councilor for Research and Innovations, Kamchatka State Technical University
Klochkova T.A. (Scientific Editor)	Doctor of Biological Sciences, Doctor of Philosophy in Biology (Ph.D.), Vice-rector for Scientific Work and International Communications, 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

Кириченко К.Ю., Холодов А.С., Вахнюк И.А., Гусев Д.С., Кириянов А.В., Дрозд В.А., Голохваст К.С.	
Исследование загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсной угольной пылью (г. Находка, Приморский край)	6
Богданов В.Д., Симдянкин А.А., Назаренко А.В.	
Исследование криоскопических температур и процесса вымораживания воды в тканях промысловых гидробионтов	14
Благонравова М.В.	
Разработка технологии водно-спиртовых экстрактов из растительного сырья Камчатского края	22
Ламажапова Г.П., Сынгеева Э.В., Битуева Э.Б.	
Экспериментальная оценка гипополипидемического и антиоксидантного эффекта хлеба, обогащенного омега-3 кислотами	31
Еремеева Н.Б., Макарова Н.В., Елисеева Е.А.	
Оценка органолептических и физико-химических свойств съедобных стаканов на основе яблочного сырья с использованием различных наполнителей: сушеных снеков, орехов, семян, зерновых хлопьев	38

РАЗДЕЛ II. БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Клочкова Т.А., Климова А.В., Клочкова Н.Г.	
Распространение <i>Alaria esculenta</i> (Phaeophyceae, Laminariales) в Охотском море	46
Коростелев С.Г., Архипова Е.А., Ромейко Л.В., Федотов П.А., Таганова Р.Я.	
Кормовая биомасса донной фауны и ее распределение на шельфе юго-восточной Камчатки и северной части Авачинского залива	57
Василец П.М., Терентьев Д.А., Матвеев А.А.	
Структура уловов на различных видах промысла в Карагинской подзоне в 2003–2018 гг. По данным официальной статистики и научно-исследовательских работ	73
Изергин Л.И.	
Особенности распределения молоди кеты (<i>Oncorhynchus keta</i> , (сем. Salmonidae) в миксогалинной Ольской лагуне (Тауйская губа, Охотское море)	89
Сергеева Н.П., Бонк А.А.	
Некоторые закономерности развития половых желез молоди корфо-карагинской сельди	98
Чекалдин Ю.Н., Смирнов А.А., Чебыкин С.И.	
Особенности эмбрионального и малькового развития чукучана (<i>Catostomus catostomus rostratus</i>) реки Колыма (Магаданская область). Опыт искусственной инкубации его икры	109
Шайхутдинова А.А.	
Оценка экологического состояния озер Жетыколь и Обалыколь биологического заказника областного значения «Светлинский» по структурно-функциональным показателям сообществ макрозообентоса	118
Правила направления, рецензирования и опубликования рукописей статей	123
Алфавитный указатель статей, опубликованных в журнале «Вестник КамчатГТУ» в 2019 году (№ 47–50)	125

Contents

SECTION I. TECHNICAL SCIENCES

Kirichenko K.Yu., Kholodov A.S., Vakhniuk I.A., Gusev D.S., Kiryanov A.V., Drozd V.A., Golokhvast K.S.	
Research of air pollution with fine coal dust (Nakhodka, Primorsky krai)	6
Bogdanov V.D., Simdiankin A.A., Nazarenko A.V.	
Investigation of cryoscopic temperatures and water freezing process in commercial hydrobionts tissues.....	14
Blagonravova M.V.	
Development of water-alcohol extracts technology from vegetable raw materials of Kamchatsky krai	22
Lamazhapova G.P., Syngееva E.V., Bitueva E.B.	
Experimental evaluation of hypolipidemic and antioxidant effect of bread enriched with omega-3 acids	31
Eremeeva N.B., Makarova N.V., Eliseeva E.A.	
Assessment of organoleptic and physical and chemical properties of edible glasses based on apple raw materials with various fillers: dried sneps, nuts, seeds and cereal flakes	38

SECTION II. BIOLOGICAL SCIENCES

Klochkova T.A., Klimova A.V., Klochkova N.G.	
Distribution of <i>Alaria esculenta</i> (Phaeophyceae, Laminariales) in the Sea of Okhotsk	46
Korostelev S.G., Arkhipova E.A., Romeyko L.V., Fedotov P.A., Taganova R.Y.	
Ground fauna fodder biomass and its distribution on the shelf of southeastern Kamchatka and the northern part of the Avacha Bay	57
Vasilets P.M., Terentyev D.A., Matveev A.A.	
The structure of catches in different types of fishery according to official statistics and research works in Karaginskaya subzone in 2003–2018	73
Izergin L.I.	
Juvenile chum salmon distribution characteristics in the mixogalin Ola Lagoon (the Taui Bay, the Sea of Okhotsk).....	89
Sergeeva N.P., Bonk A.A.	
Some patterns of gonad development of Korf-Karagin immature herring.....	98
Chekaldin Y.N., Smirnov A.A., Chebykin S.I.	
Features of embryonic and juvenile development of red-sided sucker (<i>Catostomus catostomus rostratus</i>) in the Kolyma River. Experience of red-sided sucker caviar artificial incubation	109
Shayhutdinova A.A.	
Evaluation of ecological state of Zhetykol and Obalykol lakes of regional biological reserve “Svetlinskaya” on structural and functional indexes of macrozoobenthos	118
Regulations for manuscripts direction, reviewing and publication.....	123
Author index of articles published in the journal “Bulletin of Kamchatka State Technical University” in 2019 (№ 47–50).....	125

РАЗДЕЛ I. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 502.3(571.63)

**К.Ю. Кириченко, А.С. Холодов, И.А. Вахнюк, Д.С. Гусев,
А.В. Кирьянов, В.А. Дрозд, К.С. Голохваст**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА
МЕЛКОДИСПЕРСНОЙ УГОЛЬНОЙ ПЫЛЬЮ (г. НАХОДКА, ПРИМОРСКИЙ КРАЙ)**

Обсуждаются результаты изучения загрязнения атмосферного воздуха г. Находка взвешенными частицами угольной пыли. С помощью комбинации новейших аналитических методов проведены измерения их количественной и массовой концентрации в воздушном бассейне города, в отобранных в 2018 и 2019 гг. В разных районах города в пробах снега определен и проанализирован гранулометрический состав частиц угольной пыли, изучены их морфологические особенности. На основе результатов проведенного исследования построена карта-схема распространения угольной пыли от источника загрязнения. Полученные результаты свидетельствуют о значительном содержании угольной пыли в атмосферном воздухе территорий, прилегающих к угольным терминалам.

Ключевые слова: атмосферные взвеси, загрязнение атмосферного воздуха, РМ, угольная пыль, микрочастицы, город Находка, Приморский край.

**K.Yu. Kirichenko, A.S. Kholodov, I.A. Vakhniuk, D.S. Gusev,
A.V. Kiryanov, V.A. Drozd, K.S. Golokhvast**

**RESEARCH OF AIR POLLUTION WITH FINE COAL DUST
(NAKHODKA, PRIMORSKY KRAI)**

The study results of atmospheric air pollution with suspended coal dust particles in Nakhodka are discussed in the article. Using a combination of advanced analytical techniques the measurements of their quantitative and mass concentrations in the air basin were made. The coal dust particle size distribution in the snow samples selected in 2018 and 2019 from different parts of the town was detected and analyzed, and their morphological characteristics were investigated. On the basis of the study results, a map-scheme of coal dust distribution from the source of pollution was plotted. The obtained results indicate significant coal dust content in the atmospheric air of the territories adjacent to the coal terminals.

Key words: atmospheric suspensions, atmospheric air pollution, PM, coal dust, microparticles, Nakhodka, Primorsky Krai.

DOI: 10.17217/2079-0333-2019-50-6-13

Введение

Находкинский городской округ расположен на побережье залива Находка (Японское море) в 170 км юго-восточнее Владивостока. Это – третий по величине город Приморского края. Численность населения Находки на начало 2019 г. превышала 147 тыс. человек. Город расположен на самом берегу залива, но отрезан от береговой линии портовой зоной. Климат на территории Находкинского городского округа относится к умеренно муссонному, с интенсивным переносом воздушных масс в зимний период с материка на море и обратным процессом в летний период.

Агломерация Находка – порт Восточный – крупнейший транспортный узел России на Тихом океане. В черте города расположены пять терминалов, занимающихся отгрузкой угля различных марок открытым способом. Грузооборот угля за 2017 г. составил в порту Находка 13,6 млн т, в порту Восточном – 32,4 млн т [1]. Это 30% всего экспортного угля России [2].

Угольная пыль, образующаяся при добыче, перевалке и переработке угольного сырья, является сильнейшим загрязнителем воздуха, провоцирующим целый спектр респираторных заболеваний, среди которых пневмокониоз, хроническое обструктивное легочное заболевание, диффузный фиброз, хронический бронхит и другие хронические респираторные заболевания [3–5]. По данным Управления Роспотребнадзора по Приморскому краю, в 2017 г. среди всех проб атмосферного воздуха в крае наибольший процент неудовлетворительных по взвешенным веществам отмечался на территории г. Находка (8,5% от всех проб), что связывают с перевалкой угля открытым способом [1]. Кроме того, значительная доля угольной пыли смывается водными

пушками в море, что вызывает его загрязнение [6]. Рост объемов грузоперевозок влияет на показатели здоровья людей, а они, безусловно, должны превалировать над экономическим эффектом и выручкой предприятий.

Данная работа продолжает серию исследований, посвященных влиянию перевалки угля открытым способом на окружающую среду [7–9]. В работе использована комбинация новейших аналитических методов, позволяющих определить количественный и качественный состав частиц угольной пыли, составить карты-схемы интенсивности распространения угольной пыли от источника.

Материалы и методы

Количественный состав взвешенных частиц

Для измерения количественного состава взвешенных частиц использовали ручной лазерный счетчик частиц AeroTrak Handheld Particle Counter 9306 (производства США), соответствующий всем требованиям ISO 21501-4. Измерения производили в ноябре 2018 г. в районах города, показанных на рис. 1.

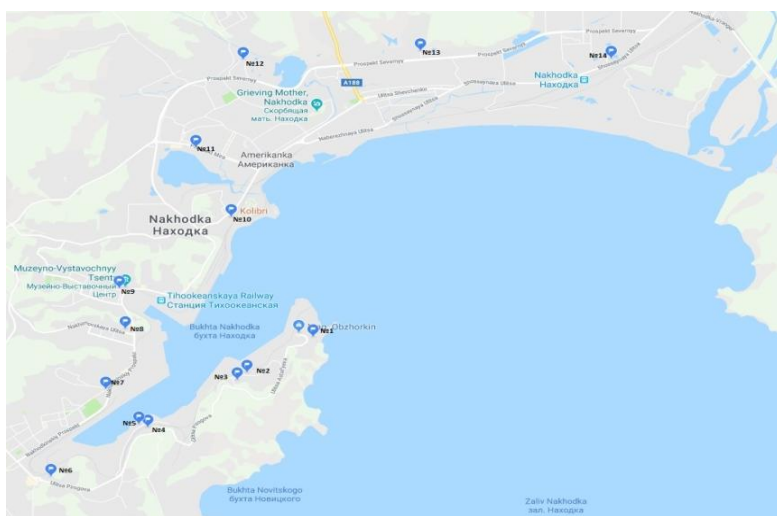


Рис. 1. Карта-схема точек измерения
количественного состава
взвешенных частиц
на территории г. Находка

Всего было произведено 14 измерений в жилых кварталах, расположенных вблизи промышленных предприятий, занимающихся перевалкой угля, в том числе и в границах санитарно-защитной зоны (м. Астафьева). Учитывая род деятельности предприятия, очевидно, что условия жизни людей в границах санитарно-защитной зоны могут быть приравнены к постоянному нахождению в производственных условиях. Данные по локационной привязке точек отбора и общему количеству измеренных взвешенных частиц приведены в табл. 1. Измерения выполняли при температуре воздуха около 14°C и слабом юго-восточном ветре.

Таблица 1

**Точки измерения количественного состава взвешенных частиц в г. Находка
и общее количество измеренных частиц**

№	Описание точки измерения	Общее количество измеренных взвешенных частиц, тыс./л
1	Ул. Пирогова, д. 23а	92,21429
2	Ул. Астафьева, д. 13	77,35714
3	Ул. Астафьева, д. 3а	31,92857
4	Ул. Крабовая, д. 1	25,82143
5	Ул. Судоремонтная, д. 23	29,96429
6	Ул. Пирогова, д. 1б	37,17857
7	Находкинский проспект, д. 72	31,89286
8	Ул. Нахимовская, д. 6	190,2857
9	Ул. Владивостокская, д. 3	37,10714
10	Ул. Портовая, д. 3	29,89286
11	Проспект Мира, д. 49	60,25
12	Ул. Сидоренко, д. 10	197,6071
13	Ул. Сахалинская, д. 41	40,64286
14	Ул. Шоссейная, д. 207	77,5

Массовая концентрация взвешенных частиц

Для контроля содержания взвешенных в атмосферном воздухе частиц была выбрана размерная фракция 10 мкм (PM_{10}), которая хоть и не является самой опасной для здоровья человека, но, тем не менее, представляет значительную угрозу [10, 11].

Пробы взвешенных частиц отбирали пробоотборником аспираторного типа LVS 3.1 (Ingeniero Nobert Derenda, Германия) с насадкой для отбора частиц PM_{10} на фильтры типа MG 160 без связующих, с диаметром рабочей поверхности 47 мм (Munktell). Отбор был осуществлен в ноябре 2018 г. в следующих точках: 1) ул. Арсеньева, д. 7; 2) ул. Астафьева, д. 23; 3) ул. Спортивная, д. 6; 4) ул. Нахимовская, д. 6; 5) ул. Сидоренко, д. 10. Время отбора проб в каждой точке составляло 24 ч. Температура воздуха в период отбора составляла 8–13°C, скорость ветра – 1–3 м/с.

Объем пропускаемого через пробоотборник воздуха соответствовал 2,8 м³/час. Через 24 ч происходила смена места отбора проб и замена фильтра, далее цикл повторялся. Фильтры с пробами атмосферных взвесей транспортировали в лабораторию НОЦ «Нанотехнологии» Инженерной школы ДВФУ для дальнейшего определения концентрации частиц фракции PM_{10} и морфологического анализа частиц.

Запыленность воздуха измеряли путем взвешивания фильтров на аналитических весах до и после отбора проб. Перед взвешиванием фильтры высушивались в термостате ТС-1/20 (Россия) в течение 24 ч при температуре 40°C. Каждый фильтр взвешивали пятикратно, с определением среднеарифметического значения, на электронных весах Sartorius (Германия). Полученная разница веса фильтров до и после проведения процедуры отбора проб воздуха соответствовала осевшей массе частиц атмосферных взвесей фракции PM_{10} .

Гранулометрический состав проб снега

Отбор проб для анализа гранулометрического состава снега производили стерильными пластиковыми контейнерами емкостью 1 л. Перед проведением отбора проб емкости тщательно промывали один раз проточной водой и два раза дистиллированной. Для предотвращения повторного техногенного загрязнения отбирали только верхний слой снега толщиной 5–10 см. Пробы отбирали зимой в 2018 и 2019 гг. сразу после окончания снегопада на южной стороне бух. Находка (м. Астафьева) и на северной ее стороне, в основной части города. Карта-схема района отбора проб снега приведена на рис. 2.

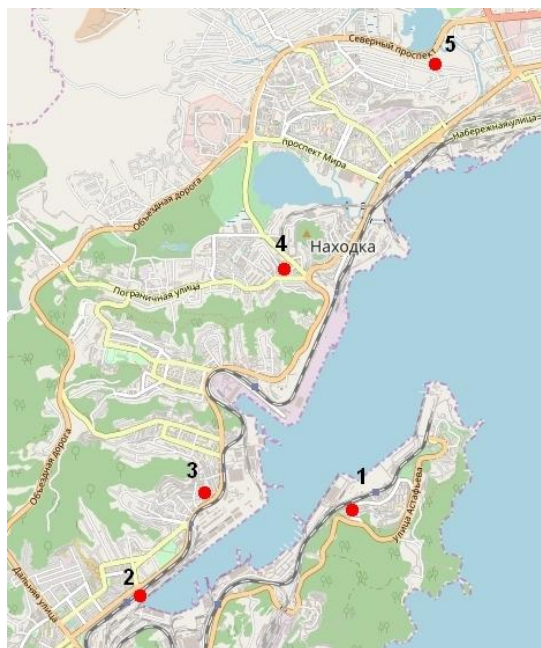


Рис. 2. Карта-схема точек отбора проб снега на территории г. Находка.

Точки отбора проб соответствуют адресам:

- 1 – ул. Астафьева, д. 3;
- 2 – Находкинский проспект, д. 86;
- 3 – Находкинский проспект, д. 64а;
- 4 – ул. Красноармейская, д. 7;
- 5 – ул. Лебяжья, д. 78

Морфологический анализ частиц угольной пыли

Для изучения строения частиц были отобраны образцы угля с площадок складирования стивидорных компаний г. Находка. Морфологический анализ частиц угольной пыли проводили с использованием прибора Malvern Morphologi G3-ID (Malvern Instruments Ltd, UK). Данный

дисперсионный микроскоп оснащен диодным лазером 785 нм с результирующей мощностью лазера на образце 4мВт в режиме малой мощности. Использование микрорамановской спектроскопии позволяет определить размер и основной химический состав каждой отдельно взятой частицы в навеске [12].

Результаты и обсуждение

Количественный анализ взвешенных частиц

На рис. 3 представлена карта-схема г. Находка с изолиниями распространения пылевых частиц от источника загрязнения, построенная с использованием данных количественного анализа взвешенных частиц фракции PM_{10} . На схеме четко прослеживаются источники атмосферного загрязнения, характер и дальность распространения частиц. Показано, что портовые терминалы являются эпицентром выброса пылевых частиц в атмосферный воздух.

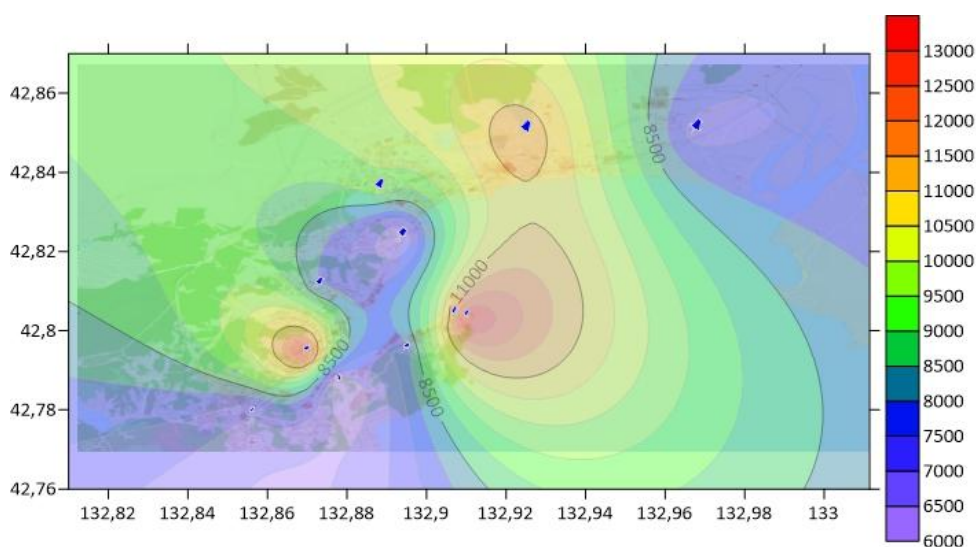


Рис. 3. Карта-схема г. Находка с изолиниями распространения пылевых частиц фракции PM_{10} от источника загрязнения

Измерение массовой концентрации взвешенных частиц фракции PM_{10}

Сопоставление результатов измерений массовой концентрации взвешенных частиц PM_{10} с российскими и некоторыми зарубежными стандартами приведено в табл. 2

Таблица 2

Сопоставление концентраций частиц фракции PM_{10} в г. Находка по данным измерения массовой концентрации взвешенных частиц с ПДК

Наименование	Концентрация PM_{10} (мг/м ³). Номер фильтра соответствует расположению пробоотборника в точках отбора проб				
	Фильтр 1	Фильтр 2	Фильтр 3	Фильтр 4	Фильтр 5
Концентрация частиц фракции PM_{10}	0,03± ±0,0001	0,04± ±0,0001	0,04± ±0,0001	0,05± ±0,0001	0,03± ±0,0002
ГН 2.1.6.2604-10 (РФ)	0,06				
ГН 2.1.6.9-11-2004 (Беларусь)	0,05				
US EPA NAAQS (USA) [14]*	0,05				

*В таблицу для сравнения внесены данные зарубежного норматива, который, как и стандарт Республики Беларусь, выдвигает более жесткие требования к содержанию в воздухе частиц фракции PM_{10} .

Согласно результатам измерений, концентрации частиц PM_{10} не превышают значений предельно допустимых концентраций, изложенных в нормативных документах, но приближаются к их пороговым значениям (табл. 2). При сопоставлении данных необходимо учитывать, что в угольной пыли содержатся тяжелые металлы (Pb, Cr, Cd, Ni, Cu, Co, Zn и др.), оказывающие токсическое воздействие на организм человека [11, 13].

Гранулометрический анализ

Размеры частиц и процентное соотношение фракций в пробах взвеси на станциях отбора свежеснежавшего снега приведены в табл. 3.

Таблица 3

Распределение частиц по размерным фракциям на станциях отбора снега в Находке

№ точки отбора	Фракция, мкм, %						
	Менее 1	1–10	10–50	50–100	100–400	400–700	Более 700
1	0	22	78	0	0	0	0
2	0,8	3,7	23,2	16,4	35,2	20	0,7
3	2,6	9,8	72,8	9,1	0	1,1	4,6
4	0,2	5,8	29,1	4	6,2	33,7	21
5	2,3	10,1	33,3	4,9	19,7	15,6	14,1

Из представленной табл. 3 видно, что в пробах снеговой воды из г. Находка фракция PM_{10} составляет от 3,7 до 22% (в среднем 13,07%). В пробах, отобранных недалеко от портов, наблюдаются крайне высокие уровни потенциально опасной фракции взвеси PM_{50} от 72,8 до 78,0% (пробы 3, 1). В точке отбора на м. Астафьева, в жилом квартале, расположенном в границах санитарно-защитной зоны предприятия, занимающегося перевалкой угля, зафиксировано максимальное содержание частиц с диаметром до 50 мкм – 78%. Подобные данные были зафиксированы здесь и ранее, в 2017 г. Тогда содержание частиц диаметром до 50 мкм находилось на уровне от 71,5 до 86,5% [8].

Гранулометрические кривые распределения атмосферной взвеси в Находке приведены на рис. 4, достоверные диапазоны колебания средних размерных характеристик взвешенных частиц рассчитаны с помощью пакета STATISTICA.

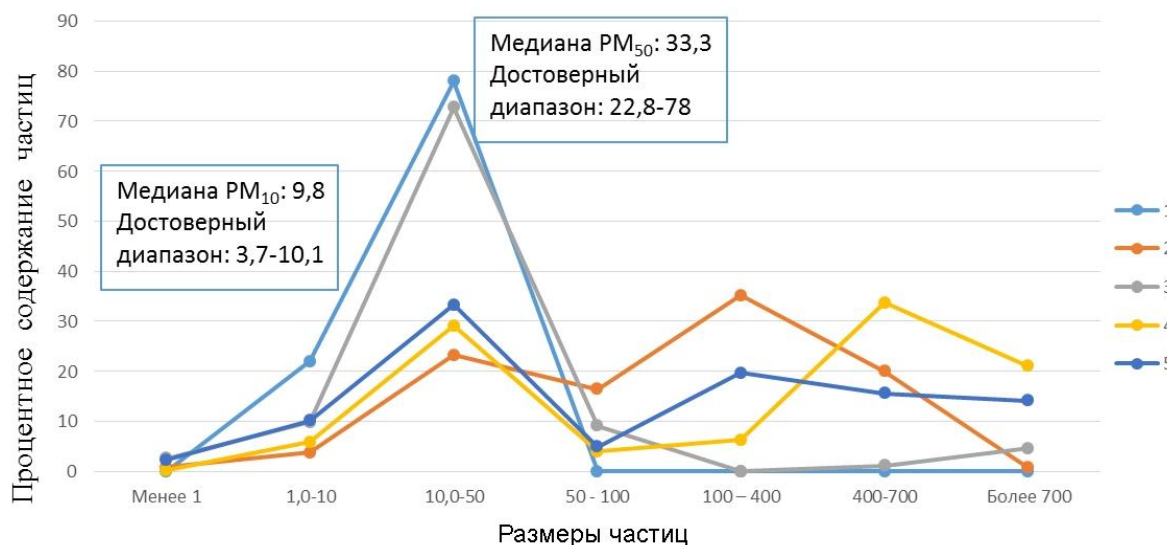


Рис. 4. Гранулометрические кривые распределения атмосферной взвеси г. Находка

Изучение морфологии и размерного состава частиц угольной пыли

Результаты морфологических исследований образцов угольной пыли показали множество вариаций геометрических форм частиц. На рис. 5 представлены наиболее распространенные из них, их изображения были получены с помощью дисперсного микроскопа Malvern Morphologi G3-ID.

Микроскопические исследования показали, что взвешенные угольные частицы имеют обычно вытянутую форму, достигают 18,50 мкм в длину и 4,11 мкм в ширину. Количественное распределение разноразмерных частиц показано на графике (рис. 6). Представленные на нем данные свидетельствуют о том, что наибольшее количество взвешенных частиц находится в диапазоне от 1 до 10 мкм.



Рис. 5. Морфология наиболее типичных частиц угольной пыли

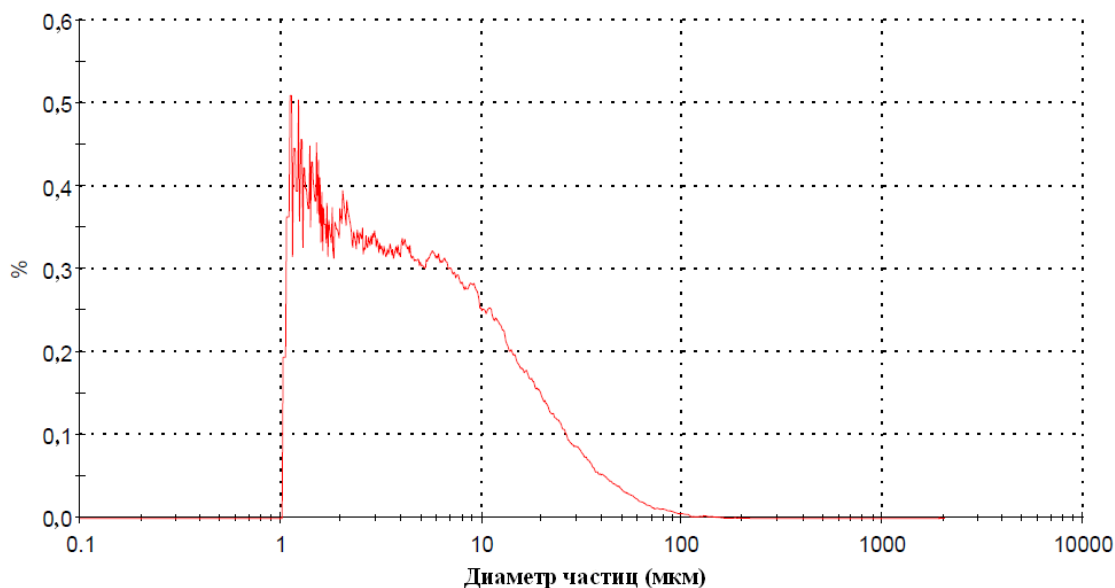


Рис. 6. График соотношения процентного содержания частиц и диаметра частиц

Заключение

Полученные в ходе проведения исследований данные позволяют судить о составе и распространении в разных районах города частиц угольной пыли, образующейся в районе его портовых терминалов. Несмотря на тот факт, что в период отбора проб массовые концентрации взвешенных частиц угольной пыли PM_{10} были в пределах гигиенической нормы, полученные в ходе исследования результаты свидетельствуют об их предельном содержании в атмосферном воздухе территорий, прилегающих к угольным терминалам. Очевидно, что объем загрязненных атмосферных взвесей напрямую зависит от мероприятий, предпринимаемых операторами и руководством портов по защите окружающей среды от вредного воздействия перевалки грузов.

Вместе с тем следует учитывать, что продолжительное воздействие частиц пыли фракции PM_{10} негативно сказывается на здоровье населения близлежащих районов.

В целях предотвращения негативного воздействия угольной пыли на жителей города необходимо разработать и внедрить в практическое использование эффективную систему минимизации распространения угольной пыли за пределы предприятий, проводить систематический мониторинг ее содержания в воздухе и морской воде.

Работа выполнена при поддержке Гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук (МК-2461.2019.5) и финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-05-50010.

Авторы выражают благодарность ЦКП научным оборудованием ДВФУ за предоставленную возможность его использования в ходе настоящего исследования.

Литература

1. Доклад об экологической ситуации в Приморском крае в 2017 году [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.primorsky.ru/upload/medialibrary/444/444fa69f481621fa643852c5e8415a97.pdf>.
2. Порт – Находка для экспортёра. Апостолы в угольной пыли: проблемы и перспективы крупнейшего дальневосточного порта [Электронный ресурс]. – URL: <https://vgudok.com/rassledovaniya/port-nahodka-dlya-eksportyora-apostoly-v-ugolnoy-pyli-problemy-i-perspektivy>.
3. *Petsonk E.L., Rose C., Cohen R.* Coal mine dust lung disease. New lessons from old exposure // *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. – 2013. – № 187 (11). – P. 1178–1185.
4. *Laney A.S., Weissman D.N.* Respiratory diseases caused by coal mine dust // *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. – 2014. – № 56 (10S). – P. 18–22.
5. Экологический мониторинг в районах угледобычи / *Ю.А. Манаков, А.Н. Куприянов, Т.О. Стрельникова, В.И. Уфимцев, О.А. Куприянов, М.М. Силантьева, А.Ю. Гребенникова, К.С. Голохваст, С.В. Лукьянцев*. – Новосибирск: Академ. изд-во «ГЕО», 2017. – 208 с.
6. Влияние угольного терминала на состав морских взвесей залива Находка (Японское море) / *А.А. Лебедев, О.А. Тихонова, Я.Ю. Блиновская, В.В. Чайка, А.В. Кирьянов, Н.К. Христофорова, К.С. Пикула, В.П. Шевченко, К.С. Голохваст* // *Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета*. – 2017. – № 48. – С. 195–201.
7. Угольные терминалы в Приморском крае – источник микроразмерного загрязнения атмосферы / *Е.А. Филонова, А.С. Холодов, В.В. Чайка, В.В. Козинцев, В.А. Дрозд, Я.Ю. Блиновская, К.С. Голохваст* // *Проблемы региональной экологии*. – 2016. – № 5. – С. 104–106.
8. The study of pollution of atmospheric particulate matter with coal dust in Nakhodka city / *K.Yu. Kirichenko, V.B. Savranskiy, V.A. Drozd, A.S. Kholodov, K.S. Golokhvast* // *AIP Conf. Proc.* – 2017. – № 1874. – P. 040016-1–040016-3.
9. Coal terminal in urban settlement Posyet (Primorsky Krai, Russia) causes micro-sized pollution of the atmosphere / *A. Kholodov, A. Lebedev, V. Drozd, S. Ugay, K. Golokhvast* // *E3S Web Conf.* – 2018. – № 41. – P. 02014-1–02014-5.
10. Ultrafine particles in urban air and respiratory health among adult asthmatics / *K.L. Penttinen, P. Timonen, A. Tiittanen, J. Mirme, J. Ruuskanen, P. Pekkanen* // *European Respiratory Journal*. – 2001. – № 17(3). – P. 428–435.
11. Влияние твердых взвешенных частиц атмосферного воздуха населенных пунктов на здоровье человека / *А.С. Холодов, К.Ю. Кириченко, К.С. Задорнов, К.С. Голохваст* // *Вестник Камчатского государственного технического университета*. – 2019. – № 49. – С. 81–88.
12. *Kholodov A.S., Golokhvast K.S.* Complex research of the particles which cause air pollution by laser granulometry, Raman-spectrometry and IR-spectrometry // *Proc. SPIE* – 2016. – № 10176 – P. 101760N-1–101760N-6.
13. Potential harmful elements in coal dust and human health risk assessment near the mining areas in Cherat, Pakistan / *M. Ishtiaq, N. Jehan, S.A. Khan, S. Muhammad, U. Saddique, B. Iftikhar, Zahidullah* // *Environmental Science and Pollution Research*. – 2018. – № 25(15). – P. 14666–14673.
14. National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter; Final Rule. 40 CFR Part 50 // *Environmental Protection Agency*. – 1997. – P. 38652–38655.

Информация об авторах Information about the authors

Кириченко Константин Юрьевич – Дальневосточный федеральный университет; 690990, Россия, Владивосток; кандидат биологических наук, научный сотрудник НОЦ «Нанотехнологии»; kirichenko.kiu@dvfu.ru

Kirichenko Konstantin Yuryevich – Far Eastern Federal University; 690990, Russia, Vladivostok; Candidate of Biological Sciences, Researcher of the Research and Education Center «Nanotechnologies»; kirichenko.kiu@dvfu.ru

Холодов Алексей Сергеевич – Дальневосточный федеральный университет; 690990, Россия, Владивосток; кандидат географических наук, главный специалист научно-организационного управления Инженерной школы; Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, 690022, Владивосток; научный сотрудник; alex.holodov@gmail.com

Kholodov Alexey Sergeevich – Far Eastern Federal University; 690990, Russia, Vladivostok; Candidate of Geographical Sciences; Senior Specialist of the School of Engineering; Far East Geological Institute FEB RAS, 690022, Vladivostok; Researcher; alex.holodov@gmail.com

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

Vakhniuk Igor Anatolievich – Far Eastern Federal University; 690000, Russia, Vladivostok; Postgraduate, School of Natural Sciences, FEFU; vahnuk86@mail.ru

Гусев Дмитрий Сергеевич – Дальневосточный федеральный университет; 690990, Россия, Владивосток; лаборант Инженерной школы; gusev.dse@dvfu.ru

Gusev Dmitry Sergeevich – Far Eastern Federal University; 690000, Russia, Vladivostok; Laboratory Assistant, School of Engineering; gusev.dse@dvfu.ru

Кириянов Алексей Валерьевич – Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ); 690000, Россия, Владивосток; начальник научно-организационного управления Инженерной школы; kirianov.av@dvfu.ru

Kiryanov Alexey Valerievich – Far Eastern Federal University; Russia, 690000, Vladivostok; Head of the Scientific and Organizational Department, School of Engineering; kirianov.av@dvfu.ru

Дрозд Владимир Александрович – Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ); 690000, Россия, Владивосток; инженер по радиационной безопасности Школы естественных наук ДВФУ; v_drozd@mail.ru

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

Голохваст Кирилл Сергеевич – Тихоокеанский институт географии Дальневосточного отделения РАН; 690041, Россия, Владивосток; член-корреспондент РАО, профессор РАН, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории экологии и охраны животных, droopy@mail.ru

Golokhvast Kirill Sergeevich – Pacific Geographical Institute, Far-Eastern Branch RAS; 690041, Russia, Vladivostok; MSc, Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher of the Ecology and Animals Protection Laboratory; droopy@mail.ru

УДК 664.8.037.5

В.Д. Богданов, А.А. Симдянкин, А.В. Назаренко**ИССЛЕДОВАНИЕ КРИОСКОПИЧЕСКИХ ТЕМПЕРАТУР
И ПРОЦЕССА ВЫМОРАЖИВАНИЯ ВОДЫ
В ТКАНЯХ ПРОМЫСЛОВЫХ ГИДРОБИОНТОВ**

В ходе изучения процессов замораживания промысловых гидробионтов, их органов и тканей определяли значения криоскопических температур. Они составили: $-0,3^{\circ}\text{C}$ для кукумарии; $-0,4^{\circ}\text{C}$ для молок сельди тихоокеанской; $-1,0^{\circ}\text{C}$ для кальмара; $-1,8^{\circ}\text{C}$ для шкуры осьминога. Установлено, что криоскопическая температура зависит от содержания в изученных объектах воды: чем больше воды, тем она выше. Процесс вымораживания воды в исследуемых тканях гидробионтов также связан с содержанием в них воды: чем оно выше, тем более интенсивно и глубоко обезвоживаются ткани гидробионтов в процессе замораживания. Кроме того, на начальных этапах этот процесс зависит от криоскопической температуры: чем она ниже, тем медленнее идет процесс вымораживания воды. При криообработке целью замораживания является подготовка тканей гидробионтов к последующим технологическим процессам – криоизмельчению и сублимационной сушке. Эффективность их проведения повышается, когда вода переведена из жидкого состояния в твердое, кристаллическое. В связи с этим рациональной температурой замораживания может быть температура минус 25°C , при которой вымораживается около 90% воды, содержащейся в исследуемых тканях гидробионтов. Выведенные математические уравнения зависимостей температуры от времени замораживания и количества вымороженной воды от температуры могут быть использованы для расчетов процессов криообработки водного сырья и его аппаратного оформления.

Ключевые слова: молоки, кальмар, осьминог, кукумария, криообработка, кривые замораживания, криоскопическая температура, вымороженная вода.

V.D. Bogdanov, A.A. Simdiankin, A.V. Nazarenko**INVESTIGATION OF CRYOSCOPIC TEMPERATURES AND WATER FREEZING
PROCESS IN COMMERCIAL HYDROBIONTS TISSUES**

The values of cryoscopic temperatures during the freezing processes research of commercial hydrobionts organs and tissues were determined. They were: $-0,3^{\circ}\text{C}$ for cucumaria; $-0,4^{\circ}\text{C}$ for Pacific herring milt; $-1,0^{\circ}\text{C}$ for squid; $-1,8^{\circ}\text{C}$ for octopus skin. It is established that the cryoscopic temperature depends on water content in the studied objects: the more water, the higher the temperature. The water freezing process in the studied tissues of hydrobionts is also associated with water content in them: the higher the content, the more intensively and deeply hydrobionts tissues are dehydrated during freezing. In addition, at initial stages this process depends on the cryoscopic temperature, the lower it is, the slower the freezing water process. During cryoprocessing the purpose of freezing is to prepare hydrobionts tissues to subsequent technological processes – the cryo-crushing and freeze-drying. Their efficiency increases when water is transferred from liquid to solid or crystalline state. In this regard, the rational freezing temperature can be a temperature of 25°C below zero, when about 90% of the water contained in the studied hydrobionts tissues is frozen. The derived mathematical equations of temperature dependence on the freezing time and of frozen water amount on the temperature can be used to calculate the water raw materials cryoprocessing and hardware design.

Key words: milt, squid, octopus, cucumaria japonica, cryo-processing, freezing curves, cryoscopic temperature, frozen water.

DOI: 10.17217/2079-0333-2019-50-14-21

Введение

В настоящее время актуально производство криопорошков из тканей гидробионтов, содержащих ценные в пищевом и биологическом отношении компоненты, обуславливающие возможное их использование для обогащения пищевых и кормовых продуктов эссенциальными, минорными и биологически активными веществами [1–4]. В качестве сырья для получения биокорректоров возможно применение шкуры осьминога (до 37% от массы сырья), которая содержит каротиноиды, коллаген, таурин, селен и другие ценные в биологическом отношении вещества. Также обращают на себя внимание молоки сельди тихоокеанской (до 12,4% от массы сырья). Они известны как природное сырье с высоким содержанием нуклеопротеидов, включающих ДНК и РНК, и липидов, в состав которых входят высокопредельные жирные кислоты, представленные, прежде всего, линолевой, линоленовой, арахидоновой, диоксипентановой, докозагексаеновой

жирными кислотами. Следует отметить, что тихоокеанский кальмар, мантия которого содержит биологически полноценные белки, аминокислота, минеральные вещества, относится к недоиспользуемым в рыбной промышленности Дальнего Востока сырьевым источникам, в то время как объем его добычи у берегов Приморского края может составлять до 300 тыс. т [5, 6].

Заслуживает также особого внимания такой промысловый объект, как кукумария японская, содержащая каротиноиды, хондроитинсульфат, тритерпеновые гликозиды, проявляющие биологическую активность [7].

Считается, что наиболее приемлемым способом переработки такого высокоценного в биологическом отношении сырья является криотехнология, оказывающая минимальное воздействие на структурные композиции биополимеров, благодаря чему сохраняются их природные свойства, биологическая активность и высокая функциональность [8–10].

Известно, что при замораживании биологического сырья происходит кристаллизация водной фазы и образование кристаллов льда, представляющих собой твердую фазу. Начало данного процесса имеет место при строго определенной для каждого биологического объекта температуре, которая относится к теплофизическим параметрам и называется криоскопической. При холодильном консервировании процесс льдообразования в тканях обрабатываемого холодом объекта обеспечивает глубину консервирования сырья, его качественные показатели и хранимоспособность при низких температурах. При криообработке сырья с целью получения криопорошков – функциональных биокорректоров, замораживание проводят для подготовки тканей к последующим технологическим процессам – криоизмельчению и сублимационной сушке. Эффективность проведения данных операций существенно повышается, когда свободная вода, содержащаяся в тканях сырья, переводится из жидкого состояния в кристаллическое.

Пределы колебания криоскопических температур различных видов гидробионтов составляют $-0,5 \dots -2,3^\circ$ и связаны с содержанием солей в среде их обитания и химическим составом их тканей, а также с некоторыми другими факторами, оказывающими менее существенное влияние. Самое высокое значение температуры наблюдается у рыб, обитающих в пресной воде, самое низкое – у живущих в очень соленой воде. Промежуточное значение этого показателя характерно для рыб, обитающих в воде со средней соленостью. Анализ научно-производственной литературы показал факт отсутствия данных, касающихся конкретных значений криоскопических температур тканей промысловых гидробионтов, хотя при расчетах технологических процессов их низкотемпературной обработки эти значения используются в определяемых в ходе практических расчетов математических зависимостях [11]. Поэтому экспериментальное определение криоскопических температур является актуальным для холодильной технологии водных биоресурсов.

Эффективность холодильной обработки выражается глубиной холодильного консервирования, динамикой изменения качества сырья и характеризуется еще одним теплофизическим показателем – количеством вымороженной воды. Процесс вымораживания воды осуществляется в направлении от малоэнергетических к высокоэнергетическим формам связи воды. Кинетика изменения соотношения между полным содержанием воды и количеством вымороженной воды обуславливает физико-химические изменения в замораживаемом объекте, влияющие на его поведение при осуществлении последующих технологических операций его криообработки, таких как криоизмельчение и сублимационная сушка. В этой связи исследование закономерностей изменения основных криоскопических характеристик тканей гидробионтов в процессе их замораживания как начальной стадии их криообработки является весьма актуальным и диктует необходимость определения криоскопических температур и относительного количества вымороженной воды как основных криоскопических характеристик тканей указанных выше видов гидробионтов в процессе их замораживания.

Материалы и методы

В качестве объектов исследования использовали кальмар тихоокеанский мороженный по ГОСТ Р 51495-99, кукумарию японскую мороженую, соответствующую ТУ 9265-005-33620410-2003, молоки сельди тихоокеанской мороженые, кожу осьминога мороженую. Молоки сельди и кожу осьминога заготавливали в процессе переработки основного сырья путем замораживания и хранения при температуре не выше минус 18°C .

Для подготовки сырья к исследованию оно размораживалось, разделялось, зачищалось, разделялось по видам тканей и после тщательной мойки направлялось на обработку по криотехнологии, первой операцией которой является замораживание.

Количество воды, содержащейся в исследуемых образцах, как основного фактора процесса замораживания определяли стандартным методом по ГОСТ 7636-85 [12].

Для замораживания сырья использовали морозильную камеру с температурой воздуха -30°C и скоростью циркуляции воздуха 3,5 м/с. Параметры воздуха обеспечивались холодильной установкой АМЕ-L-3х2ЕС2 на базе трех полугерметичных поршневых компрессоров 2ЕС-22-40С фирмы Bitzer. Измерение температуры осуществляли с помощью датчиков WT-1, WT-5 с диапазоном $-70...300^{\circ}\text{C}$ с точностью измерения $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$.

Для определения криоскопических температур использовали известный в науке метод термического анализа, суть которого заключается в построении термограмм (кривых время – температура) замораживаемого в процессе исследования сырья [13]. Для расчета доли воды, перешедшей в состояние льда, использовали известную формулу Д.Г. Рютова:

$$\omega = \left(1 - b \frac{1 - W}{W}\right) \left(1 - \frac{t_{\text{кр}}}{t}\right),$$

где W – общее содержание воды в продукте, кг/кг продукта; b – содержание связанной воды, кг/кг сухих веществ; $t_{\text{кр}}$ – криоскопическая температура продукта, $^{\circ}\text{C}$; t – температура, при которой ведется расчет, $^{\circ}\text{C}$. В расчетах количества связанной воды в продуктах животного происхождения полагали, что $b = 0,27$ кг/кг сухих веществ.

Известно, что формула Д.Г. Рютова рекомендуется многими исследователями для практического использования в теплофизических расчетах процесса замораживания сырья растительного и животного происхождения [14]. Она учитывает три независимых, определяемых экспериментально показателя: количество воды в конкретном продукте; количество в нем связанной воды и его криоскопическую температуру.

Статистическую и графоаналитическую обработку экспериментальных данных проводили стандартным методом оценки результатов испытаний для малых выборок. Цифровые величины, указанные в таблицах и графиках, представляют собой арифметические средние, надежность которых $(P) = 0,95$, доверительный интервал $(\Delta) \pm 10\%$. Для построения графиков с выводом формул использовали стандартный пакет программ Microsoft Office 2007 и CurveExpert 1.4.

Результаты и обсуждение

Исследование образцов сырья морепродуктов показало, что содержание воды в них в зависимости от вида гидробионта составляет 74,6–88,9%. Так, меньше всего воды содержится в мантии кальмара тихоокеанского (74,6%), а больше всего – в кукумарии японской (88,9%). Содержание воды в шкуре осьминога и молоках сельди тихоокеанской занимает промежуточное значение и составляет 75,5 и 77,4% соответственно. Обращает на себя внимание тот факт, что содержание воды в шкуре осьминога несколько ниже по сравнению с литературными данными (около 85%) [6, 7], что объясняется специальным технологическим воздействием на сырье при его обесшкуривании.

Температурные кривые процесса замораживания изученного сырья в воздушном морозильном аппарате приведены на рис. 1.

Температурные кривые процесса замораживания сырья (рис. 1) имеют известную классическую зависимость [13, 15, 16]. Они состоят из явно выраженных трех участков: первый – период быстрого охлаждения до начальной криоскопической температуры ($-0,3^{\circ}\text{C}$ для кукумарии; -4°C для молок сельди; $-1,0^{\circ}\text{C}$ для кальмара; $-1,8^{\circ}\text{C}$ для шкуры осьминога); второй – достаточно продолжительная по времени изотермическая площадка; третий – период относительно быстрого снижения температуры исследуемых объектов, что свидетельствует об охлаждении замороженного сырья до температуры -20°C , приближающейся к температуре охлаждающей среды. Прслеживается зависимость криоскопической температуры исследуемых объектов от содержания в них воды: чем больше воды, тем выше их криоскопическая температура. Исключение составляет шкура осьминога, при влажности 75,5% ее криоскопическая температура более низкая – минус $1,8^{\circ}\text{C}$. Объясняется это тем, что при обесшкуривании осьминога осуществлялась обработка поваренной солью, в результате чего ее концентрация в его покровных тканях составила 2,3%, что и повлекло снижение температуры замерзания тканевой жидкости в исследуемом образце. Установленная нами взаимосвязь криоскопической температуры замораживаемых тканей гидробионтов от содержания в них воды уже отмечалась в ряде исследований и согласуется с ранее опубликованными данными [17, 18].

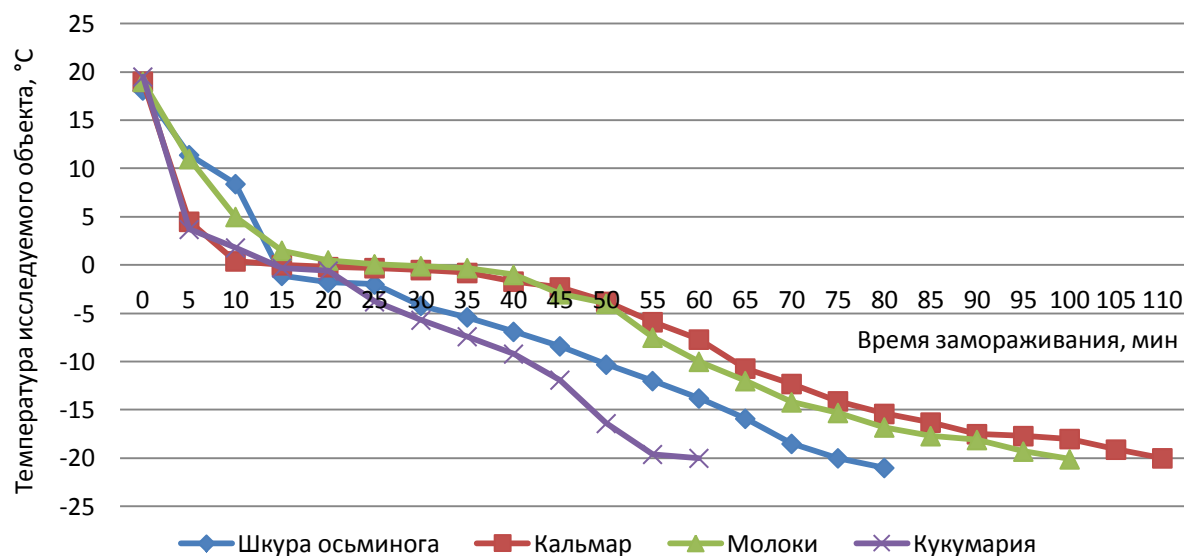


Рис. 1. Термограммы замораживания сырья морского происхождения
Fig. 1. Thermograms of freezing of raw materials of marine origin

Следует также отметить, что снижение температуры в мышечной ткани кукумарии происходит с большей скоростью, чем в кальмаре и молоках, это связано с разным содержанием воды в исследуемых образцах. Чем оно выше, тем раньше и интенсивнее начинается процесс ее кристаллизации.

В ходе данной работы было интересно выявить изотермическую площадку, так как она является зоной наибольшего кристаллообразования, характеризующуюся интенсивным фазовым переходом воды. Работа холодильной установки на данном этапе используется в основном на компенсацию теплоты льдообразования. По мере кристаллизации водной фазы имеет место снижение криоскопической температуры сырья, о чем свидетельствует наклон кривой. Следует отметить, что рост концентрации электролитов способствует развитию деградиационных процессов в тканях гидробионтов, что может отрицательно влиять на качество сырья.

Чтобы в полной мере сохранить активность содержащихся в исследуемых образцах ферментов и гормонов, а также нативную структуру витаминных и минеральных комплексов, замораживать биологическое сырье необходимо со скоростью более 30 град./мин в интервале значений температуры 0...–50°C. Высокая скорость замораживания обеспечивает формирование мелкокристаллической структуры посредством внутриклеточного кристаллообразования [19].

С помощью программы CurveExpert 1.4 для каждого вида сырья было определено время, необходимое для достижения криоскопической температуры. Полученные данные представлены ниже:

для шкуры осьминога

$$t = 17,752 - 1,384 \tau + 0,02461\tau^2 - 0,0001775 \tau^3,$$

для кальмара

$$t = 9,85 - 1,03 \tau + 0,03346 \tau^2 - 0,0004802 \tau^3,$$

для молок сельди

$$t = 18,029 - 1,6017\tau + 0,0509 \tau^2 - 0,0007361 \tau^3,$$

для кукумарии

$$t = 16,923 - 2,0724\tau + 0,0577\tau^2 - 0,000636\tau^3,$$

где t – температура исследуемого объекта, °C; τ – время замораживания, мин.

Использование данных уравнений дает возможность рассчитать температуру замораживаемого объекта в определенных экспериментом условиях, в заданный промежуток времени.

Определение количества вымороженной воды

Далее было рассчитано количество вымороженной воды. Полученные данные представлены на рис. 2.

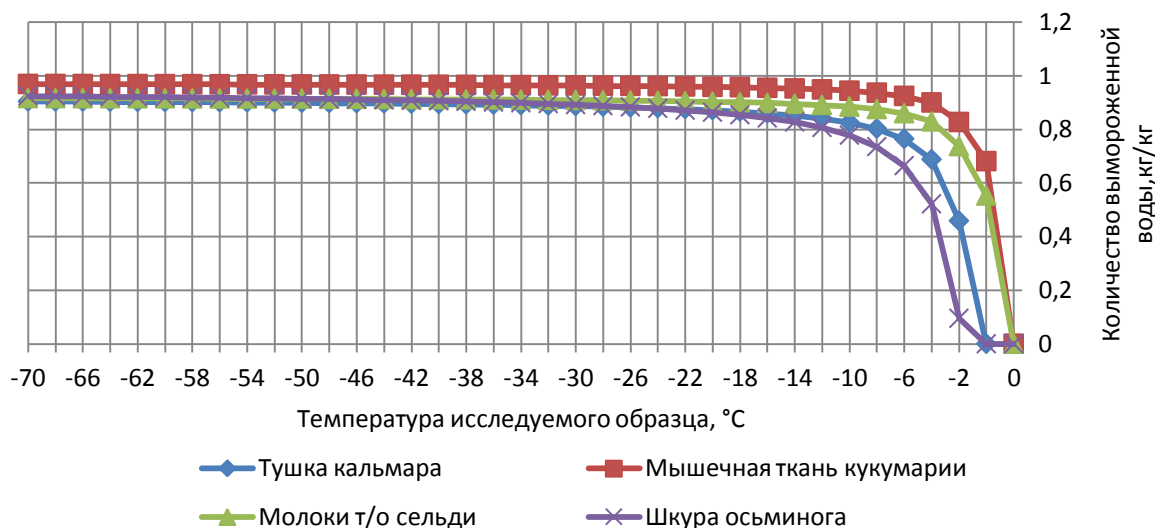


Рис. 2. Кривые вымораживания воды в сырье из разных гидробионтов

Fig. 2. Water freezing curves for raw materials from different hydrobionts

Как видно из данных на рис. 2, кривые вымораживания воды у исследуемых образцов имеют схожий характер, соответствующий данным, известным в литературе [20, 21]. Анализ кривых показывает, что процесс вымораживания воды в исследуемых объектах зависит, прежде всего, от начального содержания в них воды: чем оно выше, тем более интенсивно и глубоко обезвоживаются ткани гидробионтов (например, мышечная ткань кукумарии). Подобная зависимость количества вымороженной воды от содержания воды в материале отмечалась рядом авторов для плодовых соков, рыбы, сыра [18, 21, 22]. На кривых вымораживания воды можно выделить три температурных диапазона. Первый из них, от криоскопической температуры до -5°C , характеризуется интенсивным вымораживанием воды, к его окончанию в кристаллическое состояние переходит 77% воды, содержащейся в тушке кальмара, 82,5% в молоках сельди, 67,5% в шкуре осьминога и 89,3% в теле кукумарии. Скорее всего в этот период вымораживается структурно-свободная вода. Причем легко и быстро этот процесс проходит в тканях гидробионтов с более высокими значениями влажности и криоскопической температуры.

Второй температурный диапазон – период замедления фазового перехода воды в лед. В течение этого времени кристаллизуется еще около 11% воды в мантии кальмара, 7,5% в молоках, 21,5% в шкуре осьминога, 6,3% в кукумарии. Это оставшаяся небольшая часть структурно-свободной воды и вода диффузионного слоя. Таким образом, при достижении температуры -5°C вымораживается в основном вся иммобилизованная вода, содержащаяся в исследуемых тканях гидробионтов. Третий период – область медленного вымораживания оставшейся в тканях исследуемых объектов воды, вероятно, относящейся к мультислою и являющейся водой полимолекулярной адсорбции. Дальнейшее снижение температуры, причем весьма значительное (до -78°C), дает только около 2% вымороженной воды для кальмара, около 3% для молок сельди, около 5% для шкуры осьминога и 1% для кукумарии. Это прочно связанная вода, образующая монослой с гидрофильными группами белков и других компонентов исследуемого сырья.

Аппроксимируем кривые рис. 2 и получим для исследуемых образцов математические зависимости количества вымороженной воды от температуры.

Для кальмара они составляют

$$\omega_k = 0,917 + \frac{0,917}{t},$$

для молок сельди

$$\omega_m = 0,921 + \frac{0,368}{t},$$

для шкуры осьминога

$$\omega_o = 0,965 + \frac{1,339}{t},$$

для кукумарии

$$\omega_{ky} = 0,972 + \frac{0,291}{t},$$

где ω_k , ω_m , ω_o , ω_{ky} – количество вымороженной воды для тушки кальмара, молок сельди тихоокеанской, шкуры осьминога, кукумарии соответственно, %; t – температура исследуемого образца, °C.

Использование данных уравнений позволяет рассчитать количество вымороженной воды в исследуемых тканях гидробионтов при заданной температуре. Данные приведены в таблице.

Расчетные значения количества вымороженной воды в исследуемых объектах в зависимости от температуры замораживания

Температура исследуемого образца, °C	Количество вымороженной воды в исследуемом образце, кг/кг			
	Кальмар	Молоки сельди	Шкура осьминога	Кукумария
–1	0,0000	0,5530	–	0,6810
–4	0,6878	0,8290	0,6303	0,8993
–7	0,7860	0,8684	0,7737	0,9304
–10	0,8253	0,8842	0,8311	0,9429
–13	0,8465	0,8927	0,8620	0,9496
–16	0,8597	0,8980	0,8813	0,9538
–19	0,8687	0,9016	0,8945	0,9567
–22	0,8753	0,9043	0,9041	0,9588
–25	0,8803	0,9063	0,9114	0,9604
–28	0,8843	0,9079	0,9172	0,9616
–31	0,8874	0,9091	0,9218	0,9626
–34	0,8900	0,9102	0,9256	0,9634
–37	0,8922	0,9111	0,9288	0,9641
–40	0,8941	0,9118	0,9315	0,9647

Как видно из данных, приведенных в таблице, при температуре –25°C около 90% воды, содержащейся в исследуемых тканях гидробионтов, переходит в лед, что существенно облегчает проведение последующего технологического процесса – криоизмельчения.

Заключение

Таким образом, в ходе исследований определены значения криоскопических температур тканей промысловых гидробионтов: –0,3°C для мышечной ткани кукумарии, –0,4°C для молок сельди тихоокеанской, –1,0°C для мантии кальмара, –1,8°C для шкуры осьминога. Установлено, что криоскопическая температура исследуемых тканей промысловых гидробионтов зависит от содержания в них воды: чем больше воды, тем она выше.

Процесс вымораживания воды в исследуемых тканях гидробионтов также связан с содержанием в них воды: чем оно выше, тем более интенсивно и глубоко обезвоживаются ткани гидробионтов в процессе замораживания. Кроме того, на начальных этапах он зависит от криоскопической температуры: чем она ниже, тем медленнее идет процесс вымораживания воды.

При криообработке целью замораживания является подготовка тканей гидробионтов к последующим технологическим процессам – криоизмельчению и сублимационной сушке, эффективность проведения которых повышается, когда вода переведена из жидкого состояния в твердое, кристаллическое. В связи с этим рациональной температурой замораживания может быть температура минус 25°C, при которой вымораживается около 90% воды, содержащейся в исследуемых тканях гидробионтов.

Выведенные математические уравнения зависимостей температуры от времени замораживания и количества вымороженной воды от температуры могут быть использованы для расчетов процессов криообработки водного сырья и его аппаратурного оформления.

Литература

1. *Рашевская Т.А.* Растительные пищевые добавки для регулирования наноструктуры сливочного масла // Сыроделие и маслоделие. – 2011. – № 5. – С. 49–51.
2. *Гачак Ю.Р., Ваерисевич Я.С., Прокопюк Н.И.* Разработка рецептур творожных масс с криопорошками «Морская капуста» и «Брокколи» и их технологические характеристики // Научный вестник ЛНУВМБТ им. С.З. Гжицкого. – 2016. – № 18. – С. 53–55.
3. *Конюхов И.В., Чаушов В.И., Солдатов Д.П.* Разработка таблеток гепатопротекторного действия с криоизмельченным растительным сырьем и силимарином // Научные ведомости. – 2013. – № 4. – С. 240–245.
4. Roe Sol of sturgeons – a unique raw material for use in cosmetic means / *M.V. Sytova, E.N. Harenko, E.A. Dmitrieva, E.A. Gritsenko, E.N. Aitova* // SOFW-Journal. – 2011. – № 7. – Р. 26–36.
5. *Млынар Е.В.* Современное состояние и перспективы промысла тихоокеанского кальмара *Todaodes pacificus* в северной части Японского моря // Вестник СВДЦ ДВО РАН. – 2009. – № 1. – С. 42–48.
6. *Подкорытова А.В.* Головоногие моллюски и их переработка // Рыбное хозяйство. – 2006. – № 3. – С. 54–55.
7. *Слуцкая Т.Н., Тимчишина Г.Н., Карлина А.Е.* Обоснование технологии сушеной продукции из промысловых кукумарий дальневосточных морей // Известия ТИНРО. – 2008. – Т. 155. – С. 334–346.
8. *Надыкта В.Д., Щербакова Е.В., Ольховатов Е.А.* Технология порошкообразных пищевых добавок // Научный журнал КубГАУ. – 2017. – № 131 (07). – С. 659–671.
9. Совершенствование технологической линии производства плодоовощных порошков / *Д.С. Джаруллаев, А.М. Рамазанов, З.А. Яралиева, И.Е. Сязин* // Известия вузов. Пищевая технология. – 2012. – № 4. – С. 64–66.
10. *Христюк А.В., Связин И.А., Мякинникова Е.И.* Технология плодовых и овощных криопорошков // Материалы междунар. науч.-практ. интернет-конф. «Современные проблемы качества и безопасности продуктов питания в свете требований технического регламента Таможенного союза: 26 марта 2014 г. – Краснодар: Изд-во КубГТУ, 2014. – С. 78–81.
11. *Rahman M.S., Driscoll R.H.* Freezing points of selected sea foods (invertebrates) // Intern. Journ. of Food Science Technology. – 1994. – № 1. – С. 51–61.
12. ГОСТ 7636-85 Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. – М., 2014.
13. *Короткий И.А., Короткая Е.В.* Криоскопические температуры сибирских ягод // Известия вузов. Пищевая технология. – 2008. – №1. – С. 66–68.
14. Влияние субкриоскопической температуры хранения на количество вымороженной воды в NOR и DFD говядине / *М.А. Дибирасулаев, Д.М. Белозеров, Г.А. Дибирасулаев, Д.Е. Орловский* // Теория и практика переработки мяса. – 2016. – № 2. – С. 18–25.
15. *Богданов В.Д., Назаренко А.В., Симдянкин А.А.* Криотехнология сухого пищевого концентрата из голотурий // Научные труды Дальрыбвтуза. – 2016. – № 38. – С. 64–68.
16. *Юзов С.Г.* Определение активности воды в высоковлажных пищевых продуктах по криоскопической температуре // Все о мясе. – 2009. – № 1. – С. 29–32.
17. Исследование физико-химических свойств рыбных фаршей, сухих растительных премиксов и их смесей / *А.Х. Нугманов, Ю.А. Максименко, А.И. Алексанян, О.А. Алексанян* // Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство. – 2018. – № 2. – С. 135–148.
18. *Овсянников В.Ю., Кондратьева Я.И., Бостынец Н.И.* Исследование криоскопических температур и вымораживания влаги из плодов соков // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2014. – № 4. – С. 34–40.
19. Криогенные технологии в производстве фармацевтических, косметических, агротехнических препаратов и биологически активных пищевых добавок / *А.И. Осецкий, В.И. Грищенко, А.Н. Гольцев, М. А. Кравченко, Е.В. Стрючкова* // Проблемы криобиологии. – 2009. – Т. 19, № 4. – С. 488–499.
20. Исследование криоскопических характеристик пищевых продуктов / *В.В. Пойманов, А.С. Белозерцев, Д.В. Воробьев, А.А. Воронин* // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2008. – № 11. – С. 50–52.

21. *Лысова В.Н., Дутьгер Н.В.* Методика расчета теплофизических характеристик замороженной рыбы // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2004. – № 1. – С. 187–193.

22. *Гришманова А.А., Гришкова И.В.* Количество вымороженной влаги в зрелых сырах // Пищевые инновации в биотехнологии. – 2017. – С. 49–50.

Информация об авторах
Information about the authors

Богданов Валерий Дмитриевич – Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет; 690087, Россия, Владивосток; доктор технических наук, профессор кафедры «Технология продуктов питания»; bogdanovvd@dgtru.ru

Bogdanov Valery Dmitrievich – Far Eastern Federal University; 690087, Russia, Vladivostok, Doctor of Technical Sciences, Professor of Food Technology Chair; bogdanovvd@dgtru.ru

Симдянкин Андрей Андреевич – Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет; 690087, Россия, Владивосток; старший преподаватель кафедры «Холодильная техника, кондиционирование и теплотехника»; And-sim@mail.ru

Simdiankin Andrei Andreevich – Far Eastern Federal University; 690087, Russia, Vladivostok, Senior Lecturer of Refrigeration, Air Conditioning and Heating Engineer Chair; And-sim@mail.ru

Назаренко Антон Валерьевич – Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет; 690087, Россия, Владивосток; старший преподаватель кафедры «Холодильная техника, кондиционирование и теплотехника»; NazAnton@yandex.ru

Nazarenko Anton Valerievich – Far Eastern Federal University; 690087, Russia, Vladivostok, Senior Lecturer of Refrigeration, Air Conditioning and Heating Engineer Chair; NazAnton@yandex.ru

УДК [663.5:634.7+582.272.46](571.66)

М.В. Благоданова**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВОДНО-СПИРТОВЫХ ЭКСТРАКТОВ
ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ КАМЧАТСКОГО КРАЯ**

В статье приведены данные изучения водно-спиртовых экстрактов из растительного сырья Камчатского края: хвои кедрового стланика, диких ягод, иван-чая и бурых водорослей. Обсуждаются результаты определения содержания экстрагированных из них веществ в настоях, полученных при использовании разных концентраций этанола в воде. Показано, что оптимальная концентрация спирта в настоях составляет 40%. Установлено, что максимального извлечения экстрактивных веществ из растительного сырья в процессе экстрагирования возможно добиться при использовании гидромодуля 1 : 4 в течение 7 суток. Разработана технологическая схема приготовления настоев из камчатского растительного сырья. Приведены результаты определения в полученных водно-спиртовых экстрактах содержания витамина С, йода и массовой концентрации органических кислот. Показана высокая биологическая ценность настоев. Приведены результаты их органолептических исследований.

Ключевые слова: водно-спиртовые экстракты, экстрактивные вещества, экстракты камчатских ягод, экстракт ламинарии, химические показатели, содержание экстрактивных веществ, витамин С, йод, кислоты.

M.V. Blagodarova**DEVELOPMENT OF WATER-ALCOHOL EXTRACTS TECHNOLOGY
FROM VEGETABLE RAW MATERIALS OF KAMCHATSKY KRAI**

The study data of water-alcohol extracts from plant raw materials of Kamchatsky Krai such as pine needles, wild berries, Ivan tea and brown algae are presented in the article. The results of determining the content of extracted substances in infusions obtained by using different concentrations of ethanol in water are discussed. It is shown that the optimal concentration of alcohol in infusions is 40%. It is established that the maximum extraction can be achieved with the use of hydromodule 1 : 4 during 7 days. The technological scheme of infusions preparation is developed. The results of determining vitamin C, iodine and mass concentration of organic acids content in the obtained water-alcohol extracts are presented. The high biological value of infusions is shown. The results of their organoleptic studies are presented.

Key words: water-alcohol extracts, extractives, extracts of Kamchatka berries, kelp extract, chemical indicators, extractives content, vitamin C, iodine, acids.

DOI: 10.17217/2079-0333-2019-50-22-30

Введение

В настоящее время существует тенденция к увеличению российского рынка спиртных напитков. Значительную его долю занимают ликеро-водочные изделия. Использование растительных экстрактов в технологии ликеро-водочных изделий позволяет смягчить отрицательное действие этанола, ввести в напиток естественный комплекс биологически активных веществ, а также улучшить вкус напитков [1]. Предпочтения современных потребителей смещаются в сторону использования натуральных продуктов, в связи с этим большой практический интерес представляют разработки по расширению ассортимента напитков с использованием натуральных компонентов и особенно широкодоступного растительного сырья, богатого ценными веществами.

Одним из наименее изученных, с точки зрения возможности использования для производства ликеро-водочных изделий, является водорослевое сырье, обладающее уникальным химическим составом, а также дикорастущие растения Камчатского края, многие из которых обладают ярко выраженным физиологическим воздействием на организм человека. Работы по использованию местного сырья для производства спиртных напитков ведутся различными авторами. Так, А.А. Батурина обосновала возможность использования в производстве ликеров десертных дальневосточного растительного сырья – элеутерококка колючего [2]. Для этого в качестве полуфабрикатов для производства ликеров использовались водно-спиртовые экстракты из ветвей и листьев элеутерококка. Е.В. Воробьевой разработана технология вина плодового на основе дальневосточного культивируемого ягодного сырья: жимолости, черной смородины, крыжовника [3]. В разработанных плодовых винах обнаружены антиоксидантные

свойства, наиболее выраженные у вин плодовых из крыжовника и из жимолости. При разработке технологии производства водок из бурых водорослей Л.Н. Потишук установила, что применение водно-спиртовых экстрактов из бурых водорослей *Costaria costata* и *Undaria pinnatifida* позволяет снизить токсичность этилового спирта за счет уменьшения массовой концентрации уксусного альдегида, сивушного масла и объемной доли метилового спирта [4]. А.А. Ширшовой проведены исследования по использованию дальневосточного растительного сырья – актинидии аргута, смородины черной, малины красной и шиповника морщинистого в технологии напитков винных типа портвейна [5]. По данным А.А. Салмина [6], винные напитки из дальневосточного плодово-ягодного сырья отличаются оригинальными органолептическими характеристиками и достаточно высоким (до 65 г/дм³) содержанием витамина С. При разработке технологии сухого вина из плодов вишни и черноплодной рябины, произрастающих в Кемеровской области, авторами установлено, что полученное вино по органолептическим показателям и по показателям качества не уступает некоторым виноградным [7]. Разработана технология вина из облепихи, тысячелистника, полыни [8]. Исследования по разработке ликеро-водочных изделий, в состав которых входили бы натуральные экстракты из ламинариевой водоросли *Saccharina bongardiana*, а также из дикорастущих растений Камчатского края не проводились. Вовлечение их в производство ликеро-водочных изделий позволит обеспечить население Камчатки высококачественными спиртными напитками в доступном ценовом диапазоне. Использование для производства ликеро-водочных изделий натуральных ингредиентов, имеющих богатый химический состав и содержащих биологически активные вещества, позволит, кроме того, создать продукт с уникальным химическим составом и высокой биологической ценностью.

Ниже приведено описание результатов исследований, направленных на разработку технологии производства водно-спиртовых экстрактов из растительного сырья Камчатки, в том числе из ламинариевых водорослей Камчатского края, для дальнейшего их использования в производстве ликеро-водочных изделий.

Материалы и методы

Материалом для проведения экспериментов по получению водно-спиртовых экстрактов послужили пластины бурых водорослей семейства Laminariaceae – *Saccharina bongardiana*, ягоды жимолости синей (*Lonicera caerulea* L.), рябины бузинолистной (*Sorbus sambucifolia* (Cham. et Schlecht.) M. Roem.), шиповника тупоушкового (*Rosa amblyotis* C. A. Mey.), брусники малой (*Rhodococcum minor* (Lodd.) Avror.), брусники обыкновенной (*Rhodococcum vitis-idaea* (L.) Avror.), шикши (*Empetrum nigrum* L. s. l.), листья иван-чая узколистного (*Chamerion angustifolium* (L.) Holub), а также хвоя молодых побегов кедрового стланика (*Pinus pumila* (Pall.) Regel). Ягоды, листья иван-чая, хвоя кедрового стланика были собраны в Елизовском районе Камчатского края в июне – сентябре 2018 г. После сбора ягоды мыли, листья иван-чая сушили. Бурые водоросли собирали в Авачинском заливе с июня по сентябрь 2018 г., сортировали, мыли, отбирали участки пластин, не имеющие высыпавшихся соросов спорангиев, разрезали их на узкие полосы, 5–8 см шириной, шинковали их на полоски шириной не более 5 мм и сушили при температуре не выше 40°C.

Высушенные водоросли и листья иван-чая, как и свежесобранные ягоды, заливали водно-спиртовой смесью с концентрацией этанола 40, 50, 60 и 70%. Выдерживали пробы в течение семи дней при комнатной температуре. Затем полученные экстракты сливали в отдельные емкости и использовали для определения содержания в них отдельных компонентов.

Для определения органолептических показателей применяли описательный метод, а также метод, основанный на применении профилограмм. Определение химико-технологических параметров (крепости, массовой концентрации общего экстракта и кислот) проводили согласно ГОСТ 32080. Крепость экстрактов определяли ареометрическим методом. Массовую концентрацию общего экстракта определяли пикнометрическим методом. Определение массовой концентрации титруемых кислот в пересчете на безводную лимонную кислоту проводили ацидиметрическим методом. Массовую долю витамина С определяли йодатным методом по ГОСТ 7047. Определение массовой доли йода в водно-спиртовых экстрактах проводили согласно ГОСТ 26185.

Результаты и обсуждение

Водно-спиртовые смеси разной концентрации: 40, 50, 60, 70% – были использованы с целью определения концентрации спирта, при которой из эстрагируемого растительного сырья извлекается максимальное количество биологически активных веществ. Результаты исследований приведены в табл. 1.

Таблица 1

Содержание экстрактивных веществ (в г/см³) в экстрактах, полученных из разного растительного сырья при использовании разных концентраций этанола в воде

Растительное сырье	Экстрагент (водный раствор этанола)			
	40%	50%	60%	70%
Хвоя кедрового стланика	31,9	34,5	36,2	35,9
Ягоды жимолости	23,9	25,7	27,8	27,5
Ягоды брусники	31,9	35,1	37,5	37,5
Ягоды шиповника	37,5	39,4	40,1	40,0
Ягоды рябины	34,6	37,9	40,1	40,2
Ягоды шикши	43,5	45,1	46,2	46,1
Листья иван-чая	39,9	42,3	44,2	43,2
Сахарина Бонгарда	41,1	42,1	44,0	43,9

Как видно из представленных в табл. 1 результатов, наиболее высокое содержание экстрактивных веществ отмечено при использовании 60%-ного экстрагента. В то же время колебания количества извлеченных веществ при использовании концентрации этанола 40–60% незначительны. Целевым содержанием спирта в разрабатываемых ликеро-водочных изделиях является 40%, поэтому с целью максимальной технологичности процесса оптимальной следует признать концентрацию спирта 40%.

При приготовлении настоев важно было добиться максимального извлечения из используемого растительного сырья биологически активных, дубильных, красящих, ароматических и вкусовых веществ. Для увеличения выхода экстрактивных веществ в процессе экстрагирования для каждого вида изучаемого растительного сырья было изготовлено несколько образцов водных экстрактов с гидромодулями 1 : 2; 1 : 3; 1 : 4. Наилучшие результаты были получены для гидромодуля 1 : 4 (рис. 1).

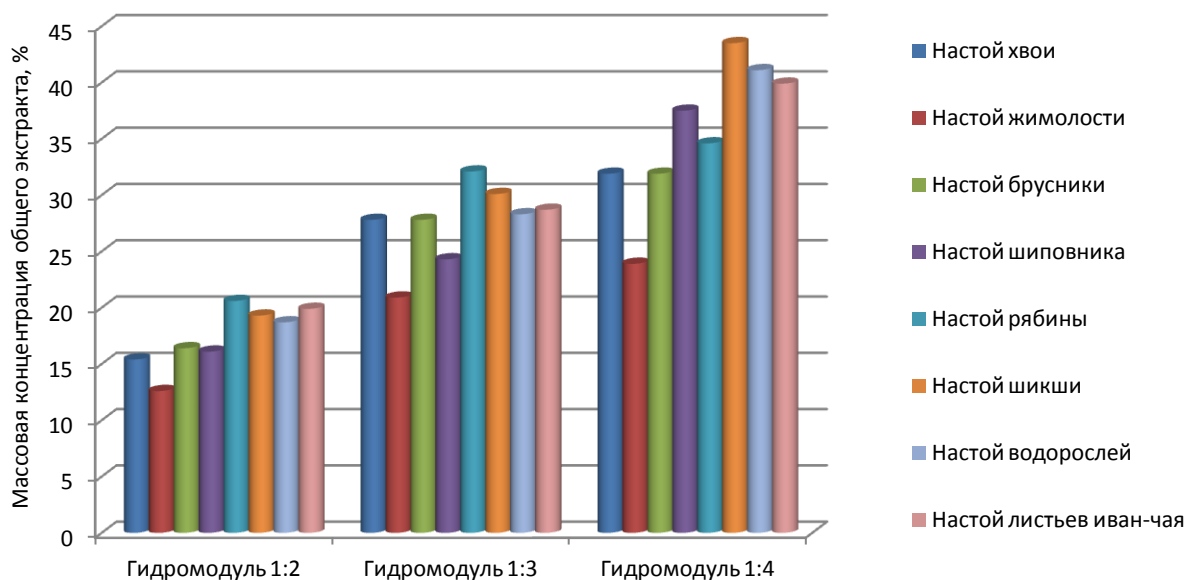


Рис. 1. Содержание экстрактивных веществ в настоях, полученных из растительного сырья при использовании различных гидромодулей, %

При сравнении содержания экстрактивных веществ, полученных водно-спиртовыми извлечениями, отмечено, что минимальное содержание экстрактивных веществ наблюдали в образцах настоев с использованием гидромодуля 1 : 2. При таком соотношении частей растений и водно-этанольной составляющей массовая концентрация общего экстракта колеблется от 12,6% в экс-

тракте ягод жимолости до 20,6% в рябиновом экстракте. При использовании гидро модуля 1 : 3 содержание экстрактивных веществ возрастает и достигает максимальных значений при использовании гидро модуля 1 : 4. Такое соотношение (1 : 4) позволяет увеличить концентрацию общего экстракта практически в два раза по сравнению с использованием гидро модуля 1 : 2. Так, в настое ягод жимолости значение этого показателя достигает 23,9%, а в настое ягод рябины – 34,6%. Анализ полученных данных позволяет утверждать, что при увеличении доли растворителя растет выход экстрактивных веществ из растительного сырья. Можно предположить, что при увеличении расхода водно-этанольной составляющей экстрактивные вещества легче выделяются из растительной ткани. Полученные результаты изучения влияния гидро модуля на выход веществ из растительного сырья согласуются с литературными данными [9]. Вероятно, при увеличении гидро модуля до 1 : 5 и выше выход экстрактивных веществ возможно увеличить, но это вызовет неоправданно высокий расход спирта и приведет к удорожанию конечного продукта, поэтому, исходя из соображений экономической целесообразности, оптимальным следует признать гидро модуль 1 : 4.

При определении гидро модуля для экстрагирования сушеных листьев иван-чая установлено, что минимальное соотношение листьев и водно-этанольного экстрагента, которое позволяет полностью покрывать раствором листья, составляет 1 : 24 – именно это соотношение оказалось наилучшим при приготовлении настоев из листьев иван-чая.

Для экспериментов с иван-чаем экстракты получали из неферментированных и ферментированных листьев. При этом было установлено, что запах настоев из тех и других приятный, цвет зеленовато-коричневый, вкус травяной, более яркий в настое из ферментированных листьев вследствие того, что ферментированные листья более активно впитывали экстрагент. В результате этого объем экстракта из них уменьшился вдвое по сравнению с таковым из неферментированных листьев. Экстракт из ферментированных листьев, кроме того, после настаивания и фильтрования оставался мутным и требовал дополнительной обработки. Несмотря на несколько лучшие результаты органолептической оценки настоя из ферментированных листьев, использование таких настоев для производства ликеро-водочных изделий следует считать нецелесообразным в связи с низким выходом готового продукта и большим расходом сырья.

Для определения периода времени, в течение которого извлечение биологически активных веществ из растительного сырья было бы максимальным, была проведена серия дополнительных экспериментов, в ходе которых в настоях, получаемых при использовании 40%-ных водно-этанольных растворов и гидро модуля 1 : 4 для хвои кедрового стланика, водорослей и ягод и 1 : 24 для листьев иван-чая, ежедневно определяли количество экстрагируемых веществ. Данные, полученные в ходе этих исследований, представлены на рис. 2.

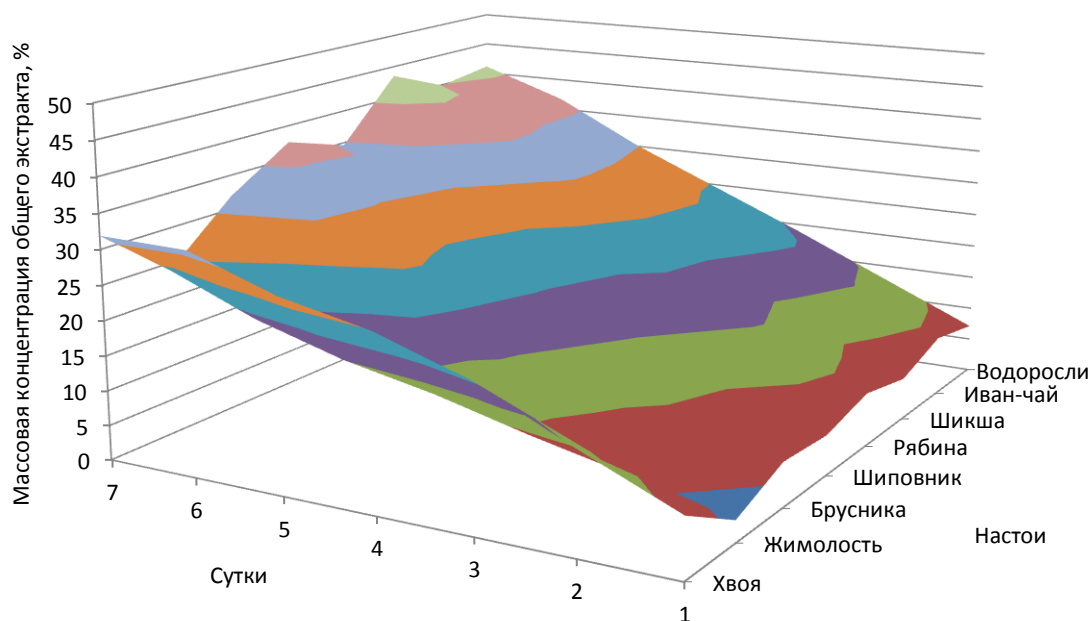


Рис. 2. Содержание экстрактивных веществ в настоях, полученных из растительного сырья экстрагированием в течение 7 суток, %

Анализ приведенных на нем данных показывает, что максимальная концентрация экстрактивных веществ достигается в целом через 6–7 сут. Более длительное выдерживание растительного сырья в водно-этанольном растворе практически не приводит к увеличению концентрации экстрагированных веществ. На этом основании был сделан вывод о целесообразности ведения экстракции в течение 7 сут.

После 7 сут настаивания экстракты фильтровали и оставляли для отдыха на 10 сут. Установлено, что экстракты хвои кедрового стланика, шиповника и рябины после фильтрования оставались мутными. Последующее их отстаивание в течение 10 сут приводило к образованию заметного количества осадка. В экстрактах брусники и иван-чая, первоначально прозрачных после фильтрования, после 10 сут отдыха также образовался осадок. С целью удаления осадка и муты из всех полученных экстрактов проводили последующее двукратное фильтрование через каждые 10 сут. Использованный технологический прием позволил получить абсолютно прозрачные настои. Технологическая схема приготовления настоев из растительного сырья Камчатского края приведена на рис. 3.

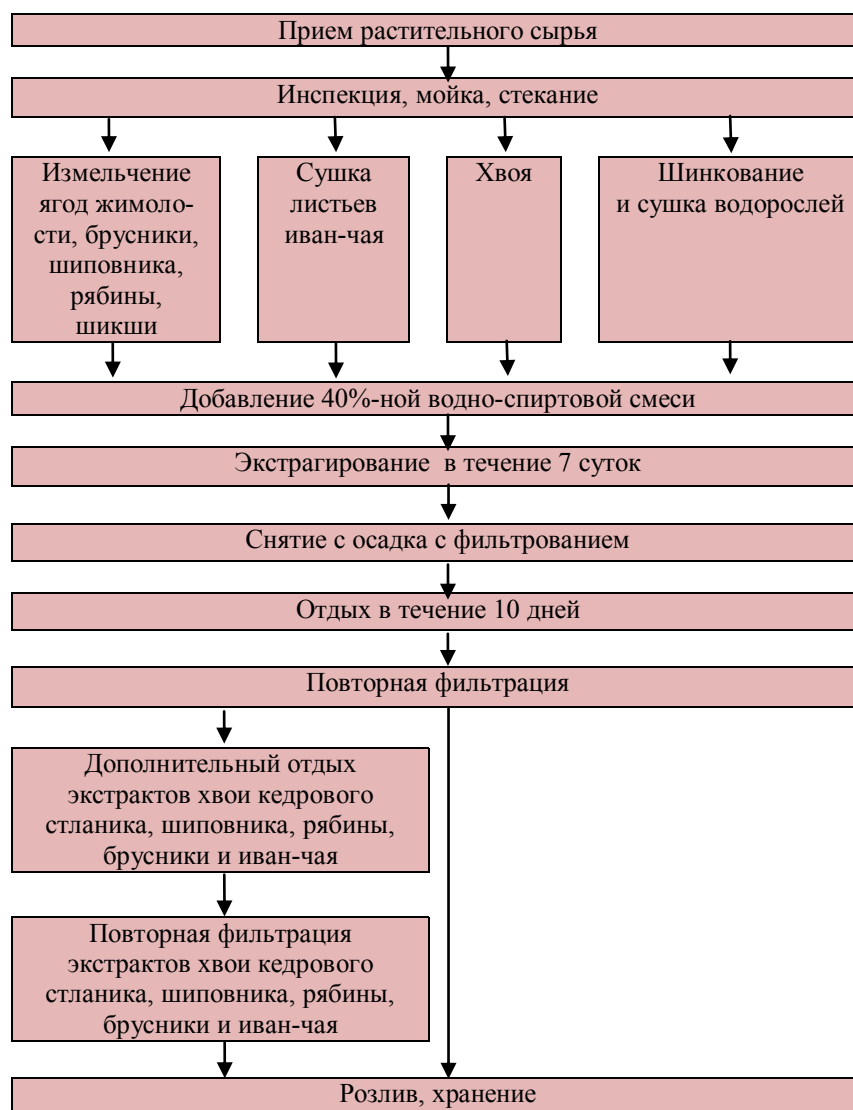


Рис. 3. Технологическая схема приготовления спиртовых настоев из растительного сырья Камчатского края

В полученных с использованием 40%-ного водно-спиртового экстрагента настоях определяли содержание витамина С и массовую концентрацию кислот в пересчете на лимонную кислоту. Данные исследований приведены в табл. 2.

При сравнении массовой доли витамина С в разных экстрактах отмечено, что наиболее высоко его содержание в настое шиповника (0,3344 мг%). Значительное содержание витамина обнаружено также в настое хвои (0,2640 мг%). Меньшим, но все же на достаточно высоком уровне оказались содержание аскорбиновой кислоты в настоях рябины и брусники (0,0352 и 0,0176 мг% соответствен-

но). В остальных настоях витамина С практически не был обнаружен. Это может быть связано либо с его низким содержанием в сырье, либо с его разрушением в процессе технологической обработки.

Таблица 2

Содержание витамина С и кислот в водно-спиртовых настоях, полученных из разного растительного сырья

Наименование настоев	Значения показателей	
	содержание витамина С, мг%	массовая концентрация органических кислот в пересчете на лимонную кислоту, г/100 см ³
Настой из хвои кедрового стланика	0,2640	0,07
Настой из ягод жимолости	0,0001	0,42
Настой из ягод брусники	0,0176	0,52
Настой из ягод шиповника	0,3344	0,44
Настой из ягод рябины	0,0352	0,29
Настой из ягод шикши	0,0001	0,13
Настой из листьев иван-чая сушеных	0,0001	0,13
Настой из бурых водорослей сушеных	0,0001	0,01

Наиболее высокое содержание органических кислот было установлено в настоях из ягод брусники (0,52 г/100 см³), шиповника (0,44 г/100 см³) и жимолости (0,42 г/100 см³), что, скорее всего, связано с высоким содержанием органических кислот в ягодном сырье.

В настой бурых водорослей определяли также содержание йода. Установлено, что содержание этого важного для здоровья человека микроэлемента составляет 15,28 мкг на 100 см³ настоя, что весьма значительно и составляет около 10% от суточной физиологической потребности для взрослых.

Для определения органолептических характеристик полученных настоев использовали описательный метод, а также профильный метод, который позволяет получить полное сенсорное описание продукта [10]. При органолептическом анализе главными определяемыми показателями были наиболее важные у потребителей показатели – вкус и аромат. Отметим, что, по мнению дегустаторов, все образцы (за исключением настоя водорослей) имели достаточно приятный, сбалансированный и интенсивный аромат. Наиболее сбалансированный вкус они отметили у настоев из ягод шикши и шиповника (рис. 4 и 5).

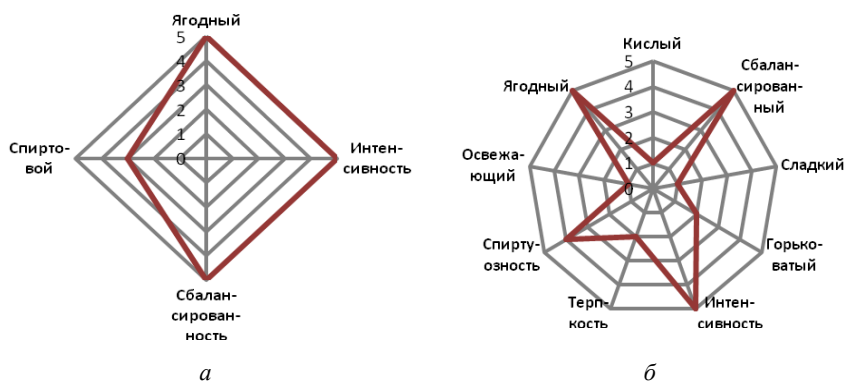


Рис. 4. Профилограммы: а – аромата; б – вкуса настоя ягод шикши

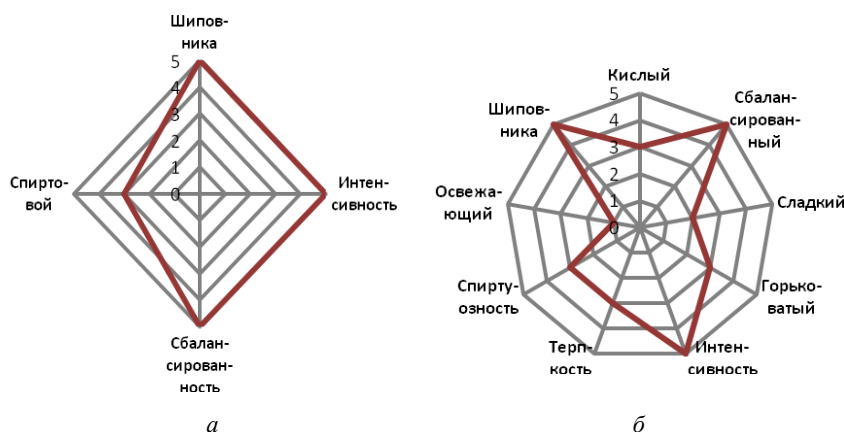


Рис. 5. Профилограммы: а – аромата; б – вкуса настоя ягод шиповника

Образцы настоев из шиповника и шикши имели интенсивный ягодный, умеренно спиртовый аромат. Вкус настоев характеризовали как ягодный, сбалансированный и интенсивный. Отмечалась умеренная спиртуозность во вкусе, усиливающаяся в настое шикши, в настое шиповника – небольшая кислинка и терпкость. Также во вкусе спиртового экстракта шиповника ощущался приятный горьковатый привкус. Оба настоя имели очень красивый цвет: шиповниковый – красновато-коричневый, шикшевый – почти черный.

Высокие органолептические свойства отмечены в образце, приготовленном на основе ягод рябины (рис. 6). Вкус этого настоя был интенсивно ягодным, несколько менее сбалансированным, чем шикшевого и шиповникового, аромат – интенсивный, с достаточно резким запахом спирта.

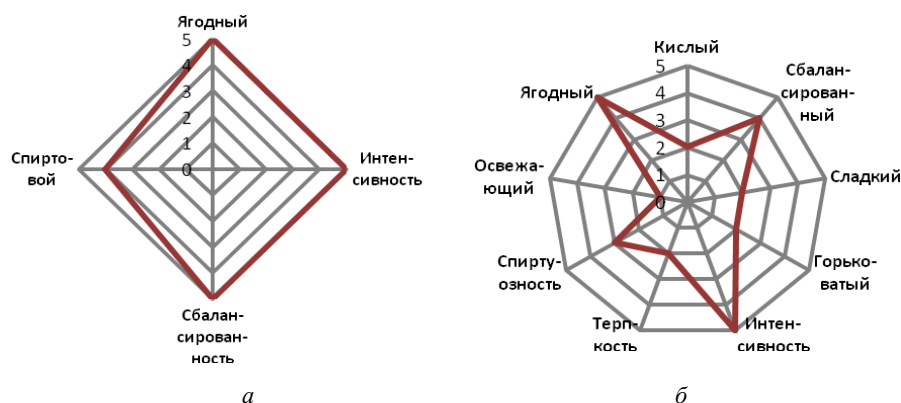


Рис. 6. Профилограммы: а – аромата; б – вкуса настоя ягод рябины

Приятные вкус и аромат отмечены также в спиртовом настое брусники и удовлетворительные – в настое из ягод жимолости и листьев иван-чая. Настой хвои кедрового стланика получился красивого желтовато-красного цвета, имел привлекательный аромат, яркий хвойный вкус. Настой бурых водорослей имел светло-желтый цвет, специфический водорослевый запах. Его вкус был с резким водорослевым оттенком, соленый, со специфическим водорослевым послевкусием.

С учетом значительной биологической ценности настоев шиповника и рябины (высокого содержания в них витамина С) и присущей им высокой органолептической оценки было принято решение в дальнейшем при разработке рецептур ликеро-водочных изделий за основу принять именно эти настои, а также настой шикши, имеющий высокие органолептические свойства.

Перспективным также представляется включение в незначительных количествах в состав рецептур ликеро-водочных изделий настоя хвои кедрового стланика, богатого витамином С, и настоя водорослей, получившего низкую органолептическую оценку. Последний содержит значительное количество йода и других биологически активных веществ, в том числе абсолютно уникальных полисахаридов, например фукоидана [11]. В дальнейшем в разрабатываемых нами рецептурах предполагается использование настоев брусники, жимолости и иван-чая с целью создания привлекательных для потребителей цветowych, вкусовых и ароматических характеристик полученных настоев, а также обогащения химического состава продукта за счет содержащихся в настоях БАВ.

Заключение

На основании проведенных исследований обоснованы технологические режимы производства спиртовых экстрактов из растительного сырья Камчатского края. Показано, что оптимальная концентрация этанола в настоях составляет 40%. Экспериментальным путем установлено, что максимального извлечения экстрактивных веществ из растительного сырья в процессе экстрагирования возможно добиться при использовании гидромодуля 1 : 4 в течение 7 сут. При приготовлении настоев из листьев иван-чая целесообразным признано соотношение листьев и водно-этанольного экстрагента 1 : 24.

Показана высокая биологическая ценность полученных настоев. Отмечено высокое содержание витамина С в настое шиповника, хвои, а также в настоях рябины и брусники. Экспериментальным путем установлено значительное содержание органических кислот в настоях из ягод брусники, шиповника и жимолости. Показано, что содержание йода в 100 см³

настоя бурых водорослей составляет 10% от суточной физиологической потребности для взрослых. Установлены высокие органолептические свойства полученных экстрактов, достаточные для использования полученных водно-спиртовых экстрактов в производстве ликеро-водочных изделий.

В связи с неблагоприятными экологическими условиями и сложившейся в последние годы структурой питания, для которой свойственно низкое содержание витаминов и микроэлементов, особенно в рационе жителей северных регионов, к которым относится Камчатка, необходима разработка технологий пищевых продуктов, повышающих пищевую ценность продуктов, а также сопротивляемость организма к воздействиям внешней среды. В таких условиях особенно актуальным становится привлечение в практическое использование местных дикорастущих растений, содержащих БАВ. Таковыми в Камчатском крае являются водоросли, ягодные растения, травы. Значительные объемы произрастающих здесь дикоросов, использованных нами для производства алкогольных продуктов, позволяют использовать их в пищевой промышленности и изготавливать брендовую продукцию.

В Камчатском крае достаточно хорошо организован масштабный сбор дикорастущего растительного сырья. Существуют отдельные малые предприятия и национальные общины по его сбору и заготовке. При этом строго контролируется качество собранного сырья в сертифицированных лабораториях. Важно также отметить, что производство ликеро-водочных изделий в Камчатском крае в настоящее время отсутствует, и это негативно влияет на ценообразование напитков (в сторону их повышения) в регионе. Введение дикоросов в состав пищевых продуктов, в частности ликеро-водочных изделий, позволит создать продукт с повышенной биологической ценностью, обусловленной использованием экологически чистого камчатского сырья в доступном для жителей Камчатки ценовом диапазоне.

Литература

1. *Тельтевская О.П.* Разработка технологии и товароведческая характеристика крепких алкогольных напитков с использованием различных органов растений семейства аралиевые (*Araliaceae*): автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Владивосток, 2013. – 20 с.
2. *Батурина А.А.* Разработка технологии и товароведческая характеристика ликеров из растительного сырья Дальневосточного региона: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Владивосток, 2012. – 23 с.
3. *Воробьева Е.В.* Обоснование технологии вин плодовых с использованием сельскохозяйственного сырья Дальневосточного региона и их товароведческая оценка качества: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Владивосток, 2009. – 23 с.
4. *Потишук Л.Н.* Обоснование применения экстрактов из бурых водорослей Тихоокеанского шельфа в технологии водок особых: дис. ... канд. техн. наук. – Владивосток, 2007. – 198 с.
5. *Ширшова А.А.* Разработка технологии и товароведческая характеристика напитков винных из растительного сырья Дальневосточного региона: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Владивосток, 2013. – 19 с.
6. *Салмин А.А., Приходько Ю.В.* Новые аспекты технологии производства плодово-ягодных вин с повышенным содержанием аскорбиновой кислоты // Вестник ТГЭУ. – 2007. – № 3. – С. 62–67.
7. *Гореликова В.А., Васильева С.Б., Адаева А.А.* Биотехнологические аспекты получения плодовых вин из местного сырья [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/biotehnologicheskie-aspekty-polucheniya-plodovyh-vin-iz-mestnogo-syrya>.
8. Композиция ингредиентов для ароматизированного облепихового вина: патент РФ № 2484127 / И.В. Игнатенко, К.В. Всеводина, Р.Ю. Митрофанов. Опубликовано 10.06.2013.
9. *Левин Б.Д., Федюлин А.С.* Влияние гидромодуля на выход биологически активных веществ // Вестник КрасГАУ. – 2006. – № 2. – С. 266–269.
10. *Кантере В.М., Матисон В.А., Фоменко М.А.* Сенсорный анализ продуктов питания. – М.: Тип. РАСХН, 2003. – 399 с.
11. *Клочкова Н.Г., Березовская В.А.* Водоросли Камчатского шельфа. Распространение, биология и химический состав. – Владивосток: Дальнаука, 1997. – 154 с.

Информация об авторе
Information about the author

Благодравова Майя Владимировна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат технических наук; доцент кафедры «Технологии пищевых производств»; mblagonravova@mail.ru

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

УДК 664.649

Г.П. Ламажапова, Э.В. Сингеева, Э.Б. Битуева**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ГИПОЛИПИДЕМИЧЕСКОГО
И АНТИОКСИДАНТНОГО ЭФФЕКТА ХЛЕБА,
ОБОГАЩЕННОГО ОМЕГА-3 КИСЛОТАМИ**

Авторы разработали рецептуру хлеба, обогащенного омега-3 полиненасыщенными жирными кислотами (ПНЖК), путем внесения в рецептуру концентрата ПНЖК в липосомальной форме. Установлено, что потребление обогащенного хлеба в группе подопытных животных приводило к нормализации показателей липидного профиля сыворотки крови (снижению уровня общего холестерина, содержания триглицеридов, фракций холестерина липопротеинов низкой и очень низкой плотности и повышению уровня фракции холестерина липопротеинов высокой плотности) по сравнению с таковыми у контрольной группы, евшей обычный хлеб, после вызванной у них алиментарной дислипидемии. При использовании диеты с применением обогащенного хлеба уровень вредных продуктов окисления (диеновых конъюгатов и малонового диальдегида) в плазме крови, эритроцитах и печени достоверно снижался. Исходя из результатов исследований, можно утверждать, что хлеб, обогащенный омега-3 жирными кислотами, является функциональным продуктом с выраженным гиполлипидемическим действием.

Ключевые слова: омега-3 полиненасыщенные жирные кислоты, хлеб, функциональное питание, липидный профиль, алиментарная дислипидемия, антиоксидантный эффект.

G.P. Lamazhapova, E.V. Syngееva, E.B. Bitueva**EXPERIMENTAL EVALUATION OF HYPOLIPIDEMIC AND ANTIOXIDANT EFFECT
OF BREAD ENRICHED WITH OMEGA-3 ACIDS**

The bread enriched with omega-3 polyunsaturated fatty acids (PUFAs) by adding liposome formulations to PUFA concentrate was developed. It was found that consumption of fortified bread by animals led to a normalization of the serum lipid profile (lowering total cholesterol, triglycerides, low and very low density lipoprotein cholesterol fractions and increasing high density lipoprotein cholesterol fraction) compared to those animals, which fed bread without additives, after alimentary dyslipidemia caused in both of them. When using a diet with enriched bread, the level of harmful oxidation products (diene conjugates and malondialdehyde) in blood plasma, erythrocytes and liver decreased. Based on the research results, it can be stated that bread enriched with omega-3 fatty acids is a functional product with a pronounced lipid-lowering effect.

Key words: omega-3 polyunsaturated fatty acids, bread, functional nutrition, lipid profile, alimentary dyslipidemia, antioxidant effect.

DOI: 10.17217/2079-0333-2019-50-31-37

Введение

В силу ряда объективных причин привычное питание большинства населения перестало удовлетворять оптимальным потребностям здорового организма. Наблюдаемый дисбаланс в современной структуре питания является одной из причин высокой смертности от хронических неинфекционных заболеваний. Это вызывает необходимость производства продуктов здорового питания с высокой пищевой и биологической ценностью. В интересах сохранения здоровья современного человека необходимо широко внедрять продукты функционального питания во всех слоях населения. В частности, для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний рекомендуется использовать пищевые продукты с повышенным содержанием омега-3 полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК).

ПНЖК семейства омега-3 проявляют уникальные по своей эффективности профилактические и лечебные свойства [1]. Эффективность влияния на организм эйкозапентаеновой (ЕРА) и других омега-3 кислот состоит в том, что они включаются в фосфолипиды мембран, являются предшественниками в биосинтезе эйкозаноидов – регуляторов метаболизма и физиологических функций липидной природы. Уровень эйкозаноидов, синтезируемых в организме, зависит от состава и количества жирных кислот пищи [2].

Для того чтобы омега-3 ПНЖК оказывали свое благоприятное действие на организм человека, они должны быть включены в ежедневный рацион питания в соответствующих количествах и в оптимальном соотношении с омега-6 кислотами [3]. В «Нормах физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации»

прописана разная потребность в кислотах семейства омега-3 и омега-6. Согласно этому документу, рекомендовано потребление 8–10 г/сутки омега-6 и 0,8–1,6 г/сутки омега-3 кислот. Оптимальное соотношение омега-6 : омега-3 жирных кислот в питании должно составлять не более 5 : 1. В 2003 г. Всемирная Организация Здравоохранения рекомендовала применение омега-3 жирных кислот в количестве 1–2 калории на каждые 100 калорий пищи. В 2004 г. Международное общество по изучению жирных кислот и липидов рекомендовало ≥ 500 мг в день EPA + DHA (докозагексаеновой кислоты). В 2004 г. Администрация по контролю за продуктами питания и лекарствами (FDA) США объявила пищу, обогащенную омега-3 жирными кислотами, принадлежащей к категории функциональных продуктов, и также предупредила, что потребление EPA + DHA не должно превышать 3 г в день, потому что возможны негативные проявления [1]. В Бразилии Научное агентство наблюдения за здоровьем (National Health Surveillance Agency) (ANVISA) считает, что продукты, обогащенные омега-3 жирными кислотами, должны обеспечивать, по крайней мере, поступление 0,1 г (EPA и/или DHA) за один прием пищи или в 100 мг, или в 100 мл, чтобы можно было заявлять об их функциональных свойствах [4].

Обогащение обычно потребляемых пищевых продуктов омега-3 кислотами считается инновационным подходом, подходящим для людей, которые не хотят менять свои пищевые привычки [5]. Поэтому необходимо дополнять омега-3 жирными кислотами ежедневно потребляемые продукты, такие как масло, яйца, молоко и содержащие их продукты, получая тем самым так называемые функциональные продукты питания [6]. Функциональные продукты, как правило, определяются как цельные, обогащенные или улучшенные продукты, которые обеспечивают дополнительную пользу для здоровья человека [7].

Существуют определенные ограничения по включению ПНЖК в разные продукты питания, такие как хлебобулочные изделия, молочные и другие продукты, вследствие их склонности к окислению, которое приводит к появлению посторонних запахов, снижает качество продукции, ее питательную ценность и биологическую доступность [6].

С целью предотвращения окисления ПНЖК при их поступлении в организм необходима «специальная упаковка». Инкапсуляция исходных масел может также использоваться для маскировки нежелательного вкуса и запаха омега-3 жирных кислот и стабилизации их от разложения и окисления [8, 9]. Большинство методов микрокапсулирования различных биологически активных веществ, применяемых в пищевой промышленности, основаны на использовании биополимерных матриц, состоящих из сахаров, крахмала, белков, декстринов и альгинатов [10–12]. В последнее время начали приобретать все большее значение липосомы. Они обнаружили массу достоинств как инструмент адресной доставки лекарств в организм [13]. В области пищевой индустрии липосомы начали использовать для доставки пищевых компонентов в составе различных продуктов [14].

При разработке и создании технологий функциональных продуктов питания требуются доказательства эффективности данных продуктов, сохранения свойств «благоприятного влияния на организм» функциональных ингредиентов, прошедших кулинарную обработку.

Полиненасыщенные жирные кислоты содержатся в основном в жирах рыб, морских беспозвоночных и морских млекопитающих. Жирнокислотный состав липидов нерпы, обитающей в Байкале, обнаруживает богатый арсенал полиненасыщенных жирных кислот, в том числе эссенциальных [15]. Ранее методом комплексообразования с мочевиной из подкожного жира байкальской нерпы был получен концентрат ПНЖК. Соотношение омега-6 : омега-3 в полученном концентрате составило 1,3 : 1 за счет увеличения относительного количества омега-3 кислот по сравнению с нативным жиром [16]. Далее было предложено включить концентрат в липосомальные структуры. Проведенная оценка биологической эффективности липосомальной формы концентрата ПНЖК на экспериментальной модели гиперлипидемии показала, что в сыворотке крови животных на фоне дислипидемического состояния при пероральном получении изучаемой формы концентрата ПНЖК у подопытных животных снижалось содержание общего холестерина на 48%, триглицеридов на 35,9%, липопротеинов низкой и очень низкой плотности на 58,5 и 70,3% соответственно. При этом на 90% повышалось содержание липопротеинов высокой плотности. Индекс атерогенности снизился у них в 11,2 раза по сравнению с таковым у животных, находившихся на атерогенной диете [17].

Целью данной работы явилась оценка влияния пшеничного хлеба высшего сорта, обогащенного концентратом жирных кислот из жира байкальской нерпы в липосомальной форме, на показатели липидного профиля экспериментальных животных и исследование их окислительного статуса на модели атерогенной дислипидемии.

Материалы и методы

Обогащенный хлеб получали путем введения в рецептуру (взамен части воды) липосомальной суспензии, содержащей концентрат ПНЖК. Количество в нем воды определяли путем расчетов по фактической влажности муки.

Выделение жира из образцов хлеба проводили по методике Блайя и Дайера [18]. Далее масло подвергали кислотному метанолизу в 5 мл 2N HCl в метаноле при 80°C в течение 45 мин. Метилловые эфиры жирных кислот (МЭЖК) исследовали методом хромато-масс-спектрометрии на газовом хроматографе Agilent Packard HP 6890N с квадрупольным масс-спектрометром HP MSD 5973N в качестве детектора.

Исследования по оценке биологической эффективности продукта проведены на крысах линии Wistar массой от 120 г. Эксперименты с животными проводили в соответствии с требованиями российского законодательства (Приказ Министерства здравоохранения РФ от 19.06.2003 № 267) и международными правилами работы с экспериментальными животными (Страсбург, 1986).

Экспериментальную гиперлипидемию у крыс вызывали атерогенной высокожировой диетой (добавлением в их пищу холестерина в дозе 25 мг на каждые 100 г массы тела в течение 21 дня).

Крысы случайно были разделены на четыре экспериментальные группы (по 10 животных в каждой группе):

1 группа («интакт») – крысы получали стандартный корм и воду;

2 группа («негативный контроль») – крысы с гиперлипидемией;

3 группа («контрольный хлеб») – крысы после атерогенной диеты, которых ежедневно в течение 21 дня кормили хлебом высшего сорта, произведенным по рецептуре, соответствующей требованиям ГОСТ;

4 группа («опытный хлеб») – крыс после атерогенной диеты ежедневно в течение 21 дня кормили хлебом, обогащенным липосомальной формой концентрата ПНЖК.

Для оценки влияния хлеба, обогащенного липосомальной формой концентрата ПНЖК, на липидный профиль сыворотки крови подопытных животных измеряли содержание общего холестерина (ОХС), холестерина липопротеинов высокой плотности (ХС ЛПВП), холестерина липопротеинов низкой плотности (ХС ЛПНП), холестерина липопротеинов очень низкой плотности (ХС ЛПОНП), а также триацилглицеридов (ТГ). Данные показатели определяли на анализаторе BS-400 («Mindray», КНР) с помощью стандартных реактивов фирм «Абрис+» и «ДиаС» (Россия).

Для характеристики атерогенных свойств сыворотки крови животных рассчитывали индекс атерогенности (ИА) по формуле:

$$ИА = \frac{ОХС - ХС ЛПВП}{ХС ЛПВП}.$$

Продуктом окисления ПНЖК является малоновый диальдегид (МДА). Его концентрацию в сыворотке крови и печени экспериментальных крыс определяли по методу М. Учияма и М. Михара [19], в реакции с 2-тиобарбитуровой кислотой (ТБК). Измерение проводили спектрофотометрически при двух длинах волн, 535 и 570 нм, на спектрофотометре. Содержание МДА в эритроцитах определяли по методу, описанному в работе Л. Эрнстера и К. Норденбрандта [20].

Определение содержания диеновых конъюгатов (ДК) в эритроцитах определяли по методу Плейсера (Placer) в модификации В.Б. Гаврилова [21]. Для этого гемолизат эритроцитов встряхивали с перегнанным раствором изопропанол : гептан (1 : 1), затем добавляли гептан. Через 1–2 ч смесь фотометрировали при 232 нм на УФ-ВИД спектрофотометре Cary 300. Коэффициент экстинкции при 233 нм составлял $2,2 \cdot 10^{-5} \text{ см}^{-1} \text{ М}^{-1}$. Определение содержания ДК в плазме крови и гомогенате печени осуществляли стандартным методом [22].

Статистическую обработку результатов, полученных в ходе эксперимента, производили с использованием программы STATISTICA 6.0.

Результаты и обсуждение

Жирынокислотный состав обогащенного хлеба

Для получения образцов опытного хлеба в тесто добавляли суспензию, содержащую липосомальную форму концентрата ПНЖК в количестве 30 г на 100 г муки. Данные по исследованию

суммарного содержания жирных кислот в липидах из образцов хлеба, приготовленного по стандартной рецептуре («контрольный» хлеб) и обогащенного концентратом ПНЖК («опытный» хлеб) представлены на рис. 1. Они показывают, что относительное содержание омега-3 ПНЖК в образцах «опытного» хлеба достоверно увеличилось в 3,3 раза по сравнению с образцами «контрольного» хлеба.

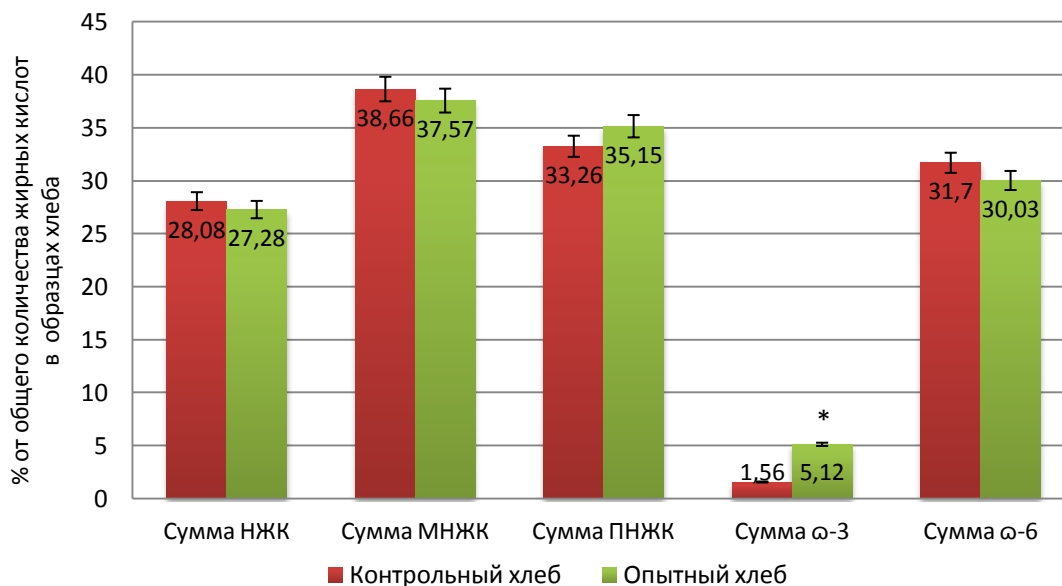


Рис. 1. Суммарное содержание жирных кислот в образцах хлеба.

Условные обозначения: НЖК – насыщенные жирные кислоты, МНЖК – мононенасыщенные жирные кислоты, * – достоверное отличие значения в группе «опытный хлеб» по сравнению со значением в группе «контрольный хлеб» ($p \leq 0,05$)

В связи с увеличением содержания омега-3 жирных кислот изменилось и соотношение омега-6 : омега-3. В «опытном» хлебе оно составило 5,87 : 1, тогда как в «контрольном» хлебе это соотношение составляло 20,32 : 1. При этом добавка в тесто концентрата ПНЖК не изменяла вкус и аромат хлеба и не придавала образцам никаких посторонних запахов.

Гиполипидемическое действие обогащенного хлеба

На рис. 2 показан липидный профиль сыворотки крови животных при экспериментальной гиперлипидемии при кормлении их «контрольным» и «опытным» хлебом. Содержание общего холестерина в сыворотке крови крыс из группы «негативный контроль» достоверно ($p \leq 0,05$) повысилось на 24,4% по сравнению с этим показателем у крыс из группы «интакт». Как показали измерения, ОХС в сыворотке крови крыс в группе «контрольный хлеб» достоверно увеличился на 29,4% по сравнению с таковым у крыс из группы «интакт». Возможно, это связано с увеличением поступающего с хлебом холестерина, а также его синтеза самими животными. В то же время у крыс, получавших хлеб, обогащенный концентратом ПНЖК в липосомальной форме, после атерогенной диеты показатель ОХС достоверно снизился на 25,5% по сравнению с этим же показателем у крыс из группы «негативный контроль».

Содержание фракций ХС ЛПНП и ХС ЛПОНП в сыворотке крови крыс группы «негативный контроль» достоверно повысилось на 62,4 и на 29,4% соответственно по сравнению с таковыми в группе «интакт». У крыс, получавших хлеб без добавки, содержание ХС ЛПНП снизилось на 7,6%, а содержание ХС ЛПОНП повысилось на 24,5% по сравнению с этими же показателями в группе «негативный контроль». В группе крыс, получавших хлеб, обогащенный омега-3 кислотами, содержание ХС ЛПНП и ХС ЛПОНП снизилось в 1,5 раза и на 17,2% соответственно по сравнению с показателями группы «негативный контроль». Содержание триглицеридов в сыворотке крови крыс этой же группы уменьшилось на 15,4%, тогда как у животных, получавших хлеб без добавок, содержание ТГ повысилось на 24,2% по сравнению с таковыми контрольной группы. Это, по-видимому, связано с повышением в их рационе содержания легкоусвояемых углеводов.

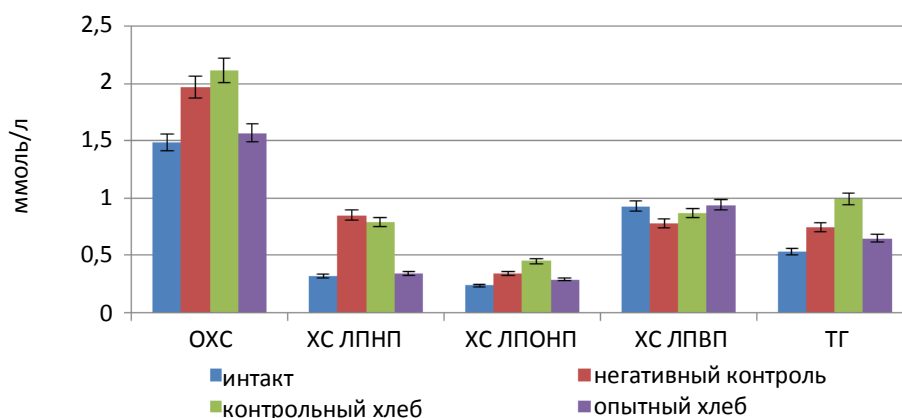


Рис. 2. Влияние хлеба пшеничного с концентратом ПНЖК в липосомальной форме на липидный профиль экспериментальных животных

Содержание ХС ЛПВП в сыворотке крови крыс группы «негативный контроль» снизилось на 19,2% по сравнению с этим же показателем в группе «интакт». При получении животными «контрольного» хлеба на фоне атерогенной диеты содержание ХС ЛПВП повысилось на 10,3%, а в группе крыс, получавших «обогащенный» хлеб, содержание ХС ЛПВП повысилось на 17% относительно показателя группы «негативный контроль».

На основании полученных данных был рассчитан индекс атерогенности у подопытных крыс. Установлено, что у животных, получавших хлеб с липосомальной формой концентрата ПНЖК на фоне атерогенной диеты, индекс атерогенности достоверно снизился в 2,2 раза по сравнению с этим же показателем в группе «негативный контроль», и это значение близко к уровню соответствующего показателя в группе «интакт» (рис. 3).

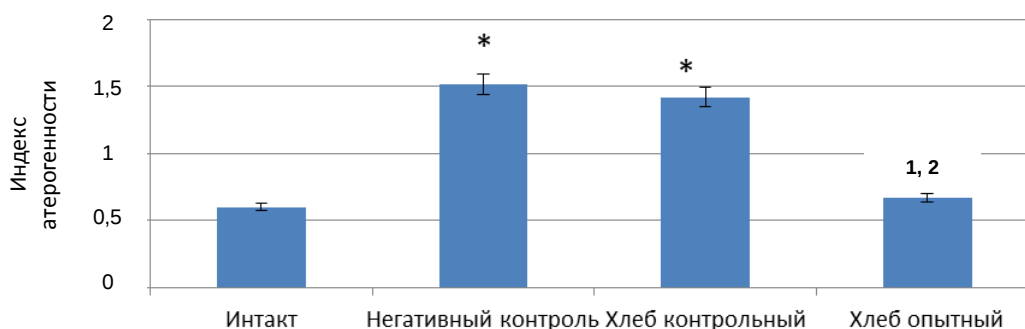


Рис. 3. Индекс атерогенности экспериментальных животных.

Условные обозначения: * – достоверное различие значения в соответствующей группе по сравнению со значением в группе «интакт» ($p \leq 0,05$),

¹ – достоверное различие значения в группе «опытный хлеб»

по сравнению со значением в группе «негативный контроль» ($p \leq 0,05$),

² – достоверное различие значения в группе «опытный хлеб»

по сравнению со значением в группе «контрольный хлеб» ($p \leq 0,05$)

Накопление продуктов окисления у экспериментальных животных

Алиментарная дислипидемия у экспериментальных животных сопровождалась активизацией окислительных процессов в крови, эритроцитах и печени, что подтверждалось увеличением содержания в них промежуточных и конечных продуктов окисления липидов. Известно, что образующиеся диеновые конъюгаты, малоновый диальдегид, а также липидные радикалы могут атаковать биологические молекулы. Альдегидные группы этих веществ образуют межмолекулярные сшивки, что приводит к дезорганизации структуры биомакромолекул и нарушению их функционирования. Например, окисление мембранных липидов приводит к нарушению упаковки бислоя, что вызывает в свою очередь повреждение мембранно-связанных белков [23].

Как показали измерения, в группе животных, получавших хлеб, обогащенный омега-3 жирными кислотами, содержание ДК в плазме достоверно уменьшилось на 63,4%, в эритроцитах на 12,7% и в гомогенатах печени на 63,6% по сравнению с соответствующими показателями контрольной группы. Что касается конечных продуктов окисления, то из представленных данных следует, что содержание МДА в плазме крови животных, получавших «опытный» хлеб, достоверно

уменьшилось на 42%, в эритроцитах – на 92,4% и в печени – на 114% по сравнению с показателями контрольной группы животных. Стоит отметить, что у животных, получавших хлеб без добавки, достоверное уменьшение в показателях накопления продуктов окисления по сравнению с контрольной группой наблюдалось только для значений ДК и МДА плазмы, а также для МДА печени.

Полученные данные указывают на восстановление антиоксидантного потенциала животных, получавших хлеб, обогащенный омега-3 кислотами, на фоне атерогенной диеты. По данным некоторых авторов антиоксидантное действие омега-3 ПНЖК является результатом как их радикал-связывающей способности, так и положительного влияния на активность антиоксидантных ферментов [24].

Заключение

В результате проведенного эксперимента на крысах, у которых предварительно была вызвана алиментарная гиперлипидемия, установлено гиполлипидемическое и антиоксидантное действие хлеба пшеничного, обогащенного липосомальной формой концентрата ПНЖК. Изучение липидного профиля сыворотки крови подопытных животных показало, что применение в их рационе хлеба, обогащенного омега-3 жирными кислотами, на фоне атерогенной диеты заметно снижало содержание общего холестерина, а также проатерогенных фракций холестерина (ХС ЛПНП и ХС ЛПОНП), причем одновременно с этим повышался уровень антиатерогенной фракции холестерина (ХС ЛПВП). Полученные в ходе исследования результаты позволяют говорить о том, что разработанный нами пищевой продукт обладает гиполлипидемическим эффектом. Помимо улучшения показателей липидного обмена, у животных, получавших его в своем рационе питания, наблюдалась положительная динамика изменения оксидантного статуса организма. Таким образом, хлеб, обогащенный концентратом ПНЖК в липосомальной форме, можно отнести к функциональным пищевым продуктам с гиполлипидемическим действием.

Литература

1. A systemic review of the roles of n-3 fatty acids in health and disease / *N.D. Riediger, R.A. Othman, M. Suh, M.H. Moghadasian* // *Journal of the American Diet Association*. – 2009. – Vol. 109, № 4. – P. 668–679.
2. Seaweeds as preventive agents for cardiovascular diseases: from nutrients to functional food / *S.M. Cardoso, O.R. Pereira, A.M.L. Seca, D.C.G.A. Pinto, A.M.S. Silva* // *Marine Drugs*. – 2015. – Vol. 13. – P. 6838–6865.
3. Importance of a balanced omega 6/omega 3 ratio for the maintenance of health. Nutritional recommendations / *C. Gymez-Candela, L.M. Bermejo-Lopez, V. Loria-Kohen* // *Nutricion Hospitalaria*. – 2011. – Vol. 26. – № 2. – P. 323–329.
4. Effects of the addition of microencapsulated omega-3 and rosemary extract on the technological and sensory quality of white pan bread / *L. Costa de Conto, R.S.P. Oliveira, L.G.P. Martin, Y.K. Gharg, C.L.J. Steel* // *Food science and technology*. – 2012. – Vol. 45. – P. 103–109.
5. Means of delivering recommended levels of long chain n-3 polyunsaturated fatty acids in human diets / *M.L. Garg, L.G. Wood, H. Singh, P.J. Moughan* // *Journal of Food Science*. – 2006. – Vol. 71. – № 5. – P. 66–71.
6. Fortification of Foods with Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids / *B. Ganesan, C. Brothersen, D.J. McMahon* // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. – 2014. – Vol. 54, № 1. – P. 98–114.
7. *Buttriss J.* Are health claims and functional foods a route to improving the nation's health? // *Nutrition Bulletin*. – 2010. – Vol. 35. – P. 87–91.
8. Encapsulation of mixtures of tuna oil, tributyrin and resveratrol in a spray dried powder formulation / *L.S.Li Day, Zh.Sh.P. Fagan, R. Weerakkody, Li J. Cheng, J. Rusli, M.Ann Augustin* // *Food and Function*. – 2013. – Vol. 4. – P. 1794–1802.
9. *Averina E.S., Kutyrev I.A.* Perspectives on the use of marine and freshwater hydrobiont oils for development of drug delivery systems // *Biotechnology Advances*. – 2011. – Vol. 29. – P. 548–557.
10. Microencapsulation of bioactive food ingredients and controlled release-a review / *A. Jeyakumari, A.A. Zynudheen, U. Parvathy* // *MOJ Food Processing and Technology*. – 2016. – Vol. 2, № 6. – P. 214–224.
11. Encapsulation of vegetable oils as source of omega-3 fatty acids for enriched functional foods / *J.C. Ruiz Ruiz, E. de la Luz Ortiz Vazquez, M.R.S. Campos* // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. – 2017 – Vol. 57, iss. 7. – P. 1423–1434.

12. Applications and implications of nanotechnologies for the food sector / Q. Chaudhry, M. Scotter, J. Blackburn, B. Ross, A. Boxall, L. Castle, R. Aitken, R. Watkins // Food Additives & Contaminants: Part A. – 2008. – Vol. 2, № 3. – P. 241–258.
13. Liposome: classification, preparation, and applications / A. Akbarzaden, R. Rezaei-Sadabady, S. Davaran, S. Woo Joo, N. Zarghami, Y. Hanifehpour, M. Samiei, M. Kouhi, K. Nejati-Koshki // Nanoscale Research Letters. – 2013. – Vol. 8, № 102. – P. 1–9.
14. Liposomal Nanocapsules in Food Science and Agriculture / T.M. Taylor, P.M. Davidson, B.D. Bruce, J. Weiss // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2005. – Vol. 45, № 7–8. – P. 587–605.
15. Fatty acid composition of blubber of the Baikal seal *Phoca sibirica* and its marine relative, the ringed seal *P. hispida* / O. Grahl-Nielsen¹, A-K. Halvorsen¹, N. Bodoev, E. Averina, L. Radnaeva, N. Pronin, R. Kakela, E. Petrov // Marine Ecology Progress Series. – 2005. – Vol. 305. – P. 261–274.
16. Development of a Method to produce a concentrate of polyunsaturated fatty acids / S.D. Zhamsaranova, G.P. Lamazhapova, E.V. Syngееva // Biosciences Biotechnology Research Asia. – 2014. – Vol. 11. – P. 59–64.
17. The effect of the Concentrate of Polyunsaturated fatty acids on indicators of oxidative stress in experimental dyslipidemia / S.D. Zhamsaranova, G.P. Lamazhapova, E.V. Syngееva, E.V. Burnasheva // Biology and Medicine – 2015. – Vol. 7, № 2. – BM-106-15, 4 pages.
18. Bligh E.G., Dyer W.J. A rapid method for total lipid extraction and purification // Canadian Journal of Biochemical Physiology. – 1959. – Vol. 37, № 8. – P. 911–917.
19. Thiobarbituric acid value on fresh homogenate of rat as a parameter of lipid peroxidation in aging, CCL₄ intoxication, and vitamin E deficiency / M. Uchiyama, M. Michara, K. Fukuzava // Biochemical Medicine. – 1980. – Vol. 23, № 3. – P. 302–311.
20. Ernster L., Nordenbrandt K. Microsomal lipid peroxidation // Methods in Enzymology. – 1967. – Vol. 10. – P. 575–576.
21. Гаврилов В.Б., Мишкорудная М.И. Спектрофотометрическое определение содержания гидроперекисей липидов в плазме крови // Лабораторное дело. – 1983. – № 3. – С. 33–36.
22. Владимиров Ю.А., Арчаков А.И. Перекисное окисление липидов в биологических мембранах. – М.: Наука, 1972. – С. 237–238.
23. Krinsky N.L. Membrane antioxidants // Annals of the New York Academy of Sciences. – 1998. – Vol. 854. – P. 443–447.
24. Влияние полиненасыщенных жирных кислот ω -3 на некоторые показатели антиоксидантного потенциала крыс / Л.В. Кравченко, И.В. Аксенов, Л.И. Авреньева, Н.А. Бекетова, Н.В. Трусов, Г.В. Гусева // Вопросы питания. – 2013. – Т. 82, № 2. – С. 4–9.

Информация об авторах Information about the authors

Ламажапова Галина Петровна – Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления; 670013, Россия, Улан-Удэ; доктор биологических наук, доцент, заведующий кафедрой «Биотехнология»; lamazhap@mail.ru

Lamazhapova Galina Petrovna – East Siberia State University of Technology and Management; 670013; Russia; Ulan-Ude; Doctor of Biological Sciences, Docent, Head of Biotechnology Chair; lamazhap@mail.ru

Сынгеева Эржэна Владимировна – Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления; 670013, Россия, Улан-Удэ; кандидат технических наук, старший научный сотрудник Биотехнологического центра; syngееva@mail.ru

Syngееva Erzhena Vladimirovna – East Siberia State University of Technology and Management; 670013; Russia; Ulan-Ude; Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher of Biotechnological Center; syngееva@mail.ru

Битуева Эльвира Борисовна – Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления; 670013, Россия, Улан-Удэ; доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Неорганическая и аналитическая химия»; bitueva_elv@mail.ru

Bitueva Elvira Borisovna – East Siberia State University of Technology and Management; 670013; Russia; Ulan-Ude; Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Inorganic and Analytical Chemistry Chair; bitueva_elv@mail.ru

УДК 664-4:634.11

Н.Б. Еремеева, Н.В. Макарова, Е.А. Елисеева**ОЦЕНКА ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИХ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
СЪЕДОБНЫХ СТАКАНОВ НА ОСНОВЕ ЯБЛОЧНОГО СЫРЬЯ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ:
СУШЕНЫХ СНЕКОВ, ОРЕХОВ, СЕМЯН, ЗЕРНОВЫХ ХЛОПЬЕВ**

В настоящее время в качестве барьерных факторов приобрели популярность съедобные пленки и съедобные покрытия для пищевых продуктов, представляющие собой естественный биоразлагаемый материал. Съедобная посуда – путь к уменьшению количества отходов традиционных упаковочных материалов. Авторами разработана технология производства съедобных стаканов с такими наполнителями, как сушеные кальмары, сушеные рыбки, сухарики, фисташки, арахис, семечки тыквы, семена подсолнечника, хлопья овсяные, хлопья рисовые, хлопья гречневые. В настоящей статье приводятся результаты их изучения. Съедобные стаканы получены на основе одного из самых распространенных видов фруктов – яблок. Изучение их органолептических характеристик (внешний вид, цвет, вкус, аромат, пережевываемость), микроструктуры поверхности, отношения упаковки к воде и другим пищевым жидкостям, способности к водопоглощению показало, что съедобные стаканы на основе яблочного сырья вполне приемлемы по своим органолептическим показателям к практическому использованию. Несмотря на обнаруженные в их стенках микротрещины и пустоты, они обладают высокими характеристиками устойчивости к повреждающему воздействию воды, пищевых жидкостей и высоких температур.

Ключевые слова: съедобные стаканы, яблоки, наполнители, влажность, устойчивость, водопоглощение.

N.B. Eremeeva, N.V. Makarova, E.A. Eliseeva**ASSESSMENT OF ORGANOLEPTIC AND PHYSICAL AND CHEMICAL
PROPERTIES OF EDIBLE GLASSES BASED ON APPLE RAW MATERIALS WITH
VARIOUS FILLERS: DRIED SNEPS, NUTS, SEEDS AND CEREAL FLAKES**

At present, edible films and edible coatings for food products, which are a natural biodegradable material, have gained popularity as barrier factors. Edible utensils are a way to reduce the waste of traditional packaging materials. The technology for the production of edible glasses with fillers such as dried squid, dried fish, crackers, pistachios, peanuts, pumpkin seeds, sunflower seeds, oat flakes, rice flakes, buckwheat flakes was developed. Edible glasses are obtained on the basis of one of the most common types of fruits – apples. A study of their organoleptic characteristics (appearance, color, taste, aroma, chewability), surface microstructure, packaging to water and other food-grade liquids, and their ability to absorb water showed that edible glasses based on apple raw materials are quite acceptable for practical use. Despite of the microcracks and voids found in their walls, they have high characteristics of resistance to the damaging effects of water, food liquids and high temperatures.

Key words: edible glasses, apples, fillers, moisture, stability, water absorption.

DOI: 10.17217/2079-0333-2019-50-38-45

Введение

Полимерные изделия занимают лидирующее положение на рынке упаковки пищевых продуктов. Такую популярность им обеспечили низкий вес, простота производства, минимальная стоимость. Из общего объема полимеров приблизительно 40% используется в упаковке. Однако обратной стороной такой простоты и удобства явилось увеличение и накопление твердых бытовых отходов. Серьезные экологические проблемы связаны с невозможностью их разложения на мусорных свалках.

Растущий интерес потребителей к качественным характеристикам и безопасным свойствам пищевых продуктов стимулирует исследования в области пищевых пленок и покрытий [1]. Их применение, хотя не броское, но весьма широкое. Это шоколадные и другие виды глазури для орехов, натуральные оболочки для колбасных изделий, различного типа покрытия для фруктов и ягод [2]. Съедобные пленки выполняют множество функций: сохраняют целостность продукта, защищают его от потери влаги, контролируют процесс газопроницаемости, обладают антимикробными и антиокислительными свойствами [3]. Результатов исследований по съедобным пленкам в научной литературе достаточно много. Направления этих исследований можно разде-

лить на три части: 1) подбор сырья для производства съедобных пленок; 2) исследование свойств съедобных пленок [4]; 3) модификация рецептур съедобных пленок с целью придания им специфических свойств.

Так, для придания съедобным пленкам барьерных свойств по отношению к водяному пару предлагается использовать крахмал из растения кассава [5] или альгинат кальция [6]. Египетские ученые [7] изучили зависимость изменения реологических и структурных свойств съедобных пленок, полученных на основе белков киноа и крахмала от температурного воздействия на исходные реагенты. Введение крахмала травянистого растения уллоко клубненосного оказывает значительное влияние на морфологию и способность к пропусканию водяного пара съедобных пленок [8]. При этом для самого крахмала могут быть использованы различные технологии предварительной обработки, например дополнительное температурное воздействие [9], которое приводит не только к изменению структуры пленки, но и корректировке параметров эластичности, прочности, водопроницаемости. Кроме работ по модификации и изменению свойств традиционного сырья для производства съедобных пленок проводятся исследования по определению возможности использования новых видов сырья: шелухи семян или цветов растения подорожник [10], комбинации кукурузного крахмала и виноградного сока [11], наночастиц зеина [12], хитозана [13], нанобактериальной целлюлозы [14], отходов от переработки картофеля – картофельной кожуры [15].

С целью придания съедобным пленкам ряда специальных свойств в их состав вводят различные добавки: экстракт кожуры яблок [16] для формирования антиокислительного действия, экстракт чая [17], крахмал растения кассава [18], гидрохлорид хитозана и бигуанидина [19], эфирное масло гвоздики [20], цитраля [21], корицы [22] для придания антибактериальных свойств. Экстракт виноградных косточек усиливает в пленках противовирусную сопротивляемость [23], а целлюлоза – пробиотическое действие [24].

Таким образом, в исследования, направленные на получение съедобных пленок, вовлекается новое сырье для придания им новых свойств, расширения областей их применения. В то же время анализ литературных источников показывает, что проблеме создания съедобной посуды из съедобных пленок все еще не придается должного внимания.

В нашей работе обсуждается производство нескольких видов съедобной упаковки, в частности съедобных стаканов с наполнителями, приводятся данные изучения органолептических свойств, микроструктуры, водопоглотительной способности, устойчивости к воздействию жидких модельных растворов (дистиллированной воды температурой 20–25°C, дистиллированной воды температурой 90–95°C, 5%-ного раствора поваренной соли температурой 20–25°C, 5%-ного раствора лимонной кислоты температурой 20–25°C) съедобных стаканов, полученных на основе яблочного сырья. В качестве пластификатора использовали пектин, в качестве наполнителя – сушеные кальмары, сушеные рыбки, сухарики, фисташки, арахис, семечки тыквы, семена подсолнечника, хлопья овсяные, хлопья рисовые, хлопья гречневые.

Материалы и методы

Метод производства многослойной съедобной упаковки съедобных стаканов с использованием наполнителей. Для получения яблочного пюре, используемого в качестве основы упаковки, плоды яблок подвергали подготовке, предусматривающей инспекцию, сортировку, калибровку и мойку, удаление несъедобных частей (плодоножки, семенной камеры, кожуры). Полученное сырье нарезали и измельчали до пюреобразного состояния и протирали на мелком сите. К полученной массе яблочного пюре добавляют пектин в количестве 2% от массы исходного сырья и подвергали гомогенизации. Съедобную упаковку получали многослойным формованием съедобной пленки. Полученный слой съедобного стакана сушили в течение 1 ч. Последующие слои наносили аналогичным образом, сушили 30 мин. Предпоследний слой наряду с основным сырьем содержал наполнитель. Готовую съедобную упаковку охлаждали до комнатной температуры.

Определение органолептических характеристик съедобной упаковки – съедобных стаканов с наполнителями. 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 упаковки съедобных стаканов были определены такие характеристики, как внешний вид, цвет, вкус, аромат и пережевываемость.

Определение влажности съедобной упаковки (съедобных стаканов с наполнителями). Определение влажности проводили по ГОСТ 28561-90.

Изучение микроструктуры съедобных стаканов.

Микроскопирование образцов многослойной съедобной упаковки проводили на лабораторном микроскопе «Микромед 3-20 М».

Определение влагопоглощительной способности полученной упаковки.

Влагопоглощительную способность полученных образцов съедобных упаковок определяли после наполнения их дистиллированной водой, имеющей температуру 23°C, и выдерживанием ее в стакане в течение 60 мин. За степень водопоглощения принимали отношение массы упаковки после эксперимента к массе упаковки до эксперимента и выражали ее в процентах.

Определение устойчивости образцов полученной упаковки к модельным жидким средам. Образец многослойной съедобной упаковки выдерживали с модельной жидкостью (дистиллированная вода температурой 20–25°C, дистиллированная вода температурой 90–95°C, 5%-ный раствор лимонной кислоты температурой 20–25°C, 5%-ный раствор поваренной соли температурой 20–25°C) и определяли время до потери ею жесткости и формы.

Опыты проводились в трехкратной повторности. Статистическую обработку полученных данных осуществляли с помощью программы MS Excel 2007.

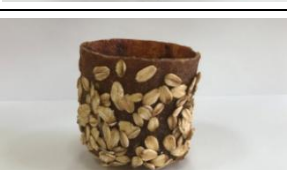
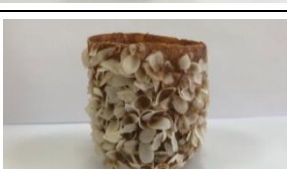
Результаты и обсуждение

Органолептические показатели для пищевых продуктов – важнейшие характеристики, так как они определяют приемлемость, востребованность, покупательную способность данного продукта на рынке. В связи с этим полученные нами съедобные стаканы кроме функциональных свойств должны были иметь приемлемые органолептические характеристики. Таковые приведены нами в таблице.

Органолептические характеристики съедобных стаканов с наполнителями

Внешний вид съедобного стакана	Органолептические характеристики
	<i>1. Съедобный стакан ровной формы с сушеными кальмарами на поверхности</i> Цвет – светло-коричневый Аромат – сильный (сушеных морепродуктов), слабый – яблок Вкус – кисло-солено-сладкий Консистенция – хорошо пережевываемая
	<i>2. Съедобный стакан ровной формы с сушеными рыбками на поверхности</i> Цвет – светло-коричневый Аромат – сильный (сушеной рыбы), слабый – яблок Вкус – кисло-солено-сладкий Консистенция – хорошо пережевываемая
	<i>3. Съедобный стакан ровной формы с сухариками на поверхности</i> Цвет – светло-коричневый Аромат – сильный (сухарей), слабый – яблок Вкус – кисло-солено-сладкий Консистенция – хорошо пережевываемая
	<i>4. Съедобный стакан ровной формы с фисташками на поверхности</i> Цвет – светло-коричневый Аромат – яблочный с орехами Вкус – солено-кисло-сладкий Консистенция – хорошо пережевываемая
	<i>5. Съедобный стакан ровной формы с арахисом на поверхности</i> Цвет – светло-коричневый Аромат – яблочный с орехами Вкус – солено-кисло-сладкий Консистенция – хорошо пережевываемая

Окончание табл.

Внешний вид съедобного стакана	Органолептические характеристики
	6. Съедобный стакан ровной формы с семенами подсолнечника на поверхности Цвет – светло-коричневый Аромат – сильный – подсолнечного масла, слабый – яблочный Вкус – кисло-сладко-горький Консистенция – хорошо пережевываемая
	7. Съедобный стакан ровной формы с семенами тыквы на поверхности Цвет – светло-коричневый Аромат – сильный – подсолнечного масла, слабый – яблочный Вкус – кисло-сладко-горький Консистенция – хорошо пережевываемая
	8. Съедобный стакан ровной формы с овсяными хлопьями на поверхности Цвет – светло-коричневый Аромат – яблочный Вкус – кисло-сладкий Консистенция – хорошо пережевываемая
	9. Съедобный стакан ровной формы с рисовыми хлопьями на поверхности Цвет – светло-коричневый Аромат – яблочный Вкус – кисло-сладкий Консистенция – хорошо пережевываемая
	10. Съедобный стакан ровной формы с гречневыми хлопьями на поверхности Цвет – светло-коричневый Аромат – яблочный Вкус – кисло-сладкий Консистенция – хорошо пережевываемая

Анализ данных по органолептическому анализу съедобных стаканов с наполнителями показывает, что они обладают хорошим внешним видом, приятным вкусом и ароматом, зависящим от типа наполнителя в их рецептуре, приемлемой пережевываемостью.

Влажность пищевого продукта является важной характеристикой. Влажность съедобных стаканов с наполнителями имеет два аспекта. С одной стороны, чем ниже влажность съедобных стаканов, тем длиннее срок их хранения, ниже вероятность микробиологической и физико-химической порчи. Однако слишком низкие значения влажности съедобных стаканов с наполнителями приводят к их высокой хрупкости и плохой пережевываемости. Результаты определения влажности съедобных стаканов приведены на рис. 1.

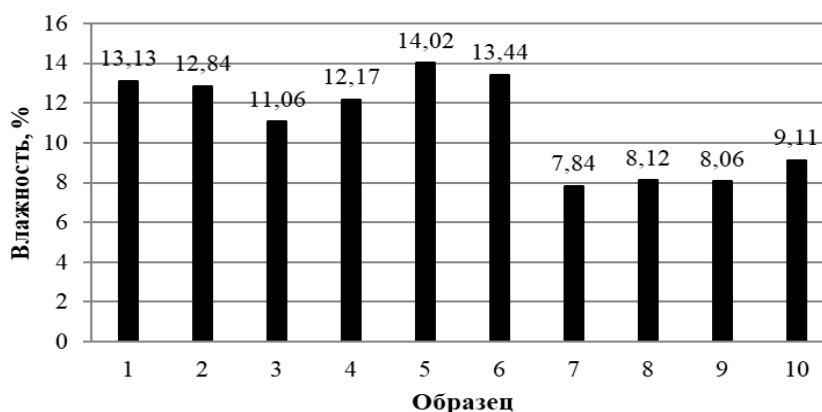


Рис. 1. Влажность съедобных стаканов.

Здесь и далее на диаграммах номера образцов съедобных стаканов соответствуют таковым в таблице

Самые низкие значения влажности имеют съедобные стаканы с хлопьями (овсяные, гречневые, рисовые) и сухариками, тогда как съедобные стаканы с орехами (фисташки, арахис), семечками (подсолнечника, тыквы), снеками (кальмары сушеные, рыбки сушеные) имеют более высокие показатели, вероятно, за счет низкой влажности исходного сырья для наполнителей.

Изучение структуры поверхностного слоя образцов съедобных стаканов с наполнителями позволяет выявить недостатки в структуре продукта. Наличие большого количества микротрещин, пустот, неоднородность структуры приводят к деформации стакана, потере прочности. Указанные дефекты структуры показаны на представленных ниже микрофотографиях поверхности стаканов, изготовленных из яблочного пюре (рис. 2). Анализ всех полученных микрофотографий показал, что структура материала, из которого изготовлены съедобные стаканы, на большей площади их поверхности достаточно плотная и однородная.

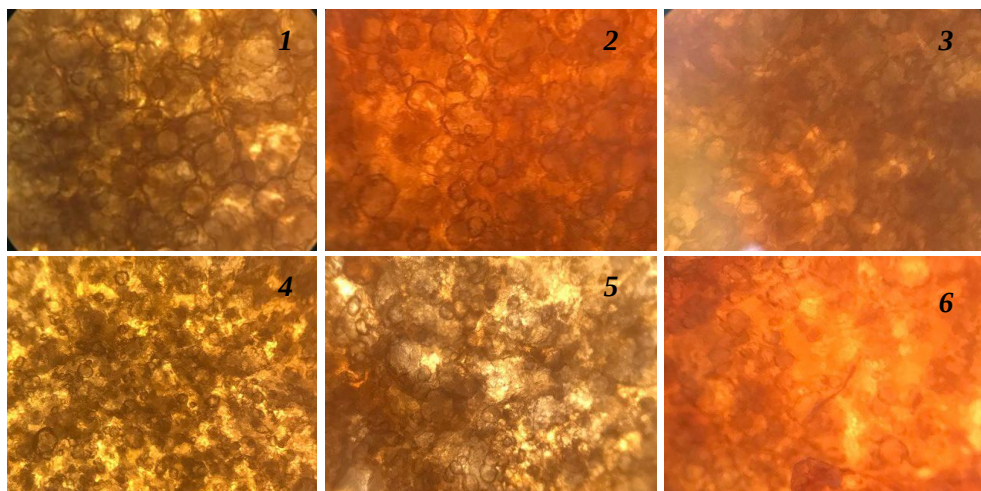


Рис. 2. Микрофотографии внешнего вида с поверхности образцов съедобных стаканов с разными наполнителями: 1 – кальмарами сушеными; 2 – сушеными рыбкам; 3 – фисташками; 4 – гречневыми хлопьями; 5 – овсяными хлопьями; 6 – рисовыми хлопьями

Водопоглощение (влагопоглощение) для съедобных продуктов играет решающую роль, так как недостаточное поглощение воды продуктом приводит к его плохому перевариванию в желудке и кишечнике. В связи с этим наши стаканы должны были иметь удовлетворительные показатели водопоглощения, при которых они не теряли бы своей формы и функционального назначения – сохранения внутри себя жидкости.

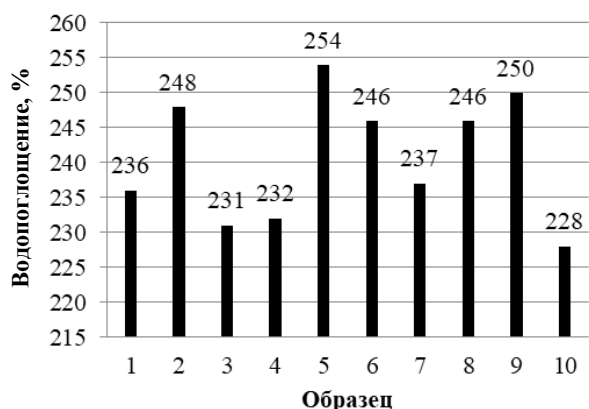


Рис. 3. Водопоглощение съедобных стаканов с наполнителями

Результаты экспериментов по определению водопоглощения съедобных стаканов с наполнителями представлены на рис. 3.

Все показатели по водопоглощению изученных образцов находятся в пределах 228–254% и подвержены незначительным колебаниям. Поскольку основой всех стаканов является один и тот же материал, на уровень водопоглощения влияют наполнители, находящиеся только в предпоследних слоях упаковки с внешней стороны стаканов и не соприкасающиеся с жидкой частью внутри стакана, то и на водопоглощение природа наполнителя практически не влияет.

Незначительные различия в показателях водопоглощения исследуемых образцов являются допустимой погрешностью эксперимента.

Функциональными свойствами съедобных стаканов является их способность сохранять форму, целостность и внешний вид при наполнении их жидкостями различной природы. В качестве таковых могут выступать не только вода комнатной температуры, но и горячий чай, кофе, безалкогольные напитки, соки, нектары и т. д. Все они имеют разную pH и температуру. Для определения времени сохранения стаканами своей формы, твердости граней и способности вы-

полнять функции упаковочного материала при воздействии разных жидкостей был проведен ряд экспериментов. Результаты определения устойчивости стаканов к четырем модельным жидкостям разной температуры и разной кислотности pH среды приведены на рис. 4.

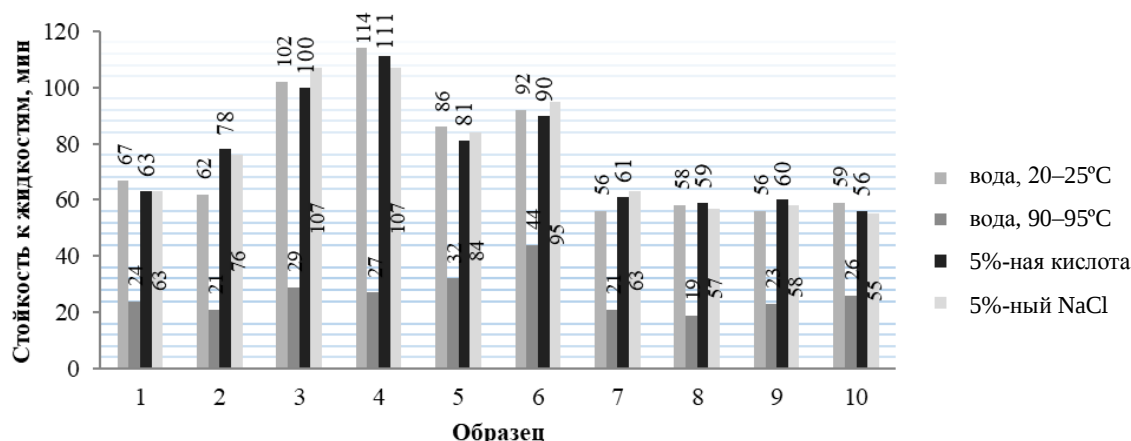


Рис. 4. Устойчивость к модельным жидкостям съедобных стаканов с наполнителями

Эксперименты показали, что изготовленные нами образцы стаканов способны не менее 20 мин сохранять свойства посуды для жидкости даже при температуре 90–95°C. Наполнение их водой с более низкой температурой, а также 5%-ным раствором хлорида натрия и 5%-ным раствором лимонной кислоты не только не сокращало сроки использования стаканов, но даже продлевало их. Обобщая полученные данные, можно сказать, что изготовленные нами съедобные стаканы с наполнителями способны сохранять устойчивость к воздействию жидкостей в среднем около часа.

Заключение

Проведенные исследования показывают, что полученные нами съедобные стаканы с наполнителями (сушеные кальмары, сушеные рыбки, сухарики, фисташки, арахис, семечки тыквы, семена подсолнечника, хлопья овсяные, хлопья рисовые, хлопья гречневые) с использованием разработанной нами технологии их производства имеют приемлемые для потребителя органолептические характеристики, хорошую пережевываемость. Изучение структурных свойств стаканов показало, что разработанная нами упаковка в целом устойчива к воздействию воды и пищевых жидкостей при разных температурах. Она с успехом может заменить пластмассовые картонные стаканы. Ее использование потребителями полезно с точки зрения расширения спектра питания полезными продуктами и уменьшения бытового мусора в общепите.

Литература

1. Erkmén O., Barazi A.O. General characteristics of edible films // J. Food Biotechnol. Res. – 2018. – V. 2 (1). – P. 1–4.
2. Edible films and coatings – sources, properties and application / D.Z. Šuput, V.L. Lazić, S.Z. Popović, N.M. Hromiš // Food and Feed Res. – 2015. – V. 42 (1). – P. 11–22.
3. Peixoto L.S., Fracarolli J.A., Aguiar R.H. Evaluation of minimally processed apples with application of edible films through biospeckle // J. Agr. Sci. and Technol. – 2016. – V.6. – P. 201–208.
4. Исследование органолептических, прочностных, физико-химических свойств многослойной съедобной пленки на основе яблочного сырья / Н.В. Макарова, Н.Б. Еремеева, Д.Е. Быков, Я.В. Давыдова // Вестник КамчатГТУ. – 2018. – № 46. – С. 35–46.
5. Water vapor permeability of edible films based on improved cassava (*Manihot esculenta* Crantz) native starches / A.Y. Desiré, N. Charlemagne, T.F. Achille, D.A. Cathérine, A.N. Georges, S. Mariannes // J. Food Process. & Technol. – 2017. – V. 8 (3). – P. 648–665.
6. Effect of different formulations on mechanical and physical properties of calcium alginate edible films / M.R. Koushki, M.H. Azizi, M. Azizkhani, P. Koohy-Kamaly // J. Food Quality and Hazards Cont. – 2015. – V. 2. – P. 45–50.
7. Aboul-Anean H.E.D. Using quinoa protein and starch nano particles to produce edible films // J. Nutr. Health & Food Eng. – 2018. – V. 8 (4). – P. 297–308.

8. Characterization of ulluco starch and its potential for use in edible films prepared at low drying temperature / A. Galindez, L.D. Daza, A. Homez-Jara, V.S. Eim, H.A. Váquiro // *Carbohydrate Polym.* – 2019. – V. 215. – P. 143–150.
9. Preparation and characterization of edible starch film reinforced by laver / Y. Chen, L. Yu, X. Ge, H. Liu, A. Ali, Y. Wang, L. Chen // *Int. J. Biol. Macromol.* – 2019. – V. 129. – P. 944–951.
10. Tóth A., Halász K. Characterization of edible biocomposite films directly prepared from psullium seed husk and husk flour // *Food Packaging and Shelf Life.* – 2019. – V. 20. – P. 100–299.
11. Yildirim-Yalçın M., Şeker M., Sadikoğlu H. Development and characterization of edible films based on modified corn starch and grape juice // *Food Chem.* – 2019. – V. 292 (15). – P. 6–13.
12. Edible water barrier films prepared from aqueous dispersions of zein nanoparticles / E. Spasojević, J. Katona, S. Bučko, S.M. Savić, L. Patrović, J.M. Budinčić, N. Tasić, S. Aidarova, A. Sharipova // *LWT – Food Sci. and Technol.* – 2019. – V. 109. – P. 350–358.
13. Effect of bio-chemical chitosan and gallic acid into rheology and physicochemical properties of ternary edible films / N. Pacheco, M.G. Naal-Ek, T. Ayora-Talavera, K. Shirai, A. Román-Guerrero, M.F. Fabela-Morón, J.C. Cuevas-Bernardino // *Int. J. Biological Macromol.* – 2019. – V. 125. – P. 149–158.
14. Development and characterization of agar-based edible films reinforced with nano-bacterial cellulose / X. Wang, Ch. Guo, W. Hao, N. Ullah, L. Chen, X. Feng // *Int. J. Biological Macromol.* – 2018. – V. 118. – P. 722–730.
15. Water sorption and water permeability properties of edible film made from potato peel waste / S.H. Othman, S.A.M. Edwal, N.P. Risyon, R.K. Basha, R.A. Talib // *Food Sci. Technol. Campinas.* – 2017. – V. 37. – P. 63–70.
16. Active edible films of methylcellulose with extracts of green apple (Granny Smith) skin / E. Matta, M.J. Tavera-Quiroz, N. Bertola // *Int. J. Biological Macromol.* – 2019. – V. 124. – P. 1292–1298.
17. Preparation and characterization of bioactive edible packaging films based on pomelo peel flours incorporating tea polyphenol / H. Wu, Y. Lei, R. Zhu, M. Zhao, J. Lu, J. Lu, D. Xiao, Ch. Jiao, Z. Zhang, G. Shen, Sh. Li // *Food Hydrocolloids.* – 2019. – V. 90. – P. 41–46.
18. Use of microbial levan in edible films based on cassava starch / J. Mantovan, G.T. Bersaneti, P.C.S. Faria-Tischer, M.A.P.C. Celligoi, S. Mali // *Food Pack. And Shelf Life.* – 2018. – V. 18. – P. 31–36.
19. Salama H.E., Abdel Aziz M.S., Sabaa M.W. Novel biodegradable and antibacterial edible films based on alginate and chitosan biguanidine hydrochloride // *Int. J. Biological Macromol.* – 2018. – V. 119. – P. 443–450.
20. Physical, antioxidant and antimicrobial characteristics of carboxymethyl cellulose edible film cooperated with clove essential oil / A. Dashipour, R. Khaksar, H. Hosseini, S.S. Aliabahi, K. Ghanan // *Zahedan J. Res. Med. Sci.* – 2014. – V.16 (8). – P. 34–42.
21. Characterization of active edible films based on citral essential oil, alginate and pectin / V. Siracusa, S. Romani, M. Gigli, C. Mannozi, J.P. Cecchini, U. Tylewicz, N. Lotti // *Materials.* – 2018. – V. 11. – P. 1980.
22. Sharma D., Dhanjal D.S., Mittal B. Development of edible biofilm containing cinnamon to control food-borne pathogen // *J. Appl. Pharmac. Sci.* – 2017. – V. 7 (1). – P. 160–164.
23. Antiviral and antioxidant properties of active alginate edible films containing phenolic extracts / M.J. Fabra, I. Falcó, W. Randazzo, G. Sánchez, A. Lopez-Rubio // *Food Hydrocolloids.* – 2018. – V. 81. – P. 96–103.
24. Cellulose-based edible films for probiotic entrapment / P. Singh, S. Magalhães, L. Alves, F. Antunes, M. Miguel // *Food Hydrocolloids.* – 2019. – V. 88. – P. 68–74.

Информация об авторах Information about the authors

Еремеева Наталья Борисовна – Самарский государственный технический университет; 443100, Россия, Самара; кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология и организация общественного питания»; rmnatasha@rambler.ru

Eremeeva Natalya Borisovna – Samara State Technical University; 443100, Russia, Samara; Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Technology and Organization of Public Catering Chair; rmnatasha@rambler.ru

Макарова Надежда Викторовна – Самарский государственный технический университет; 443100, Россия, Самара; доктор химических наук, заведующий кафедрой «Технология и организация общественного питания»; makarovnv1969@yandex.ru

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

Елисеева Елена Алексеевна – Самарский государственный технический университет; 443100, Россия, Самара; студент; e11seevaml@yandex.ru

Eliseeva Elena Alexeevna – Samara State Technical University; 443100, Russia, Samara; Student, e11seevaml@yandex.ru

РАЗДЕЛ II. БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 528.272.46(265.53)

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

РАСПРОСТРАНЕНИЕ *ALARIA ESCULENTA* (PHAEOPHYCEAE, LAMINARIALES)
В ОХОТСКОМ МОРЕ

Работа продолжает публикации авторов по филогении ламинариевых водорослей российского Дальнего Востока. Представлены молекулярно-филогенетические данные по представителям рода *Alaria*, собранным на севере Охотского моря, у восточного и западного побережий. Анализ охотоморских образцов показал их высокое генетическое сходство с алариями юго-восточной Камчатки, а также с широко распространенным в Северном полушарии видом *Alaria esculenta*, особенно с его популяцией, распространенной у о. Шпицберген. На филогенетическом дереве, построенном на основе молекулярных данных, между кладами приазиатской и атлантической популяций этого вида помещается *Alaria crispa*, однако его таксономический статус окончательно не определен. До его выяснения североохотоморских представителей рода *Alaria* следует рассматривать как принадлежащих к *A. esculenta* sensu lato (s.l.). Наши молекулярно-филогенетические данные показывают, что *Alaria marginata* отсутствует на севере Охотского моря, и этот вид следует считать представителем американской морской флоры. Ревизия рода *Alaria* в дальневосточных морях может быть завершена только после получения молекулярно-филогенетических данных для всех описанных в этом районе видов, при этом они должны быть собраны из типовых местообитаний, которыми являются Командорские острова (*Alaria praelonga*, *Alaria angusta*, *Alaria taeniata*), юго-восточный Сахалин (*Alaria ochotensis*) и о. Святого Лаврентия (*A. crispa*). Без этого невозможно понимание внутривидовой дифференциации рода *Alaria*¹.

Ключевые слова: *Alaria esculenta* s.l., Laminariales, западная Камчатка, молекулярная филогения, северо-восточное побережье Охотского моря.

Т.А. Klochkova, A.V. Klimova, N.G. Klochkova

DISTRIBUTION OF *ALARIA ESCULENTA* (PHAEOPHYCEAE, LAMINARIALES)
IN THE SEA OF OKHOTSK

This paper continues a series of our publications on the phylogeny of kelp species from the Russian Far East and discusses the molecular-phylogenetic data on *Alaria* species collected from the northern Sea of Okhotsk on its eastern and western coasts. Analysis of specimens from the Sea of Okhotsk showed their high genetic similarity with *Alaria* from the southeastern Kamchatka and with *Alaria esculenta*, which is widely distributed in the northern hemisphere, especially with its population from Spitsbergen. In our molecular-phylogenetic tree, species *Alaria crispa* positioned between the clades of Asian and Atlantic populations of *A. esculenta*; however its taxonomic status has not been precisely determined. In this regard, until being clarified, *Alaria* representatives from the northern Sea of Okhotsk should be considered as *A. esculenta* s.l. Based on our molecular-phylogenetic data, species *Alaria marginata* seems to be absent from the northern Sea of Okhotsk and should be considered as a representative of the American marine flora. In Russian Far East, revision of the genus *Alaria* can be complete only after molecular survey of all species described in this region. Moreover, specimens collected from the type localities should be analysed, which are the Commander Islands for *Alaria praelonga*, *Alaria angusta* and *Alaria taeniata*, southeastern Sakhalin for *A. okhotensis*, and St. Lawrence Island for *A. crispa*. Without analyses of specimens from the type localities, it is not possible to understand the intraspecific differentiation of the genus *Alaria*¹.

Key words: *Alaria esculenta* s.l., Laminariales, western Kamchatka, molecular phylogeny, northeast coast of the Sea of Okhotsk.

DOI: 10.17217/2079-0333-2019-50-46-56

Введение

Первые упоминания о ламинариевых водорослях северных районов материкового побережья Охотского моря встречаются еще в работах С. Гмелина [1] и Ф.И. Рупрехта [2]. Последний автор указал здесь два вида рода *Alaria*: *A. (Phasganon) macroptera* в бух. Аян у материкового

¹ Исследование выполнено при поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-04-00285 А (This study was supported by the grant from Russian Foundation for Basic Research (RFBR) (project № 19-04-00285 А)).

побережья моря и *A. (Phasganon) alatum* у юго-западной Камчатки. Монограф рода *Alaria* К. Йендо [3] считал, что на севере Охотского моря встречается только один вид – *A. macroptera*. Для изучения аларий этого района он использовал материалы Петроградского гербария Академии наук, собранные Г.И. Вознесенским в первой половине XIX в. Позднее только этот вид указывали у материкового побережья Охотского моря японские авторы М. Нагаи и Ю. Токида [4–5] в своих альгофлористических сводках по Курильским островам и о. Сахалин. В работах русских исследователей П.В. Ушакова [6] и Е.С. Зиновой [7], представивших результаты ревизии альгофлоры материкового побережья Охотского моря, наряду с *A. macroptera* приводятся *A. marginata* и *A. ochotensis*. Отметим, что автором альгофлористического списка в работе П.В. Ушакова была А.Д. Зинова. Она отрицала наличие в Охотском море *A. macroptera*, считая, что здесь распространены только *A. marginata* и *A. ochotensis*.

В 1962–1966 гг. у западной Камчатки и восточного берега Охотского моря работали совместные экспедиции Всесоюзного научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО) и Тихоокеанского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО). В состав экспедиций входили альгологи В.Б. Возжинская и Е.И. Блинова. Итоги изучения альгофлоры северных районов Охотского моря они привели в ряде своих публикаций [8–10]. В них в общей сложности указано 10 видов ламинариевых водорослей, в том числе три представителя рода *Alaria* – *A. crassifolia*, *A. praelonga* и *A. dolichorhachis*.

Материалы, собранные этими и другими специалистами, позже были использованы Ю.Е. Петровым для проведения ревизии ламинариевых водорослей морей России. Изучая представителей рода *Alaria* [11], он пришел к заключению, что в дальневосточных морях России таковой представлен четырьмя видами – *A. marginata*, *A. angusta*, *A. ochotensis* и *A. fistulosa*. Последний в настоящее время принадлежит роду *Eualaria*, и о нем мы далее не упоминаем. Для материкового берега Охотского моря Ю.Е. Петров указал только *A. marginata*. Виды, указывавшиеся здесь другими авторами, он считал неправильно определенными и мнения по поводу присутствия или отсутствия в альгофлоре этого района *A. ochotensis* не высказал.

Практически одновременно с Ю.Е. Петровым ревизию рода *Alaria* в альгофлоре Мирового океана завершил канадский ученый Т. Виддоусон [12]. Он для альгофлоры северной части Охотского моря указал три вида – *A. esculenta*, *A. dolichorachis* (ныне считается синонимом *A. esculenta*) и *A. tenuifolia*. Последний, по мнению К. Лэйна с соавторами [13], является синонимом *A. marginata*. Сравнение результатов ревизии рода Алария, представленных Ю.Е. Петровым и Т. Виддоусоном, показывает, что его объем в Охотском море и в целом в северо-западной Пацифике они понимали по-разному. После ревизии Ю.Е. Петрова в представлениях о составе рода Алария в североохотоморской альгофлоре продолжало царить полное разномыслие. Некоторые авторы настаивали на присутствии здесь кроме *A. marginata* еще и *A. ochotensis* [14–17]. Н.В. Евсеева [18] после повторного изучения гербарных образцов аларий, собранных Е.И. Блиновой во время совместных экспедиций ВНИРО и ТИНРО в период 1965–1966 гг., ввела в альгофлору северных районов Охотского еще один вид – *A. angusta*.

Таким образом, анализ научной литературы показывает, что за прошедшие два века у материкового побережья Охотского моря и западной Камчатки разные исследователи указывали шесть видов рода *Alaria*: *A. ochotensis*, *A. crassifolia*, *A. angusta*, *A. esculenta*, *A. marginata* и *A. praelonga*. Изучение их первоописаний свидетельствует о том, что два первых вида близки между собой и имеют очень толстые почти черные спорофиллы. Остальным перечисленным видам свойственна высокая перекрываемость морфолого-анатомических признаков, связанная с их чрезвычайно высокой экологической пластичностью и широким размахом морфологической изменчивости. Проведенное нами молекулярно-филогенетическое изучение алариевых водорослей Авачинского залива, расположенного у юго-восточного побережья Камчатки, показало, что два ранее указывавшихся здесь вида – *A. angusta* и *A. marginata* – на самом деле являются одним видом, генетически близким к *A. esculenta*, широко распространенным в аркто-атлантических водах Северного полушария. При этом он отличается от *A. esculenta* вдвое меньшим числом хромосом [19]. Задачей настоящего исследования являлось уточнение с помощью методов молекулярной филогении видового состава алариевых водорослей в северных районах материкового побережья Охотского моря.

Материалы и методы

Объектом исследований являлись ламинариевых водоросли юго-западной Камчатки и северо-восточного побережья Охотского моря. В первом районе образцы для секвенирования были собраны 29 июня 2019 г. у мыса Озерный, во втором – в июле 2008 г. в Тауйской губе у мыса Веселый (рис. 1).

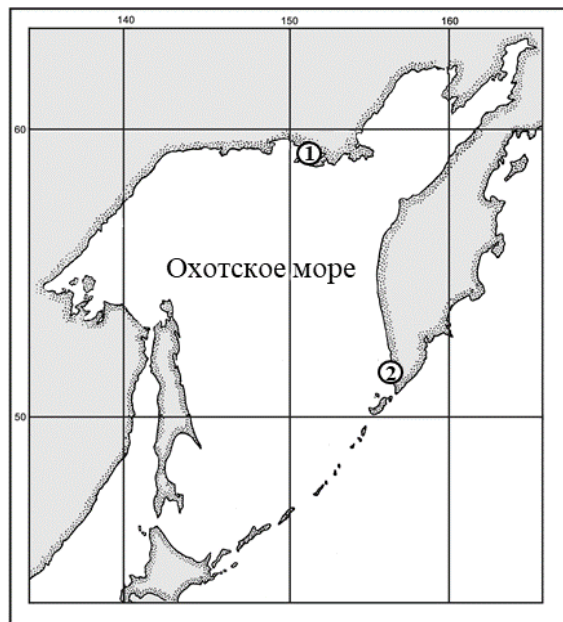


Рис. 1. Карта-схема мест сбора изученных образцов аларий:
1 – Тауйская губа, 2 – мыс Озерной, западная Камчатка

Fig. 1. Map of the collection sites of sequenced *Alaria* samples:
1 – Taui Bay, 2 – Cape Ozernij, western Kamchatka

В обоих указанных районах проводили обследование сообществ ламинариевых водорослей и отбирали наиболее типичные образцы аларий. Из них для молекулярно-филогенетического анализа были взяты растения второго года жизни с фертильными спорофиллами и наиболее характерной для изученных выборок морфологией слоевищ. У образцов, взятых на секвенирование, длина пластин не превышала 2 м, ширина – 22 см, длина стволика составляла 15–40 см. Спорофиллы у изученных образцов либо формировали плотный пучок, либо были расставлены вдоль черешка. У всех изученных растений они имели небольшие пятиоли, длина которых колебалась от 3 до 6 мм. Примечательной особенностью охотоморских представителей рода *Alaria* была чрезмерная складчатость пластин и их неровная гофрированная поверхность (рис. 2).

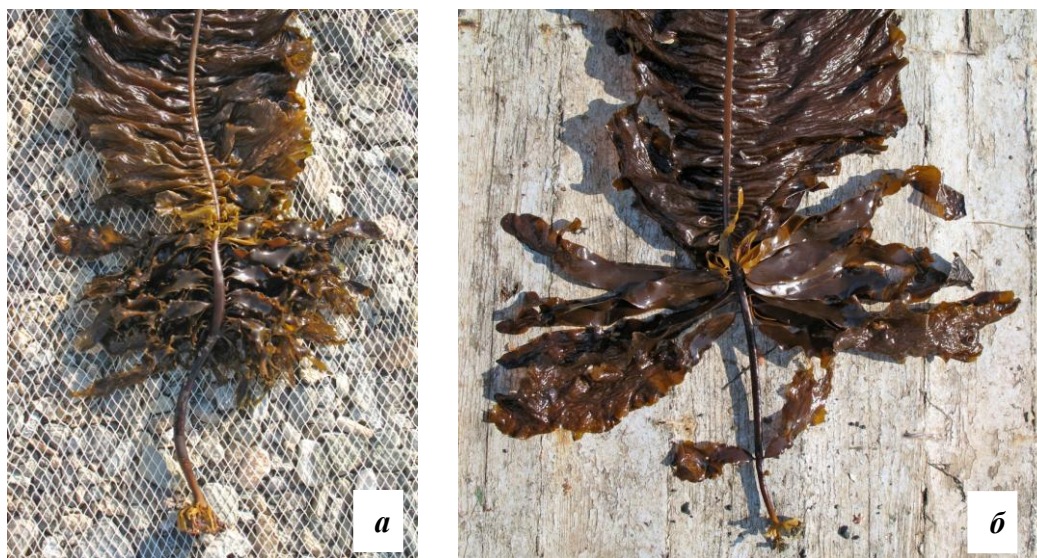


Рис. 2. Нижняя часть наиболее типичных образцов *Alaria* из Охотского моря, имеющих расставленные (а) и собранные в пучок (б) спорофиллы

Fig. 2. The basal part of *Alaria* specimens from the Sea of Okhotsk with most typical morphology, with spaced (a) and clustered (b) sporophylls

Для выделения ДНК использовали набор реактивов Invisorb Spin Plant Mini Kit (Invitek, Berlin-Buch, Германия). В качестве ДНК-маркеров были выбраны rDNA (включая ITS1 и ITS2) и цитохромоксидаза субъединица 1 (COI). Для ПЦР-анализа использовали универсальные для ламинариевых водорослей праймеры, приведенные в табл. 1. В качестве основы для подготовки образцов для ПЦР-анализа использовали полимеразу TaKaRa Ex Taq™ (Takara Biomedicals, Otsu). В ходе амплификации были заданы следующие параметры программы: первичная денатурация при 95°C в течение 4 мин → 35 циклов амплификации (денатурация при 94°C в течение 30 с, отжиг праймера при 55°C в течение 30 с и элонгация при 72°C в течение 1,5 мин → достройка цепей при 72°C в течение 10 мин. Секвенирование осуществляли в коммерческой компании Cosmogenetech (г. Тэджон, Республика Корея).

Поиск гомологичных сиквенсов осуществляли с помощью программы Geneious (ver. 10.2.3, Biomatters, Auckland), имеющей автоматическое подключение к Генбанку NCBI (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>). Полученные нами новые нуклеотидные последовательности и сиквенсы из NCBI автоматически выравнивали в программе Geneious, используя алгоритм MUSCLE Alignment. Автоматическое выравнивание после этого проверяли вручную. Молекулярно-филогенетические деревья выстраивали методом байесовского вывода (Bayesian analysis; MrBayes 3.2.6) [20] с использованием следующих параметров: модель замещения GTR, 3 000 000 поколений, количество генераций (burn-in) – 300 000 поколений. Анализ максимального правдоподобия (Maximum likelihood) проводили в программе RAxML 8 [21] с использованием модели замещения GTR+gamma. Статистический бутстрэп (bootstrap support values, %) вычисляли на основании 500 повторов. Новые сиквенсы были зарегистрированы в базе данных NCBI под номерами MN813644, MN816897–MN816901.

Результаты и обсуждение

Результаты молекулярно-филогенетического анализа изученных образцов представлены на рис. 3 и 4. Ранее нами было установлено, что таксоны, традиционно определяемые в Авачинской губе как *A. angusta* и *A. marginata*, на 99,8–100% идентичны в генетическом отношении (по COI – 100%, rDNA – 99,8%, Rubisco – 100%), т. е. являются одним биологическим видом [22]. При этом они также имеют высокий процент генетического сходства с атлантическими растениями *A. esculenta* (по COI – 96,5–96,9%, rDNA – 94,5–98,8%, Rubisco – 98,7–99,3%). Совпадение наших камчатских образцов с *A. esculenta* из Конгс-фьорда (о. Свалбард) по rDNA составляет 99,8%. Мы полагаем, что в настоящее время наиболее целесообразно относить наши камчатские образцы к разным формам *A. esculenta* – *f. angustifolia* и *f. latifolia*, поскольку, несмотря на генетическое совпадение, они отличаются в морфологическом отношении. Однако мы не исключаем, что в будущем *A. esculenta* может быть разделена на несколько видов и подгруппе, включающей камчатские образцы, будет дано другое видовое название.

Таблица 1

Праймеры, используемые для проведения ПЦР

Primers used for PCR analysis

Локус/ген	Название праймера	Последовательность (5'→3')	Источник
ITS1	LB1	CGCGAGTCATCAGCTCGCATTT	[23]
	BC2	CGAGTGGTGTCAACAGACACTCC	[24]
ITS2	YB1	TTGCAGAATCCAGTGAATCATC	[23]
	LB2	AGCTTCACTCGCCGTAATCG	
	KR4	CTTGTTAACTCTCATCACTA	
COI	GazF2	CCAACCAAYAAAGATATWGGTAC	[13]

Изученные нами новые образцы аларий из Охотского моря имеют высокий процент генетического сходства с образцами аларий из Авачинского залива (по COI – 99,7–100%, rDNA – 99,9%), т. е. являются одним биологическим видом. Таким образом, вид, определяемый нами как *A. esculenta sensu lato* (s.l.), распространен не только на побережье восточной, но и на западной Камчатке и материковом побережье Охотского моря.

Следует отметить, что в кладу, обозначенную нами как *A. esculenta* s.l., также попадают образцы *A. praelonga* и *A. crispa*, однако использованные в анализе зарегистрированные в NCBI сик-

венсы *A. praelonga* (EF218902) не могут считаться «типовыми сиквенсами» для этого вида, поскольку эти образцы были собраны в Японии. Типовое местообитание *A. praelonga* – о. Беринга (Командорские острова). В отношении сиквенсов *A. crispa* тоже возникает вопрос, целесообразно ли считать их «типовым» для этого вида. Т. Виддоусон [12] указал два типовых местообитания для *A. crispa* – о. Святого Лаврентия (Аляска) и зал. Лаврентия (Чукотка), расстояние между ними 80 км. Образец *A. crispa* для секвенирования (EF218901, EF218904) был собран у о. Святого Лаврентия, а его морфология ничем не отличалась от растений, традиционно определяемых канадскими альгологами как *A. esculenta* [Trevor Bringle, личное сообщение]. Очевидно, что все образцы в этой кладе являются одним видом, однако вопрос о том, какое имя должно быть ему присвоено, остается пока открытым.

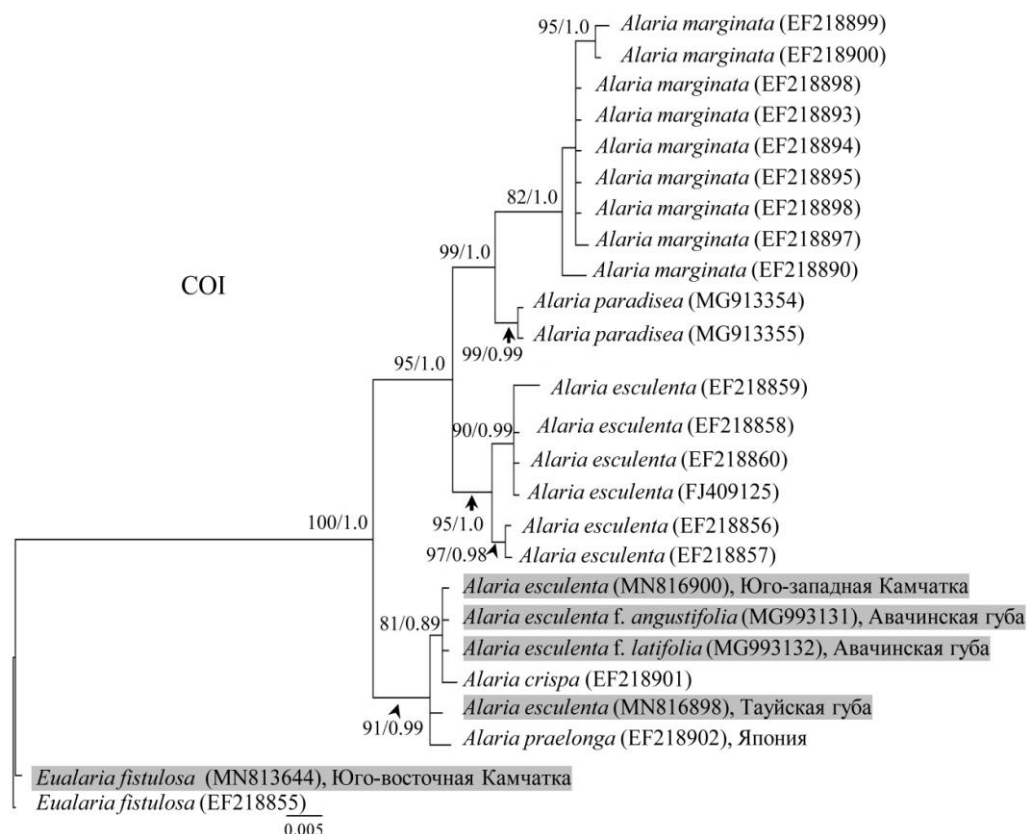


Рис. 3. Филогенетическое дерево представителей родов *Alaria* и *Eualaria* по COI. Значения напротив ветвей дерева – статистический бутстрэп/апостериорная вероятность сходства (Учитывались только значения выше 75. В случаях, когда статистический бутстрэп был ниже 75, ставился прочерк «—»). Исследованные нами образцы отмечены заливкой фона

Fig. 3. Phylogenetic tree of representatives from the genera *Alaria* and *Eualaria* based on COI analysis. Consensus support (%) and posterior probabilities are shown (only the values above 75 were included. Dashes “—” present consensus support values below 75). Our studied specimens are highlighted

Согласно данным К. Лэйна с соавторами [13], в семействе Alariaceae генетические различия между родами по гену COI составляют 6,9–12%, а между группой видов *A. esculenta* s.l., включающей *A. esculenta*, *A. praelonga*, *A. crispa* и *A. marginata*, достигают 2,2–4,7%, внутривидовая разница не превышает 2,3%. Недавно проведенное нами молекулярно-филогенетическое изучение эндемичного для Курильских островов вида *A. paradisea* показало, что его отличие по COI от других представителей рода *Alaria* составляет 1,6–3,4% [22].

Проведенный К. Лэйном с соавторами [13] молекулярно-филогенетический анализ аларий Атлантического и Тихого океанов внес определенную ясность в понимание внутривидовой дифференциации рода *Alaria*. Он позволил выделить из этого рода новый монотипический род *Eualaria* и разделить изученные виды аларий на две большие группы (клады) – *A. esculenta* s.l. и *A. marginata*. В связи с отсутствием данных по алариям российского Дальнего Востока и недостаточностью генетической информации по европейским и японским алариям (у американ-

ских образцов были секвенированы *gbcSp*, ITS и COI, а у японских и европейских – только ITS и/или *gbcSp*), канадским коллегам не удалось завершить ревизию рода *Alaria*. Вместе с тем отметим, что их вклад был значительным, поскольку они уточнили видовой состав аларий в северо-восточной Пацифике, синонимировали ряд описанных для этой акватории видов и высказали предположение о том, что *A. marginata* встречается только у американского побережья Тихого океана [13].

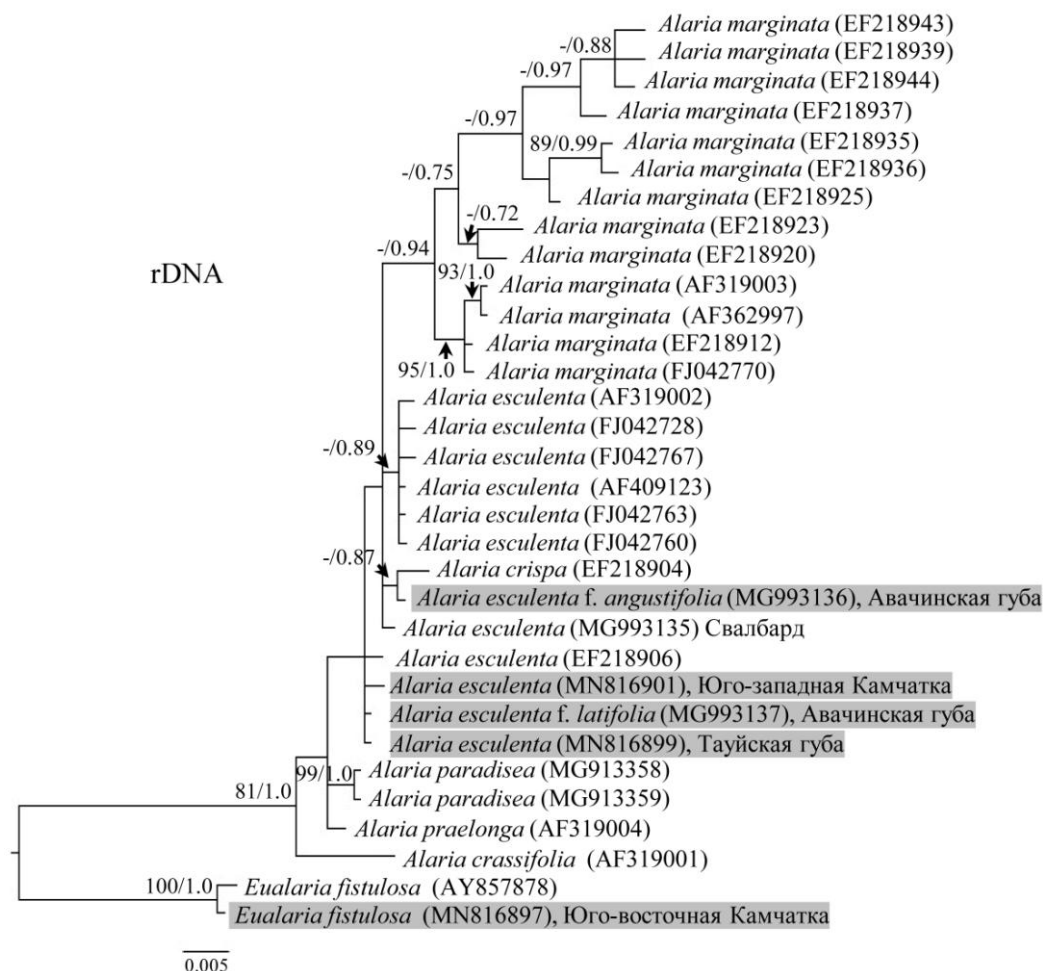


Рис. 4. Филогенетическое дерево представителей родов *Alaria* и *Eualaria* по rDNA.

Значения напротив ветвей дерева – статистический бутстрэп/апостериорная вероятность сходства (Учитывались только значения выше 75. В случаях, когда статистический бутстрэп был ниже 75, ставился прочерк «—»). Исследованные нами образцы отмечены заливкой фона

Fig. 4. Phylogenetic tree of representatives from the genera *Alaria* and *Eualaria* based on rDNA analysis. Consensus support (%) and posterior probabilities are shown (only the values above 75 were included. Dashes “—” present consensus support values below 75). Our studied specimens are highlighted

Проведенное нами молекулярно-филогенетическое исследование представителей этого рода, произрастающих в Авачинском заливе [22], подтвердило предположение канадских исследователей [13] о том, что *A. marginata* распространена только у американского побережья Пацифики. Об этом можно говорить с большой долей уверенности, несмотря на то, что молекулярная идентификация камчатских аларий была сделана только по образцам, собранным у юго-восточной Камчатки.

В пользу этого утверждения свидетельствуют следующие аргументы. Первый и наиболее важный из них – единообразие ламинариевой флоры вдоль всего побережья восточной Камчатки. Согласно современным данным здесь встречаются 14 представителей этого порядка. Единственный из них – *Cymathera triplicata* – имеет у восточной Камчатки ограниченное распространение и севернее Авачинского залива не встречается. Остальные относятся к широкоареальным и повсеместно распространенным видам. Ожидать нахождения где-либо у восточного побережья Камчатки вида, который бы не встречался в Авачинском заливе, не приходится еще и потому,

что сама юго-восточная Камчатка, по мнению многих исследователей, является своеобразной транзитной зоной на пути миграции морских водорослей вдоль западного побережья Пацифики и от азиатского материка к американскому, и наоборот. Направление этого потока в настоящее время, как и в прошлые геологические эпохи, определялось наличием температурной антимерии, выражающейся в заметной разнице температуры водной массы в одноширотных районах северной и восточной Пацифики. Поток миграции при этом шел в большей степени от более холодного азиатского континента к американскому.

Основной причиной, определяющей сложность выделения устойчивых таксономических признаков для видов рода *Alaria*, является чрезвычайная вариабельность и перекрываемость их анатомо-морфологических признаков, что в свое время отмечали монографы рода [3, 11–12]. Подробно это рассмотрено в нашей работе, посвященной роду *Alaria* [19]. О высокой перекрываемости морфометрических признаков можно судить при сравнении морфометрических характеристик, указанных разными авторами (табл. 2).

Таблица 2

Морфологические и морфометрические характеристики и географическое распространение видов рода *Alaria*, указывавшихся на севере Охотского моря у восточного и западного побережий

Morphological and morphometric characteristics and geographical distribution of *Alaria* species reported from the north of the Sea of Okhotsk off the east and west coasts

Характеристика	<i>A. esculenta</i> ^{1,2}	<i>A. angusta</i> ^{1,2}	<i>A. praelonga</i> ¹	<i>A. crassifolia</i> ¹	<i>A. ochotensis</i> ^{1,2}	<i>A. marginata</i> ^{1,2}
Длина слоевища (м)	3	1–2	2–3	0,5–1,5	до 2,5	2–4,5
Ширина слоевища (м)	0,3	0,05–0,12	0,1–0,13	0,05–0,2	0,2–0,3	0,1–0,3
Длина стволика (м)	<0,5	0,04–0,4	0,03–0,12	0,04–0,15	до 0,1	0,1–0,5
Форма спорофиллов	Клиновидная, линейно-ланцетовидная	Линейная, ланцетовидная	Линейная, линейно-продолговатая	Линейная, ланцетовидная	Линейная, ланцетовидная	Клиновидная, овальная, линейная, ланцетовидная
Соотношение длины к ширине спорофиллов	<10 : 1	>10 : 1	2 : 1	–	–	–
Петиоль	Хорошо или плохо выражен	Плохо выражен	Хорошо выражен	Хорошо выражен	Хорошо выражен	Хорошо или плохо выражен
Форма glandularных клеток	Овальная, продолговатая	Овальная, продолговатая	Овальная, продолговатая	Овальная, продолговатая	Звездчатая	Овальная, продолговатая
Типовое место обитание	Европа, Атлантический океан	о. Беринга (Командорские острова)	о. Беринга (Командорские острова)	Хакодате (Хоккайдо)	Зал. Анива (Сахалин)	о. Уналашка (Алеутские острова)
Современное распространение	Атлантический океан ³ , Камчатка ⁴ , Япония ⁵	Командорские острова ⁶ , Камчатка ⁶ , Сахалин ⁷ , Курильские острова ⁸ , Япония ⁵	Хоккайдо (Япония) ⁵	Хоккайдо (Япония) ⁵	Сахалин ⁷ , южные Курилы ⁸ , западная Камчатка ⁶ , север Охотского моря ⁹	Алеутские острова ¹⁰ , западное побережье Северной Америки ¹⁰

Примечание. Цифры в надстрочных знаках соответствуют работам, из которых были взяты приведенные в таблице данные: 1 – Т. Виддоусон [12], 2 – Ю.Е. Петров [11], 3 – С. Кран и М. Гири [26], 4 – А.В. Климова и др. [22], 5 – Т. Ешида и др. [27], 6 – Н.Г. Клочкова и др. [16], 7 – Н.Г. Клочкова и Т.А. Клочкова [28], 8 – Н.В. Евсеева [18], 9 – М.Н. Белый [17], 10 – К. Лэйн и др. [13].

Данные, приведенные в табл. 2, показывают, что большинство выделенных для аларий морфолого-анатомических признаков свойственны всем или нескольким видам. Анализ ключей, предложенных Т. Виддоусоном [12] и Ю.Е. Петровым [11] для дифференциации видов рода *Alaria*, показывает, что они совершенно не пригодны, поскольку изученные нами аларии из Охотского моря демонстрируют практически весь диапазон изменчивости признаков, предложенных в качестве таксономических.

Наряду с высокой морфологической изменчивостью представители рода *Alaria* демонстрируют высокую способность к формообразованию. Именно благодаря этому у побережья Северной Америки разные формы *A. marginata* были описаны в качестве самостоятельных видов: *A. marginata*, *A. nana*, *A. taeniata* и *A. tenuifolia*. Их генетическую идентичность показал К. Лэйн с соавторами [13]. Аналогичной оказалась ситуация и с камчатскими видами аларий. Прежде здесь указывались два вида – *A. angusta* и *A. marginata* [16]. Каждый из них помимо характерных морфологических признаков демонстрировал строгую приуроченность к определенным экологическим условиям произрастания и разной гидродинамической нагрузке. Как было сказано выше, молекулярно-филогенетическое изучение этих видов показало, что в генетическом отношении они идентичны [22, 25].

Сравнивая морфологические признаки всех известных в настоящее время дальневосточных представителей рода *Alaria*, можно говорить о том, что среди них только два вида могут быть идентифицированы без особого труда благодаря особенностям их морфологического строения. Один из них – эндемик Курильских островов *A. paradisea*. Он единственный среди всех представителей рода имеет спорофиллы с выпуклой, хорошо выраженной центральной жилкой [25]. Второй, *A. ochotensis*, отличается от остальных видов рода очень коротким стволиком, характерной формой рахиса и основания спорофиллов, а также их значительной толщиной и темно-бурым цветом [3, 12].

В настоящее время накапливается все больше аргументов в пользу использования в систематике ламинариевых водорослей генотипических признаков, особенно там, где практически невозможно использование признаков фенотипической систематики. С помощью молекулярной идентификации возможно очерчивание родов и видов в слабо дифференцированных в морфологическом отношении таксономических группах водорослей. В порядке Laminariales одной из таких молодых в эволюционном отношении и слабо дифференцированных групп является, например, род *Saccharina*. Совсем недавно одна из форм входящего в него вида *S. bongardiana* была переведена в род *Hedophyllum* и разделена по данным молекулярного анализа на два идентичных в морфологическом отношении вида – *H. druehlii* и *H. subsessilis* [29–30]. Это еще один яркий пример игнорирования принципов классической систематики. Во избежание излишнего дробления полиморфных видов многие современные исследователи предлагают использовать в систематике ламинариевых наряду с методами молекулярно-филогенетического анализа, кареологических и биохимических исследований учет данных по палеогеологии и фитогеографии морских водорослей [28, 30–31].

Одним из важных требований фенотипической систематики является использование в таксономических исследованиях типовых образцов, а тогда, когда это невозможно, образцов, собранных в типовых местообитаниях. В практике генотипических исследований это требование все больше игнорируется. В связи с этим нередко возникают ситуации, когда для секвенирования и построения молекулярных деревьев используются образцы, собранные на большом отдалении от типовых мест обитания анализируемых видов. Так, из представленных в табл. 2 видов аларий только для видов *A. esculenta*, *A. crassifolia* и *A. marginata* получены генетические данные при изучении образцов из типовых или близких к ним мест обитания [13, 32–33]. Этого нельзя сказать об *A. praelonga*. Как сказано выше, типовым местообитанием является о. Беринга (Командорские острова). Там со времени К. Чельмана, автора данного вида, его никто не указывал. Тем не менее до настоящего времени этот вид фигурирует в списке альгофлоры о. Хоккайдо [27] и в филогенетических исследованиях алариевых водорослей [13, 32] используются нуклеотидные последовательности, полученные при секвенировании образцов, собранных у о. Хоккайдо и определенных как *A. praelonga*. Стоит отметить, что в начале 2000-х годов были проведены эксперименты по скрещиванию атлантической *A. esculenta* и японской *A. praelonga*. Их гибридизация дала положительный результат, полученные проростки аларий имели сопоставимую с проростками из родительских монокультур скорость роста и морфологию [32]. Это дает основание считать, что растения, определяемые в Японии как *A. praelonga*, на самом деле принадлежат к *A. esculenta*.

Другим примером некорректного выбора образцов для секвенирования – не в типовом местообитании – может послужить *A. taeniata*, которая, как и *A. praelonga*, была описана Чельманом [34] по образцам, собранным им у Командорских островов. К. Лэйн и соавторы [13] включили в свой молекулярно-филогенетический анализ ламинариевых образцы, собранные у берегов Америки и определенные ими как *A. taeniata*. Неудивительно, что с их исследования этот вид, наряду с *A. nana* и *A. tenuifolia*, оказался синонимом *A. marginata*.

Заключение

Проведенное исследование показало, что видовой состав рода *Alaria* в альгофлоре северных районов Охотского моря не столь разнообразный, как это представлялось ранее. Здесь широко распространен вид, в генетическом отношении идентичный аларии, встречающейся у восточной Камчатки и весьма близкий к *A. esculenta*, обитающей в аркто-атлантических водах. Присутствие на севере Охотского моря *A. ochotensis* требует отдельного исследования: посещения в Охотском море места ее произрастания, о. Птичий, и ее типового местообитания, которым является юго-восточный Сахалин, молекулярно-филогенетического изучения собранных там образцов и сравнительного анализа полученных результатов.

Для завершения ревизии рода *Alaria* в дальневосточных морях необходимо провести молекулярно-филогенетическое изучение всех описанных для этого района видов. При этом образцы для анализа должны быть собраны в их типовых местообитаниях, которыми являются Командорские острова (*A. praelonga*, *A. angusta*, *A. taeniata*), юго-восточный Сахалин (*A. ochotensis*) и зал. Лаврентия на Чукотке (*A. crispa*). Без этого невозможно понимание внутривидовой дифференциации этого рода. Без изучения алариевых водорослей Командорских островов считать *A. taeniata* синонимом *A. marginata* преждевременно.

До завершения исследований по данному роду мы предлагаем виды, соответствующие описаниям *A. angusta* и *A. marginata* в работах Ю.Е. Петрова, относить к *A. esculenta* s.l. Также приведенную в работе М.Н. Белого [17; с. 74] иллюстрацию *A. ochotensis*, учитывая полученные нами новые данные, необходимо относить к *A. esculenta* s.l.

Литература

1. Gmelin S.G. Historia fucorum. – Petropoli [St. Petersburg]: Ex typographia Academiae scientiarum. – 1768. – 239 p.
2. Ruprecht F.J. Algae ochotenses. – Die ersten sicheren Nachrichten über die Tange des Ochotskischen Meeres. St. Petersburg: Buchdruckerei der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. – 1850. – 243 p.
3. Yendo K. A monograph of the genus *Alaria* // J. Col. Sci., Tokyo Imp. Univ. – 1919. – Vol. 43. – P. 1–145.
4. Nagai M. Marine algae of the Kurile islands. I // J. Fac. Agric. Hokkaido Imp. Univ. – 1940. – Vol. 46. – 137 p.
5. Tokida J. The marine algae of Southern Saghalien // Rep. Mem. Fac. Fish. Hokkaido Imp. Univ. – 1954. – Vol. 2, № 1. – 264 p.
6. Ушаков П.В. Фауна Охотского моря и условия ее существования. – М.: Изд-во акад. наук СССР, 1953. – 462 с.
7. Зинова Е.С. Водоросли Охотского моря // Тр. Ботан. ин-та АН СССР. – 1954. – Сер. II. – Вып. 9. – С. 259–307.
8. Возжинская В.Б. Морские водоросли западного побережья Камчатки // Новости сист. низш. раст. – 1965. – Вып. 2. – С. 73–78.
9. Блинова Е.И. Морские водоросли северо-восточной части Охотского моря // Новости сист. низш. раст. – 1968. – Вып. 5. – С. 33–38.
10. Возжинская В.Б., Блинова Е.И. Материалы по распределению и составу водорослей Камчатки (Охотское море) // Труды ин-та океанологии. – 1970. – Вып. 88. – С. 298–307.
11. Петров Ю.Е. Род *Alaria* Grev. в морях СССР // Новости сист. низш. раст. – 1973. – Т. 10. – С. 49–59.
12. Widdowson T.B. A taxonomic revision of the genus *Alaria* Greville // Syesis. – 1971. – Vol. 4. – P. 11–49.
13. Lane C.E., Lindstrom S.C., Saunders G.W. A molecular assessment of northeast Pacific *Alaria* species (Laminariales, Phaeophyceae) with reference to the utility of DNA barcoding // Mol. Phyl. Evol. – 2007. – Vol. 44. – P. 634–648.
14. Гусарова И.С., Семкин Б.И. Сравнительный анализ флор макрофитов некоторых районов северной части Тихого океана с использованием теоретико-графовых методов // Бот. жур. – 1986. – Т. 71, № 6. – С. 781–789.

15. Емельянова А.А. Флора водорослей-макрофитов северных районов Охотского моря, юга восточной Камчатки и северных Курильских островов: дис. ... канд. биол. наук. – Петропавловск-Камчатский, 2005. – 166 с.
16. Клочкова Н.Г., Королева Т.Н., Кусиди А.Э. Атлас водорослей макрофитов прикамчатских вод. Т. 2. – Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. – 2009. – 302 с.
17. Белый М.Н. Водоросли-макрофиты северной части Охотского моря и их значение как нерестового субстрата сельди. – Магадан: Новая полиграфия, 2013. – 194 с.
18. Евсеева Н.В. К флоре морских водорослей прибрежной зоны северо-востока Охотского моря // Новости сист. низш. раст. – 2018. – Т. 52, вып. 1. – С. 63–73.
19. Климова А.В. Род *Alaria* Greville (Phaeophyceae, Laminariales) в прикамчатских водах: видовой состав, экология и биология развития: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Петропавловск-Камчатский, 2018. – 24 с.
20. Huelsenbeck J.P., Ronquist F. MRBAYES: Bayesian inference of phylogenetic trees // Bioinformatics. – 2001. – Vol. 17. – P. 754–755.
21. Stamatakis A. RAxML version 8: a tool for phylogenetic analysis and post-analysis of large phylogenies // Bioinformatics. – 2014. – Vol. 30. – P. 1312–1313.
22. Климова А.В., Клочкова Т.А., Клочкова Н.Г. Внутривидовые формы *Alaria esculenta* (Laminariales, Ochrophyta) во флоре морских водорослей восточной Камчатки: первая ревизия // Вестник КамчатГТУ. – 2018. – № 43. – С. 74–86.
23. Yoon H.S., Lee J.Y., Boo S.M. et al. Phylogeny of Alariaceae, Laminariaceae, and Lessoniaceae (Phaeophyceae) based on plastid-encoded Rubisco spacer and nuclear-encoded ITS sequence comparisons // Mol. Phyl. Evol. – 2001. – Vol. 21. – P. 231–243.
24. Saunders G.W., Druehl L.D. Revision of the kelp family Alariaceae and the taxonomic affinities of *Lessoniopsis* Reinke (Laminariales, Phaeophyta) // Proc. Int. Seaweed Symp. – 1993. – Vol. 14. – P. 689–697.
25. Morphological and molecular identification of *Alaria paradisea* (Phaeophyceae, Laminariales) from the Kurile Islands / A.V. Klimova, T.A. Klochkova, N.G. Klochkova, G.H. Kim // Algae. – 2018. – Vol. 33, iss. 1. – P. 1–12.
26. Kraan S., Guiry M.D. Phase II: Strain hybridization field experiments and genetic fingerprinting of the edible brown seaweed *Alaria esculenta* // Mar. Res. Ser. – 2001. – Vol. 18. – P. 1–33.
27. Yoshida T., Suzuki M., Yoshinaga K. Checklist of marine algae of Japan (Revised in 2015) // Jap. J. Phycol. – 2015. – Vol. 63, iss. 3. – P. 129–189.
28. Клочкова Н.Г., Клочкова Т.А. Проблемы геносистематики и изменение родовой принадлежности и авторства у видов бурых ламинариевых водорослей *Saccharina bongardiana* и *Saccharina gurjanovae* // Вестник КамчатГТУ. – 2018. – Вып. 43. – С. 87–95.
29. Saunders G.W., McDevit D.C. A DNA barcode survey of Haida Gwaii kelp (Laminariales, Phaeophyceae) reveals novel ecological and distributional observations and *Saccharina druehlII* sp. nov // Botany. – 2014. – Vol. 92, № 11. – P. 821–826.
30. A comprehensive kelp phylogeny sheds light on the evolution of an ecosystem / S. Starko, M. Soto, Gomez, H. Darby, K.W. Demes, H. Kawai, N. Yotsukura, S.C. Lindstrom, P.J. Keeling, S.W. Graham, P.T. Martone // Mol. Phyl. Evol. – 2019. – Vol. 136. – P. 138–150.
31. Bolton J.J. The biogeography of kelps (Laminariales, Phaeophyceae): A global analysis with new insights from recent advances in molecular phylogenetics // Helg. Mar. Res. – 2010. – Vol. 64, № 4. – P. 263–279.
32. Kraan S., Rueness J., Guiry M.D. Are North Atlantic *Alaria esculenta* and *A. grandifolia* (Alariaceae, Phaeophyceae) conspecific? // European Journ. of Phycology. – 2001. – Vol. 39. – P. 35–42.
33. Ancestral reproductive structure in basal kelp *Aureophycus aleuticus* / H. Kawai, T. Hanyuda, L.M. Ridgeway, K. Holser // Scientific Reports. – 2013. – Vol. 3, iss. 2491. – P. 1–7.
34. Kjellman F.R. Om Beringhafvets algflora // Kongl. Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar. – 1889. – Vol. 23. – P. 1–58.

Информация об авторах
Information about the authors

Клочкова Татьяна Андреевна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; доктор биологических наук, проректор по научной работе и международной деятельности, профессор кафедры экологии и природопользования; tatyana_algae@mail.ru

Klochkova Tatyana Andreevna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Biological Sciences; Vice-rector for Scientific Work and International Communications, Professor of Ecology and Nature Management Chair; tatyana_algae@mail.ru

Климова Анна Валерьевна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат биологических наук; старший научный сотрудник отдела науки и инноваций; annaklimovae@mail.ru

Klimova Anna Valerevna – Kamchatka State Technical University; Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia, 683003; Candidate of Biological Sciences; Senior Researcher of Science and Innovation Department; annaklimovae@mail.ru

Клочкова Нина Григорьевна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; доктор биологических наук; советник ректора по научно-исследовательской работе и инновациям; ninakl@mail.ru

Klochkova Nina Grigorevna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Biological Sciences; Councilor for Research and Innovations; ninakl@mail.ru

УДК 574.587(265.54)

С.Г. Коростелев, Е.А. Архипова, Л.В. Ромейко,
П.А. Федотов, Р.Я. Таганова

**КОРМОВАЯ БИОМАССА ДОННОЙ ФАУНЫ И ЕЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ
НА ШЕЛЬФЕ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ КАМЧАТКИ И СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ
АВАЧИНСКОГО ЗАЛИВА**

Приводятся результаты исследований видового состава, пространственного распределения, плотности поселения потенциальных кормовых объектов для донных видов рыб, крабов и крабоидов шельфа юго-восточной Камчатки и северной части Авачинского залива в 2002 г. Общее количество представителей кормового бентоса на шельфе юго-восточной Камчатки составило 58 вида многощетинковых червей (класс Polychaeta), 28 видов моллюсков (классы Bivalvia и Gastropoda), 23 вида ракообразных (преимущественно отр. Amphipoda), 3 – иглокожих (классы Echinoidea и Ophiuroidea), а в северной части Авачинского залива – 34 вида многощетинковых червей, 18 видов моллюсков, 18 видов ракообразных, 3 – иглокожих. Показано, что средняя кормовая биомасса донной фауны шельфа юго-восточной Камчатки составляла 94,4 г/м², средняя плотность поселения – 256,5 экз./м², а в северной части Авачинского залива соответственно 112,0 г/м² и 191,6 экз./м².

Ключевые слова: юго-восточная Камчатка, Авачинский залив, кормовой зообентос, шельф, Polychaeta, Mollusca, Crustacea, Echinodermata, плотность поселения, биомасса.

S.G. Korostelev, E.A. Arkhipova, L.V. Romeyko, P.A. Fedotov, R.Y. Taganova

**GROUND FAUNA FODDER BIOMASS AND ITS DISTRIBUTION ON THE SHELF
OF SOUTHEASTERN KAMCHATKA AND THE NORTHERN PART OF THE AVACHA BAY**

The study results of species composition, spatial distribution, density of potential prey settlement for demersal fish species, crabs and craboids of southeastern Kamchatka shelf and the Northern part of the Avacha Bay in 2002. The total number of forage benthos on southeastern Kamchatka shelf amounted to 58 species of polychaetes (class Polychaeta), 28 species of molluscs (classes Gastropoda and Bivalvia), 23 species of crustaceans (mainly order of Amphipoda), 3 – echinoderms (classes Echinoidea and Ophiuroidea), and in the northern part of the Avacha Bay – 34 species of polychaete worms, 18 species of molluscs, 18 species of crustaceans, 3 – echinoderms. It is shown that the average forage biomass of the bottom fauna in southeastern Kamchatka shelf was 94,4 g/m², the average density of the settlement was 256,5 g/m², and in the northern part of the Avacha Bay, respectively, 112,0 g/m² and 191,6 copies /m².

Key words: southeastern Kamchatka, the Avacha Bay, fodder zoobenthos, shelf, Polychaeta, Mollusca, Crustacea, Echinodermata, density of the settlement, biomass.

DOI: 10.17217/2079-0333-2019-50-57-72

Введение

Авачинский залив является самым южным из восточнокамчатских заливов. Он широко открыт в океан и слабо вдаётся в сушу. Воды, омывающие берега восточной Камчатки, принадлежат к субарктической водной массе, распространённой в северо-западной части Тихого океана. Залив находится под влиянием вод холодного Камчатского течения и более тёплых океанских вод. В южной части имеется много мелких заливов и бухт. Площадь залива до изобаты 2 000 м составляет около 7 000–7 500 км². Большая часть дна залива, в особенности его северной части, покрыта песчаными и крупноалевритовыми песками [1]. Очень широкое распространение на открытых побережьях имеют подвижные грунты, в первую очередь пески [2]. В Авачинском заливе резкое снижение температуры воды начинается с глубины 3 м. Минимальные температуры наблюдаются на глубинах 80–100 м в слое зимнего охлаждения [3].

Шельфовая терраса верхней части склона юго-восточной Камчатки характеризуется незначительным уклоном дна (0,2–0,5 градуса). Ширина шельфа на юге у м. Лопатка составляет 65–70 км, постепенно убывая в северном направлении до 12–15 км южнее Авачинской бухты. Переход шельфовой террасы к склону фиксируется бровкой, ширина которой меняется от 600–650 м на юге до 150–160 м на севере. В большинстве своем в зоне шельфа и верхней части склона юго-восточной Камчатки преобладает галечно-гравийный тип грунта [4].

Первые количественные широкомасштабные исследования зообентоса у тихоокеанского побережья Камчатки были проведены в 1952–1955 гг. Институтом океанологии АН СССР на э/с «Витязь», результаты которых обобщены в монографии А.П. Кузнецова [1]. Повторная количественная оценка бентоса этого района выполнена в июне – июле 1984 г. сотрудниками ТИНРО на НПС «Мыс Тихий» [5]. При этом Авачинский залив не был исследован.

По Авачинскому заливу недостаточно данных о количественном распределении донной биоты. Так, только в 1958 г. Камчатское отделение ТИНРО провело количественную оценку кормовой базы камбал и определило места ее летнего откорма [6]. Значительно более поздние работы по материалам количественных сборов бентоса в 1998 г., опубликованные С.Г. Коростелевым с соавторами [7, 8], также были посвящены изучению видового состава, обилия и распределения потенциальных кормовых объектов камбал. Материалы бентосной съемки, выполненной в Авачинском заливе в 2009 г., опубликованы лишь частично [9, 10]. Таким образом, исследования бентосных сообществ Авачинского залива, проведенные ранее, носят отрывочный, фрагментарный характер.

На шельфе Авачинского залива и юго-восточной Камчатки обитают разные виды донных рыб [11, 12], являющихся бентосоядными промысловыми объектами. Так, основной пищи камбал являются мелкие ракообразные, моллюски, многощетинковые черви, мелкие офиуры и молодь плоского морского ежа [13, 14]. Иголокожие являются немаловажным кормовым объектом крабов и крабоидов. Показано, что в желудках взрослых самцов камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* на западнокамчатском шельфе в диапазоне глубин 50–100 м по биомассе доминирует плоский морской еж [15], а в питании молоди камчатского краба преобладают офиуры [16, 17]. В питании крабов Берингова моря змеехвостки, наряду с другими иглокожими, занимают второе место и составляют до 42% их пищевого рациона, например, взрослые особи синего краба питаются, главным образом, морскими ежами и офиурами [16, 18]. По мнению С.М. Чебанова [19], в первое время после линьки крабов лучшим для них кормом являются офиуры, способствующие укреплению панциря. Частота встречаемости офиур в пище крабов стригунов опилио может составлять в среднем от 11,9% у самцов до 45,4% у самок [20].

В настоящей работе проведен анализ видового состава, распределения биомасс, плотности поселения представителей бентофауны, являющихся потенциальными кормовыми объектами для донных видов рыб, крабов и крабоидов шельфа юго-восточной Камчатки и северной части Авачинского залива по ранее не опубликованным материалам бентосной съемки, выполненной в 2002 г.

Материалы и методы

Количественный сбор зообентоса выполнен на мягких грунтах шельфа юго-восточной Камчатки и северной части Авачинского залива в августе – сентябре 2002 г. с борта РК–МРТ «Фортуна» с использованием дночерпателя «Океан-50» с площадью раскрытия 0,25 м². На шельфе юго-восточной Камчатки выполнено 12 бентосных станций (интервал глубин 53–205 м) (рис. 1); в северной части шельфа Авачинского залива – 9 бентосных станций (интервал глубин 29–156 м) (рис. 2).

На каждой станции отбор проб бентоса производился в трехкратной повторности с параллельной визуальной оценкой и описанием грунтов. Отобрано 63 бентосные пробы. Грунт промывался через систему сит с размером ячеек 22, 5, 2 и 1 мм. Оставшийся на ситах грунт вместе с организмами фиксировали 4%-ным раствором формальдегида в морской воде. Камеральная обработка материала производилась в лабораторных условиях с определением качественного и количественного состава гидробионтов. Конхиологический анализ раковин моллюсков проводили с использованием бинокулярного микроскопа МБИ-10.

Для каждой станции проводили перерасчет биомассы и численности организмов на 1 м². Далее в тексте под «средней биомассой» и «средней плотностью поселения» мы понимаем среднюю биомассу и плотность поселения кормового зообентоса (многощетинковые черви, разноногие раки, брюхоногие и двухстворчатые моллюски, иглокожие, а именно морские ежи и офиуры). Карты распределения биомассы и плотности поселений донных животных построены с помощью графической программы ChatrMaster 4.1.

Видовой состав основных таксономических групп определяли: класс Crustacea – П.А. Федотов; классы Bivalvia и Gastropoda – Л.В. Ромейко; классы Ophiuroidae и Echinoidea – Е.А. Архипова; класс Polychaeta – Р.Я. Таганова.

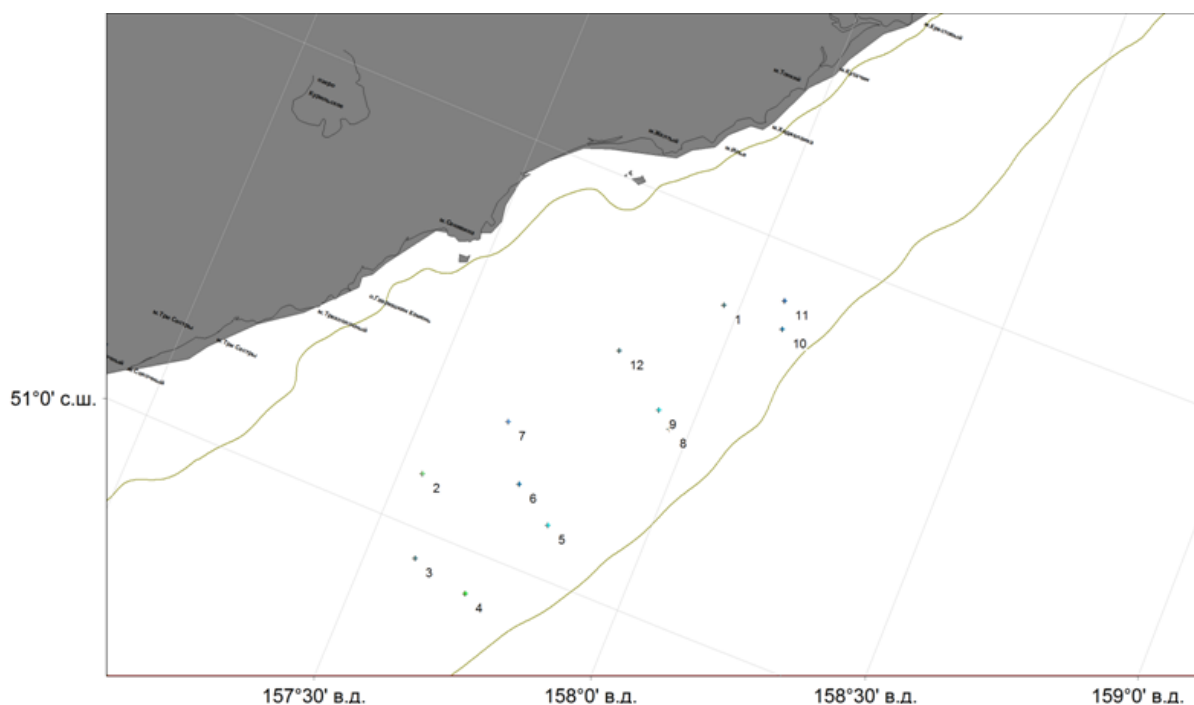


Рис. 1. Схема станций, выполненных на шельфе юго-восточной Камчатки в августе – сентябре 2002 г.

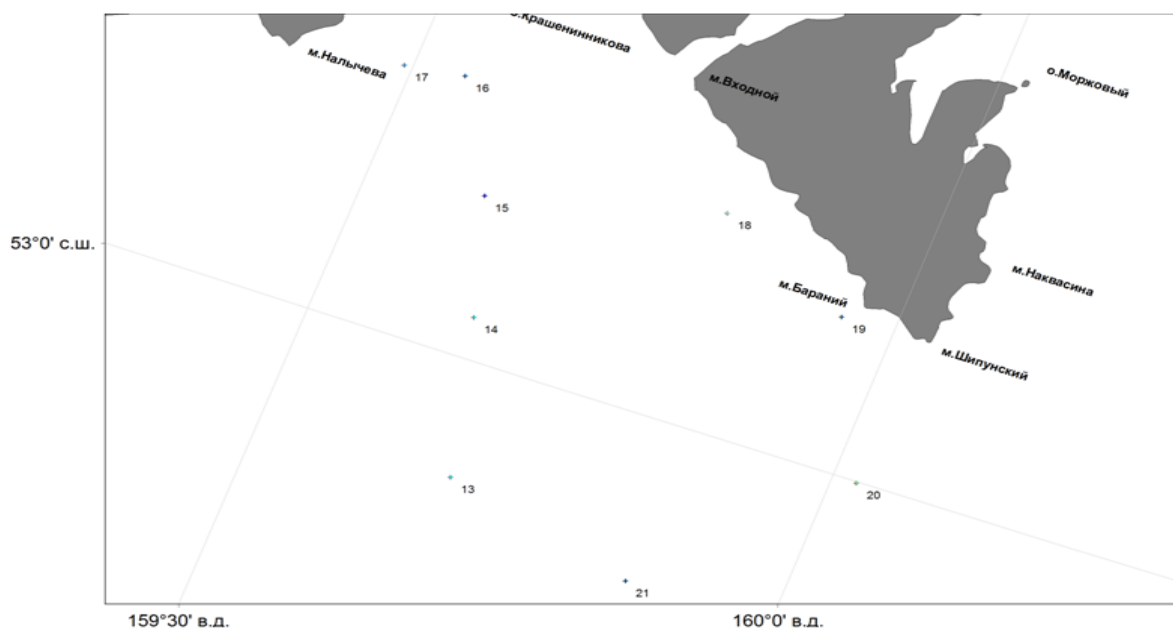


Рис. 2. Схема станций, выполненных на шельфе северной части Авачинского залива в августе – сентябре 2002 г.

Результаты и их обсуждение

На шельфе юго-восточной Камчатки к кормовой бентофауне относили: 58 видов многощетинковых червей (класс Polychaeta), 28 видов моллюсков (классы Bivalvia и Gastropoda), 23 вида ракообразных (преимущественно отр. Amphipoda), 3 – иглокожих (классы Echinoidea и Ophiuroidea); в северной части Авачинского залива – 34 вида многощетинковых червей (класс Polychaeta), 18 видов моллюсков (классы Bivalvia и Gastropoda), 18 видов ракообразных (преимущественно отр. Amphipoda), 3 – иглокожих (классы Echinoidea и Ophiuroidea).

Видовой состав, средняя биомасса, плотность поселения и частота встречаемости представителей кормовой бентофауны шельфа юго-восточной Камчатки приведены в табл. 1, в северной части Авачинского залива – в табл. 2.

Таблица 1

Видовой состав, средняя биомасса (г/м²) и плотность поселения (экз./м²), частота встречаемости (%) представителей кормовой бентофауны шельфа юго-восточной Камчатки в августе 2002 г.

Семейство	Вид	Средняя биомасса, г/м ²	Средняя численность, экз./м ²	Частота встречаемости, %
Phyllodoceidae	<i>Phyllodoce groenlandica</i>	0,007	0,333	1,2
	<i>Phyllodoce</i> sp.	0,053	0,888	3,6
Enipo	<i>Enipo gracilis</i>	0,095	1,212	0,6
Polynoidae	<i>Polynoe canadensis</i>	0,012	0,242	1,2
	<i>Polynoe</i> sp.	0,037	0,485	0,6
	<i>Gattyana</i> sp.	0,011	0,364	1,2
	<i>Arctoebea antcostiensis</i>	0,039	1,111	1,8
	<i>Arctoebea</i> sp.	0,010	0,223	0,6
	<i>Eunoe</i> sp.	0,025	1,444	1,2
	<i>Harmothoe</i> sp.	0,033	1,778	0,6
Aphroditidae	<i>Aphroditidae</i> sp.	0,032	0,969	1,2
Glyceridae	<i>Glicera capitata</i>	0,125	1,000	0,6
	<i>Glyceridae</i> sp.	0,010	0,222	1,2
Syllidae	<i>Syllis fasciata</i>	0,010	0,111	0,6
	<i>Syllidae</i> sp.	0,021	0,444	1,8
Nephtyidae	<i>Nephtys caeca</i>	0,526	0,333	1,2
	<i>Nephtys ciliata</i>	0,468	2,555	1,2
	<i>Nephtys longosetosa</i>	0,160	1,111	1,8
	<i>Nephtys</i> sp.	2,776	15,223	4,2
Onuphidae	<i>Nothria conchylega</i>	1,607	8,223	1,2
	<i>Onuphis</i> sp.	0,073	1,333	1,8
Lumbrineridae	<i>Scoletoma fragilis</i>	0,444	4,444	1,8
	<i>Lumbrineris</i> sp.	1,703	16,888	5,4
Eunicidae	<i>Eunicidae</i> sp.	0,017	0,223	0,6
Aricidae	<i>Scoloplos armiger</i>	0,185	5,889	4,2
Spionidae	<i>Laonise cirrata</i>	0,143	0,667	1,2
	<i>Spionidae</i> gen. sp.	0,466	3,333	3,6
Cirratulidae	<i>Cirratulus cirratus</i>	0,008	0,223	0,6
	<i>Chaetozone setosa</i>	0,482	14,778	4,8
	<i>Cirratulidae</i> sp.	0,014	1,166	4,2
Scalibregmatidae	<i>Scalibregma inflatum</i>	0,070	0,444	0,6
	<i>Scalibregma</i> sp.	0,018	0,485	1,2
Opheliidae	<i>Ophelina acuminata</i>	0,092	0,889	3,0
Opheliidae	<i>Opheliidae</i> sp.	0,004	0,111	0,6
Travisiidae	<i>Travisia forbesii</i>	0,182	1,555	2,4
	<i>Travisia</i> sp.	0,004	0,111	0,6
Capitellidae	<i>Capitellidae</i> sp.	0,104	2,222	1,8
Maldanidae	<i>Nicomache lumbricalis</i>	0,104	13,554	3,0
	<i>Nicomache</i> sp.	3,574	6,999	2,4
	<i>Praxillella praeternissa</i>	0,753	3,778	3,0
	<i>Praxillella</i> sp.	0,016	0,223	0,6
	<i>Axiiothella catenata</i>	0,058	0,333	0,6
	<i>Maldana sarsi</i>	0,072	0,333	1,2
	<i>Maldanidae</i> sp.	2,541	11,408	4,2
Oweniidae	<i>Owenia fusiformis</i>	0,221	2,889	1,2
Pectinariidae	<i>Cistenides granulata</i>	0,158	2,444	2,4
	<i>Cistenides hyperborea</i>	0,085	0,889	1,8
	<i>Pectinariidae</i> gen. sp.	0,002	0,111	0,6
Ampharetidae	<i>Melinna elisabethae</i>	0,029	0,444	1,2
	<i>Ampharete acutifrons</i>	0,010	0,111	0,6
	<i>Lysippe labiata</i>	0,262	1,333	0,6
	<i>Amphicteis</i> sp.	0,047	0,222	1,2
	<i>Ampharetidae</i> sp.	0,138	2,060	2,4
Terebellidae	<i>Pista</i> sp.	0,019	0,111	0,6
	<i>Terebella hesslei</i>	0,014	0,444	0,6
	<i>Terebellidae</i> sp.	0,297	2,181	3,0

Окончание табл. 1

Семейство	Вид	Средняя биомасса, г/м ²	Средняя численность, экз./м ²	Частота встречаемости, %
Sabellidae	<i>Sabellidae</i> sp.	0,045	0,888	1,8
Serpulidae	<i>Circeis spirillum</i>	0,003	1,556	0,6
Nuculidae	<i>Nucula tenuis</i>	0,329	2,333	5,8
Nuculanidae	<i>Nuculana pernula pernula</i>	0,021	0,222	1,9
	<i>Nuculana pernula sadoensis</i>	0,443	0,667	5,8
Yoldiidae	<i>Megayoldia thraciaeformis</i>	0,033	0,111	1,9
	<i>Yoldia amygdalea</i>	0,003	0,111	1,9
	<i>Yoldia myalis</i>	0,169	1,333	7,7
Mytilidae	<i>Musculus discors</i>	2,608	0,222	3,8
	<i>Musculus niger</i>	0,882	0,111	1,9
Astartidae	<i>Astarte elliptica</i>	0,100	0,222	3,8
	<i>Astarte borealis</i>	9,125	0,333	1,9
Thyasiridae	<i>Thyasira gouldi</i>	0,020	1,444	9,6
	<i>Axinopsida orbiculata</i>	0,131	0,889	3,8
Lasaeidae	<i>Neaeromya compressa</i>	0,058	0,444	3,8
Carditidae	<i>Cyclocardia ventricosa</i>	0,061	0,111	1,9
	<i>Cyclocardia rjabina</i>	0,004	0,111	1,9
Cardiidae	<i>Ciliatocardium tchuktchenses</i>	3,809	0,778	5,8
	<i>Clinocardium nuttallii</i>	0,158	0,111	1,9
	<i>Serripes groenlandicus</i>	0,445	0,667	3,8
Tellinidae	<i>Serripes laperousi</i>	0,025	0,111	1,9
	<i>Macoma calcarea</i>	3,233	1,000	5,8
	<i>Macoma middendorffi</i>	0,139	0,333	1,9
	<i>Macoma moesta</i>	0,619	3,778	9,6
Veneridae	<i>Macoma orientalis</i>	0,103	0,444	3,8
	<i>Liocyma fluctuosa</i>	1,236	2,333	7,7
Trochidae	<i>Trochidae</i> sp.	0,006	0,111	7,7
Naticidae	<i>Naticidae</i> sp.	0,694	0,999	38,5
Buccinidae	<i>Buccinidae</i> sp.	2,325	1,778	46,2
Turridae	<i>Turridae</i> sp.	0,185	0,444	7,7
Paguridae	<i>Pagurus</i> sp.	0,024	0,333	5,4
Diastylidae	<i>Diastylis bidentat</i>	0,048	1,817	7,1
	<i>Diastylis koreana</i>	0,001	0,121	1,8
	<i>Diastylis</i> sp.	0,137	6,111	10,7
Tryphosidae	<i>Psammonyx wirketis</i>	0,016	0,333	1,8
	<i>Psammonyx</i> sp.	1,563	1,563	7,1
Uristidae	<i>Anonyx pacificus</i>	0,111	1,778	10,7
	<i>Anonyx makarovi</i>	0,001	0,250	1,8
	<i>Anonyx</i> sp.	0,002	0,111	1,8
Phoxocephalidae	<i>Phoxocephalidae</i> sp.	0,010	0,778	3,6
Pontoporeiidae	<i>Pontoporeia femorata</i>	0,022	0,444	3,6
	<i>Pontoporeia</i> sp.	0,040	1,000	3,6
Haustoriidae	<i>Haustoriidae</i> sp.	0,018	0,583	1,8
Ampeliscidae	<i>Ampelisca macrocephala</i>	2,221	26,028	7,1
	<i>Ampelisca</i> sp.	0,162	4,362	7,1
Oedicerotidae	<i>Monoculodus</i> sp.	0,018	0,555	3,6
Melitidae	<i>Dulichella appendiculata</i>	0,162	12,555	3,6
	<i>Melita</i> sp.	0,040	0,445	3,6
	<i>Wimvadocus torelli</i>	0,016	0,223	1,8
Calliopiidae	<i>Calliopiidae</i> sp.	0,001	0,111	1,8
Pleustidae	<i>Pleustomesus medius</i>	0,003	0,222	3,6
Atylidae	<i>Atylus collingi</i>	0,006	0,333	3,6
Amphithoidae	<i>Amphithoe</i> sp.	0,006	0,555	3,6
Ophiuroidae	<i>Ophiuroidae</i> sp.	0,973	24,556	60,0
Echinarachniidae	<i>Echinarachnius parma</i>	42,196	3,444	26,7
Strongylocentrotidae	<i>Strongylocentrotus pallidus</i>	1,218	1,000	13,3
Итого		94,487	256,501	

Таблица 2

Видовой состав, средняя биомасса (г/м²) и плотность поселения (экз./м²), частота встречаемости (%) представителей кормовой бентофауны шельфа северной части Авачинского залива в сентябре 2002 г.

Семейство	Вид	Средняя биомасса, г/м ²	Средняя численность, экз./м ²	Частота встречаемости, %
Polynoidae	<i>Polynoe canadensis</i>	0,036	0,148	1,4
	<i>Polynoe</i> sp.	0,044	0,740	2,9
	<i>Gattyana</i> sp.	0,044	3,330	2,9
	<i>Harmothoe</i> sp.	0,813	4,000	2,9
Aphroditidae	<i>Aphroditidae</i> sp.	0,128	4,000	2,9
Nephtyidae	<i>Nephtys caeca</i>	0,643	0,443	4,3
	<i>Nephtys ciliata</i>	0,302	3,111	4,3
	<i>Nephtys longosetosa</i>	0,587	6,166	7,2
	<i>Nephtys</i> sp.	0,935	8,296	7,2
Lumbrineridae	<i>Scoletoma fragilis</i>	1,023	3,407	1,4
	<i>Lumbriconereis</i> sp.	0,042	0,148	2,9
Eunicidae	<i>Eunicidae</i> sp.	0,055	0,444	1,4
Orbiniidae	<i>Scoloplos armiger</i>	0,051	3,407	5,8
Spionidae	<i>Spionidae</i> sp.	0,025	0,592	1,4
Cirratulidae	<i>Cirratulus cirratus</i>	0,083	3,111	1,4
	<i>Chaetozone setosa</i>	0,021	1,481	2,9
	<i>Cirratulidae</i> sp.	0,032	1,778	1,4
Scalibregmatidae	<i>Scalibregmatidae</i> sp.	0,003	0,148	1,4
Opheliidae	<i>Ophelina acuminata</i>	0,187	1,184	2,9
Maldanidae	<i>Nicomache lumbricalis</i>	0,070	0,296	2,9
	<i>Nicomache</i> sp.	0,807	0,592	1,4
	<i>Praxillella praetermissa</i>	0,012	0,148	2,9
	<i>Maldana sarsi</i>	0,054	1,037	1,4
	<i>Maldanidae</i> sp.	0,104	1,037	2,9
Oweniidae	<i>Owenia fusiformis</i>	0,127	1,630	4,3
Pectinariidae	<i>Cistenides granulata</i>	0,726	4,889	1,4
	<i>Cistenides hyperborea</i>	0,098	0,444	1,4
Ampharetidae	<i>Ampharete sibirica</i>	0,034	0,296	2,9
	<i>Anobothrus gracilis</i>	0,046	0,297	1,4
	<i>Lysippe labiata</i>	0,009	0,297	1,4
	<i>Ampharetidae</i> sp.	0,042	1,038	4,3
Terebellidae	<i>Terebellidae</i> sp.	0,091	1,333	4,3
Sabellidae	<i>Sabellidae</i> sp.	0,003	0,334	1,4
Serpulidae	<i>Circeis spirillum</i>	0,016	0,444	1,4
Nuculanidae	<i>Nuculana pernula sadoensis</i>	0,003	0,148	4,8
	<i>Nuculana lamellose radiata</i>	0,074	0,148	4,8
Yoldiidae	<i>Yoldia amygdalea</i>	0,944	0,444	4,8
Astartidae	<i>Astarte borealis</i>	1,911	2,222	9,5
Thyasiridae	<i>Thyasira gouldi</i>	0,019	0,148	4,8
	<i>Axinopsida orbiculata</i>	0,022	0,889	14,3
Lasaeidae	<i>Neaeromya compressa</i>	0,003	0,148	4,8
Carditidae	<i>Cyclocardia ovata</i>	0,174	0,148	4,8
	<i>Ciliatocardium tchuktchenses</i>	0,409	0,296	9,5
Tellinidae	<i>Megangulus luteus</i>	0,019	0,148	4,8
	<i>Macoma calcarea</i>	0,233	0,593	4,8
	<i>Macoma moesta</i>	0,35	2,074	14,3
	<i>Macoma orientalis</i>	1,056	0,148	4,8
Veneridae	<i>Liocyma fluctuosa</i>	0,093	0,593	4,8
Mactridae	<i>Mactromeris polynyma</i>	0,062	0,148	4,8
Trochidae	<i>Trochidae</i> sp.	0,238	2,073	25
Acmaeidae	<i>Acmaeidae</i> sp.	0,017	0,259	12,5
Buccinidae	<i>Buccinidae</i> sp.	0,503	1,924	62,5
Paguridae	<i>Pagurus</i> sp.	0,034	0,592	6,5
Diastylidae	<i>Diastylis bidentat</i>	0,153	7,111	6,5
	<i>Diastylis</i> sp.	0,018	1,926	9,7

Окончание табл. 2

Семейство	Вид	Средняя биомасса, г/м ²	Средняя численность, экз./м ²	Частота встречаемости, %
Tryphosidae	<i>Psammonyx wirketis</i>	0,077	4,444	3,2
	<i>Psammonyx</i> sp.	0,6	11	6,5
Uristidae	<i>Anonyx pacificus</i>	0,141	1,63	9,7
	<i>Anonyx makarovi</i>	0,6	1,037	3,2
	<i>Anonyx</i> sp.	0,001	0,444	3,2
Pontoporeiidae	<i>Pontoporeia</i> sp.	0,049	0,889	3,2
Haustoriidae	<i>Haustoriidae</i> sp.	0,031	0,778	6,5
Ampeliscidae	<i>Ampelisca macrocephala</i>	0,031	0,889	6,5
	<i>Ampelisca</i> sp.	0,256	4,148	6,5
Oedicerotidae	<i>Monoculodus</i> sp.	0,038	0,889	6,5
Melitidae	<i>Dulichella appendiculata</i>	0,228	8,444	6,5
Calliopiidae	<i>Calliopiidae</i> sp.	0,002	1,037	3,2
Atylidae	<i>Atylus collingi</i>	0,001	0,148	3,2
Amphithoidae	<i>Amphithoe</i> sp.	0,412	16,74	6,5
Ischyroceridae	<i>Jassa marmorata</i>	0,001	0,148	3,2
Ophiuroidae	<i>Ophiuroidae</i> sp.	2,078	10,074	23,1
Echinarachniidae	<i>Echinarachnius parma</i>	92,573	46,37	61,5
Strongylocentrotidae	<i>Strongylocentrotus pallidus</i>	1,265	0,296	15,4
Итого		112,012	191,631	

Шельф юго-восточной Камчатки

На шельфе юго-восточной Камчатки видовое богатство кормовых групп бентосных организмов на каждой станции варьировало от 11 до 44 видов. На шельфе юго-восточной Камчатки средняя биомасса кормового зообентоса составляла 94,5 г/м² при средней плотности поселения 256,5 экз./м². Основное значение в образовании средней биомассы кормового бентоса на шельфе юго-восточной Камчатки имели морские ежи – 46,0%. А.П. Кузнецов [1] отмечал, что на шельфе у восточных берегов южной оконечности Камчатки основной массовой формой, принимающей участие в создании биомассы иглокожих до 200 г/м², является плоский морской еж, на долю которого приходится нередко до 80–90%. По данным бентосной съемки 1984 г. [6] средняя биомасса представителей типа Echinodermata на шельфе юго-восточного побережья Камчатки оценена в 114,2 г/м², а наиболее высокая концентрация бентоса (свыше 500 г/м²) отмечалась также в центральной части района на глубинах 60–75 м за счет массового развития плоского ежа, который формировал свыше 90% общей биомассы всех иглокожих этого района.

Многочетинковые черви (класс Polychaeta) насчитывали 58 видов из 25 семейств. По количеству видов наиболее распространено сем. Maldanidae (15,1%) и сем. Cirratulidae (9,6%) (см. табл. 1). Многочетинковые черви *Chaetozone setosa* (сем. Cirratulidae) встречены на 66,7% станций. Некоторые виды многочетинковых червей встречаются редко, в каждом случае составляя по 0,6% от общей численности полихет. К ним относятся: *Enipo gracilis*, *Polynoe* sp., *Arcteochea* sp., *Harmothoe* sp., *Glicera capitata*, *Syllis fasciata*, *Eunicidae* sp., *Cirratulus cirratus*, *Scalibregma inflatum*, *Opheliidae* sp., *Travisia* sp., *Praxillella* sp., *Axiothella catenata*, *Pectinariidae* gen. sp., *Ampharete acutifrons*, *Lysippe labiata*, *Pista* sp., *Terebella hesslei*. По средней биомассе доминирует *Nicomache* sp. (3,6 г/м²), по средней плотности поселения – *Lumbrineris* sp. (16,9 г/м²). Низкие значения биомасс и плотности поселения отмечены для *Pectinariidae* gen. sp. (0,002 г/м²). По мнению В.Н. Кобликова и В.А. Надточий [6], к массовыми и часто встречающимися видам можно отнести *N. ciliate*, *N. longosetosa*, *Lumbriconereis fragilis*, *N. lambricals*, *Axiothella catenata*, *S. armiger*, *Pectinaria granulate*.

Биомасса класса Polychaeta от биомассы всего зообентоса шельфа юго-восточной Камчатки составила 19,6%, плотность поселения – 56,7%. Работы, проведенные у южной оконечности Камчатки и северных Курильских островов в 1949–1955 гг., показали, что роль полихет в составе донной фауны по биомассе составляла в среднем немногим более 10 г/м², или 2,6% от общей биомассы бентоса [1], а на илистых грунтах биомасса полихет достигала 25–50 г/м² и даже больше. По результатам наших исследований на илисто-песчаном грунте максимальная биомасса полихет составляла 89,1 г/м² (рис. 3) с плотностью поселения многочетинковых червей 375,5 экз./м² (рис. 4).

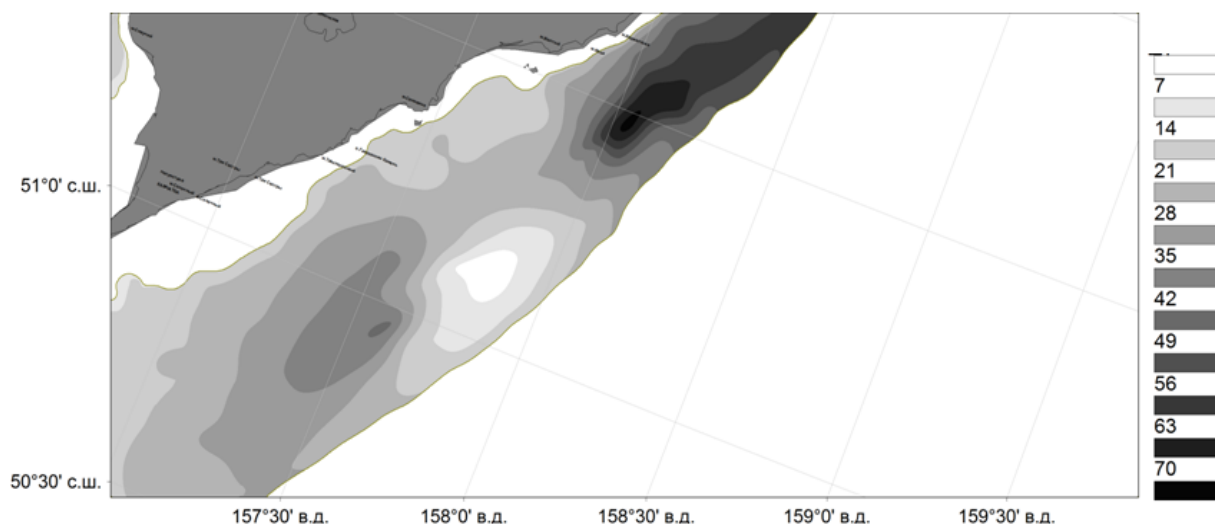


Рис. 3. Распределение многощетинковых червей (класс Polychaeta) шельфа юго-восточной Камчатки (северо-восточная часть Тихого океана) в 2002 г. (дочерпательная съемка), г/м²

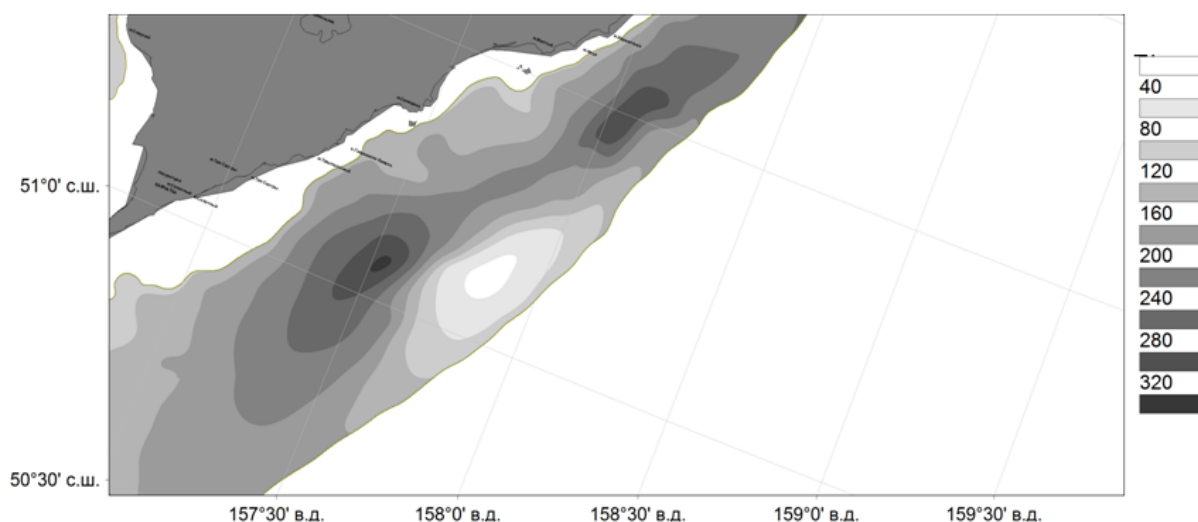


Рис. 4. Распределение многощетинковых червей (класс Polychaeta) на шельфе юго-восточной Камчатки (северо-восточная часть Тихого океана) в 2002 г. (дочерпательная съемка), экз./м²

Ракообразные (класс Crustacea) насчитывали: отр. Decapoda – 1 вид, отр. Cumacea – 3 вида, отр. Amphipoda – 19 видов (см. табл. 1). Средняя биомасса ракообразных составляла 4,6 г/м², средняя плотность поселения – 60,6 экз./м². Биомасса представителей класса Crustacea составляла 4,9% от биомассы всего зообентоса шельфа юго-восточной Камчатки, плотность поселения – 23,6% от численности всей биоты. Встречаемость видов из отр. Decapoda составляла 5,4% от встречаемости ракообразных, отр. Cumacea – 19,6%, отр. Amphipoda – 75,0% (см. табл. 1). В отр. Amphipoda наибольшая плотность поселения отмечена для представителей сем. Ampeliscidae и сем. Uristidae, составляя по 14,3% для каждого. По общей биомассе доминировали виды сем. Ampeliscidae (51,9%).

На шельфе юго-восточной Камчатки в 2002 г. на ст. 4 на глубине 205 м (грунт ракушечник) для представителей класса Crustacea отмечены повышенные значения биомассы (15,2 г/м²) и плотности поселения (161,3 экз./м²) (рис. 5 и 6). Здесь массовым видом, имеющим высокие биомассу (14,6 г/м²) и плотность поселения (150,7 экз./м²), являлась *Ampelisca macrocephala* (сем. Ampeliscidae). Роль амфипод *Ampelisca macrocephala* в создании биомассы и плотности поселения особенно велика [1, 6].

По результатам наших исследований средняя биомасса представителей типа Mollusca составляла 26,9 г/м², средняя плотность поселения – 21,6 экз./м². Двустворчатые моллюски были представлены 24 видами из 11 семейств. Наиболее представительным по количеству видов

было сем. Tellinidae (21,2%). Представители класса Bivalvia – *Macoma moesta* (3,7 экз./м²), *Liocyma fluctuosa* и *Nucula tenuis* (по 2,3 экз./м²) – по средней численности занимали доминирующее положение. На среднюю биомассу двустворчатых моллюсков приходится 23,8 г/м², на среднюю плотность поселения – 18,2 экз./м². Биомасса двустворчатых моллюсков от биомассы всего зообентоса шельфа юго-восточной Камчатки составляет 25,2%, плотность поселения – 7,1%. Район с максимальной биомассой (39,2 экз./м²) двустворчатых моллюсков расположен на глубине 98 м на грунте, представленном ракушечником. По результатам исследований, проведенных в 1949–1955 гг., показано, что район скопления двустворчатых моллюсков расположен на глубинах 100–200 м к востоку от южной оконечности Камчатки [1]. По результатам наших исследований, проведенных в 2002 г., максимальная плотность поселения представителей класса Bivalvia отмечена на глубине 205 м, составляя 42,7 экз./м². Плотность поселения двустворчатых моллюсков *Macoma moesta* (сем. Tellinidae) составляет 21,3 экз./м². Для *Astarte borealis* (сем. Astartidae) (глубина 102 м) отмечено максимальное значение биомассы (109,5 г/м²). Результаты наших исследований согласуются с работами, проведенными А.П. Кузнецовым более чем 50 лет назад.

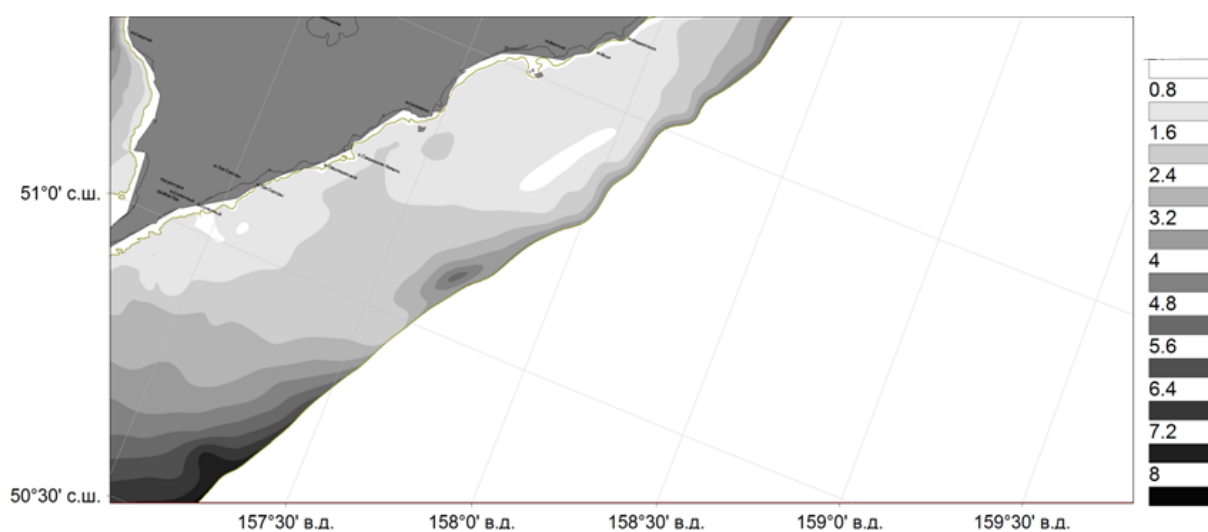


Рис. 5. Распределение ракообразных (класс Crustacea) на шельфе юго-восточной Камчатки (северо-восточная часть Тихого океана) в 2002 г. (дочерпательная съемка), г/м²

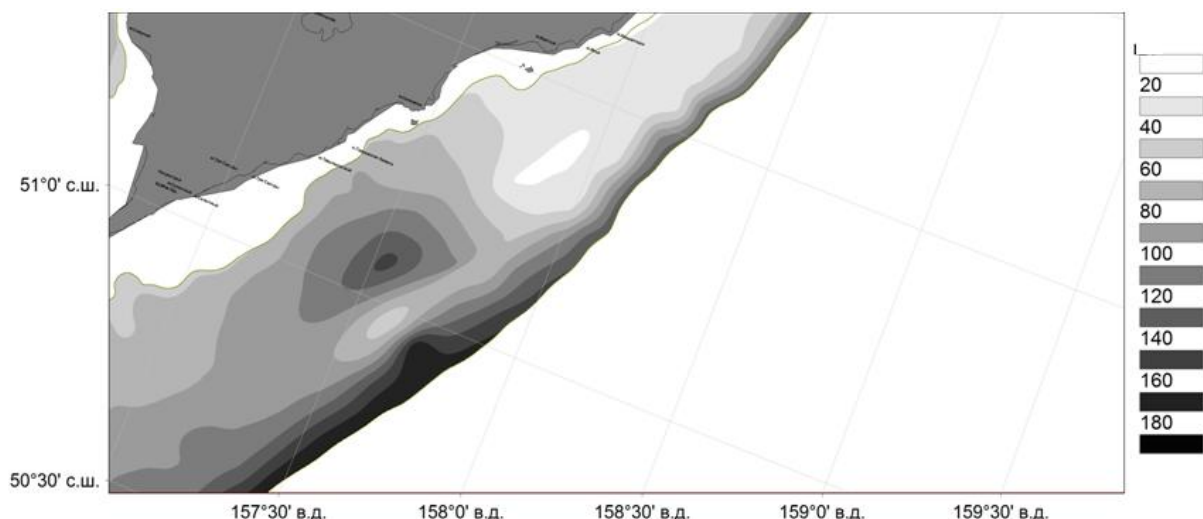


Рис. 6. Распределение ракообразных (класс Crustacea) шельфа юго-восточной Камчатки (северо-восточная часть Тихого океана) в 2002 г. (дочерпательная съемка), экз./м²

Брюхоногие моллюски (класс Gastropoda) представлены четырьмя семействами: Trochidae, Naticidae, Buccinidae, Turridae. Средняя биомасса брюхоногих моллюсков составляла 3,2 г/м², средняя плотность поселения – 3,3 экз./м². На биомассу класса Gastropoda приходилось 3,4% от

биомассы всего зообентоса, на плотность поселения – 2,1% от плотности поселения. Минимальная средняя биомасса сформирована моллюсками сем. Trochidae ($0,005 \text{ г/м}^2$), а максимальная – сем. Buccinidae ($2,3 \text{ г/м}^2$).

Доля иглокожих от биомассы бентоса составляла в 2002 г. 47 %, по наблюдениям В.Н. Кобликова и В.А. Надточий [6] – 55%, А.П. Кузнецова [1] – 95%. На среднюю биомассу класса Echinoidea приходится $43,4 \text{ г/м}^2$, на среднюю плотность поселения – $4,4 \text{ экз./м}^2$. Биомасса иглокожих изменялась от $0,01 \text{ г/м}^2$ до $334,9 \text{ г/м}^2$ и складывалась преимущественно за счет *E. parma* (средняя биомасса – $42,2 \text{ г/м}^2$, плотность поселения – $3,4 \text{ экз./м}^2$).

Максимальное значение биомассы ($334,9 \text{ г/м}^2$) (рис. 7) и плотность поселения ($18,7 \text{ экз./м}^2$) (рис. 8) *E. parma* отмечено в центральной части шельфа юго-восточной Камчатки на глубине 88 м. А.П. Кузнецов [1] отмечал, что на шельфе у восточных берегов южной оконечности Камчатки основной массовой формой, принимающей участие в создании биомассы иглокожих до 200 г/м^2 является плоский морской еж, на долю которого приходится нередко до 80–90%. По данным бентосной съемки 1984 г. [6], средняя биомасса типа Echinodermata на шельфе юго-восточного побережья Камчатки составляла $114,2 \text{ г/м}^2$, а наиболее высокая концентрация бентоса (свыше 500 г/м^2) отмечалась также в центральной части района на глубинах 60–75 м за счет массового развития плоского ежа.

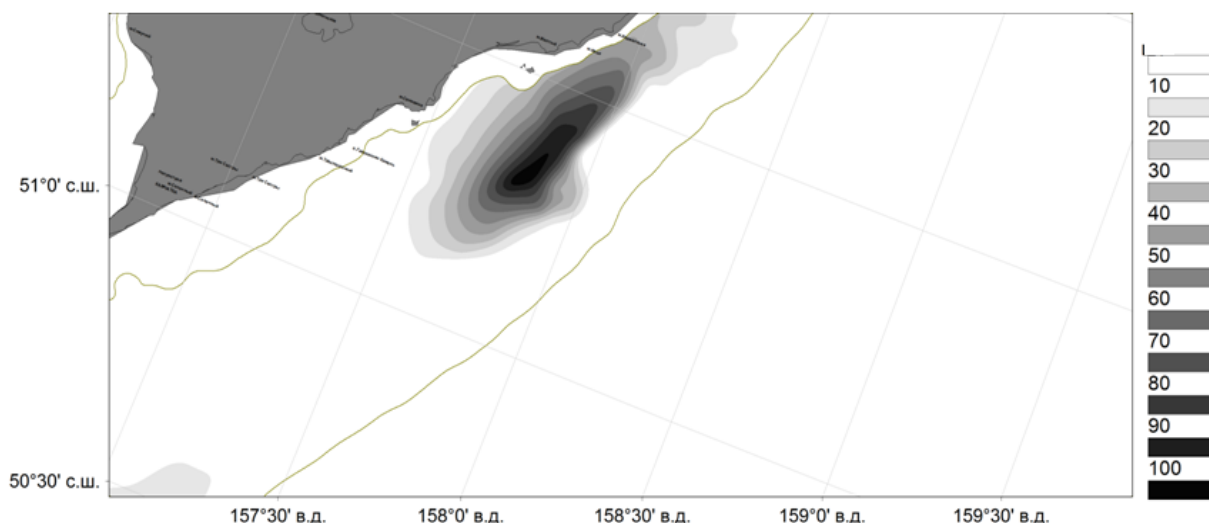


Рис. 7. Распределение *E. parma* (Класс Echinoidea) шельфа юго-восточной Камчатки (северо-восточная часть Тихого океана) в 2002 г. (дночерпательная съемка), г/м^2

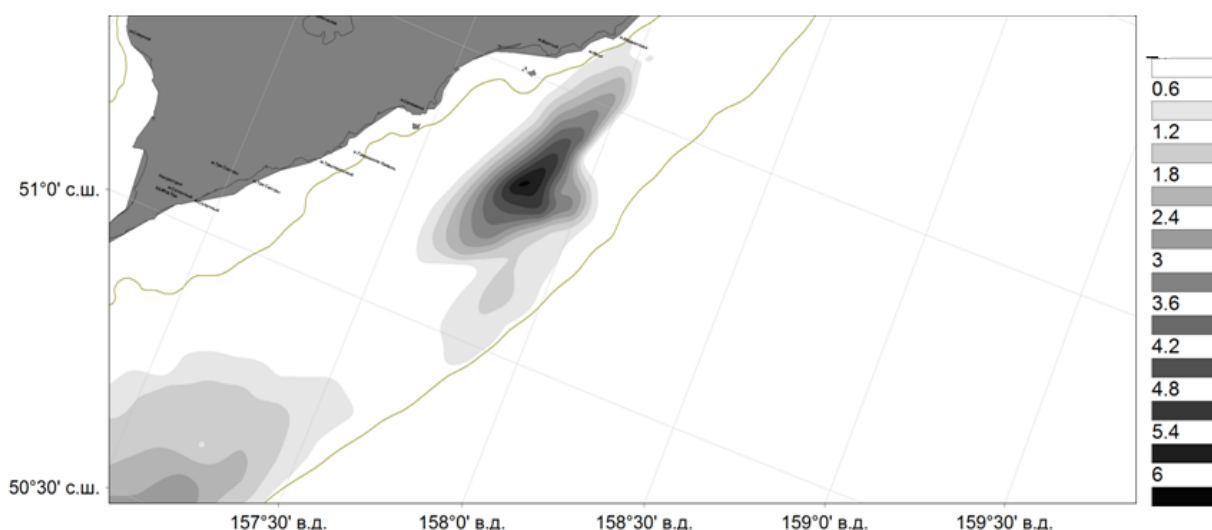


Рис. 8. Распределение *E. parma* (Класс Echinoidea) шельфа юго-восточной Камчатки (северо-восточная часть Тихого океана) в 2002 г. (дночерпательная съемка), экз./м^2

На шельфе юго-восточной Камчатки средняя биомасса класса Ophiuroidea составляла $0,9 \text{ г/м}^2$, плотность поселения – $24,6 \text{ экз./м}^2$. Поскольку биомасса класса Ophiuroidea составляла 2,0% от общей биомассы иглокожих, то они не оказывали существенного влияния на пространственное распределение биомассы животных всего типа иглокожих. Максимальные биомасса ($5,9 \text{ г/м}^2$) и плотность поселения ($250,7 \text{ экз./м}^2$) офиур отмечены на глубине 205 м (грунт ракушечник). А.П. Кузнецовым [1] для ряда районов восточной Камчатки ранее был описан биоценоз с доминированием офиуры *Ophiura sarsii*. Помимо плоского ежа к массовым видам можно отнести *Ophiura aculeate* и *Ophiura sarsii* [6].

Шельф северной части Авачинского залива

На шельфе в северной части Авачинского залива видовое богатство кормовых групп бентосных организмов на каждой станции варьировало от 8 до 31 вида. Основное значение в образовании средней биомассы кормового бентоса в северной части Авачинского залива имели морские ежи – 83,6 %.

По материалам наших исследований на шельфе северной части Авачинского залива отмечено 34 вида многощетинковых червей (класс Polychaeta), 18 видов моллюсков (классы Bivalvia и Gastropoda), 18 видов ракообразных (преимущественно отр. Amphipoda), 3 вида иглокожих (классы Echinoidea и Ophiuroidea). Средняя биомасса кормового зообентоса составляла $112,0 \text{ г/м}^2$ при средней плотности поселения $191,6 \text{ экз./м}^2$ (см. табл. 2).

Многощетинковые черви (класс Polychaeta) на шельфе северной части Авачинского залива насчитывали 34 вида из 17 семейств. Средняя биомасса полихет составляла $7,5 \text{ г/м}^2$, средняя плотность поселения – $60,5 \text{ экз./м}^2$. На биомассу представителей класса Polychaeta от биомассы всего зообентоса шельфа северной части Авачинского залива приходится 6,7%, на плотность поселения – 31,5%.

По количеству видов наибольшее распространение имеют сем. Polynoidae и Maldanidae (по 14,3% для каждого), сем. Nephtyidae и Ampharetidae (по 11,4% для каждого). А.В. Ржавский [21] отмечал, что в северной части Авачинского залива в 1998 г. среди многощетинковых червей наиболее богато по видовому составу представлены семейства Terebellidae (9 видов), Ampharetidae (7 видов), Maldanidae, Nephtyidae и Spionidae (5 видов).

На шельфе северной части Авачинского залива встречаемость *Scoloplos armiger* составила 5,8%. По мнению А.В. Ржавского [21], *Scoloplos armiger* может иметь высокую частоту встречаемости, но больших биомасс не образует. Некоторые виды многощетинковых червей встречаются редко, в каждом случае составляя по 1,4% от общей численности полихет. К ним относятся: *Polynoe canadensis*, *Lumbriconereis fragilis*, *Eunicidae* sp., *Spionidae* sp., *Cirratulus cirratus*, *Cirratulidae* sp., *Scalibregmidae* sp., *Nicomache* sp., *Maldana sarsi*, *Cistenides granulata*, *Cistenides hyperborea*, *Anobothrus gracilis*, *Lysippe labiata*, *Amphiglena* sp., *Chone* sp., *Sabellidae* sp.

По средней биомассе ($0,9 \text{ г/м}^2$) и численности ($8,3 \text{ экз./м}^2$) доминирует *Nephtys* sp. (см. табл. 2). Низкие значения биомасс отмечены для *Praxillella praetermissa* и *Chone* sp. – $0,001 \text{ г/м}^2$ для каждого вида. Минимальная средняя плотность поселения зафиксирована для *Lumbriconereis fragilis*, *Scalibregmidae* sp., *Praxillella praetermissa* и составляет по $0,1 \text{ экз./м}^2$ для каждого вида.

Многощетинковые черви *Nephtys longosetosa* и *Nephtys* sp. встречены на 55,6% станций, *Scoloplos armiger* – на 44,4%. На шельфе северной части Авачинского залива на ст. 14 (глубина 51 м, грунт – ил) выявлен район с повышенной биомассой ($28,9 \text{ г/м}^2$) многощетинковых червей (рис. 9). Максимальная плотность поселения ($170,6 \text{ экз./м}^2$) полихет зафиксирована на ст. 21 (глубина 135 м, грунт – ракушечник) (рис. 10). По мнению С.Г. Коростелева с соавторами [7], многощетинковые черви встречались практически по всей площади Авачинского залива на глубинах от 20 до 200 м, образуя мозаичное распределение, а скопления полихет повышенной плотности отмечены вдоль п-ова Шипунский на глубинах 20 и 50 м.

Ракообразные (класс Crustacea) насчитывали: отр. Decapoda – 1 вид, отр. Cumacea – 2 вида, отр. Amphipoda – 15 видов (см. табл. 2). Средняя биомасса ракообразных составляла $2,7 \text{ г/м}^2$, средняя плотность поселения – $62,3 \text{ экз./м}^2$. Биомасса представителей класса Crustacea составляет 2,4% от биомассы всего зообентоса шельфа северной части Авачинского залива, плотность поселения – 32,4% от плотности поселения всей биоты.

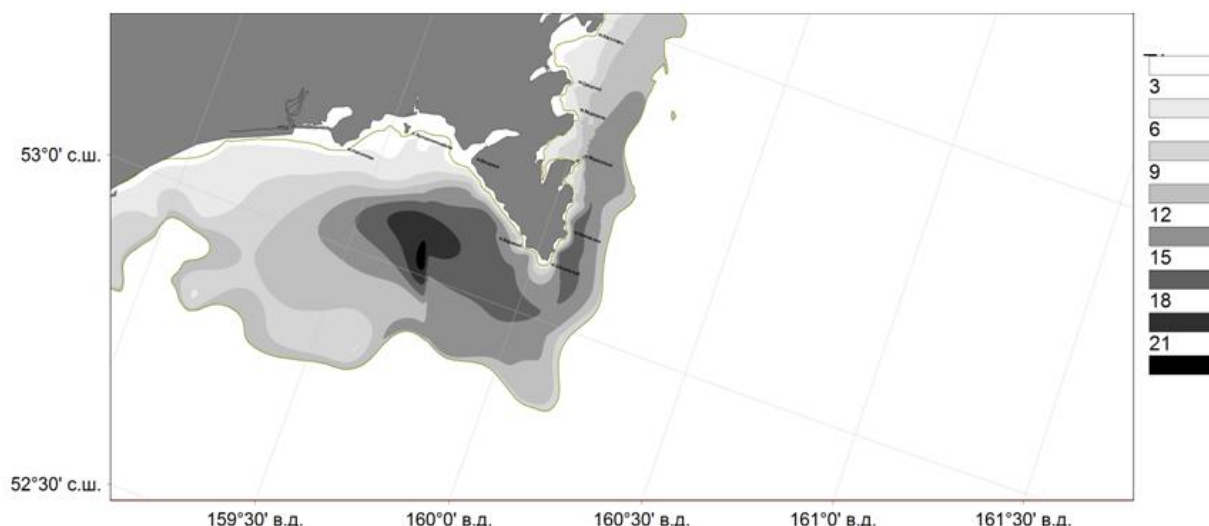


Рис. 9. Распределение многощетинковых червей (класс Polychaeta) на шельфе северной части Авачинского залива (северо-восточная часть Тихого океана) в 2002 г. (дочерпательная съемка), г/м²

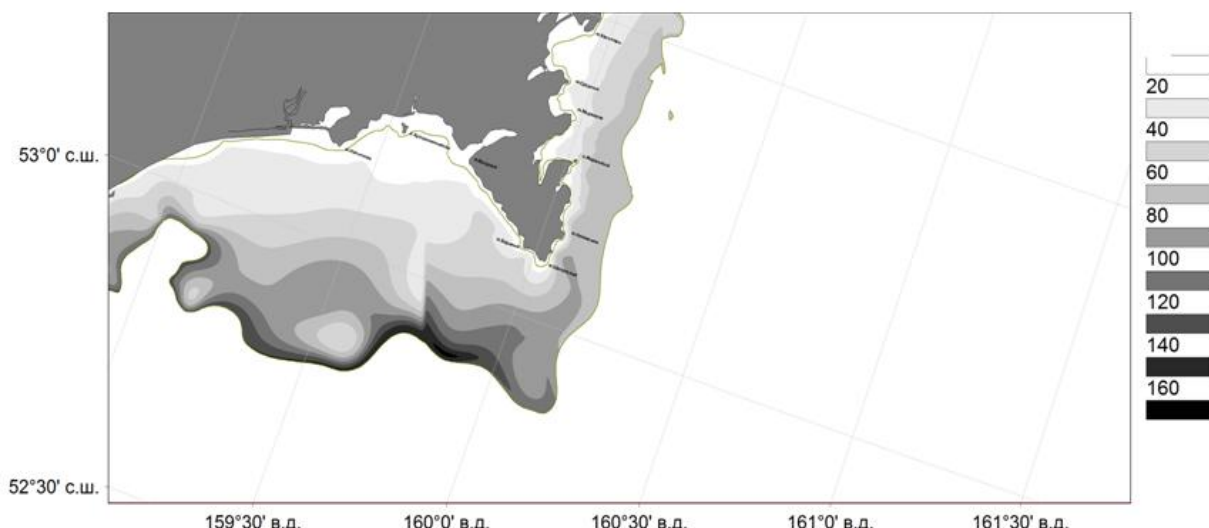


Рис. 10. Распределение многощетинковых червей (класс Polychaeta) на шельфе северной части Авачинского залива (северо-восточная часть Тихого океана) в 2002 г. (дочерпательная съемка), экз./м²

На шельфе северной части Авачинского залива для класса представителей Crustacea нами отмечены два района с биомассами более 5 г/м² (рис. 11). Наибольшая плотность поселения разнотелых ракообразных установлена на ст. 20 (глубина 156 м) и составляла 274,5 экз./м² (рис. 12). Встречаемость представителей отр. Decapoda составляла 6,5%, отр. Cumacea – 16,1%, отр. Amphipoda – 77,4%. В отр. Amphipoda наибольшая плотность поселения зафиксирована для семейств Uristidae (16,1%) и Ampeliscidae (12,9%), а по общей биомассе доминировали виды сем. Uristidae (27,7%). Для амфипод *Anonyx* sp. (сем. Uristidae), *Atylus collingi* (сем. Atylidae) и *Jassa marmorata* (сем. Ischyroceridae) биомассы составляли по 0,001 г/м² в каждом случае.

Максимальная биомасса (8,4 г/м²) и плотность поселения (274,5 экз./м²) ракообразных сосредоточены на глубине 156 м на песчано-илистом грунте. Здесь массовым видом, имеющим высокую биомассу (2,3 г/м²), являлся *Ampelisca* sp. (сем. Ampeliscidae), а максимальная плотность поселения (61,3 экз./м²) отмечена для *Diastylis bidentat* (сем. Diastylidae).

Средняя биомасса представителей типа Mollusca составляла 6,1 г/м², средняя плотность поселения – 12,6 экз./м². Максимальная биомасса моллюсков установлена на глубине 33 м на песчано-илистом грунте и достигала 19,5 г/м². Биомасса моллюсков составляла 5,4% от биомассы всего зообентоса шельфа северной части Авачинского залива, плотность поселения – 6,6%.

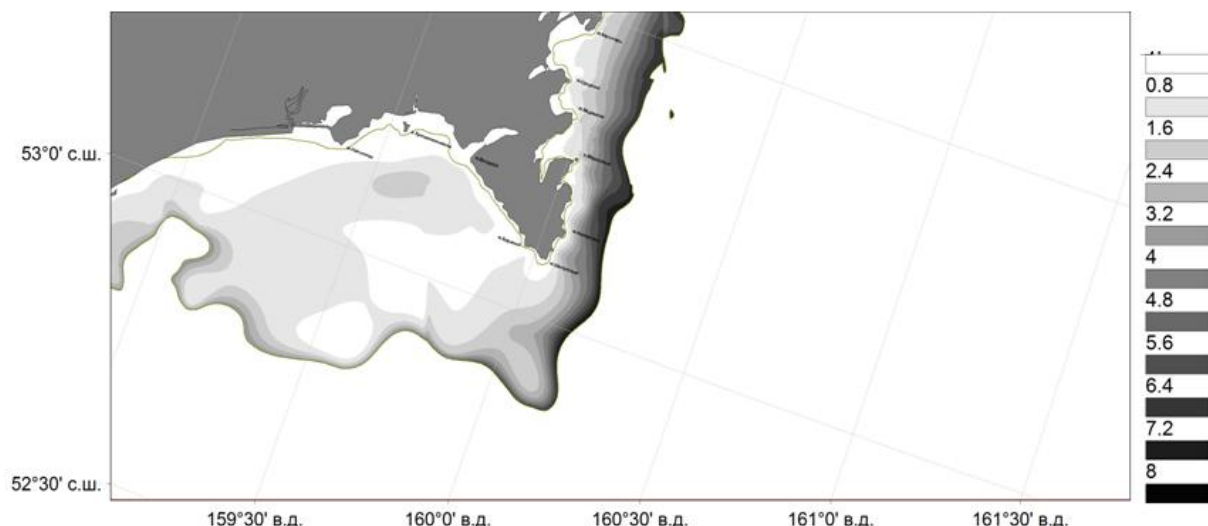


Рис. 11. Распределение ракообразных (класс Crustacea) на шельфе северной части Авачинского залива (северо-восточная часть Тихого океана) в 2002 г. (дночерпательная съемка), г/м²

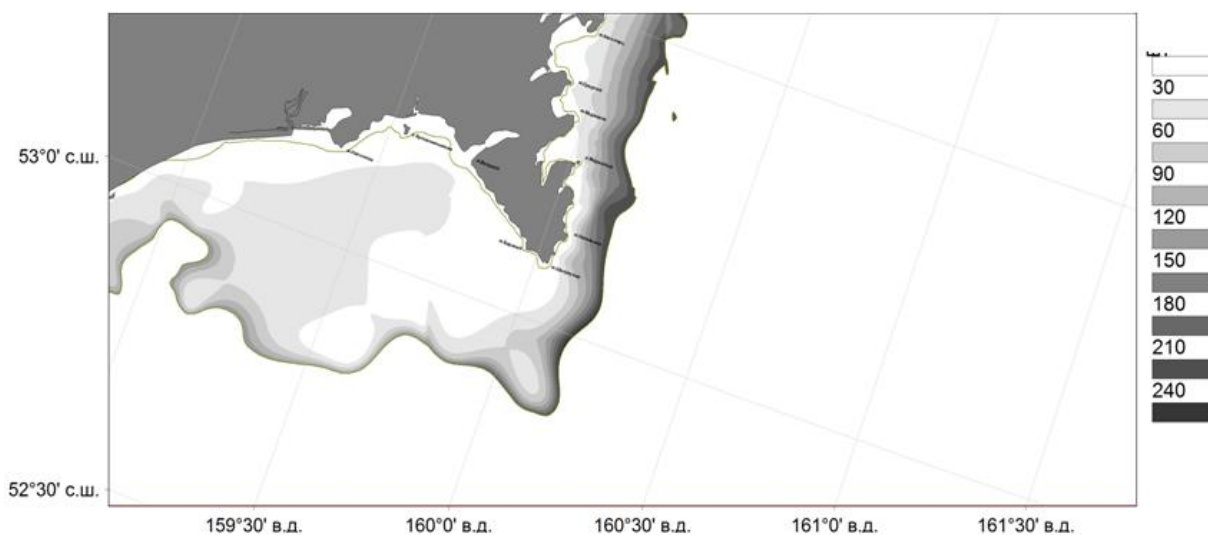


Рис. 12. Распределение ракообразных (класс Crustacea) на шельфе северной части Авачинского залива (северо-восточная часть Тихого океана) в 2002 г. (дночерпательная съемка), экз./м²

На шельфе северной части Авачинского залива двустворчатые моллюски (класс Bivalvia) насчитывали 15 видов из 9 семейств, при средней биомассе – 5,3 г/м², плотности поселения – 8,3 экз./м² (см. табл. 2). В районе п-ова Шипунский на песчано-илистых грунтах значения биомассы двустворчатых моллюсков изменялись от 0,02 до 17,63 г/м². Биомасса двустворчатых моллюсков составляла 4,8% от биомассы всего зообентоса шельфа северной части Авачинского залива, плотность поселения – 4,3%. Среди двустворчатых моллюсков наиболее представительным по количеству видов было сем. Tellinidae (28,6%). По биомассе и численности максимальные значения наблюдались для *Astarte borealis* из сем. Astartidae (16,9 г/м² и 18,6 экз./м²).

Брюхоногие моллюски (класс Gastropoda) были представлены тремя семействами: Trochidae, Asmaeidae, Buccinidae. Средняя биомасса брюхоногих моллюсков составляла 0,8 г/м², средняя плотность поселения – 4,3 экз./м². На биомассу моллюсков класса Gastropoda приходилось 6,5% от биомассы всего зообентоса, на плотность поселения – 2,2%. Минимальная биомасса сформирована моллюсками сем. Asmaeidae (0,02 г/м²), а максимальная – сем. Buccinidae (0,5 г/м²). По численности наиболее представительно сем. Buccinidae (45,2%). Именно они формируют 66,2% биомассы класса Gastropoda. Максимальные биомассы (2,4 г/м²) и плотность поселения (14,6 экз./м²) гастропод зарегистрированы на песчаном грунте на глубине 100 м.

Среднее значение биомассы представителей типа Echinodermata составило 95,9 г/м² при средней плотности поселения 56,8 экз./м². Результаты исследований, проведенных в 1998 г.,

показали, что средняя биомасса плоских морских ежей в северной части Авачинского залива на глубинах 30–150 м составляла 54 г/м² [7].

Поскольку на биомассу представителей класса Ophiuroidea приходилось только 2,1% от общей биомассы иглокожих, а на *Strongylocentrotus pallidus* – 1,4%, то они не оказывали существенного влияния на пространственное распределение биомасс представителей всего типа иглокожих. Биомасса иглокожих изменялась от 51,3 до 161,5 г/м² и складывалась преимущественно за счет плоских морских ежей *E. parma*. Средняя биомасса плоских морских ежей составляла 92,6 г/м², плотность поселения – 46,4 экз./м². Максимальное значение биомассы (145,7 г/м²) *E. parma* зафиксировано на глубине 71 м (рис. 13), плотности поселения – на глубине 32 м – 110,7 экз./м² (рис. 14).

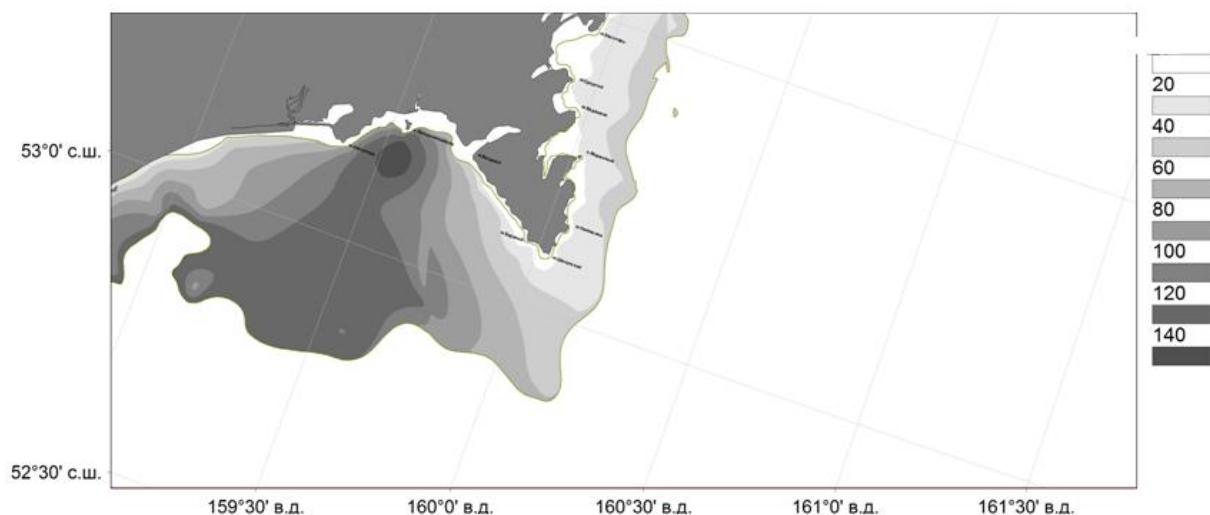


Рис. 13. Распределение *E. parma* (класс Echinoidea) на шельфе северной части Авачинского залива (северо-восточная часть Тихого океана) в 2002 г. (дночерпательная съемка), г/м²

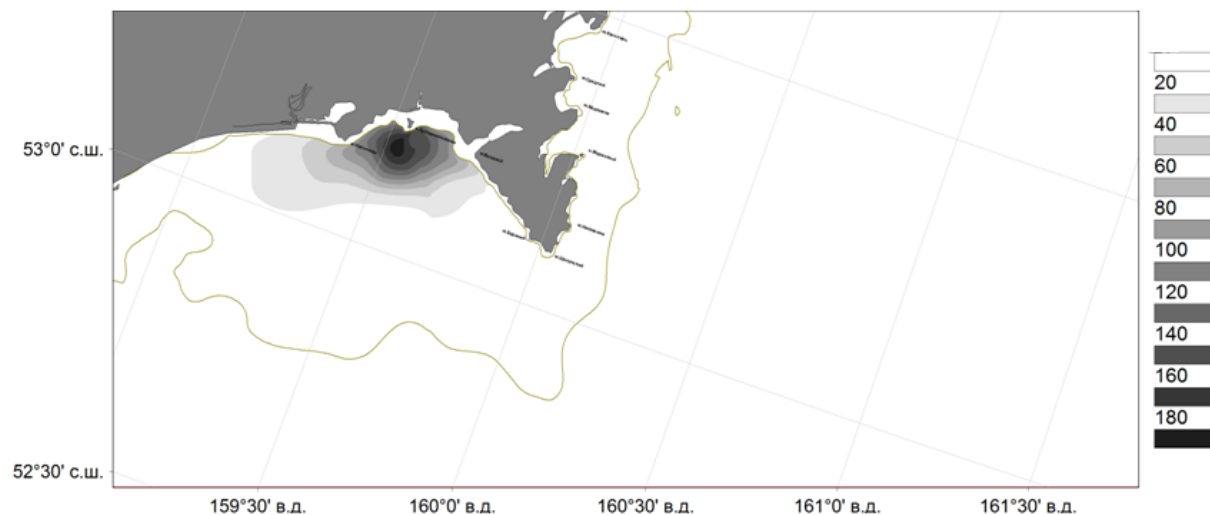


Рис. 14. Распределение *E. parma* (класс Echinoidea) шельфа северной части Авачинского залива (северо-восточная часть Тихого океана) в 2002 г. (дночерпательная съемка), экз./м²

В начале 1950-х гг. *Strongylocentrotus pallidus* составлял 6–12% от общей биомассы бентоса на шельфе заливов восточной Камчатки [1]. В 1998 г. средняя биомасса правильных морских ежей в северной части Авачинского залива составила 2,3 г/м² [22]. В северной части Авачинского залива биомасса плоских морских ежей изменялась от 46,1 до 161,5 г/м². Количественные исследования бентоса, проведенные в Авачинском заливе в 1998–2006 гг., демонстрируют, что район, расположенный вдоль п-ова Шипунский, является наиболее богатым в отношении такой группы донных беспозвоночных, как *E. parma* [7, 10].

Заключение

Исследование зообентоса шельфа юго-восточной Камчатки и северной части Авачинского залива в 2002 г. позволило дать наиболее современную оценку видового состава, пространственного распределения, плотности поселения потенциальных кормовых объектов для донных видов рыб, крабов и крабоидов. Показано, что основными кормовыми объектами зообентоса могут служить иглокожие, полихеты, двустворчатые моллюски и разноногие ракообразные отр. Amphipoda. Основное значение в образовании средней биомассы кормового бентоса на шельфе юго-восточной Камчатки и северной части Авачинского залива имели плоские морские ежи, наименьший – разноногие раки и офиуры.

Литература

1. Кузнецов А.П. Фауна донных беспозвоночных прикамчатских вод Тихого океана и северных Курильских островов. – М.: АН СССР, 1963. – 272 с.
2. Шунтов В.П. Биология дальневосточных морей России. – Т. 1. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2001. – 580 с.
3. Голиков А.Н., Скарлато О.А. Биоэнергетические ресурсы шельфа восточной Камчатки и закономерности их распределения // Фауна гидробиология шельфовых зон Тихого океана. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1982. – С. 35–42.
4. Селиверстов Н.И. Строение дна прикамчатских акваторий и геодинамика зоны сочленения Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг. – М.: Научный мир, 1998. – 161 с.
5. Николотова Л.А. Некоторые данные по количественному учету бентоса на местах летнего обитания камбал Авачинского и Кроноцкого заливов // Архив КоТИНРО. – Петропавловск-Камчатский, 1959. – 9 с.
6. Кобликов В.Н., Надточий В.А. Количественная оценка бентоса прибрежных вод некоторых районов Восточной Камчатки // Биол. ресурсы Тихого океана. – М.: ВНИРО, 1992. – С. 100–116.
7. О кормовой базе камбал на шельфе Авачинского залива / С.Г. Коростелев, Е.А. Архипова, Д.Д. Данилин, Е.А. Иванюшина, А.В. Ржавский // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана: сборник научных трудов. – Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2004. – Вып. – 7. С. 224–232.
8. Оценка продукционных возможностей Авачинского залива (восточная Камчатка) в отношении камбал / С.Г. Коростелев, Е.А. Архипова, Д.Д. Данилин, Е.А. Иванюшина, А.В. Ржавский // Состояние и проблемы продукционной гидробиологии: сборник научных работ по материалам докладов на Международной конференции «Водная экология на заре XXI века», посвященной столетию со дня рождения профессора Г.Г. Винберга. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. – С. 82–90.
9. Морозов Т.Б., Степанов В.Г. Некоторые плотностные характеристики Polychaeta инфауны мягких грунтов на шельфе Авачинского залива (северо-восточная часть Тихого океана) // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. – 2012. – Вып. 27. – С. 13–18.
10. Архипова Е.А. Мониторинг плоских морских ежей Echnarachnius parma Авачинского залива (Восточная Камчатка) // Тез. докл. XVII междунар. науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей». – Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2016. – С. 230–233.
11. Борец Л.А. Донные ихтиоцены российского шельфа дальневосточных морей: состав, структура, элементы функционирования и промысловое значение. – Владивосток: ТИНРО-центр, 1997. – 217 с.
12. Коростелев С.Г. Состав и современное состояние рыбных ресурсов Авачинского, Кроноцкого и Камчатского заливов. Проблемы охраны и рационального использования биоресурсов Камчатки: докл. Второй Камч. обл. науч.-практич. конф. – Петропавловск-Камчатский, 2000. – С. 81–91.
13. Коростелев С.Г. Питание и пищевые взаимоотношения промысловых видов камбал (Pleuronectidae) Кроноцкого залива // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. – Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2000. – Вып. 5. – С. 27–34.

14. Дьяков Ю.П. Питание дальневосточных камбал (*Pleuronectiformes*) // Исследование водных биологических ресурсов Камчатки и Северо-Западной части Тихого океана. – Вып. 21. – 2011. – С. 5–72.
15. Чукуало В.И. Питание и пищевые отношения nektona и nektonbentosа в дальневосточных морях. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2006. – 484 с.
16. Тарвердиева М.И. О питании молоди камчатского краба (*Paralithodes camtschatica*) в губе Терберка Баренцева моря // Труды ВНИРО. – 2003. – Т. 142. – С. 92–102.
17. Тарвердиева М.И. Питание промысловых видов крабов, обитающих на шельфах дальневосточных морей // Исследования биологии промысловых ракообразных и водорослей морей России: сб. науч. тр. – М.: ВНИРО, 2001. – С. 148–156.
18. McLaughlin P.A., Hebard J.F. Stomach contents of the Bering Sea king crab // Int. N. Pac. Fish. Comm. Bull. –1961. – Vol. 5. – P. 5–8.
19. Чебанов С.М. Некоторые данные по биологии камчатского краба *Paralithodes camtschatica* (Tilesius) в Бристольском заливе // Советские рыбохозяйственные исследования в северо-восточной части Тихого океана: труды ВНИРО-ТИНРО. – М.: Пищевая пром-ть, 1965. – Т. 58. (Т. 53. – ТИНРО). – Вып. 4. – С. 91–94. (347 с.)
20. Питание и некоторые черты экологии массовых промысловых видов крабов в водах северо-западной части Японского моря в ранневесенний период / В.И. Чукуало, В.А. Надточий, В.Н. Кобликов, О.Ю. Борилко // Изв. ТИНРО. – 2011. – Т. 166. – С. 108–122.
21. Ржавский А.В. О видовом разнообразии многощетинковых червей (*Polychaeta*) в северной части Авачинского залива в связи с изучением кормовой базы камбал // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: сб. материалов II научной конференции, Петропавловск-Камчатский. – Петропавловск-Камчатский: Камшат, 2001. – С. 82–85.
22. Архипова Е.А., Коростелев С.Г. Сравнительная оценка биомассы доминирующих видов иглокожих Авачинского залива во второй половине XX века // Тез. докл. VIII съезда гидробиологического общества РАН. Т. 1. Калининград, 16–23 сентября. – Калининград: КГТУ, 2001. – С. 270–271.

Информация об авторах Information about the authors

Коростелев Сергей Георгиевич – Всемирный фонд дикой природы, Камчатское/Берингийское эко-региональное отделение; 683023, Россия, Петропавловск-Камчатский; доктор биологических наук, координатор программы по устойчивому рыболовству; skorostelev@wwf.ru

Korostelev Sergey Georgievich – WWF-Russia, Kamchatka/Bering Sea Ecoregional Office; 683023, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Biological Sciences, Sustainable Fishery Programme Coordinator; skorostelev@wwf.ru

Архипова Елена Анатольевна – Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО); 683000, Петропавловск-Камчатский; кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, kamarhipova@mail.ru

Arkhipova Elena Anatolievna – Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography; 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher; kamarhipova@mail.ru

Ромейко Лариса Вениаминовна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат биологических наук, доцент кафедры «Экология и природопользование»; Kamchatgtu@Kamchatgtu.ru

Romeyko Larisa Veniaminovna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of Ecology and Nature Management Chair; Kamchatgtu@Kamchatgtu.ru

Федотов Павел Альфредович – кандидат биологических наук
Fedotov Pavel Alfredovich – Candidate of Biological Sciences

Таганова Раиса Яковлевна
Taganova Raisa Yakovlevna

УДК 639.2"2003-2018"(265.5)

П.М. Василец, Д.А. Терентьев, А.А. Матвеев**СТРУКТУРА УЛОВОВ НА РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ПРОМЫСЛА
В КАРАГИНСКОЙ ПОДЗОНЕ В 2003–2018 ГГ. ПО ДАННЫМ ОФИЦИАЛЬНОЙ
СТАТИСТИКИ И НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ**

Проанализирована видовая структура уловов на основных видах промысла (исключая промысел лососей) в Карагинской подзоне по данным отраслевой системы мониторинга (ОСМ) Росрыболовства и по данным научных исследований в 2003–2018 гг. Выяснено, что за исключением донного тралового промысла значительных расхождений в оценке качественного и количественного состава уловов различными орудиями лова по данным ОСМ и научных исследований в районе исследований не наблюдается. Приведены таблицы вероятного повидового изъятия в разных районах промысла крабов и рыб. Наибольшее количество возможного прилова к «основным» видам промысла предполагается при ведении снюрреводного и донного тралового промысла. Результаты выполненного анализа могут послужить основой для перехода к выдаче разрешений на вылов, включающих в себя весь комплекс видов рыб, присутствующих в уловах определенного орудия лова.

Ключевые слова: Карагинская подзона, рыбный промысел, снюрревод, разноглубинный трал, донный трал, донный ярус, демерсальные виды рыб, беспозвоночные, многовидовое рыболовство.

P.M. Vasilets, D.A. Terentyev, A.A. Matveev**THE STRUCTURE OF CATCHES IN DIFFERENT TYPES OF FISHERY ACCORDING
TO OFFICIAL STATISTICS AND RESEARCH WORKS IN KARAGINSKAYA SUBZONE
IN 2003–2018**

The species structure of catches in the main types of fisheries (excluding salmon fishing) in Karaginskaya subzone was analyzed according to the sectoral monitoring system (OSM) of the Federal Agency for Fishery and according to scientific research in 2003–2018. It was found that with the exception of bottom trawling, the significant difference in the assessment of the qualitative and quantitative composition of catches according to OSM and scientific research in the study area is not observed. The tables of probable species extraction in different areas of crabs and fish catching are presented. Most amount of possible by-catch to the «main» types of fishing are supposed in conducting Danish seine and bottom trawling. The results of the analysis can be the base of fishing license, which include the whole complex of fish species presented in the catches of a certain fishing gear.

Key words: Karaginskaya subzone, fishery, Danish seine, variable-depth trawl, bottom trawl, ground line, demersal fish species, invertebrates, multi-species fishing.

DOI: 10.17217/2079-0333-2019-50-73-88

Введение

В современном мире рыбную отрасль рассматривают как элемент стратегического значения многих стран. В нашей стране она всегда занимала важное место в продовольственном обеспечении населения [1]. В ряде регионов Северо-Востока России эта отрасль является градообразующей, а на Камчатке и регионообразующей [2].

В последние годы приходит понимание того, что недостатком традиционного российского рыболовства является замыкание промысла на определенные массовые виды. В.П. Шунтов [3, с. 7] считает, что «ситуацию можно изменить только путем перехода на принципы многовидового рыболовства. В российских дальневосточных водах имеются десятки промысловых видов с ограниченной численностью, и только их суммарная биомасса достигает солидной величины. Они могли бы использоваться в более значительных количествах, например путем сблокированных квот. Наиболее перспективным этот подход является в прибрежном рыболовстве. Вовлечение в промысловую среду большого количества видов рыб и нерыбных объектов (это позволяет расщелочить антропогенные нагрузки) соответствует идеям экосистемного подхода к использованию биоресурсов».

В качестве одного из основных направлений модернизации рыболовства большинство специалистов (помимо введения олимпийской системы промысла при угрозе невыбора квот) называют доставку добытых ресурсов на береговые рыбоперерабатывающие предприятия [4–6].

В 2017 г. сотрудниками КамчатНИРО были предложены изменения в Правила рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна, на основании которых разрешался прилов видов водных биоресурсов, не поименованных в разрешении на вылов и на которые установлен общий допустимый улов, выловленных при осуществлении рыболовства с доставкой и выгрузкой уловов в живом, свежем или охлажденном виде в места доставки. Перечень видов водных биологических ресурсов (ВБР), на которые устанавливается общий допустимый улов, указанных в разрешениях на их вылов с доставкой и выгрузкой уловов в места доставки, должен был соответствовать видовому составу, характерному для конкретного способа вылова, района промысла и определяться на основании рекомендаций отраслевых НИИ [7].

В настоящее время эти изменения Правил рыболовства приняты [8]. Для их реализации необходимо иметь современную и объективную информацию о качественном и количественном составе уловов на основных видах промысла в рыбопромысловых районах прикамчатских вод.

Полученная информация позволит разработать схему распределения общего допустимого улова (ОДУ) на основе сблокированных квот, с учетом структуры уловов на различных видах промысла, что, в свою очередь, послужит основанием для более рационального использования рыбных ресурсов и будет способствовать решению вопроса об обязательном и максимальном использовании видов прилова путем полной переработки вылова непосредственно на промысловых судах либо на береговых предприятиях.

Регулирование и управление эксплуатацией водных биоресурсов осуществляется путем разделения акватории, находящейся под юрисдикцией государства или международной организации, на участки, именуемые промысловыми районами. Исторически биостатистическое районирование в нашей стране формировалось на основе представлений о биологии немногих (базовых) промысловых видов и местоположении участков их лова. Предполагалось, что районирование на основе базового вида в достаточной мере учитывает и особенности распределения других, менее изученных видов. По мере развития идей о популяционной структуре видов и характере их миграций районирование океана и морей постепенно усложнялось, но все-таки оставалось в рамках «видовых» представлений. Исходя из этого, определяются важнейшие оценки теории рыболовства: ОДУ объектов промысла (по видам) и промысловая смертность (величина фактического вылова) [9]. Однако со времени введения в действие схемы рыбопромыслового районирования произошли значительные изменения, обусловившие необходимость ее модернизации в соответствии с современными требованиями. Несмотря на это, большинство авторов признают оправданность выделения Карагинской подзоны в нынешних границах с позиций биогеографического районирования, в отличие от некоторых других случаев [1,10].

В последние годы (2013–2018) по данным отраслевой системы мониторинга Росрыболовства (ОСМ) промысел в Карагинской подзоне обеспечивал всего 3,9% общего вылова морских рыб (исключая лососей) в Дальневосточном (ДВ) бассейне, однако в этот период здесь было добыто 29,2% наваги, 16,8% трески, 12,8% сельди, 6,4% камбал и 6,2% палтусов. Таким образом, этот район имеет важное промысловое значение, а отсутствие проблем с использованием акватории, как обособленного района для воспроизводства и промысла ВБР, делает его удобным полигоном для реализации инноваций в регулировании рыболовства.

Целью нашей работы является анализ имеющихся в нашем распоряжении данных, с точки зрения возможности перехода к выдаче многовидовых разрешений на вылов ВБР, а в дальнейшем и составлению многовидового прогноза ОДУ морских промысловых рыб в Карагинской подзоне.

Материал и методика

Подзона 61.02.1 Карагинская включает в себя три залива юго-западной части Берингова моря – Озерной, Карагинский и Олюторский. С юга граничит с подзоной 61.02.2 Петропавловско-Командорской, а на севере примыкает к зоне 61.01 Западно-Берингоморской (рис. 1). Согласно «Положению по функционированию...» [12], ей присвоен цифровой код 264.

Для анализа использованы данные по качественному и количественному составу уловов, собранные сотрудниками КамчатНИРО на промысловых судах в Карагинской подзоне в 2003–2018 гг. (табл. 1).

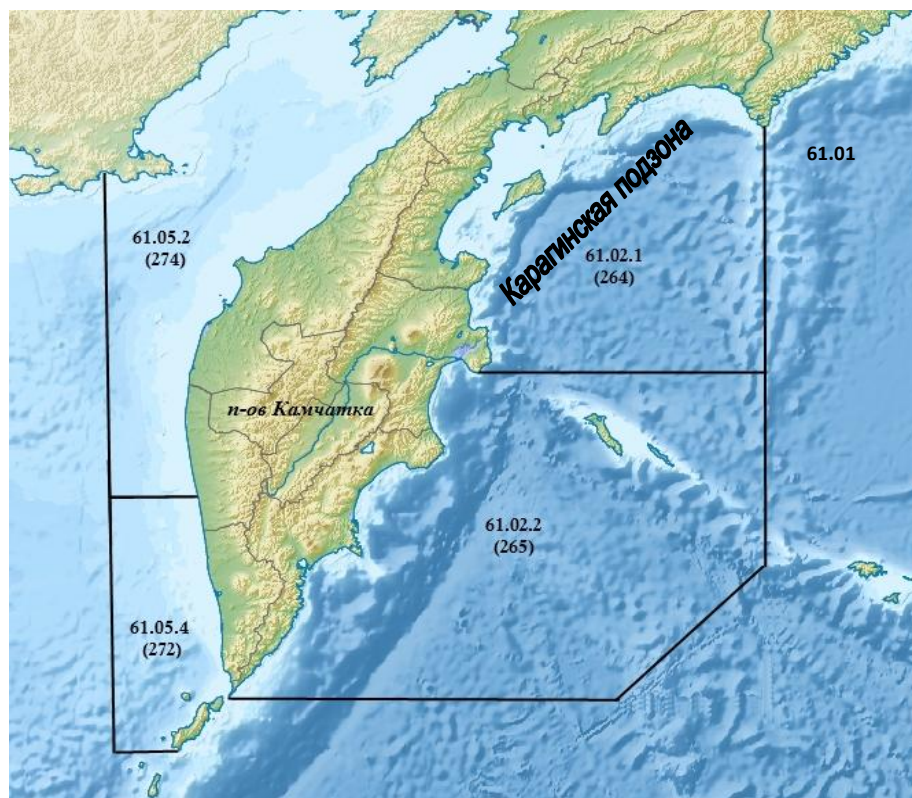


Рис. 1. Схема расположения рыбопромысловых районов в прикамчатских водах

Таблица 1

Список судов, на которых выполнялись наблюдения за структурой уловов, и количество промысловых операций по годам исследований и орудиям лова

№	Название судна	Орудие лова	Количество операций	Период исследований	
1	СРТМ-К "Братцево"	Ярус донный	379	Август 2003	Декабрь 2003
2	МРТК-1093, МРС № 225, № 350	Снюрревод	15	Август 2003	Сентябрь 2003
3	БАТМ "Сероглазка"	Трал донный	4	Сентябрь 2003	Октябрь 2003
4	БАТМ "Сероглазка"	Трал разноглубинный	14	Сентябрь 2003	Октябрь 2003
5	БАТМ "Поллукс"	Трал разноглубинный	170	Сентябрь 2003	Декабрь 2003
6	РТМС "Багратион"	Трал донный	47	Октябрь 2003	Ноябрь 2003
7	ЯМС "Калкан"	Ярус донный	79	Март 2004	Март 2004
8	СРТМ-К "Румянцево"	Ярус донный	45	Июль 2004	Август 2004
9	СРТМ-К "Братцево"	Ярус донный	135	Июль 2004	Август 2004
10	МРС-150	Снюрревод	5	Сентябрь 2004	Сентябрь 2004
11	РТМС "Багратион"	Трал разноглубинный	15	Декабрь 2004	Декабрь 2004
12	СРТМ "Юмир"	Трал разноглубинный	15	Декабрь 2004	Декабрь 2004
13	СРТМ-К "Братцево"	Ярус донный	187	Май 2005	Июнь 2005
14	НИС "Гранит"	Трал донный	25	Октябрь 2005	Октябрь 2005
15	РТМС "Багратион"	Трал донный	30	Октябрь 2005	Октябрь 2005
16	БАТМ "Сероглазка"	Трал разноглубинный	38	Ноябрь 2005	Декабрь 2005
17	БАТМ "Сероглазка"	Трал донный	4	Ноябрь 2005	Ноябрь 2005
18	СРТМ-К "Румянцево"	Ярус донный	265	Май 2006	Октябрь 2006
19	СРТМ "Юмир"	Трал донный	23	Октябрь 2006	Ноябрь 2006
20	СРТМ-К "Камлайн"	Трал донный	11	Март 2007	Март 2007
21	РТМКС "Василий Каленов"	Трал донный	37	Апрель 2007	Апрель 2007
22	СРТМ "Румянцево"	Ярус донный	247	Апрель 2007	Август 2007
23	СЯМ "Муравьев-Амурский"	Ярус донный	65	Апрель 2007	Май 2007
24	МРС-150 № 237	Снюрревод	42	Август 2007	Сентябрь 2007
25	СРТМ "Солбог"	Трал разноглубинный	16	Сентябрь 2007	Октябрь 2007
26	СРТМ "Солбог"	Трал донный	15	Сентябрь 2007	Октябрь 2007
27	БАТМ "Сероглазка"	Трал разноглубинный	11	Сентябрь 2007	Ноябрь 2007
28	СРТМ "Юмир"	Трал донный	35	Октябрь 2007	Декабрь 2007
29	СРТМ "Камлайн"	Трал донный	25	Март 2008	Май 2008

Окончание табл. 1

№	Название судна	Орудие лова	Количество операций	Период исследований	
30	МРС-150 № 276, № 128	Снюрревод	28	Июнь 2008	Июль 2008
31	ЯМС "Румянцево"	Ярус донный	36	Июль 2008	Июль 2008
32	МРС-150 №237	Снюрревод	18	Август 2008	Сентябрь 2008
33	СРТМ "Юмир"	Трал донный	83	Сентябрь 2008	Декабрь 2008
34	СРТМ "Камлайн"	Трал донный	22	Сентябрь 2008	Ноябрь 2008
35	СРТМ "Аскур"	Трал разноглубинный	12	Ноябрь 2008	Ноябрь 2008
36	БАТМ "Сероглазка"	Трал разноглубинный	28	Ноябрь 2008	Декабрь 2008
37	РТМ "Камлайн"	Трал донный	7	Апрель 2009	Апрель 2009
38	СРТМ "Арктик Лидер"	Трал донный	9	Октябрь 2009	Октябрь 2009
39	РТМ "Камлайн"	Трал донный	53	Февраль 2010	Март 2010
40	БАТМ "Хотин"	Трал разноглубинный	4	Июнь 2010	Июнь 2010
41	РТМ "Камлайн"	Трал донный	16	Сентябрь 2010	Октябрь 2010
42	БАТМ "Михаил Старицын"	Трал разноглубинный	54	Ноябрь 2010	Декабрь 2010
43	БАТМ "Михаил Старицын"	Трал донный	11	Ноябрь 2010	Декабрь 2010
44	РТМ "Камлайн"	Трал донный	14	Апрель 2011	Апрель 2011
45	БАТМ "Поллукс"	Трал разноглубинный	8	Май 2011	Май 2011
46	БАТМ "Александр Ксенофонов"	Трал донный	13	Август 2011	Август 2011
47	СРТМ "Антей"	Трал разноглубинный	8	Октябрь 2011	Октябрь 2011
48	БАТМ "Хотин", "Иртышск"	Трал разноглубинный	34	Октябрь 2011	Декабрь 2011
49	СРТМ "Арктик Лидер"	Трал донный	7	Ноябрь 2011	Ноябрь 2011
50	СТР "Василий Головин"	Трал разноглубинный	24	Ноябрь 2011	Декабрь 2011
51	БАТМ "Сероглазка"	Трал разноглубинный	16	Ноябрь 2011	Декабрь 2011
52	РТМ "Арктур 7777"	Трал донный	21	Апрель 2012	Май 2012
53	СТР "Рязановка"	Снюрревод	32	Август 2012	Сентябрь 2012
54	БАТМ "Михаил Старицын"	Трал донный	25	Сентябрь 2012	Октябрь 2012
55	БАТМ "Михаил Старицын"	Трал разноглубинный	90	Октябрь 2012	Декабрь 2012
56	СРТМ "Петр Ильин"	Трал разноглубинный	66	Октябрь 2012	Декабрь 2012
57	БАТМ "Иртышск"	Трал донный	22	Май 2013	Июнь 2013
58	БАТМ "Иртышск"	Трал разноглубинный	8	Май 2013	Июнь 2013
59	СТР "Пограничник Кирдишев"	Снюрревод	42	Ноябрь 2013	Ноябрь 2013
60	БАТМ "Министр Ишков"	Трал разноглубинный	84	Ноябрь 2013	Декабрь 2013
61	СЯМ "Тарпон"	Ярус донный	34	Апрель 2014	Апрель 2014
62	РС "Афалина"	Ярус донный	151	Июнь 2014	Июль 2014
63	БМРТ "Мыс Турали"	Снюрревод	16	Сентябрь 2014	Октябрь 2014
64	БАТМ "Сергей Новоселов"	Трал донный	9	Октябрь 2014	Октябрь 2014
65	БАТМ "Байковск"	Трал донный	28	Октябрь 2014	Декабрь 2014
66	БАТМ "Сергей Новоселов"	Трал разноглубинный	59	Октябрь 2014	Декабрь 2014
67	СТР "Пограничник Кирдишев"	Снюрревод	29	Октябрь 2014	Ноябрь 2014
68	РТМ "Камлайн"	Трал донный	10	Октябрь 2014	Ноябрь 2014
69	СТР "Пограничник Кирдишев"	Трал донный	33	Ноябрь 2014	Ноябрь 2014
70	СРТМ "Финвал"	Ярус донный	62	Январь 2015	Февраль 2015
71	ЯМС "Афалина"	Ярус донный	45	Июль 2015	Август 2015
72	ЯМС "Тибурон"	Ярус донный	130	Октябрь 2015	Ноябрь 2015
73	БАТМ "Иртышск"	Трал разноглубинный	110	Ноябрь 2015	Декабрь 2015
74	РТМ "Камлайн"	Трал донный	33	Март 2016	Апрель 2016
75	ЯМС "Калкан", "Бланкет"	Ярус донный	101	Апрель 2016	Июнь 2016
76	БМРТ "Мыс Турали"	Снюрревод	14	Сентябрь 2016	Октябрь 2016
77	БАТМ "Михаил Старицын"	Трал разноглубинный	39	Ноябрь 2016	Декабрь 2016
78	РТМ "Камлайн"	Трал разноглубинный	4	Февраль 2017	Март 2017
79	РТМ "Камлайн"	Трал донный	26	Февраль 2017	Апрель 2017
80	БАТМ "Михаил Старицын"	Трал разноглубинный	41	Ноябрь 2017	Декабрь 2017
81	МРКТ "Владимир Старжинский"	Трал разноглубинный	7	Декабрь 2017	Декабрь 2017
82	СРТМ "Антей", РТМ "Камлайн"	Трал донный	32	Март 2018	Апрель 2018
83	СТР "Святой Петр"	Снюрревод	20	Октябрь 2018	Октябрь 2018
84	БАТМ "Михаил Старицын"	Трал разноглубинный	30	Октябрь 2018	Ноябрь 2018

Всего за 2003–2018 гг. указанные в табл. 1 суда, судя по первичным материалам ОСМ [11], осуществили 3 957 промысловых операций. Подробная методика работы с таблицами ОСМ описана в нашей предыдущей публикации [13]. При обработке данных были условно выделены три периода: 2003–2007, 2008–2012 и 2013–2018 гг. (в дальнейшем I, II и III соответственно), в рамках которых данные по уловам суммировали с целью выявить возможную временную динамику.

В сублиторальной зоне прол. Литке промысел осуществляется вентерями. Их уловы на 99,9% состоят из наваги. Дрифтерный лов в этом районе не проводится с 2016 г., вклад других орудий промысла, например бортовых ловушек, незначителен. В связи с этим в таблице их объединили в одну группу – прочие орудия лова. В дальнейшем анализировали структуру уловов орудий лова четырех основных типов – разноглубинных и донных тралов, снюрреводов и донных ярусов.

В таблицах, где приведены данные официальной статистики, использованы русские названия объектов лова, применяемые в ОСМ, в остальных случаях приведены латинские названия в соответствии с каталогом Б.А. Шейко и В.В. Федорова [14].

Результаты и обсуждение

В период исследований в Карагинской подзоне более 95,7% вылова приходилось на снюрреводы, разноглубинный и донный тралы, донные яруса – в среднем 32,6; 47,2; 7,0 и 9,1% соответственно. Вклад дрифтерных сетей (до 2015 г. включительно) составил 3,2%, ловушек бортовых – 0,6%, а прочих орудий лова – 0,3% (рис. 2).

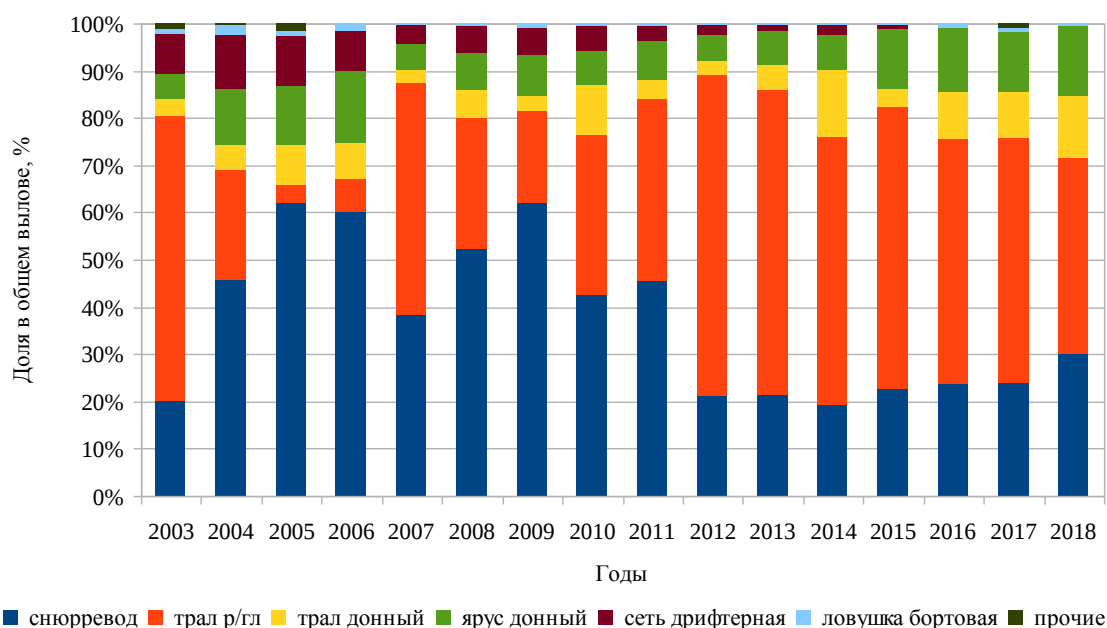


Рис. 2. Межгодовая динамика вылова всех видов ВБР в Карагинской подзоне в 2003–2018 гг. по орудиям лова

По данным ОСМ, основу снюрреводных уловов составляли минтай *Theragra chalcogramma*, треска *Gadus macrocephalus*, навага *Eleginus gracilis* и камбалы *Pleuronectidae* (в среднем 36,2; 25,2; 20,1 и 15,8% соответственно). Доля минтая была максимальной во II периоде, когда вклад наваги и камбал был минимален. Доля трески последовательно снижалась с 29,9% в I периоде до 21,3% в III (табл. 2).

Доминирующим видом при промысле разноглубинным тралом была сельдь *Clupea pallasii* (в среднем 67,7%). Ее доля в уловах последовательно возрастала с 41,7% в I периоде до 84,2% в III. Вторым по значимости промысловым объектом был минтай, динамика изменений вклада в уловы которого имела противоположную направленность, то есть доля последовательно снижалась с 56,1 до 12,3% (табл. 2).

В уловах донным тралом доминировали кальмары (преимущественно командорский кальмар *Beryteuthis magister*) (45,4% в среднем). Их доля по периодам непрерывно возрастала (с 16,5 до 59,1%). Существенный вклад в уловы вносили терпуги *Hexagrammidae*, треска и минтай (в среднем 18,3; 12,9 и 9,0% соответственно). Доля терпугов последовательно снижалась, доля трески в I периоде была минимальной, а минтая – максимальной (см. табл. 2). Следует отметить, что для этого вида промысла зарегистрирован существенный уровень искажений промысловой отчетности в части отнесения к Западно-Беринговоморской зоне вылова камбал и трески из Карагинской подзоны [15, 16].

Таблица 2

**Структура уловов на промысле снюрреводом, разноглубинным и донным тралом
(% от массы уловов по периодам и среднее значение) в Карагинской подзоне по данным ОСМ**

Орудие лова	Снюрревод				Разноглубинный трал				Донный трал			
Период/вид (группа видов)	I*	II	III	Среднее	I	II	III	Среднее	I	II	III	Среднее
Сельдь	–	0,3	+	0,1	41,7	51,5	84,2	67,7	2	0,4	1,3	1,1
Лососевые	–	–	–	–	+	+	+	+	–	–	–	–
Макрурысы	–	–	–	–	0,1	0,1	+	0,1	7,4	0,4	0,1	1,1
Навага	13,1	11,6	36,2	20,1	+	+	+	+	+	+	0,4	0,3
Треска	29,9	25,6	21,3	25,2	0,6	1,1	0,6	0,8	14,6	9,7	13,8	12,9
Минтай	29,3	49,7	23,3	36,2	56,1	42,9	12,3	28,4	15,4	17	4,4	9,0
Терпуги	1,1	0,7	0,1	0,6	0,3	1,0	0,5	0,6	36,1	31,4	9,3	18,3
Бычки	4,4	0,4	1,6	1,7	+	1,7	0,9	1,0	0,1	8,9	7,4	6,9
Камбалы	21,6	11,5	17,4	15,8	0,2	0,6	0,3	0,3	5,8	4,7	2,4	3,4
Палтусы	0,4	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	1,7	0,6	1,4	1,2
Прочие рыбы	0,2	+	+	0,1	+	+	+	+	0,4	0,5	0,4	0,4
Кальмары	–	–	–	–	0,9	1,0	1,1	1,0	16,5	26,4	59,1	45,4
Краб-стригун бэрди	–	–	–	–	+	–	–	+	–	+	+	+
Краб-стригун опилио	–	–	–	–	–	–	–	–	–	+	+	+
Итого	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Примечание. + – менее 0,05%; * – I: 2003–2007, II: 2008–2012 и III: 2013–2018 гг.

При промысле донным ярусом в уловах абсолютно преобладала треска (в среднем 80,8%). Еще 10,7% пришлось на долю макрурусов Macrouridae и 6,7% – палтусов. Доля трески была максимальной во II периоде (85,7%), когда доли макрурусов и палтусов были минимальными и составляли 8,7 и 4,4% соответственно (табл. 3).

Таблица 3

**Структура уловов на промысле донным ярусом и прочими орудиями лова
(% от массы уловов по периодам и среднее значение) в Карагинской подзоне по данным ОСМ**

Орудие лова	Ярус донный				Прочие орудия лова			
Период/вид (группа видов)	I*	II	III	Среднее	I	II	III	Среднее
Сельдь	–	–	–	–	1,7	–	21,4	4,9
Лососевые	–	–	–	–	86,8	89,7	47,4	80,2
Макрурысы	10,2	8,7	11,9	10,7	–	–	+	+
Навага	–	–	–	–	+	–	+	+
Треска	76,5	85,7	79,8	80,8	0,2	0,4	+	0,2
Минтай	1,1	0,3	0,2	0,4	+	0,5	0,1	0,2
Терпуги	+	+	+	+	–	–	–	–
Бычки	+	–	–	+	+	–	+	+
Камбалы	–	+	–	+	+	+	+	+
Палтусы	11,1	4,4	6,4	6,7	0,4	0,6	1,8	0,8
Прочие рыбы	1,1	0,9	1,7	1,4	0,1	+	0,3	0,1
Кальмары	–	–	–	–	+	–	+	+
Краб-стригун бэрди	–	–	–	–	4,4	2,7	12,7	5,4
Краб-стригун опилио	–	–	–	–	6,4	6,1	16,3	8,2
Итого	100	100	100	100	100	100	100	100

Примечание. + – менее 0,05%; * – I: 2003–2007, II: 2008–2012 и III: 2013–2018 гг.

По объективным причинам структура уловов на промыслах, по данным ОСМ, включает в себя меньшее количество видов (групп видов), чем по данным научных исследований на промысловых судах. Например, в структуре уловов на снюрреводном промысле не регистрируются представители ряда семейств: ромбовых скатов Rajidae, корюшковых Osmeridae (которые представлены тихоокеанской зубастой корюшкой *Osmerus mordax dentex*), морских окуней Sebastidae, анополоматовых Anoplopomatidae (представленные угольной рыбой *Anoplopoma fimbria*), волосатковых Hemitriptidae, лисичковых Agonidae, липаровых Liparidae, бельдюговых Zoarcidae, зубатковых Anarhichadidae (представленных восточной зубаткой *Anarhichas orientalis*), волосозубовых Trichodontidae и песчанковых Ammodytidae. При ведении донного

тралового промысла, помимо вышеперечисленных, в уловах отмечаются представители много-
вых Petromyzontidae, сельдевых акул Lamnidae, катрановых Squalidae, малоротковых
Microstomatidae, светящихся анчоусов Myctophidae, психролютовых Psychrolutidae, круглоперо-
вых Cyclopteridae, батимастеровых Bathymasteridae, стихеевых Stichaeidae и запроровых
Zaproridae. Их общая доля в уловах невысока, однако все они являются важными частями их-
тиоцена в районе исследований (табл. 4 и 5).

Таблица 4

**Структура уловов на снюрреводном промысле (% от массы уловов по периодам и среднее значение)
в Карагинской подзоне по данным научных исследований на промысловых судах**

Семейство (Вид) / Период	I*	II	III	Среднее
Rajidae	0,9**	+	+	0,3
Clupeidae				
<i>Clupea pallasii</i>	0,0	+	+	+
Osmeridae				
<i>Osmerus mordax dentex</i>	0,0	0,0	0,1	+
Gadidae				
<i>Eleginus gracilis</i>	2,9	4,9	58,0	21,9
<i>Gadus macrocephalus</i>	35,1	30,3	6,4	24,0
<i>Theragra chalcogramma</i>	46,4	63,4	28,8	46,2
Sebastidae				
<i>Sebastes glaucus</i>	0,0	+	+	+
Anoplopomatidae				
<i>Anoplopoma fimbria</i>	0,0	0,0	+	+
Hexagrammidae	0,0	+	+	+
Cottidae	3,0	+	0,9	1,3
<i>Cottidae</i> sp.	100,0	9,0	0,0	
<i>Gymnacanthus detrisus</i>	0,0	14,2	0,5	
<i>Gymnacanthus galeatus</i>	0,0	0,0	1,8	
<i>Gymnacanthus pistilliger</i>	0,0	0,0	0,5	
<i>Hemilepidotus gilberti</i>	0,0	0,0	0,7	
<i>Hemilepidotus jordani</i>	0,0	4,4	5,6	
<i>Myoxocephalus</i> sp.	0,0	0,0	33,6	
<i>Myoxocephalus jaok</i>	0,0	3,0	43,8	
<i>Myoxocephalus polyacanthocephalus</i>	0,0	69,4	13,4	
<i>Myoxocephalus stelleri</i>	0,0	0,0	0,1	
<i>Triglops scepticus</i>	0,0	0,1	+	
Hemitriptidae	0,0	0,0	+	+
Agonidae	0,0	0,0	+	+
Liparidae	0,0	0,0	+	+
Zoarcidae	0,5	0,0	+	0,2
Anarhichadidae				
<i>Anarhichas orientalis</i>	0,0	0,0	0,1	+
Trichodontidae				
<i>Trichodon trichodon</i>	+	0,0	0,0	+
Ammodytidae				
<i>Ammodytes hexapterus</i>	0,0	0,0	+	+
Pleuronectidae	9,6	1,4	5,6	5,5
<i>Pleuronectidae</i> sp.	74,6	45,5	8,8	42,9
<i>Atheresthes evermanni</i>	0,0	0,0	0,1	0,0
<i>Atheresthes stomias</i>	0,0	0,0	+	0,0
<i>Hippoglossoides elassodon</i>	0,0	0,7	0,3	0,4
<i>Hippoglossoides</i> sp.	0,0	0,0	0,1	0,0
<i>Hippoglossus stenolepis</i>	23,0	4,3	3,9	10,4
<i>Lepidopsetta polyxystra</i>	0,0	19,9	6,9	8,9
<i>Limanda aspera</i>	0,0	19,7	23,0	14,2
<i>Limanda sakhalinensis</i>	0,0	0,4	0,1	0,2
<i>Limanda</i> sp.	0,0	0,0	5,8	1,9
<i>Myzopsetta proboscidea</i>	0,0	0,0	0,3	0,1
<i>Platichthys stellatus</i>	0,0	0,0	38,4	12,8
<i>Pleuronectes quadrituberculatus</i>	0,0	1,8	12,2	4,7
<i>Reinhardtius hippoglossoides matsuurae</i>	2,5	7,7	0,0	3,4

Окончание табл. 4

Семейство (Вид) / Период	I*	II	III	Среднее
Беспозвоночные	1,5	0,0	+	0,5
<i>Berryteuthis magister</i>	3,9	0,0	0,0	
<i>Octopus</i> sp.	3,6	0,0	0,0	
<i>Paralithodes camtschaticus</i>	3,6	0,0	0,4	
<i>Chionoecetes</i> sp.	17,2	0,0	6,5	
<i>Прочие беспозвоночные</i>	71,6	0,0	93,1	

Примечание. + – менее 0,1%; * – I: 2003–2007, II: 2008–2012 и III: 2013–2017 гг.; ** – жирным шрифтом выделена доля в общем улове, обычным – внутри группы видов.

Таблица 5

**Структура уловов на промысле донным тралом (% от массы уловов по периодам и среднее значение)
в Карагинской подзоне по данным научных исследований на промысловых судах**

Семейство (Вид) / Период	I	II	III	Среднее
Petromyzontidae				
<i>Entosphenus tridentatus</i>	+	0,0	0,0	+
Lamnidae				
<i>Lamna ditropis</i>	+	0,0	0,0	+
Squalidae				
<i>Somniosus pacificus</i>	+	+	+	+
Rajidae	0,3	0,3	1,1	0,5
<i>Bathyrāja</i> sp.	1,4	7,5	0,0	3,0
<i>Bathyrāja aleutica</i>	45,6	21,9	50,8	39,5
<i>Bathyrāja interrupta</i>	0,0	0,0	1,3	0,4
<i>Bathyrāja maculata</i>	4,6	36,8	0,0	13,8
<i>Bathyrāja matsubarai</i>	0,0	0,7	0,0	0,2
<i>Bathyrāja minispinosa</i>	+	+	0,0	+
<i>Bathyrāja parmifera</i>	42,7	26,6	23,0	30,8
<i>Bathyrāja violacea</i>	5,6	5,9	24,7	12,0
<i>Rhinoraja taranetzi</i>	0,2	0,5	0,1	0,3
Clupeidae				
<i>Clupea pallasii</i>	0,8	1,3	0,7	1,0
Microstomatidae	+	0,0	0,0	+
<i>Leuroglossus schmidtii</i>				
<i>Lipolagus ochotensis</i>				
Osmeridae	+	+	0,0	+
<i>Mallotus villosus catervarius</i>	19,1	100,0		
<i>Osmerus mordax dentex</i>	80,9	0,0		
Salmonidae	+	0,0	+	+
<i>Oncorhynchus keta</i>				
<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>				
Myctophidae	+	+	0,0	+
<i>Stenobrachius leucopsarus</i>				
Macrouridae	0,1	0,1	+	0,1
<i>Albatrossia pectoralis</i>	100,0	72,2	100,0	
<i>Coryphaenoides cinereus</i>	0,0	27,8	0,0	
Gadidae				
<i>Boreogadus saida</i>	+	0,0	0,0	+
<i>Eleginus gracilis</i>	0,6	+	0,1	0,2
<i>Gadus macrocephalus</i>	2,6	3,4	13,2	6,4
<i>Theragra chalcogramma</i>	47,9	35,4	54,4	45,9
Sebastidae	0,1	2,1	4,1	2,1
<i>Sebastes alutus</i>	73,4	23,7	74,5	57,2
<i>Sebastes aleutianus</i>	0,0	0,0	0,1	+
<i>Sebastes borealis</i>	0,7	62,5	2,4	21,9
<i>Sebastes glaucus</i>	25,9	7,5	22,0	18,4
<i>Sebastes ciliatus</i>	0,0	0,0	1,0	0,3
<i>Sebastes</i> sp.	+	2,0	+	0,7
<i>Sebastolobus alascanus</i>	0,0	3,6	+	1,2
<i>Sebastolobus macrochir</i>	0,0	0,7	0,0	0,2
Anoplopomatidae				
<i>Anoplopoma fimbria</i>	+	+	0,0	+

Продолжение табл. 5

Семейство (Вид) / Период	I	II	III	Среднее
Hexagrammidae	16,2	33,0	11,5	20,2
<i>Hexagrammos lagocephalus</i>	+	0,2	0,8	0,3
<i>Hexagrammos stelleri</i>	+	0,0	0,1	+
<i>Pleurogrammus monopterygius</i>	99,9	99,8	99,1	99,6
Cottidae	1,7	4,9	6,7	4,5
<i>Cottidae</i> sp.	0,0	+	0,0	+
<i>Artediellus</i> sp.	+	0,0	0,0	+
<i>Enophrys dicerca</i>	+	0,0	0,0	+
<i>Gymnacanthus detrisus</i>	1,6	2,0	8,1	3,9
<i>Gymnacanthus galeatus</i>	0,5	+	0,3	0,3
<i>Gymnacanthus pistilliger</i>	+	+	0,0	+
<i>Hemilepidotus gilberti</i>	5,4	9,1	6,5	7,0
<i>Hemilepidotus hemilepidotus</i>	3,8	+	0,0	1,3
<i>Hemilepidotus jordani</i>	24,9	13,4	47,4	28,6
<i>Hemilepidotus</i> sp.	0,0	4,5	+	1,5
<i>Megalocottus platycephalus</i>	0,3	0,0	0,0	0,1
<i>Melletes papilio</i>	0,4	+	0,1	0,2
<i>Myoxocephalus jaok</i>	1,5	0,8	8,6	3,6
<i>Myoxocephalus polyacanthocephalus</i>	61,3	70,0	28,9	53,4
<i>Myoxocephalus stelleri</i>	+	+	+	+
<i>Icelus canaliculatus</i>	+	+	0,0	+
<i>Icelus spatula</i>	0,0	+	0,0	+
<i>Icelus spiniger</i>	0,1	+	+	+
<i>Triglops forficatus</i>	+	+	+	+
<i>Triglops jordani</i>	0,0	+	0,0	+
<i>Triglops pingelii</i>	+	+	+	+
<i>Triglops scepticus</i>	0,1	0,1	+	0,1
Hemitripterae	+	+	0,6	0,2
<i>Blepsias bilobus</i>	17,7	0,3	0,0	6,0
<i>Hemitripterus villosus</i>	82,3	97,8	100,0	93,4
<i>Nautichthys pribilovius</i>	+	0,0	0,0	+
<i>Ulca bolini</i>	0,0	1,9	0,0	0,6
Psychrolutidae	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>Dasycottus setiger</i>	2,2	10,0	58,4	23,5
<i>Malacocottus zonurus</i>	97,8	90,0	41,6	76,5
Agonidae	+	+	+	+
<i>Aspidophoroides bartoni</i>	0,2	0,0	0,0	0,1
<i>Bathyaegonius nigripinnis</i>	1,3	9,9	0,0	3,7
<i>Hypsagonus quadricornis</i>	0,1	0,0	0,0	+
<i>Occella dodecaedron</i>	+	0,0	0,0	+
<i>Pallasina aix</i>	0,2	0,0	0,0	0,1
<i>Percis japonica</i>	74,3	7,8	76,6	52,9
<i>Podothecus acipenserinus</i>	19,1	3,5	13,2	12,0
<i>Podothecus veteris</i>	0,0	0,1	0,1	0,1
<i>Sarritor frenatus</i>	4,5	77,9	10,0	30,8
<i>Sarritor leptorhynchus</i>	0,3	0,8	0,0	0,4
Cyclopteridae	+	+	+	+
<i>Aptocyclus ventricosus</i>	89,2	93,8	100,0	94,4
<i>Cyclopteropsis</i> sp.	0,0	3,4	0,0	1,1
<i>Eumicrotremus asperrimus</i>	6,0	0,0	0,0	2,0
<i>Eumicrotremus orbis</i>	4,8	2,7	0,0	2,5
Liparidae	+	0,1	0,1	0,1
<i>Careproctus colletti</i>	0,0	0,1	0,0	+
<i>Careproctus cypselurus</i>	0,9	0,0	4,1	1,7
<i>Careproctus furcellus</i>	55,6	42,6	54,6	50,9
<i>Careproctus rastrinus</i>	34,8	21,5	6,8	21,0
<i>Careproctus</i> sp.	0,0	5,9	0,0	2,0
<i>Crystallichthys mirabilis</i>	1,0	5,4	19,0	8,5
<i>Elassodiscus tremebundus</i>	2,7	2,9	0,0	1,9
<i>Liparis ochotensis</i>	0,3	2,6	15,5	6,1
<i>Liparidae</i> sp.	4,8	19,1	0,0	8,0
Zoarcidae	+	+	+	+
<i>Bothrocara brunnea</i>	0,0	16,0	0,0	5,3

Окончание табл. 5

Семейство (Вид) / Период	I	II	III	Среднее
<i>Lycodes</i> sp.	2,1	35,6	0,0	12,6
<i>Lycodes brevipes</i>	0,2	+	0,0	0,1
<i>Lycodes brunneofasciatus</i>	22,7	0,0	52,3	25,0
<i>Lycodes palearis</i>	8,2	9,8	4,4	7,5
<i>Lycodes pectoralis</i>	0,2	0,0	0,0	0,1
<i>Lycodes polaris</i>	0,1	0,5	0,0	0,2
<i>Lycodes raridens</i>	66,6	0,4	0,0	22,3
<i>Lycodes concolor</i>	0,0	+	0,0	+
<i>Lycodes fasciatus</i>	0,0	1,0	0,0	0,3
<i>Lycodes soldatovi</i>	0,0	36,6	0,0	12,2
<i>Lycogramma soldatovi</i>	0,0	0,0	43,3	14,4
Bathymasteridae				
<i>Bathymaster signatus</i>	+	+	+	+
Stichaeidae	+	0,0	+	+
<i>Eumesogrammus praecisus</i>	2,0		0,0	
<i>Lumpenella longirostris</i>	96,9		100,0	
<i>Stichaeidae</i> sp.	1,1		0,0	
Zaproridae				
<i>Zaprora silenus</i>	+	+	+	+
Trichodontidae				
<i>Trichodon trichodon</i>	+	0,0	0,0	+
Ammodytidae				
<i>Ammodytes hexapterus</i>	+	0,0	0,0	+
Pleuronectidae	16,4	14,3	4,6	11,8
<i>Atheresthes evermanni</i>	1,1	1,7	0,9	1,2
<i>Atheresthes stomias</i>	1,1	1,9	0,2	1,0
<i>Atheresthes</i> sp.	0,0	+	0,0	+
<i>Glyptocephalus stelleri</i>	0,0	+	+	+
<i>Glyptocephalus zachirus</i>	+	+	0,0	+
<i>Hippoglossoides elassodon</i>	0,3	0,1	1,1	0,5
<i>Hippoglossoides robustus</i>	0,2	0,6	0,0	0,3
<i>Hippoglossoides</i> sp.	0,1	0,8	11,2	4,1
<i>Hippoglossus stenolepis</i>	0,3	3,7	7,8	3,9
<i>Lepidopsetta polyxystra</i>	94,5	10,2	17,7	40,8
<i>Limanda aspera</i>	0,4	68,4	33,1	34,0
<i>Limanda sakhalinensis</i>	0,2	0,1	0,0	0,1
<i>Myxopsetta proboscidea</i>	+	0,0	0,0	+
<i>Platichthys stellatus</i>	0,5	8,8	3,5	4,3
<i>Pleuronectes quadrituberculatus</i>	1,0	3,6	23,9	9,5
<i>Reinhardtius hippoglossoides matsuurae</i>	0,4	0,1	0,6	0,4
Прочие рыбы	0,0	+	+	+
Беспозвоночные	13,1	4,9	2,7	6,9
<i>Berryteuthis magister</i>	99,9	99,7	83,8	94,4
<i>Octopus</i> sp.	+	+	0,1	+
<i>Chionoecetes bairdi</i>	+	0,0	+	+
<i>Chionoecetes opilio</i>	0,1	0,1	1,2	0,4
<i>Chionoecetes</i> sp.	0,0	0,2	6,4	2,2
<i>Paralithodes brevipes</i>	+	0,0	0,0	+
<i>Paralithodes camtschaticus</i>	+	+	8,3	2,8
Прочие беспозвоночные	+	+	0,3	0,1

Примечание. Условные обозначения как и в таблице 4.

Кроме того, ряд групп видов рыб (ромбовые скаты, терпуговые, рогатковые (бычки) и камбаловые) включают в себя от 3 до 19 видов, а в списках зарегистрированных в уловах этих орудий лова в разные периоды беспозвоночных отмечены представители групп: *Algae*, *Asteroidea*, *Scyphozoa*, *Buccinidae*, *Strongylocentroidae*, *Cucumaria* sp., *Hyas* sp., *Sclerocrangon* sp., *Actinaria* sp., *Pandalus* sp.

По результатам научных исследований при промысле с использованием снуроводов основу уловов составляли минтай, треска и навага (в среднем 46,2; 24,0 и 21,9% соответственно). Отметим, что доля трески и наваги практически совпадает с данными ОСМ, но вклад минтая в уловы значительно превышает таковой, зарегистрированный официальной статистикой. Среднегодовой вклад камбал и рогатковых составлял 5,5 и 1,3% соответственно. В первом случае это почти в три

раза меньше, чем по данным ОСМ, а во втором – значения сопоставимы (см. табл. 2 и 4). Что касается изменений долей видов по периодам, то для минтая, трески, рогатковых и камбал они имели одинаковый тренд с данными ОСМ, а для наваги наибольшие совпадения наблюдались в III периоде.

По данным научных наблюдений на промысловых судах, ведущих промысел разноглубинным тралом, в уловах преобладала сельдь *Clupea pallasii* (в среднем 75,1%). Ее доля в уловах по временным периодам варьировала от 58,2 до 86,9%. Кроме сельди значимый вклад в уловы вносил минтай (в среднем 23,6%). В отличие от сельди, его доля по периодам, напротив, снижалась от 41,0 до 13,1% (см. табл. 2 и 6).

Таблица 6

Структура уловов на промысле разноглубинным тралом (% от массы уловов по периодам и среднее значение) в Карагинской подзоне по данным научных исследований на промысловых судах

Семейство (Вид) / Период	I	II	III	Среднее
Petromyzontidae				
<i>Entosphenus tridentatus</i>	0,0	0,0	+	+
Lamnidae				
<i>Lamna ditropis</i>	0,0	0,0	+	+
Squalidae				
<i>Somniosus pacificus</i>	0,0	+	0,0	+
Rajidae	0,0	0,0	+	+
Clupeidae				
<i>Clupea pallasii</i>	58,2	80,2	86,9	75,1
Osmeridae				
<i>Mallotus villosus catervarius</i>	0,0	+	+	+
Salmonidae	+	+	+	+
Macrouridae				
<i>Albatrossia pectoralis</i>	0,0	0,0	+	+
Gadidae				
<i>Gadus macrocephalus</i>	0,1	1,1	+	0,4
<i>Theragra chalcogramma</i>	41,0	16,7	13,1	23,6
Sebastidae	+	0,4	+	0,1
Anoplopomatidae				
<i>Anoplopoma fimbria</i>	0,0	+	0,0	+
Hexagrammidae	0,0	1,2	+	0,4
Cottidae	0,0	0,4	+	0,1
Hemitripterae	0,0	0,0	+	+
Psychrolutidae	0,0	+	+	+
Agonidae	0,0	+	+	+
Cyclopteridae	0,0	+	+	+
Liparidae	0,0	+	+	+
Zoarcidae	0,0	+	+	+
Bathymasteridae				
<i>Bathymaster signatus</i>	0,0	0,0	+	+
Zaproridae				
<i>Zaprora silenus</i>	0,0	+	+	+
Pleuronectidae	+	+	+	+
<i>Atheresthes evermanni</i>	0,0	2,3	11,4	4,6
<i>Atheresthes stomias</i>	0,0	0,0	1,4	0,5
<i>Hippoglossoides elassodon</i>	0,0	0,1	4,7	1,6
<i>Hippoglossoides</i> sp.	3,1	0,0	0,2	1,1
<i>Hippoglossus stenolepis</i>	0,0	96,3	50,5	48,9
<i>Lepidopsetta polyxystra</i>	0,0	0,5	7,2	2,5
<i>Limanda aspera</i>	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Limanda sakhalinensis</i>	0,0	0,0	3,3	1,1
<i>Platichthys stellatus</i>	0,0	0,0	1,1	0,4
<i>Pleuronectes quadrituberculatus</i>	93,8	0,0	5,2	33,0
<i>Reinhardtius hippoglossoides matsuurae</i>	3,1	0,8	15,0	6,3
Беспозвоночные	0,7	+	+	0,2
<i>Berryteuthis magister</i>	100,0	19,1	96,5	71,9
<i>Octopus</i> sp.	0,0	0,0	0,8	0,3
<i>Chionoecetes opilio</i>	0,0	7,6	0,1	2,5
Прочие беспозвоночные	0,0	73,3	2,7	25,3

Примечание. Условные обозначения как и в таблице 4.

Наибольшие противоречия в структуре уловов по данным ОСМ и научных исследований на промысловых судах наблюдаются при анализе уловов на донном траловом промысле (подобная ситуация характерна и для Петропавловско-Командорской подзоны) [7]. В отличие от официальных данных, в уловах преобладали минтай и терпуги, в среднем 45,9 и 20,2% соответственно. Доля первого по периодам исследований менялась от минимальной во II периоде (35,4%) до максимальной в III (54,4%), вторых – от минимума в III (11,5%) до максимума во II (33,0%). И величина, и характер изменений вклада минтая в уловы по данным натурных наблюдений значительно отличались от данных ОСМ. Доля терпуга лишь в I периоде не совпадала с официальными данными. В следующие временные периоды их величины были сопоставимы. Значительную долю в уловах составляли кальмары, треска и рогатковые: в среднем 6,8; 6,4 и 4,5% соответственно. Вклад всех зарегистрированных беспозвоночных в среднем не превышал 6,9% (кальмары – 6,8%) (см. табл. 2 и 5).

По нашему мнению, такие разночтения с данными ОСМ являются следствием того, что часть года некоторые суда, оснащенные донным тралом, ведут специализированный лов командорского кальмара *Beryteuthis magister*, объемы изъятия которого достаточно высоки (например, для 2018 г. эта величина составляла 8,3 тыс. т, или 66,3% вылова донным тралом). Это находит свое отражение в официальных данных. Научные наблюдения на промысловых судах отражают статистику вылова среднестатистического судна, которое в течение года ведет промысел различных видов рыб. Кроме того, свою роль в данных итоговой официальной отчетности сыграл значительный уровень ее искажений в части отнесения к Западно-Беринговоморской зоне вылова камбал и трески из Карагинской подзоны, о котором было сказано выше.

В нашем распоряжении имеются данные о структуре уловов на промысловых судах, оснащенных донным ярусом, где проводились непосредственные наблюдения, относящиеся лишь к I и III периодам. Доля основного вида – трески – в среднем не отличается от таковой, представленной в ОСМ (80,9 и 80,8% соответственно). Вклад палтусов в уловы в том и другом случаях составлял 6,7%, макрурусов, по данным официальной статистики, изымалось почти в три раза больше. Прилов «прочих» видов, к которым по данным непосредственных наблюдений относили скатов, морских окуней и др. в среднем равнялся 8,1%, что почти в шесть раз превышало официальные данные (см. табл. 3 и 7).

Таблица 7

Структура уловов на промысле донным ярусом (% от массы уловов по периодам и среднее значение) в Карагинской подзоне по данным научных исследований на промысловых судах

Семейство (Вид) / Период	I	III	Среднее
Squalidae			
<i>Somniosus pacificus</i>	+	0,1	+
<i>Squalus acanthias</i>	+	+	+
Rajidae	0,1	5,3	2,7
<i>Bathyrāja sp.</i>	62,6	1,0	31,8
<i>Bathyrāja aleutica</i>	21,1	92,5	56,8
<i>Bathyrāja maculata</i>	0,0	0,1	+
<i>Bathyrāja matsubarai</i>	0,0	0,2	0,1
<i>Bathyrāja parmitera</i>	16,2	6,2	11,2
<i>Bathyrāja violacea</i>	0,1	0,1	0,1
Macrouridae	+	7,2	3,6
Moridae			
<i>Antimora microlepis</i>	0,0	+	+
Gadidae			
<i>Eleginus gracilis</i>	0,0	+	+
<i>Gadus macrocephalus</i>	94,9	67,0	80,9
<i>Theragra chalcogramma</i>	0,5	0,5	0,5
Sebastidae	0,5	1,6	1,1
<i>Sebastes alutus</i>	0,7	0,0	0,3
<i>Sebastes borealis</i>	93,5	98,9	96,2
<i>Sebastes glaucus</i>	1,0	1,1	1,1
<i>Sebastes sp.</i>	4,8	0,0	2,4
<i>Sebastolobus alascanus</i>	0,0	+	+
Anoplopomatidae			
<i>Anoplopoma fimbria</i>	0,0	+	+

Окончание табл. 7

Семейство (Вид) / Период	I	III	Среднее
Hexagrammidae	+	0,4	0,2
<i>Hexagrammos lagocephalus</i>	79,9	99,9	90,0
<i>Hexagrammos stelleri</i>	0,6	0,0	0,3
<i>Hexagrammos octogrammus</i>	15,9	0,0	8,0
<i>Pleurogrammus monopterygius</i>	3,5	+	1,8
Cottidae	0,4	7,6	4,0
<i>Cottidae</i> sp.	0,0	0,3	0,1
<i>Gymnacanthus detrisus</i>	3,2	+	1,6
<i>Gymnacanthus galeatus</i>	2,0	+	1,0
<i>Hemilepidotus gilberti</i>	20,7	1,4	11,1
<i>Hemilepidotus hemilepidotus</i>	0,2	0,1	0,2
<i>Hemilepidotus jordani</i>	39,1	46,9	43,0
<i>Hemilepidotus</i> sp.	0,0	+	+
<i>Myoxocephalus jaok</i>	11,8	0,3	6,0
<i>Myoxocephalus polyacanthocephalus</i>	23,1	50,9	37,0
Hemitriptidae			
<i>Hemitripterus villosus</i>	0,0	+	+
Psychrolutidae			
<i>Malacocottus zonurus</i>	0,0	+	+
Liparidae	0,0	+	+
Bathymasteridae			
<i>Bathymaster signatus</i>	+	0,0	+
Anarhichadidae			
<i>Anarhichas orientalis</i>	+	+	+
Pleuronectidae	3,6	10,3	6,9
<i>Atheresthes evermanni</i>	+	1,1	0,6
<i>Atheresthes stomias</i>	0,0	+	+
<i>Hippoglossoides elassodon</i>	4,6	+	2,3
<i>Hippoglossus stenolepis</i>	95,4	98,2	96,8
<i>Limanda aspera</i>	+	+	+
<i>Platichthys stellatus</i>	+	0,3	0,2
<i>Pleuronectes quadrituberculatus</i>	0,0	+	+
<i>Reinhardtius hippoglossoides matsuurae</i>	0,0	0,3	0,2
Беспозвоночные	0,0	+	+

Примечание. Условные обозначения как и в таблице 4.

Таким образом, проведенный анализ структуры уловов по данным официальной статистики и научных исследований на промысловых судах показал, что, за исключением донного тралового промысла, значительных расхождений в оценке качественного и количественного состава уловов различными орудиями лова в Карагинской подзоне не наблюдается.

Учитывая тенденции в изменении вклада различных видов (групп видов) по периодам времени, для составления таблицы вероятного повидового изъятия рыб и беспозвоночных по данным ОСМ и научных исследований мы приняли среднее значение по выделенным периодам. Полученные результаты показаны в табл. 8. Наибольшее количество возможного прилова к «основным» видам промысла предполагается при ведении снюрреводного и донного тралового промысла (более чем в два раза к величине вылова базового вида).

Таблица 8

Возможный вылов морских рыб (т) на 100 т «основного» объекта промысла в Карагинской подзоне по данным отраслевой системы мониторинга (ОСМ) и научных исследований на промысловых судах (НИ) в период 2013–2018 гг.

Орудие лова Объект промысла	Снюрревод		Разноглубинный трал		Донный трал		Донный ярус	
	ОСМ	НИ	ОСМ	НИ	ОСМ*	НИ	ОСМ	НИ
Скаты	–	–	–	–	–	–	–	3,36
Сельдь	0,28	0,01	100,00	100,00	2,42	2,09	–	–
Макруры	–	–	0,15	–	2,42	0,15	13,24	4,49
Навага	55,52	47,42	–	–	0,66	0,53	–	–
Треска	69,61	51,85	1,18	0,51	28,41	13,98	100,00	100,00
Минтай	100,00	100,00	41,95	31,36	19,82	100,00	0,50	0,56
Морские окуни	–	–	–	–	–	–	–	1,35

Окончание табл. 8

Орудие лова	Снюрревод		Разноглубинный трал		Донный трал		Донный ярус	
Терпуги	1,66	0,04	0,89	0,79	40,31	44,07	–	–
Бычки	4,70	2,81	1,48	0,26	15,20	9,70	–	4,96
Камбалы	43,65	11,28	0,44	0,01	7,49	23,91	–	0,21
Палтус	0,55	0,71	0,15	0,01	2,64	1,77	8,29	8,29
Прочие рыбы	0,28	1,24	–	–	0,88	6,66	1,73	0,33
Кальмары	–	–	1,48	0,18	100,00	14,82	–	–
Краб-стригун бэрди	–	–	–	–	–	–	–	–
Краб-стригун опилио	–	0,14	–	–	–	0,04	–	–
Прочие беспозвоночные	–	0,89	–	–	–	0,21	–	–
Итого	276,24	216,40	147,71	133,11	220,26	217,92	123,76	123,55

Примечание. * – промысел, ориентированный на вылов кальмара.

На основе данных, полученных в результате научных исследований на промысловых судах, возможен переход к выдаче разрешений на вылов, включающий в себя весь комплекс видов гидробионтов, присутствующих в уловах определенного орудия лова (при принятии соответствующих изменений в действующих Правилах рыболовства). Кроме того, имеющиеся материалы по структуре уловов позволят составить многовидовой прогноз общего допустимого улова в районе исследований.

При этом, безусловно, необходимо решить проблему по изменению действующих в настоящее время нормативных правовых актов о порядке закрепления за пользователями квот вылова водных биоресурсов в морских водах для осуществления промышленного рыболовства и прибрежного рыболовства, которыми не предусматривается закрепление за пользователем сблокированной квоты.

Заключение

В результате проведенных исследований установлено, что в Карагинской подзоне в период исследований более 95,7% вылова приходилось на снюрреводы, разноглубинный и донный тралы, донные яруса.

По данным ОСМ, основу уловов снюрреводом составляли минтай, треска, навага и камбалы. Доля минтая была максимальной во II периоде, когда вклад наваги и камбал был минимален. Доля трески последовательно снижалась с I по III период. Доминирующим видом при промысле разноглубинным тралом была сельдь. Ее доля в уловах последовательно возрастала с I по III период. Вторым по значимости промысловым объектом был минтай, динамика изменений вклада в уловы которого имела противоположную направленность. В уловах донным тралом доминировали кальмары. Их доля по периодам непрерывно возрастала. Существенный вклад в уловы вносили терпуги, треска и минтай. Доля терпугов последовательно снижалась, доля трески в I периоде была минимальной, а минтая – максимальной. При промысле донным ярусом в уловах абсолютно преобладала треска. Еще 10,7% пришлось на долю макрурусов и 6,7% – палтусов. Доля трески была максимальной во II периоде, когда доли макрурусов и палтусов были минимальными.

По результатам научных исследований на снюрреводном промысле основу уловов составляли минтай, треска и навага. Если доля трески и наваги практически совпадала с данными ОСМ, то вклад минтая в уловы значительно превышал таковые, зарегистрированные официальной статистикой. Среднегодовое значение вклада камбал и рогатковых составлял 5,5 и 1,3% соответственно. В первом случае это почти в три раза меньше, чем по данным ОСМ, а во втором – значения были сопоставимы. Для минтая, трески, рогатковых и камбал изменения долей видов по периодам имели одинаковый тренд с данными ОСМ, а для наваги наибольшие совпадения наблюдались в III периоде. На промысловых судах, ведущих промысел разноглубинным тралом, в уловах преобладала сельдь. Ее доля в уловах по временным периодам варьировала от 58,2 до 86,9%. Кроме сельди значимый вклад в уловы вносил минтай (в среднем 23,6%). В отличие от сельди, его доля по периодам, напротив, снижалась. При анализе уловов на донном траловом промысле были выявлены наибольшие различия в структуре уловов по данным ОСМ и научных исследований. В отличие от официальных данных, в уловах преобладали минтай и терпуги. Доля первого по периодам исследований менялась от минимальной во II периоде (35,4%) до максимальной в III (54,4%), вторых – от минимума в III (11,5%) до максимума во II (33,0%). И величина, и ха-

рактар изменений вклада минтая в уловы по данным натурных наблюдений значительно отличались от данных ОСМ. Доля терпуга лишь в I периоде не совпадала с официальными данными. В следующие временные периоды их величины были сопоставимы. Значительную часть уловов также составляли кальмары, треска и рогатковые. Вклад всех зарегистрированных беспозвоночных в среднем не превышал 6,9%. На промысловых судах, оснащенных донным ярусом, доля основного вида – трески – в среднем не отличается от таковой, представленной в ОСМ. Вклад палтусов в уловы в том и другом случаях составлял 6,7%, макрурусов, по данным официальной статистики, изымалось почти в три раза больше. Прилов «прочих» видов, к которым по данным натурных наблюдений относили скатов, морских окуней и др., в среднем равнялся 8,1%, что почти в шесть раз превышало официальные данные.

В целом проведенный анализ структуры уловов по данным официальной статистики и научных исследований на промысловых судах показал, что, за исключением донного тралового промысла, значительных расхождений в оценке качественного и количественного состава уловов различными орудиями лова в Карагинской подзоне не наблюдается.

Литература

1. *Балыкин П.А.* Проблемы рыбопромыслового районирования в Тихом и Северном Ледовитом океанах // Проблемы Дальнего Востока. – 2018. – № 6. – С. 99–109.
2. *Бычков А.В.* Государственная политика в рыбной отрасли и ее реализация на северо-востоке Российской Федерации (начало 1990-х – 2008 гг.): автореф. дис. ... канд. истор. наук. – Хабаровск: Дальневост. гос. гуманитарный ун-т, 2010. – 25 с.
3. *Шунтов В.П.* Концептуальные заметки об управлении биологическими ресурсами, рациональном и устойчивом рыболовстве // Вопросы рыболовства. – 2016. – Т. 17, № 1. – С. 5–19.
4. *Заболотский О.Н.* Функционирование рационального прибрежного рыболовства в северном регионе (на примере Мурманской области): автореф. дис. ... канд. эконом. наук (экономика и управление народным хозяйством). – Апатиты: Институт экономических проблем Кольского научного центра РАН, 2012. – 19 с.
5. *Теплякова Н.В.* Организационно-экономический механизм развития рыбохозяйственного комплекса (на примере Камчатской области): автореф. дис. ... канд. эконом. наук (экономика и управление народным хозяйством). – М.: Академия народного хозяйства при Правительстве РФ, 2004. – 22 с.
6. *Тарханова Л.Б.* Регулирование рыбного хозяйства региона в концепции устойчивого развития промышленного рыболовства: автореф. дис. ... канд. эконом. наук (экономика и управление народным хозяйством). – Апатиты: Институт экономических проблем Кольского научного центра РАН, 2007. – 24 с.
7. *Терентьев Д.А., Василец П.М., Матвеев А.А.* Организация многовидового рыболовства на основе структуры уловов на различных видах промысла в 2003–2017 гг. в Петропавловско-Командорской подзоне // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана: сб. науч. тр. КамчатНИРО. – 2019. – Вып. 53. – С. 5–23. DOI: 10.15853/2072-8212.2019.53.5-21
8. Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 04.06.2018 г. № 228 «О внесении изменений в правила рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна, утвержденные приказом Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 21 октября 2013 г. № 385».
9. *Каредин Е.П.* О рыбопромысловом (биостатистическом) районировании дальневосточной исключительной экономической зоны России // Рыбное хозяйство. – 2001. – № 3. – С. 23–26.
10. *Балыкин П.А., Терентьев Д.А.* Организация многовидового промысла рыб на примере Карагинской подзоны // Вопросы рыболовства. – 2004. – Т. 5, № 3 (19). – С. 489–499.
11. *Пырков В.Н., Солодилов А.В., Дегай А.Ю.* Создание и внедрение новых спутниковых технологий в системе мониторинга рыболовства // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2015. – Т. 12, № 5. – С. 251–262.
12. Положение по функционированию отраслевой иерархической информационно-аналитической автоматизированной системы управления использованием водных биоресурсов. Приложение к приказу Госкомрыболовства России от 10 октября 1996 г. – М., 1996. – № 185. – 78 с.

13. *Василец П.М., Терентьев Д.А.* Характеристика промысла водных биологических ресурсов в Карагинской подзоне в 2001–2007 гг. // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана: сб. науч. тр. КамчатНИРО. – 2009. – Вып. 13. – С. 59–73.

14. *Шейко Б.А., Федоров В.В.* Класс Cephalaspidomorphi – Миноги. Класс Chondrichthyes – Хрящевые Рыбы. Класс Holosephali – Цельноголовые. Класс Osteichthyes – Костные рыбы // Каталог позвоночных Камчатки и сопредельных морских акваторий. – Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор, 2000. – С. 7–69.

15. *Василец П.М., Терентьев Д.А., Пырков В.Н.* Анализ пространственного распределения вылова камбал за 2011–2016 годы в прикамчатских и смежных с ними районах по данным отраслевой системы мониторинга // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана: сб. науч. тр. КамчатНИРО. – 2017. – Вып. 47. – С. 65–76.

16. Возможности оценки достоверности пространственной информации по вылову донных рыб в отраслевой системе мониторинга Росрыболовства на основе комплексного анализа промысловой отчетности и данных спутникового позиционирования промысловых судов / *П.М. Василец, Д.А. Терентьев, С.А. Коробов, В.Н. Пырков, А.В. Солодилов, А.Ю. Дегай* // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2018. – Т. 15, № 7. – С. 35–42. DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-7-35-42

Информация об авторах **Information about the authors**

Василец Пётр Михайлович – Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО); 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник; vasillets@kamniro.ru

Vasilets Peter Mikhailovich – Kamchatka Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography; 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher; vasillets@kamniro.ru

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

Terentiev Dmitry Anatolyevich – Kamchatka Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography; 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher; terentiev.d.a@kamniro.ru

Матвеев Андрей Анатольевич – Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО); 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский; специалист; matveev.a.a@kamniro.ru

Matveev Andrey Anatolevich – Kamchatka Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography; 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Specialist; matveev.a.a@kamniro.ru

УДК [574.62:597.552.511](265.53)

Л.И. Изергин

**ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МОЛОДИ КЕТЫ (*ONCORHYNCHUS KETA*,
(СЕМ. SALMONIDAE)) В МИКСОГАЛИННОЙ ОЛЬСКОЙ ЛАГУНЕ
(ТАУЙСКАЯ ГУБА, ОХОТСКОЕ МОРЕ)**

Обсуждаются результаты изучения распределения молоди тихоокеанских лососей в эстуарной зоне реки Ола в летний период 2004 г. Материалом для исследования послужили данные учетной съемки количественного распределения молоди тихоокеанских лососей и данные гидрологических и гидрохимических исследований. Сбор ихтиологического материала проводился с помощью малькового невода. Абиотические характеристики – температуру, соленость, электропроводность и мутность – определяли на 20 участках Ольской лагуны. В ходе сравнительного изучения изменения экологических факторов и количественного учета рыб были выявлены закономерности распределения молоди кеты в эстуарной зоне р. Ола. Отмечено, что распределение молоди кеты зависит от влияния абиотических факторов, причем для рыб на различных стадиях смолтификации определяющими являются разные абиотические показатели. На стадии пресмолтов молодь кеты достаточно чувствительна к солености, позже к температуре, вызывающей снижение количества растворенного кислорода. Смолтифицированная молодь предпочитает морскую соленость и уже не встречается при 25‰ и ниже.

Ключевые слова: *Oncorhynchus keta*, молодь лососевых, смолтификация, ранний морской период, условия обитания смолтов, Ольская лагуна, Охотское море.

L.I. Izergin

**JUVENILE CHUM SALMON DISTRIBUTION CHARACTERISTICS
IN THE MIXOGALIN OLA LAGOON (THE TAU BAY, THE SEA OF OKHOTSK)**

The study results of Pacific salmon juveniles distribution in the estuary zone of the Ola River in summer 2004 are discussed. The material for the study was based on the data of a Pacific salmon juveniles quantitative distribution survey and on the data of hydrological and hydrochemical studies. The collection of ichthyological material was carried out by means of a fry Seine. Abiotic characteristics such as temperature, salinity, electrical conductivity and turbidity were determined on 20 sites of the Olsky lagoon. During comparative study of changes in environmental factors and quantitative accounting of fish the regularities of juvenile chum salmon distribution in the estuary zone of the Ola river were revealed. It is noted that the juvenile chum salmon distribution depends on the influence of abiotic factors, and for fish at different stages of stratification, different abiotic indicators are decisive. At the stage of presmolts chum salmon juveniles are quite sensitive to salinity, later – to temperature, causing a decrease in the amount of dissolved oxygen. Stratified juveniles prefer sea salinity and are no longer found at 25‰ and below.

Key words: *Oncorhynchus keta*, juvenile salmon, smoltification, early sea period, smolt habitat, the Ola lagoon, the Sea of Okhotsk.

DOI: 10.17217/2079-0333-2019-50-89-97

Введение

У всех видов лососей одними из наиболее важных этапов в формировании численности поколений является ранний морской период жизни, в течение которого у них наблюдается наиболее высокая смертность. В связи с этим выживаемость поколения покатикиков, а значит и возврат будущих производителей в реки в значительной мере определяются способностью молоди адаптироваться к условиям нарастающей солености [1, 2]. Это объясняет особое внимание, которое уделяется изучению популяций лососевых в реках, устьевая зона которых представлена обширными эстуариями [3].

Река Ола, впадающая в Тауйскую губу, расположенную на северо-западе материкового побережья Охотского моря, по размерам и промысловой значимости в отношении дальневосточных лососей является одной из важнейших рек Магаданской области. Характерной особенностью ее гидрологии в течение длительного исторического времени было наличие в ее эстуарной зоне крупной, до 30 км², лагуны миксогалинного типа, в которой отчетливо выделяются олигогалинный (соленость 0,5–5‰), мезогалинный (соленость 5–18‰) и полигалинный (соленость 18–30‰) участки акватории. Молодь кеты в эстуариях такого типа нагуливается достаточно

длительный период, превышающий две недели [3, 4]. Столь длительное ее нахождение в зоне воздействия приливов и отливов и меняющейся при этом солености объясняется разновременностью ската молоди, ее биологической разнокачественностью и достаточно жесткими фоновыми условиями (ледовитость, температурный режим, кормовая база) прибрежных вод северной части Охотского моря. Близкие к ним условия обитания свойственны кете, нерестящейся в водоемах северо-востока Камчатки [3], юго-западного Сахалина [5–7], а также Британской Колумбии [8].

В настоящее время хорошо известно, что на динамику численности молоди лососевых в период покатной миграции и ранний морской период большое влияние оказывают абиотические факторы. Полнее всего это рассмотрено в работе В.И. Карпенко, однако его данные касаются в основном водоемов, расположенных на северо-востоке Камчатки [3]. Большая работа по обобщению данных по биологии тихоокеанских лососей материкового побережья Охотского моря была проведена С.Л. Марченко и В.В. Волобуевым [9]. Однако специализированных исследований по эстуарно-прибрежному периоду жизни кеты и горбуши в северной части Охотского моря, в частности у материкового побережья Магаданской области, в том числе в эстуарной зоне р. Ола, не проводилось. Здесь, как и в других мезогалинных водоемах Магаданской области, достаточно регулярно велись учеты молоди, но результаты ихтиологических исследований до сих пор не подвергались обобщению и анализу.

Одна из наиболее детальных ихтиологических съемок была проведена здесь сотрудниками лаборатории экологии рыбохозяйственных водоемов МагаданНИРО в 2004 г. В тот год в ходе контрольных обловов молоди лососевых были проведены обширные гидрологические и гидрохимические исследования. Сопоставление этих данных с результатами учетных съемок молоди позволило выявить закономерности пространственно-временного распределения кеты в период ее смолтификации и дифференцировать акваторию Ольской лагуны на участки с разным сочетанием экологических факторов, благоприятствующих развитию молоди и ее адаптации к морскому периоду жизни. В ходе проведенного нами исследования были также выявлены особенности распределения в лагуне молоди кеты естественного и искусственного происхождения. В настоящей работе представлены результаты анализа ранее полученных данных.

Пользуясь случаем, автор благодарит сотрудников МагаданНИРО, проводивших в 2004 г. ихтиологическую съемку в Ольской лагуне и любезно предоставивших автору данные своих экспедиционных исследований.

Материалы и методы

Экспедиционные исследования по учету молоди тихоокеанских лососей в эстуарной зоне р. Ола, в которую скатывается молодь как естественного, так и искусственного происхождения с лососевого рыболовного завода (ЛРЗ), были проведены в период с 3 июня по 23 июля 2004 г. Учетные работы по количественному распределению молоди лососевых проводили с помощью стандартного закидного, равнокрылого, безмотенного невода длиной 12 м и ячеей 3 мм, для приустьевых районов открытого моря – с помощью закидного равнокрылого невода с мотней. Его длина составляла 70 м, ячей – 10 мм на крыльях и 3 мм в мотне. С учетом поправок на конкретные условия притонения площадь замета стандартного невода составляла 78,54 м².

Всего за период проведения работ было проведено 139 контрольных обловов на 20 станциях (рис. 1), поймано, измерено и взвешено 3 055 экземпляров молоди кеты.

У пойманной молоди измеряли массу и длину тела по Смигу. У каждого образца брали отолиты для выделения в уловах количественного содержания заводской кеты.

Места обловов в ходе повторных обследований определяли с помощью спутникового приемника GPSGarmin12. В момент проведения контрольных обловов, используя анализатор качества воды (изготовитель компания Horiba, Япония), на каждой станции измеряли абиотические (гидрологические и гидрохимические) показатели – соленость, мутность, температуру, pH, электропроводность. Применение электропроводности в качестве гидрохимического параметра является, на наш взгляд, более наглядным, чем соленость, показателем условий обитания молоди, так как она характеризует общую минерализацию воды (количество растворенных в воде ионов), а не только значение ее солености.

Дифференциацию молоди по стадиям смолтификации проводили в соответствии с классификацией, описанной в работе В.С. Варнавского [2].



Рис. 1. Карта-схема расположения контрольных станций лова молоди кеты в акватории Ольской лагуны и соседнего участка морского берега

Результаты и обсуждение

Ранее нами было установлено, что начиная с середины июня молодь кеты в Ольской лагуне образует смешанные скопления из рыб искусственного и естественного происхождения [10].

В 2004 г. ее первые экземпляры были отмечены в уловах контрольного невода 3 июня в точке «L18», то есть уже непосредственно в зоне перемешивания пресных и морских вод. Обработка более поздних уловов молоди лососевых показала, что динамика изменений линейных и весовых показателей молоди кеты на разных по гидрохимическим и гидрологическим показателям станциях лова была разной. Рассмотрим эти закономерности для участков разных типов.

Станция лова «L1», как это видно из рис. 1, расположена непосредственно в районе впадения р. Ола в лагуну. Здесь практически не наблюдается влияние приливных морских вод, и независимо от величины приливно-отливных колебаний соленость в этом районе всегда равна нулю, а электропроводность, характеризующая количество растворенных ионов, не превышает 0,61 мS/см, что соответствует пресноводным участкам.

Данные по динамике линейных показателей собранной здесь молоди приведены на рис. 2.

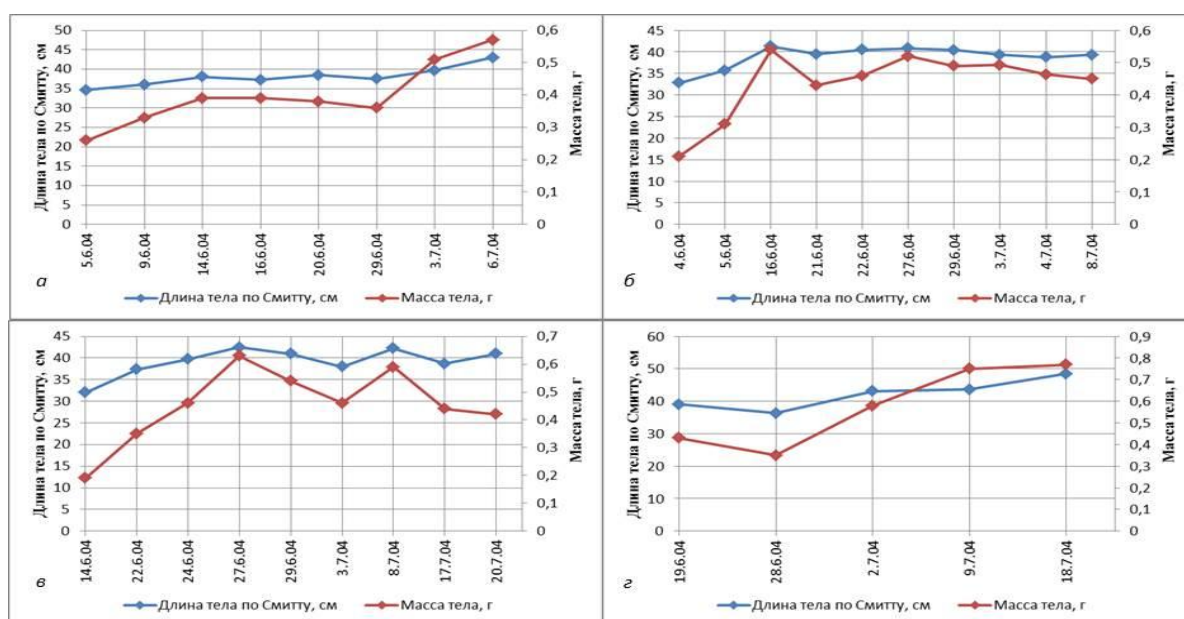


Рис. 2. Динамика изменений биологических показателей молоди кеты по станциям: а – станция «L1», б – станция «L3», в – станция «L19», г – станция «L7»

Как видно из графика (рис. 2, *а*), линейные и весовые показатели молоди кеты, пойманной на этом участке, достаточно равномерно увеличивались в течение всего периода исследований. Это дает основание говорить о том, что молодь кеты, совершающая покатную миграцию через этот участок, активно питалась в период ската, поскольку прирост у нее длины и массы тела за месяц наблюдений оказался достаточно заметным. Совокупность линейно-весовых параметров позволила отнести всю молодь кеты, пойманную в точке «L1», к естественной части популяции.

Точка «L3», расположенная в левобережной западной части Ольской лагуны, является типично полигалинной. Для этого района побережья характерно интенсивное перемешивание речных и морских вод в период прилива и понижение солености до полного опреснения в период отлива. Соленость здесь во время проведения исследований менялась от 0,02 до 18,9‰. Ее средние значения составили 4,05‰, а электропроводности – 4,73 мС/см. Анализ полученных данных показал, что вплоть до 27 июня динамика изменений длины и массы в целом не отличалась от таковых в точке «L1».

В то же время интенсивность роста рыб была несколько ниже, что объясняется, на наш взгляд, повышенными энергозатратами молоди кеты, которые связаны с более интенсивными физиолого-биохимическими процессами, обеспечивающими адаптивные реакции организма в процессе смолтификации.

Снижение средних величин линейных и весовых показателей после 27 июня связано, по нашему мнению, с появлением в лагуне молоди кеты, выпущенной с ЛРЗ. Следует отметить, что молодь, выращенная на ЛРЗ, по длине отличалась от «дикой» незначительно. Различия в весовых показателях у них были достаточно велики. Именно этим объясняется, на наш взгляд, несоответствие хода изменений весового и линейного показателей (рис. 2, *б*).

Точка «L19» по своим гидрохимическим характеристикам является типично олигогалинной. Влияние морских вод здесь достаточно велико во всех фазах приливно-отливного цикла. Соленость колеблется от 1,1 до 3,7‰, составляя в среднем 1,85‰, электропроводность – 4,04 мС/см. Данные по изменению в этой точке биологических показателей за период исследований представлены на рис. 2, *в*.

Обсуждаемый район (L19) находится непосредственно в Ольской лагуне вблизи одной из протоков, соединяющих лагуну с морем. Здесь велика вероятность выноса молоди кеты в прибрежную зону моря, воды которой имеют более низкую температуру и высокую соленость. Динамика изменений биологических показателей в этом участке, как это показано на рис. 2, *в*, характеризуется наличием достаточно выраженного пика, приходящегося на 27 июня. Средние биологические показатели молоди кеты в это время составили следующие величины: длина тела по Смигу – 42,5 мм, масса тела – 630 мг. Наличие в ее уловах рыб с такими размерно-весовыми показателями позволяет сделать вывод об окончании покатной миграции «дикой» части популяции кеты в конце. Недавно проведенные нами исследования также показывают, что именно в конце покатной миграции молоди кеты р. Ола в уловах встречаются особи с самой большой массой и длиной тела, что является следствием длительного времени, проведенного ими в реке в условиях более благоприятных температурных условий и достаточной кормовой базы.

Таким образом, изменения массы и веса тела молоди кеты в олигогалинных и полигалинных участках лагуны достаточно близки. Уменьшение их средних показателей в уловах с конца июня, вероятно, связано не с покатной миграцией различных популяционных или экологических групп, а с резким увеличением доли рыб искусственного воспроизводства в акватории лагуны.

Условия обитания рыб в районе отбора проб «L7» характеризуются как типично мезогалинные. Соленость на этом участке колебалась от 3,9 до 24,5‰ и составила в среднем 18,72‰, а электропроводность – 30,07 мС/см. В Ольской лагуне участки с подобными характеристиками занимают значительные площади и являются наиболее благоприятными для начального нагула и адаптации молоди кеты к морским условиям. Из графика (рис. 2, *г*) видно, что увеличение длины и массы тела молоди кеты в этой точке носят достаточно интенсивный характер. Так, длина тела по Смигу за период контрольных обловов увеличилась с 39 мм до 48,5 мм, масса – с 430 мг до 770 мг.

Необходимо отметить, что характер изменения биологических характеристик, а также результаты анализа микроструктуры отолитов указывают на отсутствие на таких участках или малое количество молоди искусственного воспроизводства. Для проникновения на эту часть акватории лагуны, характеризующуюся достаточным прогревом воды, активным перемешиванием морских и пресных вод и отсутствием стратификации, молоди кеты необходимо осуществлять

довольно значительные миграции через зоны встречного течения. По всей видимости, молодь, выпущенная с ЛРЗ, из-за своего низкого физиологического статуса просто не в состоянии совершать подобные миграции.

Распределение молоди кеты в период обловов характеризовалось достаточной неоднородностью. Основываясь на анализе влияния различных гидрологических и гидрохимических параметров при контрольных обловах в 2004 г., была проведена дифференциация участков акватории Ольской лагуны по степени влияния того или иного фактора.

В первую группу, где наибольшее влияние оказывает повышение уровня воды в р. Ола, связанное с оттайкой мерзлотных грунтов и влиянием осадков, вошли точки: «L1», «L17», «L18», «L19», «L20», «L3». Динамика изменения гидрологических и гидрохимических показателей этих участков за весь период экспедиционных исследований представлена на рис. 3.

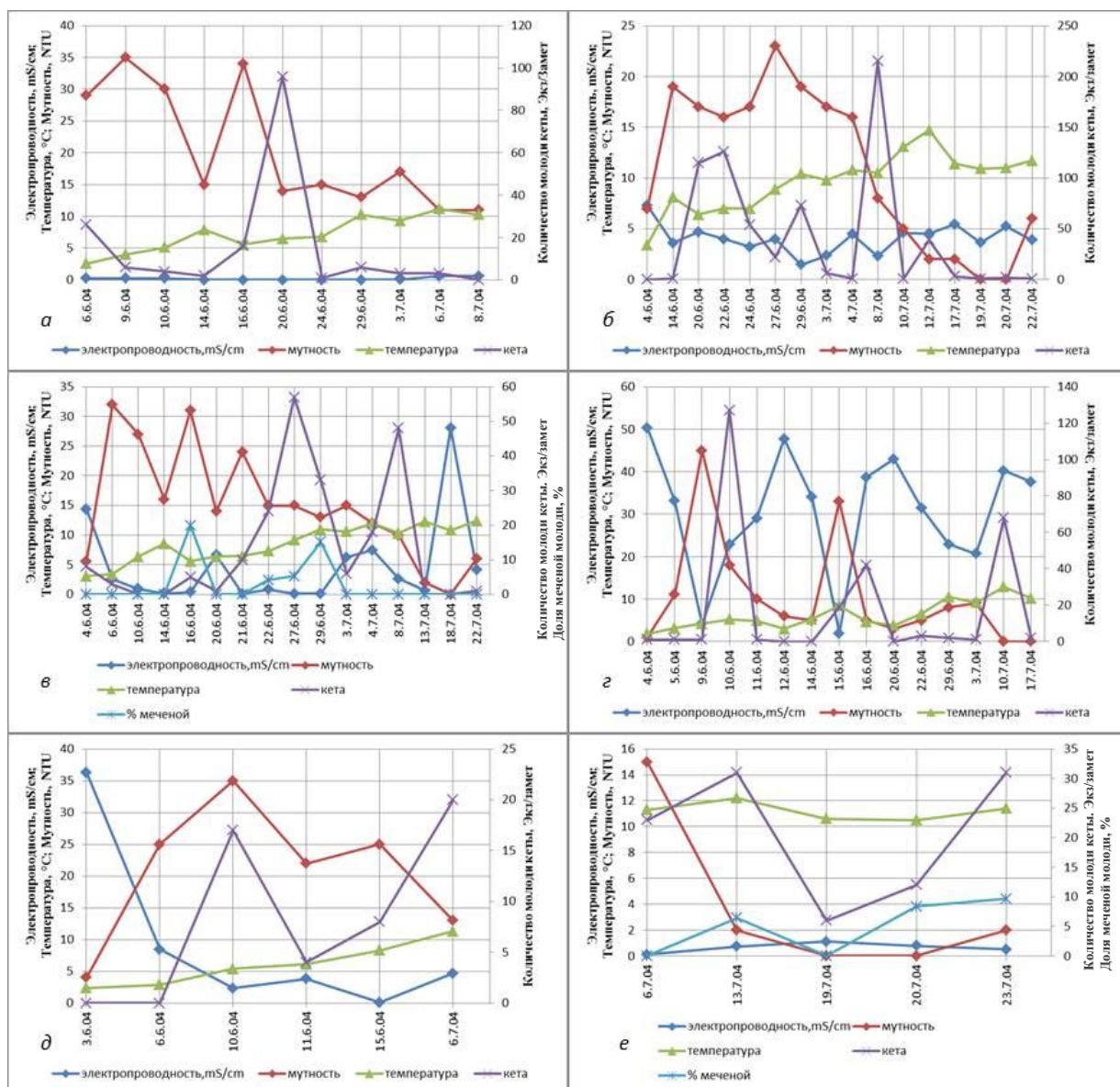


Рис. 3. Динамика изменений абиотических факторов и уловов молоди кеты по станциям:
а – станция «L1», б – станция «L19», в – станция «L3», г – станция «L17»,
д – станция «L18», е – станция «L20»

Ввиду того, что в условиях влияния приливно-отливных течений использование гидрологической рейки для учета изменений уровня режима в районе устья реки невозможно, в качестве параметра, указывающего на повышение уровня воды в реке, использовался показатель мутности. Проведенные наблюдения показали, что численное увеличение показателя мутности, фиксируемое в условных единицах анализатором «Hogiba», в достаточной степени коррелирует

с повышением уровня воды в реке и увеличением стока. Характерной особенностью, которая прослеживается на всех графиках, является резкое повышение уловов при контрольных обловах через 1–5 сут после повышения уровня воды. При этом корреляция между показателями мутности и количеством экземпляров молоди кеты в уловах во многих случаях, с учетом темпорального сдвига по оси X , достигает величины 0,98, имеющей чрезвычайно высокий уровень значимости для биологических объектов.

Все участки, для которых указанный гидрологический фактор является определяющим, расположены либо в непосредственной близости к водотоку р. Ола, либо к так называемым остаточным течениям. Под этим термином понимаются участки Ольской лагуны, где влияние пресных речных вод сказывается не после перемешивания, а в условиях, когда наблюдается достаточно выраженная стратификация пресных и солоноватых вод. Обратно пропорциональная зависимость, наблюдаемая на части графиков (рис. 3, в, г), между показателями электропроводности (как показателя, характеризующего общую минерализацию воды, включая соленость) и количественных уловов, является вторичной причиной, а первопричиной уменьшения солености является увеличение речного стока. Динамика температурных изменений, по нашему мнению, не оказывает влияния на величину уловов молоди кеты и отражает лишь особенности гидрологии водоема и погодные условия текущего года.

Во вторую группу участков акватории Ольской лагуны по степени влияния того или иного фактора вошли места сбора проб «L16», «L15», «L7», «L6». Места их расположения характеризуются как мезогалинные с умеренным влиянием приливно-отливных течений. Они, по сути, являются буферной зоной между пресными и морскими водами. Изменения гидрологии и гидрохимии для этих точек, полученные за период наблюдений, представлены на рис. 4.

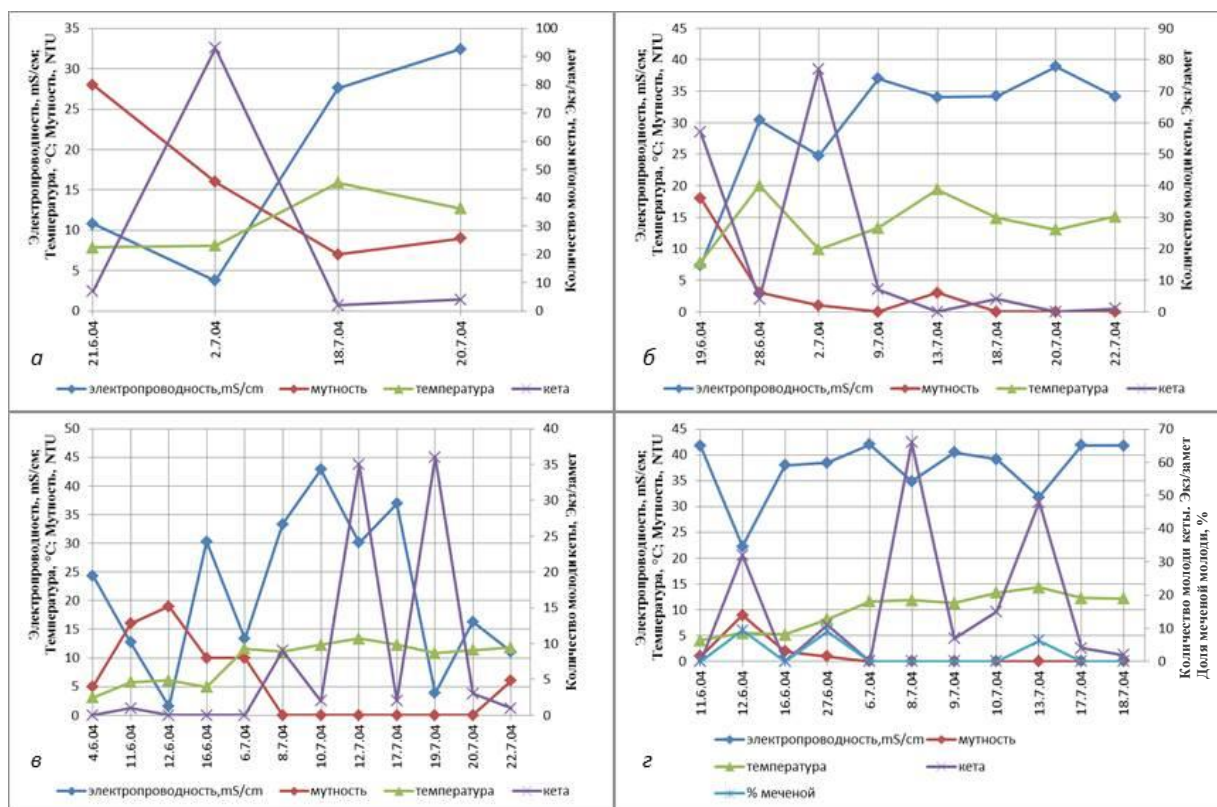


Рис. 4. Динамика изменений абиотических факторов и уловов молоди кеты по станциям:
а – станция «L6», б – станция «L7», в – станция «L16», г – станция «L15»

Графики на рис. 4 показывают, что во всех указанных выше районах ни мутность (как показатель уровня стока), ни температура не оказывают существенного влияния на количество молоди кеты в уловах. Единственным показателем, с которым прослеживается связь, является электропроводность. Ее изменения на данных участках лагуны обусловлены влиянием соленых морских вод. Необходимо отметить, что характер этой связи обратно пропорциональный, то есть чем ниже соленость воды на участке отбора проб на момент обловов, тем выше количество молоди кеты в уловах. Такая закономерность, по нашему мнению, объясняется тем, что молодь ке-

ты, мигрирующая в зону интенсивного перемешивания пресных и соленых вод по совокупности своих физиологических характеристик находится в стадии пресмолтов и избегает мест с высокими показателями солености, близкими к таковым в открытом море. Подобные поведенческие реакции являются показателем адаптационных возможностей молоди кеты в период смолтификации [11]. Необходимо отметить, что молодь, пойманная на этих участках, имеет морфологические признаки, свойственные таковым в переходной между типично речной и морской фазами развития. Интенсивность пятен на их теле значительно ниже, чем у покатников, само тело светлее, а спина имеет достаточно интенсивную зеленоватую окраску.

В третью группу участков по степени влияния того или иного фактора на количественное распределение были объединены точки «L13» и «L9». Особенностью гидрологического и гидрохимического режима этих участков являются высокие показатели солености. Это связано с удаленностью этих участков от крупных источников пресной воды, во-первых, и особенностями приливно-отливных течений на акватории Ольской лагуны, определяемыми Атарганской косой, во-вторых.

Результаты изучения зависимости распределения молоди от факторов среды в период проведения наблюдений за миграциями молоди и количественным распределением молоди приведены на следующем рис. 5, а, б.

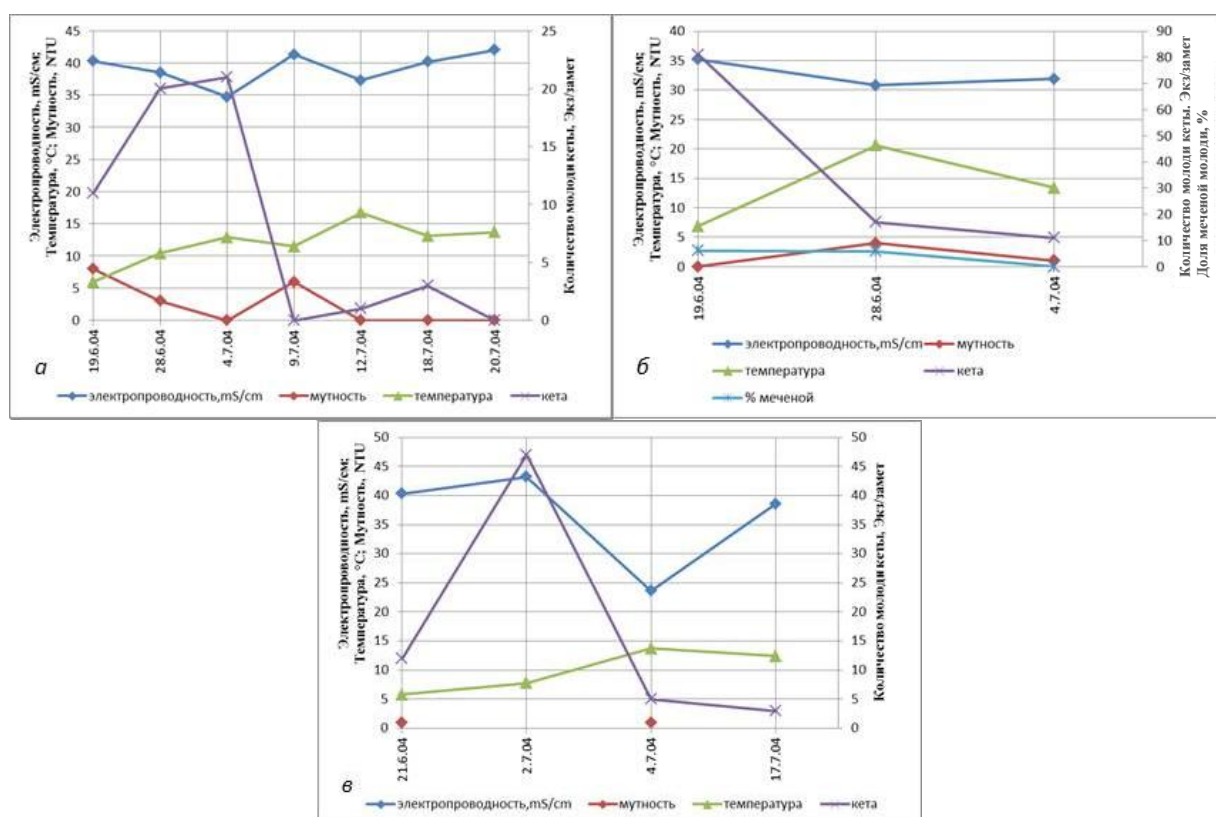


Рис. 5. Динамика изменений абиотических факторов и уловов молоди кеты по станциям: а – станция «L13», б – станция «L9», в – станция «L12»

Анализ представленных на графиках данных позволяет сделать вывод о приоритетном влиянии температурного режима этих участков на уловы молоди кеты. Молодь кеты, выловленная при контрольных обловах в точках «L13» и «L9», имела уже типично морскую окраску. Вся совокупность морфологических признаков свидетельствовала о завершении процесса смолтификации. Выше уже было отмечено, что такая молодь избегает участков с повышенной температурой воды. При ее повышении более 10,5°C она откочевывала на другие участки лагуны, оставаясь при этом в зоне высокой солености воды. Этот факт объясняется значительными изменениями в красной крови, которые происходят к концу смолтификации кеты. Они выражаются в уменьшении числа эритроцитов и вследствие этого снижении адаптивных возможностей к гипоксии [11, 12]. Так, известно, что при повышении температуры воды количество растворенного в ней кислорода резко уменьшается, и именно поэтому смолты молоди кеты мигрируют на более холодноводные участки лагуны.

В четвертую группу участков входит участок побережья в месте отбора проб «L12». Оно расположено на границе Ольской лагуны и открытого моря. Данные обловов на этой станции представлены на рис. 5, в. Вся молодь кеты, пойманная здесь в ходе обловов, имела значительные размеры и типично морскую окраску. Ее миграции на указанном участке зависели исключительно от солености воды. В отличие от закономерностей, отмеченных для участков лагуны мезогалинного типа, здесь с уменьшением солености падали и уловы контрольного невода. Представленные данные в целом позволяют сделать заключение о том, что полностью смолтифицированная молодь кеты избегает опресненных участков акватории и совершает откочевку в прибрежную зону открытого моря.

Заключение

В результате проведенных работ выявлены закономерности распределения молоди кеты в эстуарной зоне р. Ола. Отмечено, что ее распределение зависит от влияния абиотических факторов, причем на различных стадиях смолтификации рыб их воздействие различно. Так, колебания численности только что скатившейся молоди кеты («пестрятка») в наибольшей степени зависят от величины речного стока. Молодь на этой стадии достаточно равномерно распределяется в наиболее опресненных участках лагуны и избегает водных масс с повышенными показателями солености.

На стадии пресмолтов молодь кеты распределяется на мезогалинных участках лагуны, в зоне активного смешения пресных и морских вод. Отмечено, что в этот период количество молоди в уловах зависит от значений электропроводности, обусловленной степенью влияния соленых морских вод. Молодь на этой стадии смолтификации достаточно толерантна к сильному опреснению, но в то же время избегает участков с высокими показателями солености, близкими к таковым в открытом море.

На завершающей стадии смолтификации молодь кеты нагуливается на участках лагуны, прилежащих к морскому побережью, имеющих показатели солености близкие к морским (20–25‰). Фактором, оказывающим наибольшее влияние на распределение молоди на этой стадии, является количество растворенного в воде кислорода. При повышении температуры воды выше 10,5°C он становится лимитирующим. Объясняется это низкими адаптивными возможностями молоди кеты к гипоксии вследствие значительной перестройки эритроцитарной системы.

Полностью смолтифицированная молодь, характеризующаяся типично морской окраской, распределялась на участках акватории показателями солености, близкими и аналогичными морскими. За все время проведения исследований не было отмечено ни одного случая поимки полностью смолтифицированной молоди на участках с соленостью менее 25‰.

Литература

1. 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.
2. Варнавский В.С. Смолтификация лососевых. – Владивосток: ИБМ ДВО АН СССР, 1990. – 180 с.
3. Карпенко В.И. Ранний морской период жизни тихоокеанских лососей. – М.: Изд-во ВНИРО, 1998. – 165 с.
4. Распределение, размерно-весовая характеристика и питание молоди лососевых рыб в прибрежной зоне Тауйской губы Охотского моря / Н.Н. Афанасьев, В.И. Михайлов, С.А. Кузнецов, М.В. Ракитина // Биологические основы развития лососеводства в Магаданском регионе: сб. науч. тр. – СПб.: ГосНИОРХ, 1994. – Вып. 308. – С. 42–54.
5. Фроленко Л.А. Питание и кормовая база молоди кеты и горбуши в реках и прибрежных участках юго-восточной части Татарского пролива // Изв. ТИНРО. – 1965. – Т. 59. – С. 160–172.
6. Шершнев А.П. Биологическая характеристика молоди кеты в прибрежных водах юго-восточной части Татарского пролива // Изв. ТИНРО. – 1970. – Т. 74. – С. 101–111.
7. Шершнев А.П. Биология молоди кеты из прибрежных вод юго-восточной части Татарского пролива // Тр. ВНИРО. – 1975. – Т. 106. – С. 58–66.
8. Mason Y.C. Behavioral ecology of chum fry (*Oncorhynchus keta*) in small estuary // J. Fish. Res. Board Can. – 1974. – Vol. 31, № 1. – P. 83–92.

9. Волобуев В.В., Марченко С.Л. Тихоокеанские лососи континентального побережья Охотского моря (биология, популяционная структура, динамика численности, промысел). – Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2011. – 303 с.

10. Изергина Е.Е. Изменение осмотической резистентности эритроцитов как критерий оценки физиологического состояния молоди кеты диких и заводских популяций // Состояние рыбохозяйственных исследований в бассейне северной части Охотского моря: сб. науч. тр. – Магадан: МагаданНИРО, 2004. – С. 359–363.

11. Изергин Л.И., Изергина Е.Е. Использование гематологических показателей молоди кеты и горбуши для оценки их адаптационного статуса в ранний морской период // Вестник Камчатского государственного технического университета [Bulletin of the Kamchatka State Technical University]. – 2018. – Вып. 46. – С. 66–72.

12. Изергина Е.Е., Изергин И.Л. Влияние солености 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.

Информация об авторе Information about the author

Изергин Лев Игоревич – Магаданский филиал Всероссийского научно-исследовательского института 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; Junior Researcher of the Ecology of Fishery Water Bodies Laboratory; lev_izergin@mail.ru

УДК 591.46:597.541

Н.П. Сергеева, А.А. Бонк**НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ПОЛОВЫХ ЖЕЛЕЗ
МОЛОДИ КОРФО-КАРАГИНСКОЙ СЕЛЬДИ**

Проанализирована динамика размеров и массы гонад, гонадосоматического индекса по мере роста молоди сельди, обитающей в Корфо-Карагинском районе, расположенном у восточного побережья Камчатки. Рассмотрены размерная структура и состояние половых клеток у неполовозрелых самок разных возрастных групп. Проведение гистологических исследований показало, что у сеголеток ооциты достигают первой – третьей ступеней цитоплазматического роста, у двух- и трехлетних особей – четвертой ступени. Показано, что перед началом созревания формируются вителлогенные ооциты фазы вакуолизации. После этого в ооцитах начинают формироваться гранулы желтка. Фаза вакуолизации цитоплазмы у корфо-карагинской сельди длится восемь месяцев, с октября-ноября по май-июнь.

Ключевые слова: сеголетки, неполовозрелые особи, гонады, биологические показатели сельди, ооцит, диаметр, фаза развития.

N.P. Sergeeva, A.A. Bonk**SOME PATTERNS OF GONAD DEVELOPMENT
OF KORF-KARAGIN IMMATURE HERRING**

The dynamics of the size and weight of the gonads, gonadosomatic index during the period of juvenile herring development inhabiting in the Korfo-Karaginsky region which is located near the eastern coast of Kamchatka is analyzed. The size structure and germ cells condition of immature females of different age groups are considered. The histological studies have shown that yearlings oocytes reach the first or the third stage of cytoplasmic growth, but two and three year old individuals – the fourth stage. It was shown that vitellogenic oocytes of the vacuolization phase are formed before maturation. After this, yolk granules begin to form in oocytes. The vacuolization phase of the cytoplasm of Korf-Karaginskaya herring lasts 8 months from October-November till May-June.

Key words: yearlings, immature individuals, gonads, biological indicators of herring, oocytes, diameter, development stage.

DOI: 10.17217/2079-0333-2019-50-98-108

Введение

Большинство исследований неполовозрелой корфо-карагинской сельди (*Clupea pallasii* (Val.)) посвящено изучению распределения и некоторых сторон биологии сеголеток, в частности определению их размерно-весовой структуры и упитанности в связи с оценкой численности поколений [1–6]. Лишь в отдельных публикациях имеются данные о массе половых желез самцов и самок сеголеток [1] и о массе гонад неполовозрелых рыб без указания возраста и пола рыб [2]. В материалах комплексной Корфо-Карагинской экспедиции [7] приводятся сведения о строении ооцитов разных фаз развития у неполовозрелых рыб, собранных в апреле – мае 1975 г. Однако данные о размерной структуре ооцитов у разновозрастных представителей молоди отсутствуют, а особенности развития репродуктивных органов у молоди до сих пор остаются неизученными.

Это и определило цель проведенных авторами исследований – выяснение особенностей развития репродуктивной системы сельди до начала полового созревания, в частности определение абсолютных и относительных показателей длины и массы гонад у неполовозрелых самцов и самок и их изменений по мере роста рыб, оценка состояния и размерной структуры ооцитов молоди сельди разного возраста.

Материалы и методы

В настоящем исследовании авторы использовали материалы лаборатории морских промысловых рыб, содержащие сведения, полученные при обработке фиксированных проб молоди сельди, собранных во время выполнения учетных осенних донных траловых съемок (октябрь – декабрь) и траловых работах (январь, май, август) в заливах западной части Берингова моря: Карагинском, Олюторском и Корфа в 1969–1973 и 1975–1976 гг. В собранном материале были исследованы неполовозрелые особи сельди длиной 6,0–30,5 см.

В 2003–2017 гг. для анализа сельди использовали пробы, взятые в период промысла из уловов крупнотоннажных траулеров в Олюторском заливе и на свале глубин южнее м. Говена. Сельдь измеряли по Смитту с точностью до 0,5 или 1,0 см. Отнесение особи к рангу неполовозрелых определялось при вскрытии. В ноябре – декабре 2005, 2011–2015 гг. при выполнении биологических анализов сельди фиксировали гонады ее неполовозрелых особей в 4%-ном растворе формальдегида. В лаборатории пробы отмачивали, измеряли длину и ширину гонад с точностью до 0,1 см, массу гонад определяли с точностью до 0,001 г. В 2013–2017 гг. гонады измеряли у свежепойманных рыб.

Возраст сельди определяли по чешуе. За гонадосоматический индекс (ГСИ) принимали отношение массы гонад к массе рыбы без внутренностей и выражали его в процентах. Для измерения диаметра яйцеклеток кусочки яичника массой 0,01–0,05 г помещали на предметное стекло, добавляли 2–3 капли воды. Распределяли ооциты узкой полосой с помощью скальпеля и препаровальной иглы. Изготовленный препарат просматривали под бинокулярным микроскопом Olympus CH-2 (объектив 4×). Затем у трех самых крупных яйцеклеток с помощью цифровой камеры (DCM35 (350K pixels, USB2.0) и компьютерной программы Scope Photo 3.0 измеряли диаметр. У отдельных разноразмерных, разновозрастных самок измеряли диаметр 50 расположенных подряд ооцитов. Цену деления шкалы на экране монитора определили с помощью окуляр-микрометра.

Состояние ооцитов оценивали с помощью гистологических методов. Для этого собранные в ноябре – декабре 2005 г. фиксированные в растворе формальдегида половые железы самок заливали жидкостью Буэна и затем с помощью стандартных методов [8] готовили препараты для микроскопирования. Для этого отобранный для изучения материал проводили через растворы спирта возрастающей концентрации, хлороформ, смесь парафина-хлороформа. Срезы гонад толщиной 5–7 мкм помещали на предметное стекло и окрашивали железным гематоксилином по методике Гейденгайна [9]. Снимки срезов выполняли при увеличении 4×, а отдельные характерные ооциты разных фаз и ступеней развития – при увеличении 10×.

В работе использована терминология ступеней онтогенеза костистых рыб, предложенная Т.С. Рассом [10], согласно которой фаза молодёжи ранжируется по возрасту: мальки или сеголетки, годовики, двухгодовики. Термины «молодь» и «неполовозрелая особь» в нашей работе используются как синонимы.

Объем изученного материала представлен в табл. 1.

Таблица 1

Количество изученных образцов молодёжи корфо-карагинской сельди, собранной в разные годы

Показатель	Самцы	Самки	Годы сбора
Размеры гонад	44	58	2005, 2011–2017
Масса гонад	1007	1227	1969–1976, 2005, 2011–2013
Количество измеренных ооцитов	–	1160	2005, 2012
Количество срезов	–	14	2005

Результаты и обсуждение

Цитологическая дифференцировка пола у сельди предшествует анатомической. В связи с этим половую принадлежность у представителей первого года жизни визуально определить трудно. Однако с помощью оптики можно обнаружить гонады, содержащие ооциты. Первые признаки анатомической дифференцировки пола наблюдаются у сеголеток сельди в осенний период. Г.М. Персов [11, с. 40]) справедливо отмечал, что «дифференцировка пола может быть установлена лишь с того момента, когда появляются какие-либо показатели развития гонад в женском направлении». Именно так поступают исследователи при выполнении биологического анализа молодёжи не только сельди, но и других видов рыб, в частности минтая и трески [12, 13], у которых гонады самок вполне различимы, тогда как у самцов они настолько тонки и незаметны, что наблюдатель на этом основании считает, что анализирует самца.

Семенники сельди очень тонкие, плоские, парные органы, занимающие около 1/4–1/2 длины полости тела. Они имеют вид плотных узких ленточных тяжей шириной до 0,4 см. Их цвет меняется от белого или розового (у сеголеток) до красноватого (у более старших особей). Передняя часть гонады напоминает форму ланцета. Выводной канал не виден невооруженным глазом. Расположены гонады ближе к каудальной части брюшной полости и плотно прилегают к ее верхней стенке (рис. 1, а; 2, а).

Яичники представляют собой тонкие, плоские парные железы, занимающие около половины (от 1/3 до 2/3) длины полости тела, их ширина до 0,8 см. Цвет женских гонад может варьировать от беловато-прозрачного до желто-оранжевого полупрозрачного. Сеть кровеносных сосудов не развита. Гонады имеют рыхлую консистенцию, их ширина не превышает 0,8 см. Отличаются от семенников они большей величиной и рифленой складчатой поверхностью нижнего края яичника. Ооциты не видны невооруженным глазом. Расположены половые железы, как и у самцов, у верхней стенки брюшной полости (рис. 1, б; 2, б).



Рис 1. Гонады неполовозрелых особей корфо-карагинской сельди:
а – самец длиной 29,5 см, б – самка длиной 28,0 см. Стрелками показаны гонады



Рис 2. Гонады неполовозрелых особей корфо-карагинской сельди:
а – гонады самца длиной 29,5 см, б – гонады самки длиной 29,0 см

Длина сельди с незрелыми гонадами в промысловых уловах в ноябре – декабре изменялась от 10,5 до 30,5 см, составляя в среднем 26,1 см.

Длина гонад, их масса возрастают с увеличением размеров рыб. У самцов и самок она, в целом, пропорциональна размеру рыб (рис. 3, а). Длина гонад по отношению к длине рыб не показывает направленного изменения по мере увеличения последней и составляет в среднем 22% у самцов и 28% у самок. Масса гонад возрастает по виду степенной функции, причем у самок более резко, чем у самцов (рис. 3, б). Так, длина и масса гонад самцов размерами 14,1–16,0 см достигает в среднем 2,7 см и 0,027 г, а при длине рыб 23,1–25,0 см – 4,5 см и 0,210 г. Средняя длина и масса желез самок таких размеров составляет 4,3 см и 0,114 г и 6,0 см и 0,656 г,

соответственно. Ширина лопасти половой железы у самцов первой группы составляет менее 0,1 см, а у более крупных особей увеличивается до 0,4 см. Ширина доли яичника у рыб первой размерной группы равняется 0,05–0,10 см, а у второй возрастает до 0,2–0,8 см. Гонадосоматический индекс по мере роста рыб изменяется незначительно (рис. 3, в). У самцов этот показатель варьировал от 0,03 до 0,32 и в среднем составил 0,15%, у самок он изменялся от 0,06 до 0,90, в среднем – 0,53%.

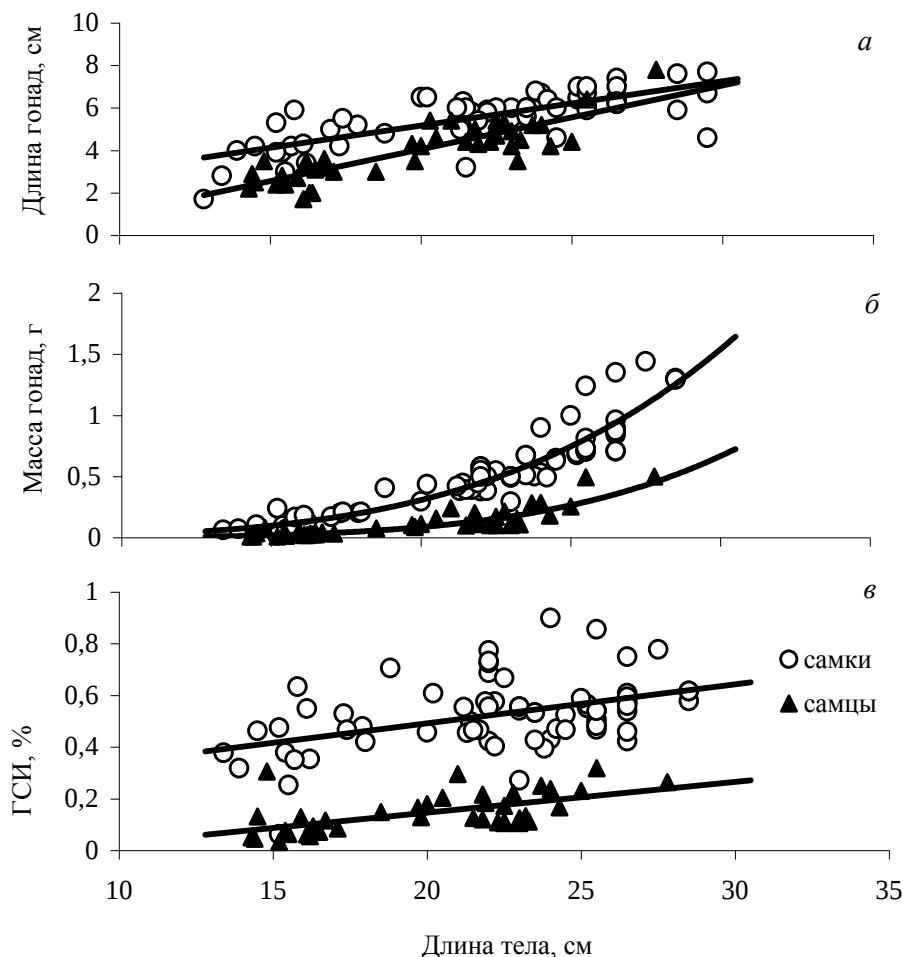


Рис. 3. Длина (а) и масса (б) гонад, ГСИ (в) неполовозрелой корфо-карагинской сельди разной длины в ноябре – декабре 2012 г.

Рассматривая сезонные изменения массы гонад и гонадосоматического индекса, можно сказать, что наиболее заметное увеличение массы гонад самцов и самок отмечается в октябре – ноябре, на третьем-четвертом годах жизни (табл. 2 и 3), что согласуется с сезонной динамикой роста сельди [14] и тесно связано с приближением начала созревания некоторой части особей корфо-карагинской популяции [2, 4].

Таблица 2

Изменение массы гонад и ГСИ разновозрастных самцов корфо-карагинской сельди в разные месяцы года

Месяц	Возраст	Длина рыб, см	Масса гонад, г	ГСИ, %	Кол-во рыб
Октябрь	0+	8,0–12,4 (9,8)	0,001–0,020 (0,004)	0,009–0,404 (0,071)	85
Ноябрь	0+	7,7–12,0 (10,9)	0,001–0,038 (0,008)	0,011–0,461 (0,103)	358
Декабрь	0+	10,4–12,3 (11,2)	0,001–0,023 (0,003)	0,011–0,350 (0,042)	38
Январь	1	6,7–9,8 (8,4)	0,001–0,005 (0,002)	0,017–0,211 (0,087)	38
Октябрь	1+	10,5–13,5 (12,3)	0,006–0,024 (0,012)	0,044–0,186 (0,101)	36
Ноябрь	1+	10,3–17,4 (13,8)	0,002–0,065 (0,013)	0,009–0,353 (0,062)	238
Январь	2	11,9–19,5 (16,8)	0,012–0,098 (0,041)	0,031–0,662 (0,122)	53
Май	2	10,6–17,8 (14,5)	0,006–0,031 (0,015)	0,035–0,117 (0,058)	25
Август	2+	15,4–21,5 (18,5)	0,008–0,154 (0,052)	0,023–0,428 (0,099)	73
Ноябрь	2+	17,5–21,5 (19,1)	0,520–3,650 (1,704)	1,074–5,530 (2,574)	18

Таблица 3

Изменение массы гонад и ГСИ самок корфо-карагинской сельди разного возраста в разные месяцы

Месяц	Возраст	Длина, см	Масса гонад, г	ГСИ, %	Кол-во рыб
Октябрь	0+	7,5–11,9 (10,1)	0,002–0,030 (0,015)	0,024–0,510 (0,206)	92
Ноябрь	0+	7,3–12,7 (10,0)	0,001–0,048 (0,016)	0,029–0,676 (0,206)	511
Декабрь	0+	7,0–10,6 (10,0)	0,001–0,030 (0,013)	0,057–0,315 (0,194)	48
Январь	1	6,0–9,8 (8,1)	0,001–0,014 (0,005)	0,021–0,422 (0,160)	91
Август	1+	12,5–15,2 (14,2)	0,038–0,060 (0,058)	0,195–0,351 (0,258)	5
Октябрь	1+	11,0–13,5 (12,4)	0,007–0,078 (0,050)	0,067–0,572 (0,400)	25
Ноябрь	1+	10,5–17,6 (13,5)	0,008–0,169 (0,065)	0,040–0,572 (0,380)	209
Январь	2	14,0–23,0 (17,1)	0,015–0,314 (0,141)	0,032–0,596 (0,346)	47
Май	2	11,6–17,5 (14,7)	0,019–0,207 (0,077)	0,053–0,629 (0,362)	27
Август	2+	15,8–21,3 (18,4)	0,003–0,436 (0,160)	0,006–0,679 (0,304)	81
Ноябрь	2+	17,4–22,8 (20,0)	0,122–1,950 (1,147)	0,314–2,305 (1,518)	12
Ноябрь	3+	21,0–25,5 (22,9)	1,670–2,400 (2,030)	1,372–2,557 (2,043)	7

В яичниках рыб длиной до 21 см все ооциты прозрачны, у более крупных особей появляются ооциты с заметными при увеличении шарообразными включениями в цитоплазме. Из-за этого они выглядят мутными и более темными (рис. 4, б). В ходе измерения диаметра наиболее крупных ооцитов у молоди корфо-карагинской сельди было обнаружено, что размеры оптически прозрачных ооцитов не превышали 200 мкм. Более крупные ооциты были мутноватыми. Заметной границы в размерах прозрачных и мутноватых ооцитов нет. У тех и других сквозь цитоплазму хорошо просматривалось ядро. Отношение диаметра ядра к диаметру ооцита у первых в среднем составило 62,3%, у вторых – 51,0%.

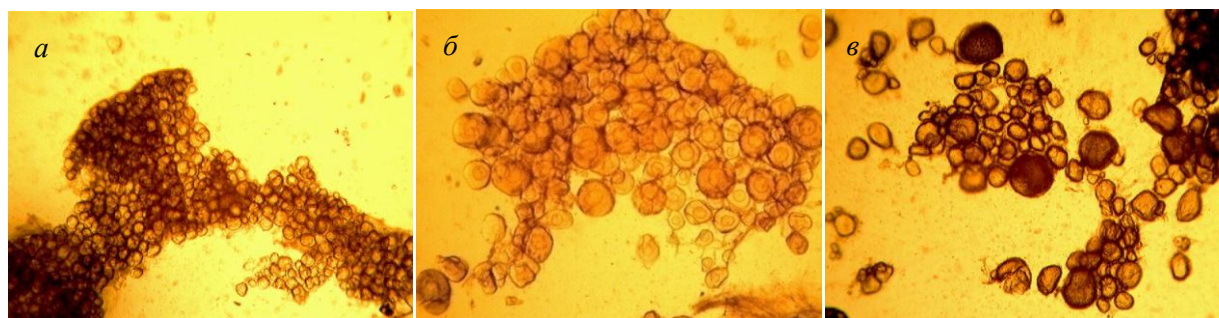


Рис. 4. Ооциты корфо-карагинской сельди: а – длина рыбы 15,5 см (115 мкм*); б – длина рыбы 25,0 см (247 мкм); в – 26,5 см (295 мкм). * Здесь и далее в скобках указан диаметр наиболее крупных ооцитов

Размеры наиболее крупных яйцеклеток в яичниках возрастают с увеличением длины рыб. Так, у молоди длиной 9,9 см диаметр ооцитов достигал 47 мкм. У рыб длиной 15,0–19,0 см они увеличились до 76–104 мкм, у особей длиной 22,0–28,5 см до 199–327 мкм (рис. 5). Подобная закономерность отмечена у молоди минтая и тихоокеанской трески [12, 13].

По мере роста молоди менялся не только диаметр наиболее крупных яйцеклеток. Изменения наблюдались также в размерной структуре комплекса превителлогенных ооцитов. Нами был проанализирован размерный состав ооцитов пяти возрастных классов молоди корфо-карагинской сельди. В зависимости от возраста самок изменялась размерная структура половых клеток. В ноябре – декабре у сеголеток длиной 9,9; 11,0 и 13,4 см диаметр ооцитов достигал 47; 63 и 112 мкм соответственно. В целом у 94% половых клеток диаметр не превышал 100 мкм.

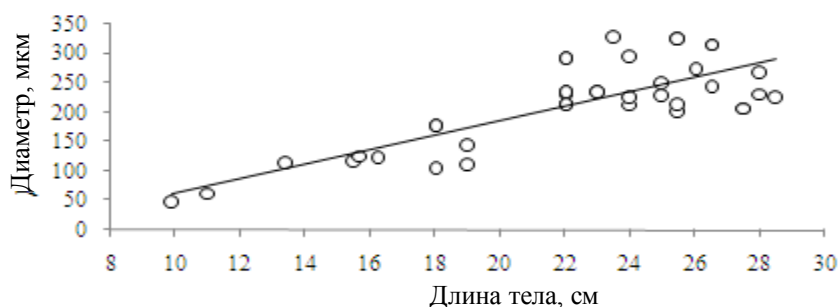


Рис. 5. Максимальный диаметр ооцитов неполовозрелой корфо-карагинской сельди разной длины в ноябре – декабре 2005, 2012 гг.

Двухлетки длиной 15,5–16,2 см в ноябре – декабре имели ооциты, средний диаметр которых равнялся 84 мкм, а у наиболее крупных – 115–127 мкм, у 88% половых клеток диаметр не превышал 100 мкм (рис. 6). У самки длиной 18,0 см диаметр самых крупных ооцитов достигал 176 мкм, но основную их часть (78%) составляли клетки размерами 76–150 мкм. Доля ооцитов менее 100 мкм, по сравнению с таковой у более мелких представителей этой возрастной когорты, уменьшилась у них до 36%. В яичниках рыб возрастных групп 0+, 1+ все ооциты выглядели оптически прозрачными. У двухгодовиков в мае размеры ооцитов достигали 220–250 мкм [7]. В осенне-зимний период 2005 г. самые крупные ооциты у рыб в возрасте 2+ выглядели мутноватыми и достигали 211–234 мкм, а 40% половых клеток имели диаметр менее 100 мкм. У четырехлетних особей максимальный диаметр самых крупных ооцитов колебался от 233 до 291 мкм, а доля ооцитов размерами менее 100 мкм осталась прежней.

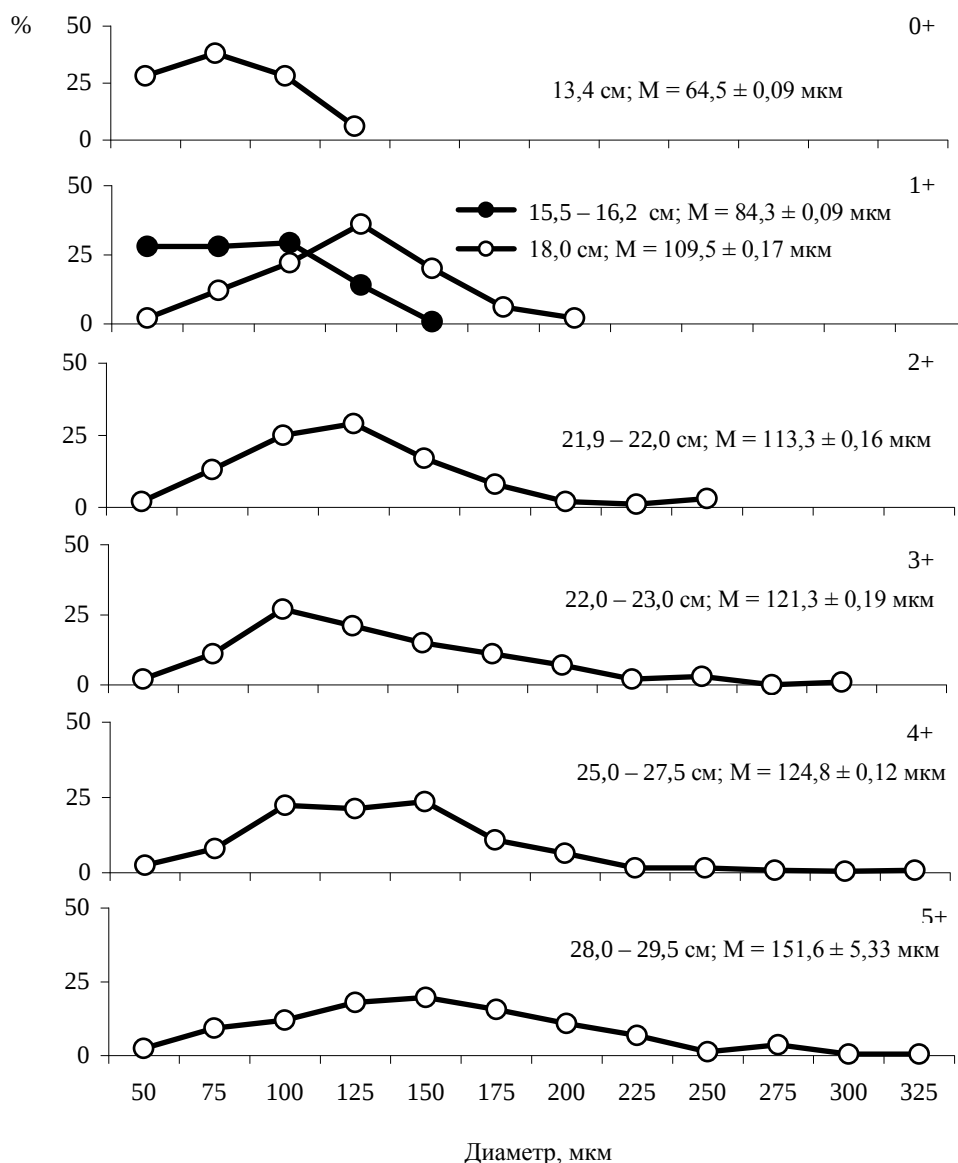


Рис. 6. Размеры ооцитов у неполовозрелой корфо-карагинской сельди разного возраста в ноябре – декабре 2005 г.
В подписях к графикам указана длина рыб и средний диаметр ооцитов

В яичниках неполовозрелых пятилеток размеры наиболее крупных мутноватых ооцитов варьировали от 200 до 324 мкм, а доля мелких ооцитов снизилась до 33%. У самок, которые не созрели и до 6-летнего возраста, диаметр крупных ооцитов достигал 268–336 мкм. Доля ооцитов размерами до 100 мкм еще более уменьшилась и равнялась 24%. Следует сказать, что четко разделить оптически прозрачные и мутноватые ооциты при помощи оптики невозможно. Явление уменьшения относительного количества ооцитов 1-й и 2-й ступеней и увеличение доли ооцитов 4-й и 5-й ступеней по мере роста рыб отмечал В.М. Зеленков [15]

у беломорской сельди. У тихоокеанской сельди из Японского моря до начала первого созревания также наблюдается постепенное уменьшение доли ооцитов размерами менее 130 мкм и увеличение доли более крупных клеток [16].

Как справедливо замечает А.П. Макеева [17], единой классификации оогенеза пока нет. В отечественной литературе принято разделение процесса развития женской половой клетки на периоды, которые подразделяются на фазы, ступени. В зарубежных источниках наиболее часто придерживаются схем разделения на 4–8 стадий, без определения периодов.

В период размножения оогоний первичные половые клетки усиленно размножаются в зачатках гонад, образуя гонии первого и последующих порядков. Оогонии после ряда делений превращаются в ооциты. Сведения о времени появления у сельди ооцитов в научной литературе отсутствуют. У горбуши первичные половые клетки обнаруживаются еще в период ее эмбрионального развития, а через месяц после вылупления у нее отмечаются ооциты начала периода цитоплазматического роста [11].

В.М. Зеленков [15], следуя классификации Г.М. Персова [18], период цитоплазматического роста ооцитов беломорской сельди разделяет на пять ступеней. При этом первая и вторая ступени соответствуют ювенальной фазе развития яйцеклеток, для третьей ступени характерно образование периферического кольца, для четвертой – появление на периферии ооцита «желточного ядра». Пятой ступени соответствует вакуолизация цитоплазмы. Такое же разделение В.М. Зеленков использовал при изучении морфологии ооцитов молоди корфо-карагинской сельди [7]. У японских исследователей развитие ооцитов неполовозрелых особей тихоокеанской сельди включает раннюю и позднюю перинуклеарные стадии и стадию кортикальных альвеол [16].

Некоторые исследователи период превителлогенеза яйцеклеток сельди разделяют на две фазы. Так, В.М. Наумов [19] развитие ооцитов этого периода у мурманской сельди разделяет на ювенальную фазу и фазу однослойного фолликула, а последующее за ними образование вакуолей относит к фазе первоначального накопления желтка периода вителлогенеза.

А.Л. Дроздов, В.Н. Иванков [20] и Хей с соавторами [21] фазу образования вакуолей у тихоокеанской сельди также считали началом периода вителлогенеза. Этой же точки зрения придерживался Д.А. Чмилевский [22], рассмотрев особенности оогенеза многих костистых рыб. Данную фазу развития разные исследователи называют стадией кортикальных альвеол [16, 24], фазой вакуолизации цитоплазмы [23], стадией образования «желточных пузырьков» [21].

Таким образом, фазу вакуолизации цитоплазмы одни исследователи относят к периоду цитоплазматического роста, другие – к периоду трофоплазматического роста. В своей работе, характеризуя процесс развития половых клеток самок сельди, мы придерживаемся схемы периодизации Г.М. Персова [18], разработанной в ходе изучения морфологических изменений ооцитов у молоди лососевых рыб. В ее основу он положил изменения в цитоплазме, связанные с преобразованиями ее включений. Однако отметим, что по современным представлениям, ооциты 5-й ступени развития соответствуют фазе вакуолизации периода вителлогенеза.

Период развития желез до начала созревания – наиболее длительный в жизни каждой особи сельди. У корфо-карагинской сельди он наблюдается чаще всего на протяжении 4–5 лет, но может длиться до 8-летнего возраста [2, 4]. Учитывая, что предельный возраст рыб этой популяции достигает 17+ лет [4], продолжительность этапа неполовозрелой особи у корфо-карагинской сельди составляет треть – половину всего периода жизненного цикла.

На срезе гонады сеголетка сельди длиной 9,9 см (рис. 7, а, б) хорошо выражено разделение ткани яичника на яйцenesущие пластины, отчетливо видно, что ооциты распределены разреженно. Их диаметр достигает 47 мкм. Ядро занимает в среднем 62,3% диаметра клеток, цитоплазма ооцитов интенсивно окрашена, циркумнуклеарное кольцо отсутствует. Развитие ооцитов соответствует 1–2 ступеням [18], или ювенальной фазе [19]. В железе сеголетка длиной 11,0 см, как это видно на рис. 7, в, г, ооциты крупнее, их диаметр достигал 63 мкм. Периферическое кольцо у ооцитов не сформировано, но околядерная зона имеет более интенсивную окраску. Заметно множество ядрышек. Состояние ооцитов соответствует 3-й ступени, или началу фазы однослойного фолликула. Описанные состояния яйцеклеток по терминологии Коя с соавторами [16] относятся к ранней перинуклеарной стадии.

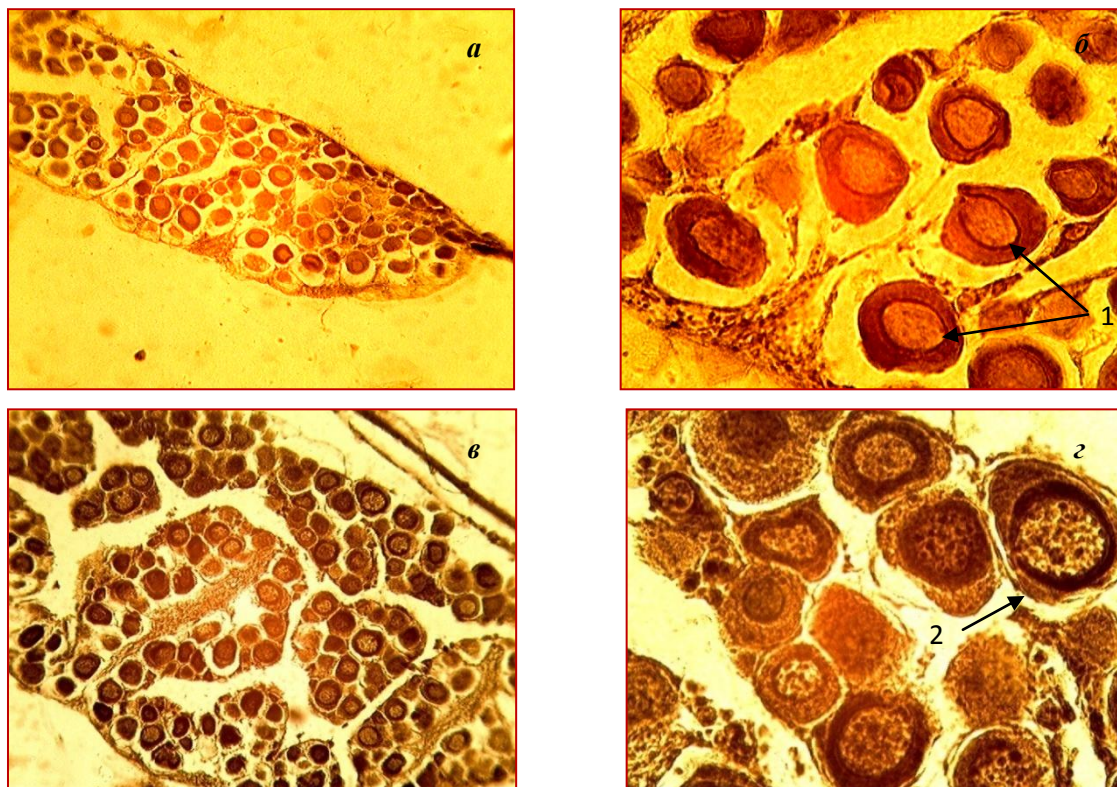


Рис. 7. Гистологические срезы яичников (а, в) и ооциты (б, з) сеголеток корфо-карагинской сельди длиной 9,9 см (а, б) и 11,0 см (в, з). Стрелками показаны ооциты 2-й ступени (1) и ооцит 3-й ступени (2)

У сельди длиной 18 см (возраст 1+) максимальный диаметр фиксированных в растворе формальдегида ооцитов достигал 200 мкм. На срезе гонады этой самки диаметр яйцеклеток не превышал 104 мкм. Оболочка ооцита из однослойной стала двуслойной, на срезах она отслаивается от собственно ооцита, формируются фолликулярные клетки. Значительное количество клеток имело четко выраженное циркумнуклеарное кольцо, которое располагалось непосредственно под оболочкой, но контуры его были нечеткими (рис. 8, а, б). В цитоплазме заметно «желточное ядро». У одной и той же особи в одних ооцитах оно располагалось в зоне периферического кольца, в других – вблизи ядра яйцеклетки. Такое состояние характерно для 4-й ступени периода протоплазматического роста. У двух других самок длиной 19,0 и 22,0 см в возрасте 2+ периферическое кольцо располагалось ближе к оболочке ооцита и имело более рыхлую структуру (рис. 8, в, з). Ооциты такого же состояния исследователи отмечали в мае 1975 г. у 4-годовика сельди длиной 25,5 см. Внутри периферического кольца они замечали разрыхления, полагая, что это будущие кортикальные альвеолы [7]. Периферическое кольцо исчезает на 5-й ступени [7, 18].

У самки длиной 26,5 см диаметр самых крупных ооцитов на срезах достигал 317 мкм. В наиболее крупных из них (на срезе их насчитывалось не более 4-5 шт.) по краю цитоплазмы, примыкающей к оболочке ооцита, располагалась цепочка вакуолей (до 25 шт.). В некоторых клетках меньшего размера количество вакуолей было меньшим. По морфологии эти ооциты соответствуют 5-й ступени развития [18], или фазе вакуолизации (рис. 9). На этом этапе еще не наблюдается отложения гранул желтка [19–22]. Только после того как вакуоли заполняют всю цитоплазму, у тихоокеанской сельди начинается отложение гранул [23], и особь считается достигшей полового созревания.

Кроме ооцитов фазы вакуолизации в яичниках таких рыб всегда присутствуют ооциты более ранних фаз развития. У рассматриваемой самки на некоторых срезах отмечались ооциты 4-й ступени с еще заметным циркумнуклеарным кольцом и несколько измененной более рыхлой структурой. Ооциты с четко очерченными контурами кольца нами не встречены. Основная масса ооцитов представлена клетками 1–3-й ступеней превителлогенеза. Таким образом, ооциты, достигшие фазы вакуолизации и 4-й ступени, будут формировать фонд плодовитости для первого икрометания, а яйцеклетки более ранних фаз развития составят резервный фонд последующих лет.

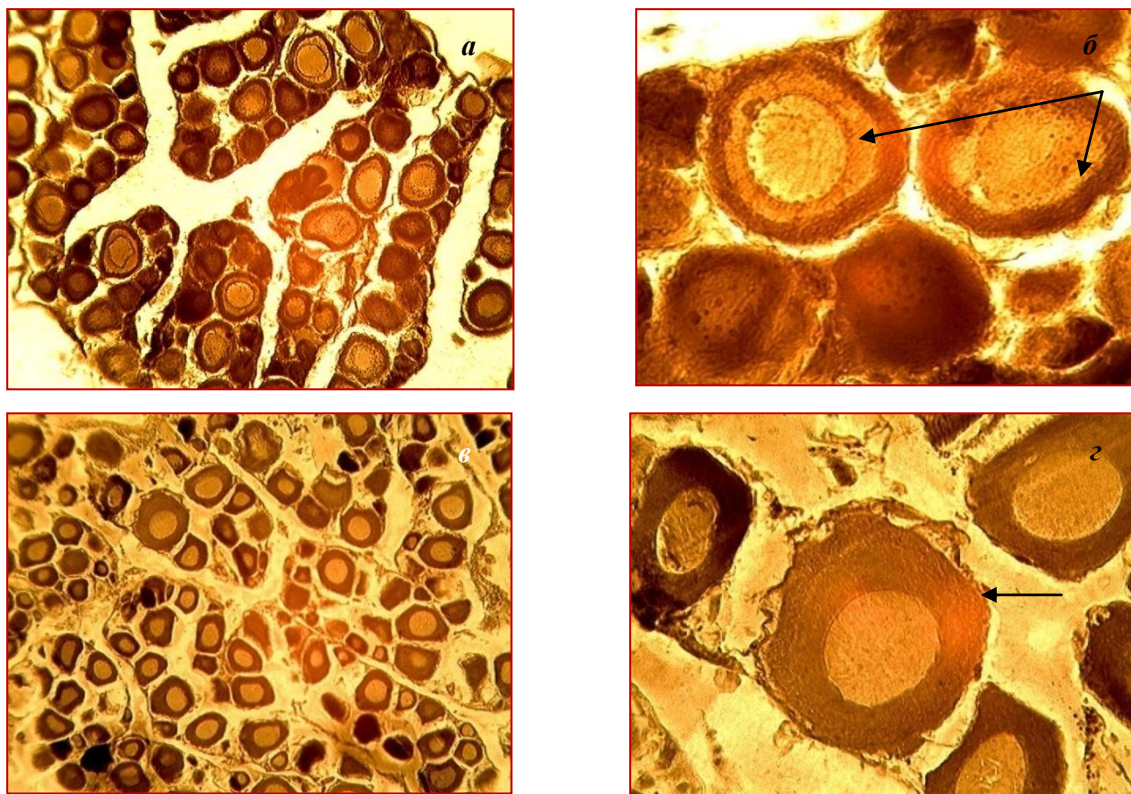


Рис. 8. Гистологические срезы яичников (а, в) и ооциты (б, з) двухлетних особей корфо-карагинской сельди длиной 18,0 см (а, б) и 19,0 см (в, з)
Стрелками показаны ооциты 4-й ступени



Рис. 9. Гистологический срез яичника корфо-карагинской сельди длиной 26,5 см, возраста 4+.
Стрелками показаны ооциты фазы вакуолизации

Размеры ооцитов фазы вакуолизации у сельди разных тихоокеанских популяций, в общем, достаточно близки. Так, В.М. Зеленков [7] полагает, что их диаметр у корфо-карагинской сельди превышает 250 мкм. Хей с соавторами [21] считают, что ооциты у сельди Британской Колумбии на этой стадии развития имеют диаметр более 150–370 мкм, у сельди из Японского моря – 170–250 мкм [16], из вод Приморья – 210–360 мкм [23]. При внимательном просмотре фиксированных ооцитов можно заметить, что в мутноватых клетках сквозь оболочку ооцита заметны круглые образования, которые, мы полагаем, являются вакуолями. В нашем исследовании диаметр таких наиболее крупных фиксированных ооцитов у разных самок изменялся от 225 до 336 мкм.

Ранее высказывалось предположение, что развитие ооцитов 4-й ступени и фазы вакуолизации может продолжаться довольно продолжительное время – 2-3 года. В то же время в мае в яичниках рыб, длина которых совпадает с таковой в начале полового созревания, присутствуют ооциты фазы вакуолизации, а ооциты фазы желточного накопления отсутствуют [7]. В условиях эксперимента по выращиванию сахалино-хоккайдской сельди отмечали довольно длительный пятимесячный период прохождения ооцитами этой стадии с начала мая до сентября включительно [24]. Если принять во внимание первое мнение, то доля самок с гонадами такого состояния в уловах должна была бы быть достаточно высокой, однако, судя по нашим наблюдениям, она в среднем составляет всего 2,3%.

Мы полагаем, что у корфо-карагинской сельди фаза вакуолизации цитоплазмы может длиться восемь месяцев: с октября-ноября по май-июнь, после этого в ооцитах начинают формироваться желточные гранулы. Мы также допускаем, что октябрь-ноябрь является начальным

периодом появления самок с ооцитами фазы вакуолизации. В течение зимовки ооциты у части неполовозрелых особей перейдут в описанное выше состояние, в июне-июле в них будут формироваться желточные гранулы, в октябре-ноябре яичники достигнут III стадии зрелости, и в мае произойдет нерест. Мы также не исключаем, что ооциты этой фазы развития появляются раньше, возможно, летом. Для уточнения этого вопроса необходимо проводить дополнительные исследования с использованием гистологических и микроскопических методов.

Заключение

У молоди корфо-карагинской сельди по мере роста тела увеличиваются размеры и масса гонад, возрастает ГСИ. Изменяется размерная структура яйцеклеток, увеличиваются размеры наиболее крупных ооцитов. Наряду с этим у нее изменяется количественное соотношение разноразмерных яйцеклеток, увеличиваются размеры наиболее крупных ооцитов. Постепенно возрастает доля ооцитов диаметром более 100 мкм и снижается доля более мелких. У сеголеток она составляет 6%, у трехлеток увеличивается до 60%, а у особей, близких к началу созревания, – 76%.

У неполовозрелых самок разных возрастных классов ооциты последовательно проходят все ступени и фазы периода цитоплазматического роста, перед началом созревания формируются вителлогенные ооциты фазы вакуолизации. В возрасте сеголетка ооциты достигают 1–3-й ступени цитоплазматического роста, у двух- и трехлеток – 4-й ступени. Началу полового созревания предшествует образование в ооцитах кортикальных альвеол.

У корфо-карагинской сельди фаза вакуолизации цитоплазмы может продолжаться 8 месяцев: с октября-ноября по май-июнь, после чего в ооцитах начинают формироваться гранулы желтка.

Литература

1. Качина Т.Ф., Акимов Р.Я. К биологии сеголеток корфо-карагинской сельди // Изв. ТИНРО. – 1972. – Т. 82. – С. 309–320.
2. Качина Т.Ф. Сельдь западной части Берингова моря. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1981. – 121 с.
3. Балыкин П.А., Балыкина Н.В., Бонк А.А. Распределение и рост молоди сельди и минтая в первые месяцы жизни // Исследования биологии и динамики численности промысловых рыб камчатского шельфа. – Петропавловск-Камчатский: Камчат. печат. двор, 1991. – Вып. 1, ч. 1. – С. 133–143.
4. Науменко Н.И. Биология и промысел морских сельдей Дальнего Востока. – Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор, 2001. – 330 с.
5. Балыкин П.А. Распределение сеголеток тресковых рыб и сельди в западной части Берингова моря // Изв. ТИНРО. – 2002. – Т. 130. – С. 1188–1198.
6. Максименков В.В. Питание и пищевые отношения молоди рыб, обитающих в эстуариях рек и побережье Камчатки. – Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2007. – 278 с.
7. Отчет о работе комплексной Корфо-Карагинской экспедиции в 1975 г. – Мурманск: ПИНРО-КоТИНРО, 1976. – Библиотека КамчатНИРО, инв. № 3431. – Т. 1. – 284 с.
8. Елисеев В.Г. Основы общей гистологии и гистологическая техника. – М.: Наука, 1959. – 271 с.
9. Волкова О.В., Елецкий Ю.К. Основы гистологии с гистологической техникой. – М.: Медицина, 1982. – 304 с.
10. Расс Т.С. Ступени онтогенеза костистых рыб (Teleostei) // Зоологический журнал. – 1946. – Т. 25. – С. 137–148.
11. Персов Г.М. Дифференцировка пола у рыб. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1975. – 148 с.
12. Сергеева Н.П., Варкентин А.И., Буслов А.В. Закономерности полового созревания, половой цикл и шкала стадий зрелости гонад минтая (*Theragra chalcogramma*) // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана: сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. – 2011. – Вып. 23. – С. 33–69.
13. Сергеева Н.П., Варкентин А.И. Закономерности полового созревания, половой цикл и шкала стадий зрелости гонад тихоокеанской трески (*Gadus macrocephalus*) // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана: сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. – 2016. – Вып. 42. – С. 5–31.

14. Качина Т.Ф. Рост корфо-карагинской сельди и время закладки годового кольца // Известия ТИНРО. – 1967. – Т. 57. – С. 142–153.
15. Зеленков В.М. Оогенез и динамика количества половых клеток беломорской сельди *Clupea pallasii n.maris-albi* Berg // Тр. ПИНРО. – 1981. – Вып. 45. – С. 65–73.
16. Oocyte development and serum profiles of vitellogenin and steroid hormone levels in captive female Pacific herring *Clupea pallasii* during their first maturational cycle / Y. Koya, K. Soyano, K. Yamamoto, H. Obana, T. Matsubara // Fisheries Science. – 2003. – Vol. 69. – P. 137–145.
17. Макеева А.П. Эмбриология рыб. – М.: Изд-во МГУ, 1992. – 216 с.
18. Персов Г.М. Ранний период гаметогенеза у проходных лососей // Тр. Мурманск. морского биол. ин-та. – 1966. – Вып. 12 (16). – С. 7–44.
19. Наумов В.М. Овогенез и экология полового цикла мурманской сельди (*Clupea harengus harengus* L.) // Тр. ПИНРО. – 1957. – Вып. 9. – С. 176–225.
20. Дроздов А.Л., Иванков В.Н. Морфология гамет животных. Значение для систематики и филогенетики. – М.: Круглый год, 2000. – 460 с.
21. Ovarian development and oocyte diameter as maturation criteria in Pacific herring (*Clupea harengus pallasii*) / D.E. Hay, D.N. Outram, B.A. McKeown, M. Hurlburt // Can. J. Fish. Aquat. Sci. – 1987. – № 44. – P. 1496–1502.
22. Чмилевский Д.А. К вопросу о периодизации оогенеза костистых рыб (обзор) // Вопросы ихтиологии. – 2003. – Т. 43, № 3. – С. 375–387.
23. Иванков В.Н. Строение яйцеклеток и систематика рыб. – Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 1987. – 160 с.
24. Рост и созревание тихоокеанской сельди *Clupea pallasii*, выращенной в искусственных условиях / Й. Шимизу, Ш. Такабаке, Н. Сато, Т. Фуджиока // Труды СахНИРО. – 2005. – Т. 7. – С. 398–408.

Информация об авторах Information about the authors

Сергеева Надежда Петровна – Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО); 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский; ведущий научный сотрудник; sergeeva.n.p@kamniro.ru

Sergeeva Nadezhda Petrovna – Kamchatka Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO); 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Leading Researcher; sergeeva.n.p@kamniro.ru

Бонк Александр Анатольевич – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат биологических наук; доцент; заведующий кафедрой «Водные биоресурсы, рыболовство и аквакультура»; bonk_aa@kamchatgtu.ru

Bonk Alerxandr 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

УДК [591.3:639.2.03:597.551.2](282.256.86)

Ю.Н. Чекалдин, А.А. Смирнов, С.И. Чебыкин**ОСОБЕННОСТИ ЭМБРИОНАЛЬНОГО И МАЛЬКОВОГО РАЗВИТИЯ ЧУКУЧАНА
(*CATOSTOMUS CATOSTOMUS ROSTRATUS*) РЕКИ КОЛЫМА
(МАГАДАНСКАЯ ОБЛАСТЬ). ОПЫТ ИСКУССТВЕННОЙ ИНКУБАЦИИ ЕГО ИКРЫ**

Сибирский чукучан (*Catostomus catostomus rostratus*) широко распространен в р. Колыма, имеет промысловое значение и является одним из перспективных объектов промысла. Он же относится к числу видов, перспективных для искусственного разведения в целях товарной аквакультуры и компенсации ущерба рыбным ресурсам, нанесенным при строительстве на р. Колыма двух ГЭС. Основные опыты по отработке методов и способов искусственного разведения чукучана были проведены с 1 по 30 июня 1994 г. Отлов производителей осуществлялся ставными сетями и русловыми ловушками в среднем течении р. Колыма в 230 км ниже пос. Сеймчан. В ходе изучения нереста этого вида было установлено, что таковой происходит в первой декаде июня при температуре воды 11–12°C. Срок инкубации икры чукучана составляет 12–14 дней. Переход личинок на самостоятельное питание наступает в возрасте 10–12 дней. Показано, что у чукучана, в отличие от сиговых и хариуса, стадии пигментации глаз, окраска форменных элементов крови, формирование челюстей происходят после выклева. Характерной чертой эмбрионов чукучана было отсутствие у них пигментации. Она появляется на седьмые сутки, после того как вылупившиеся личинки начинают питаться самостоятельно.

Ключевые слова: чукучан, Колыма, нерест, икра, инкубация, искусственное разведение, температура, пигментация.

Y.N. Chekaldin, A.A. Smirnov, S.I. Chebykin**FEATURES OF EMBRYONIC AND JUVENILE DEVELOPMENT OF RED-SIDED SUCKER
(*CATOSTOMUS CATOSTOMUS ROSTRATUS*) IN THE KOLYMA RIVER.
EXPERIENCE OF RED-SIDED SUCKER CAVIAR ARTIFICIAL INCUBATION**

Siberian red-sided sucker (*Catostomus catostomus rostratus*) is widespread in the Kolyma River, has commercial value and is one of the promising objects of fishery. It also relates to the species which are perspective for the artificial breeding to trade and to compensate the damage to the fish resources, made during building of two HES on the Kolyma River. Basic experiences on improving the methods and ways of the red-sided sucker artificial breeding they were carried out from the 1st till the 30th of June 1994. The capture of breeders was realized by stationary nets and river-bed traps in the average flow of the Kolyma River lower than Seymchan Settlement at 230 km. In the course of this species studying it was established that the spawning occurs in the first decade of June with water temperature of 11–12°C. The incubation period of caviar is 12–14 days. The transition of larvae to self-feeding begins at the age of 10–12 days. It is shown that red-sided sucker, in contrast to the whitefish and the grayling, passes the stage of the pigmentation of eyes, painting the regular elements of the blood, formation of jaws after hatching. The absence of pigmentation was the characteristic feature of the embryos of red-sided sucker. It appears on the seventh day the after the hatching larvae begin to feed independently.

Key words: red-sided sucker, Kolyma, spawning, roe, incubation, artificial breeding, temperature, pigmentation.

DOI: 10.17217/2079-0333-2019-50-109-117

Введение

В настоящее время в Магаданской области на р. Колыма построены две гидроэлектростанции (ГЭС) и образованы Колымское и Усть-Среднеканское водохранилища. Их создание привело к зарегулированию стока рек и значительно повлияло на условия обитания и воспроизводства рыб [1]. В связи с этим возникла необходимость компенсации ущерба от строительства ГЭС путем искусственного воспроизводства водных биоресурсов. В Магаданской области одним из перспективных объектов аквакультуры и компенсационных мероприятий, наряду с сиговыми рыбами, является сибирский чукучан [2].

Основная часть ареала рода чукучан охватывает реки Северной Америки. На северо-востоке России он представлен одним видом – сибирским чукучаном (*Catostomus catostomus rostratus*, Tilesius, 1814), который встречается в бассейнах рек Индигирка и Колыма [3]. Обсуждаемый вид относится к среднеразмерным. Его предельная длина в реках северо-востока России достигает

60 см, масса тела – 2,5 кг, а продолжительность жизни достигает 13 лет. Доля самок в составе колымской популяции составляет в среднем около 50% [4–6]. В водоемах Северной Америки чукучан несколько крупнее, его максимальные показатели составляют, соответственно, 64,3 см и 3,3 кг. Половозрелым он становится на 4–8-м годах жизни, причем более мелкие самцы созревают на год раньше, чем самки. Нерестовая миграция половозрелых особей к местам нереста начинается в период ледохода, а сам процесс икрометания происходит во время и после весеннего половодья и приходится на конец мая – начало июня, на участках с быстрым течением и галечно-песчаным грунтом. Нерест у этого вида происходит как в самой реке Колыма, так и в ее притоках, по которым он может подниматься довольно высоко.

Работы по изучению возможностей использования сибирского чукучана в качестве объекта искусственного воспроизводства были начаты еще сотрудниками лаборатории рыболовства ГосНИОРХа в 1977–1978 гг. [7, 8]. Для изучения его биологических особенностей и рыбохозяйственных характеристик были организованы экспедиции на р. Колыма. В 1977 г. она работала в верховьях р. Колыма. В тот год был собран материал по размерно-возрастному составу, питанию и другим биологическим показателям чукучана. Тогда же был произведен отлов нескольких производителей для их выдерживания в садках на центральной экспериментальной станции (ЦЭС) ГосНИОРХа «Ропша».

В 1978 г. экспедиция работала в верхнем и среднем течении р. Колыма. На р. Березовка (правый приток р. Колыма) были обнаружены нерестилища чукучана и взята оплодотворенная икра для рыбоводных целей. Она без потерь была перевезена в г. Ленинград. Одновременно туда же были привезены 40 его самцов и самок для наблюдения за созреванием икры в заводских условиях. В ходе этих исследований были получены некоторые интересные данные, но большая их часть, к сожалению, осталась неопубликованной, а сами исследования незавершенными. Авторы в настоящей работе взяли на себя труд по обобщению ранее полученных результатов и дополнили их собственными исследованиями особенностей нереста и эмбрионального развития чукучана. Эта работа была проведена для отработки методики его искусственного разведения в условиях Магаданской области с целью введения в аквакультуру и проведения компенсационных мероприятий по возмещению экологического ущерба, нанесенного строительством ГЭС.

Материалы и методы

В 1992–2017 гг. сотрудники управления «Охотскрыбвод», в том числе авторы настоящей статьи, осуществляли регулярные наблюдения за состоянием запасов водных биологических ресурсов пресноводных водоемов в бассейне р. Колыма и отработывали методы искусственного разведения многих видов рыб: сиговых (нельма, чир, пелядь), восточносибирского хариуса; сибирского чукучана и карася. Отловленных зрелых производителей выдерживали в садках. Инкубацию оплодотворенной икры сиговых и карася проводили в заводских условиях, а хариуса, чукучана и карася – в полевых. Работа по искусственному разведению чукучана и некоторых других видов рыб велась с 1992 по 1996 гг. В результате была получена ценная информация об особенностях инкубации икры и протекании личиночного развития чукучана. Весь собранный материал фиксировали.

Основные опыты по отработке методов и способов искусственного разведения были проведены в 1994 и 1995 гг. В 1994 г. они велись с 1 по 30 июня. Отлов производителей осуществлялся ставными сетями и русловыми ловушками. Участок р. Колыма, где отлавливали производителей чукучана, находится в ее среднем течении в 230 км ниже пос. Сеймчан. В районе отлова (местное название – Сугойский кривун) в р. Колыма впадают два крупных притока: р. Нагаин и р. Сугой, а в 30 км выше по ее течению впадает р. Балыгычан. Рельеф этого района гористый. В период проведения экспедиционных исследований наблюдалось значительное колебание температуры воздуха и, как следствие, – низкая температуры воды. Во второй декаде июня она опустилась до 7,2°C и стала на пять градусов ниже, чем в начале месяца.

В 1995 г. работы по отлову производителей чукучана производили с 29 мая по 12 июня на р. Балыгычан на участке, расположенном в 30 км выше устья р. Балыгычан. Отлов производителей осуществляли также ставными сетями и русловыми ловушками. Река Балыгычан является притоком первого порядка р. Колыма, протекает по равнинной заболоченной местности, имеет многочисленные протоки, старицы и острова. Берега островов образованы наносным песком и илом. Дно реки и основания островов состоят из гальки. Температура воды в период отло-

ва и садкового содержания производителей изменялась от 6 до 10°C. Отбор половых продуктов у изучаемого вида рыб производили дважды. Первая и вторая партии икры были получены от производителей, которых раздельно выдерживали 10–15 дней при температуре от 10 до 15°C, в плавучих садках, изготовленных из неводной дели, имевших размеры $1,5 \times 1,5 \times 1,2$ м.

Для изучения созревания икры использовали микроскоп. На стадии подвижного эмбриона и личиночного развития для обездвиживания рыб применяли раствор спирта. Личинок фиксировали в растворе формалина. В ходе подготовки настоящей публикации было проведено повторное изучение материала, собранного в 1994–1995 гг.

Результаты и обсуждение

В районе проведения исследований чукучан становится половозрелым на шестом году жизни. Его нерест начинается сразу же после ледохода, в конце мая – начале июня при температуре воды 7–10°C. Зрелая икра слабосклеивающаяся, прозрачная, светло-желтого цвета с диаметром икринок 2–2,5 мм. Средняя плодовитость самок в возрасте от шести до девяти лет при массе тела от 700 до 1 150 г, судя по нашим данным, изменяется от 14 до 30 тыс. икринок и составляет в среднем 23 тыс. штук. В заводских условиях на ЦЭС ГосНИОРХа «Ропша» при среднесуточной температуре воды 8,6°C длительность инкубации составляла 20 сут [4].

В 1994, 1995 гг. средняя длина чукучана в уловах достигала 30,6 см, средняя масса – 490 г. Максимальная длина пойманной за период экспедиции рыбы в возрасте 9 лет достигала 65,8 см, а масса – 1 800 г. Самцы, как правило, были мельче самок. У одновозрастных экземпляров колебания массы составляли 250–350 г. Различия в размерно-массовых показателях у одновозрастных особей, вероятно, связаны с разными затратами энергии для подъема рыбы к местам нереста, а также с лучшей кормовой базой в р. Балыгычан, по сравнению с таковой в р. Колыма. Данные по биологическим показателям разновозрастных производителей приведены в табл. 1.

Таблица 1

Средние размерно-массовые показатели у разновозрастных производителей чукучана

Пол рыбы	Возраст, лет	Река Колыма, 1994 г.		Река Балыгычан, 1995 г.	
		Длина, мм	Вес, г	Длина, мм	Вес, г
Самцы	5	330	410	–	–
	6	350	435	370	530
	7	369	535	400	638
	8	401	643	420	680
	9	409	660	–	–
	10	420	780	–	–
Самки	5	370	535	–	–
	6	374	540	–	–
	7	375	546	382	610
	8	394	654	391	630
	9	406	680	400	805
	10	411	760	435	940
	11	450	950	490	1050
	12	480	1100	–	–

В 1994 г. за период выдерживания производителей в садках лишь одна из 18 самок достигла пятой, «текучей», стадии зрелости. У остальных самок икра, не переходя в пятую стадию зрелости, осталась внутри тела и резорбировалась. Вторая партия икры была получена непосредственно на месте лова от зрелых производителей. Как в первом, так и во втором случаях для получения оплодотворенной икры использовали одинаковое количество самцов и самок. Температура воды при этом составляла 12°C (табл. 2).

Таблица 2

Температура воды (°C) при отлове и выдерживании производителей чукучана, июнь 1994 г.

Место измерения и температура	Число месяца											
	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
Река Колыма (отлов), °C	8,7	9,8	11	12	13	14	12	11,2	10,4	7,2	7,5	
Садковое выдерживание, °C	10,0	13,4	13,5	12,2	15,1	15,2	9,6	9,1	6,5	7,2	8,0	

В 1995 г. было выловлено 39 экз. чукучана. Соотношение самцов и самок составляло 1 : 4. Из них достигли пятой стадии зрелости восемь самцов и две самки. Еще у четырех самок к концу выдерживания в садке наблюдалось резорбирование икры. Температура воды при отборе у самок зрелой икры составляла 12,4°C (табл. 3).

Таблица 3

**Динамика изменения температуры воды при инкубации икры
и выдерживании личинок в садке в июне 1994 г.**

Температура	Число месяца												
	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17
°C	12,0	15,1	13,2	11,5	12,0	9,3	8,5	9,0	9,8	10,0	12,0	10,5	12,0
Температура	Число месяца												
	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
°C	12,0	13,0	14,1	15,0	15,2	13,5	12,5	13,0	14,2	15,1	15,0	15,0	14,0

В предыдущие годы специалистами управления «Охотскрыбвод» осуществлялись попытки выдерживать самок чукучана до созревания половых продуктов в разных садках, а также в рыбободном бассейне ИЦА-2, но ни один из экспериментов не увенчался успехом. Пока наиболее оптимальным вариантом получения зрелых половых продуктов следует считать отлов зрелых производителей с текучими половыми продуктами из естественной среды обитания.

Развитие гонад у чукучана происходит во время интенсивного питания с середины мая до конца сентября. У отнерестившихся самок гонады к этому времени достигают четвертой стадии зрелости. У некоторых самцов отмечалась пятая, «текучая», стадия, когда даже при слабом надавливании на брюшко рыбы выделяются молоки беловато-желтого цвета консистенции густых сливок. Отметим, что при этом у части рыб отсутствовал обычный брачный наряд, который свойствен им в начале нереста, в первой декаде июня, когда самцы, как правило, имеют брачный наряд в виде более светлых эпителиальных наростов на плавниках. У самок к этому времени брюшко становится мягким и генитальное отверстие становится сильно покрасневшим. При надавливании на брюшко у них выделяются комки икры серого непрозрачного цвета. При полном созревании самки икра свободно вытекает даже при слабом надавливании на брюшко. Созревшие икринки становятся почти прозрачными.

Во второй стадии зрелости гонады самок представляют из себя узкие ленты серого цвета. Видны отдельные икринки. Вес гонад составляет 1,5–2% от массы тела. Вдоль гонад проходят крупные кровеносные сосуды. В третьей стадии зрелости гонады в основном сформированы, но линейные размеры икринок меньше, чем при четвертой стадии. Вес женских гонад составляет от 2 до 5% от массы тела.

У самцов на второй стадии зрелости гонады собраны петлями белого цвета. Крупные кровеносные сосуды вдоль них отсутствуют. Масса мужских гонад составляет 0,3–0,4% от массы тела, на третьей стадии вес гонад составляет от 2 до 2,2% к массе тела.

Нами в полевых условиях определялась абсолютная плодовитость содержащейся в ястыках икры половозрелых самок путем ее пересчета. У разных рыб одного вида количество икры может быть различное, в зависимости от возраста и веса.

Под абсолютной плодовитостью нами принималось количество икринок, находящихся в яичниках самок непосредственно перед икрометанием, под рабочей плодовитостью – количество икринок, которое можно извлечь из самки при взятии ее на инкубацию при искусственном разведении рыб (термин используется в рыбоводстве). При этом, как правило, рабочая плодовитость всегда ниже абсолютной [9].

Ниже приводятся данные по абсолютной плодовитости (табл. 4), рабочей плодовитости и коэффициенте зрелости самок (табл. 5). Объем эякулята самцов зависит от их возраста, размеров и массы тела. У более крупных особей объем эякулята обычно больше (табл. 6).

Таблица 4

Абсолютная плодовитость самок

Длина гонад, см	Река Колыма, 1994 г.		Река Балыгычан, 1995 г.	
	Абсолютная плодовитость, тыс. икр.	Количество экземпляров	Абсолютная плодовитость, тыс. икр.	Количество экземпляров
38–39	7 800	10	7 300	6
39–40	9 200	8	8 900	7
40–42	10 200	4	10 500	3

Таблица 5

Плодовитость и коэффициент зрелости самок

Возраст самок, лет	Длина тела, мм	Масса тела, г	Плодовитость		Коэффициент зрелости
			Абсолютная	Рабочая	
9	385	600	7 300	5 700	8,33
10	391	620	8 200	1 500	8,4

Таблица 6

Объем эякулята самцов

Возраст самцов, лет	Длина тела, мм	Масса тела, г	Количество эякулята, (мл)	Коэффициент зрелости
7	371	530	0,8–1,1	3,12
7	365	490	3	2,95

Оплодотворение икры чукучана осуществляли «сухим» способом. При отмывке икры использовали водный раствор талька (100 г), поваренной соли (10 г) на 10 л воды. Время промывки составляло 30 мин. Процент оплодотворения для первой партии составил 18%, для второй партии – 59%. Характерные особенности половых продуктов чукучана в 1994 и 1995 гг. приведены в табл. 7.

Таблица 7

Характеристика половых продуктов чукучана, 1994–1995 гг.

Икра	1994 г.	1995 г.
Диаметр неоводненной икры, мм	1,9–2,1	1,9–2,1
Диаметр оплодотворенной икры, мм	3	3,0–3,1
Объем ($V_{ик}$), см ³	0,113	0,113
Объем желтка ($V_{ж}$), см ³	0,034	0,034
Отношение объемов ($V_{ик} / V_{ж}$)	2,296	2,296
Цвет	Серый, матовый, без крупных жировых капель	Серый, матовый, без крупных жировых капель
Молоки	1994 г.	1995 г.
Цвет	Белый с желтым оттенком	Белый с желтым оттенком
Консистенция	Густых сливок	Густых сливок
Объем эякулята от одного самца, мл	5	1–5

Сравнительный анализ приведенных в ней показателей показывает, что при большом сходстве большинства из них несколько отличались в разные годы диаметр оплодотворенной икры и объем эякулята от одного самца.

В 1994 г. оплодотворенную икру инкубировали на деревянных рамках, обтянутых мельничным газом. Рамки с икрой свободно плавали по поверхности бассейна ИЦА-2. Расход воды в бассейне составил 3 л/мин, температура незначительно отличалась от таковой в реке. Выклев произошел на тринадцатые сутки при 143–159 градусо-днях. Наиболее критические стадии имели место при 48 и 94 градусо-днях. Это время соответствовало началу гастрюляции и началу обособления хвостового отдела эмбрионов. Общий процент икры, погибшей при инкубации, составил около 70%. В 1995 г. выклев происходил через 13–14 сут при 160 градусо-днях.

Выдерживали личинки 12 сут до их перехода на активное питание в плавучей рамке размером 0,5 × 0,5 × 0,2 м. Расход воды был увеличен до 8 л/мин. Подробно это описано в наших более ранних работах [10, 11]. Изучение фиксированных проб икры, взятых через определенные промежутки времени, позволило выделить шесть стадий развития рыб на самых ранних (0,5–6,5 ч) и более поздних стадиях эмбриогенеза (7–96 ч) (рис. 1 и 2).

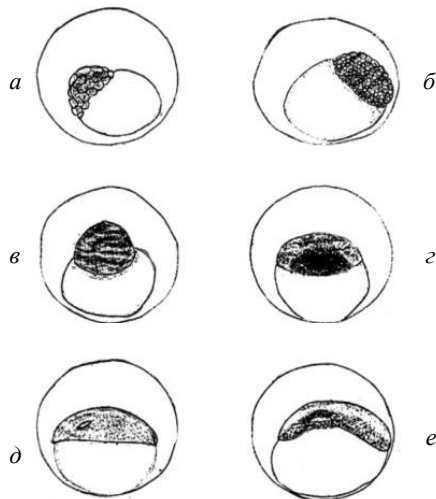


Рис. 1. Стадии (а – е) развития икры 0,1–6,5 ч

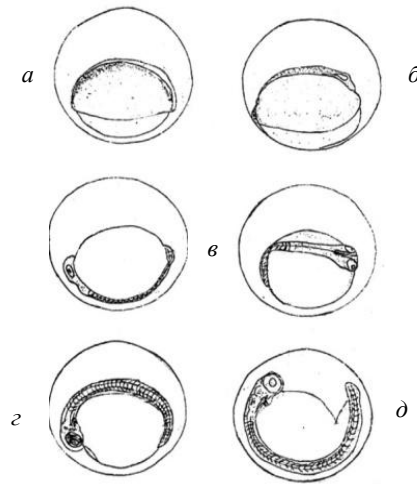


Рис. 2. Стадии (а – д) развития икры 7,0–96,0 ч

Ниже дается характеристика выделенных нами *стадий развития* чукучана.

Возраст 10–30 минут – после оплодотворения наблюдается набухание и образование перивителлиновой полости. За это время икринка увеличивается с 1,9 до 2,5 мм. Оболочка становится более твердой (рис. 1, а).

Возраст 1–2 часа – полное набухание икры. Околожелточное пространство достигает своего максимального размера. Диаметр яйца становится 2,3 мм, а оболочки – 3,0–3,2 мм, таким образом, диаметр икринки с момента оплодотворения увеличивается в 1,58 раза. Значительно увеличивается механическая прочность оболочки. Образуется плазменный бугорок с основанием 1,8 мм и высотой 0,8 мм (рис. 1, б).

Возраст 4 часа – начало дробления. Образуются два blastomeres. Они матовые, имеют более темный тон, чем бесцветное полупрозрачное яйцо. Перед образованием борозды дробления плазменный бугорок немного сжимается в верхней своей части. Скорость образования борозды дробления 0,1 мм в минуту (рис. 1, в).

В возрасте 5 часов наблюдается образование четырех blastomeres. Расположены blastomeres на анимальном полюсе в один слой (рис. 1, г).

Возраст 6 часов – образование восьми blastomeres с диаметром 0,7 мм. Расположены они в один слой (рис. 1, д).

Возраст 6,5 часа – образование шестнадцати blastomeres. Наблюдается стадия крупноклеточной морулы. Диаметр blastomeres 0,4 мм. Часть blastomeres не соприкасается с желточным мешком (рис. 1, е).

Возраст 7 часов – образование 32 blastomeres. Их диаметр уменьшается до 0,2 мм (рис. 2, а).

Возраст 10 часов – средняя морула. Количество blastomeres не просчитывается. Их диаметр равен примерно 0,1–0,15 мм (рис. 2, б).

Возраст 1 сутки, 8 градусо-дней – мелкоклеточная морула. Blastomeres очень мелкие. Яйцо поднимается анимальным полюсом вверх (рис. 2, в).

Возраст 2 суток, 17 градусо-дней – мелкоклеточная морула с темной зоной внутри (рис. 2, г).

Возраст 3 суток, 26 градусо-дней – бластула. Бластодерма теряет форму бугорка и накрывает желточный мешок. Внутри образуется более светлая, чем окружающий фон, полость бластоцели (рис. 2, д).

Возраст 4 суток, 35 градусо-дней – гастрюляция. Бластоцель увеличилась до 0,5 мм. Начинается обрастание желточного мешка. По краям бластодермы заметны утолщения (валики) (рис. 2, е).

Возраст 5 суток, 44 градусо-дней – обрастание желточного мешка более чем наполовину. Образуется мезодерма. Яйцо отрывается от оболочки, занимая различные положения. Начинает формироваться тело эмбриона.

Возраст 6 суток, 53 градусо-дней – органогенез. Формируется тело эмбриона, утолщается головной отдел. В головном отделе образуются нервная трубка и глазные пузыри.

Возраст 7 суток, 62 градусо-дня – образование хрусталика. Полностью замыкается желточная пробка. В теле зародыша 21 миотом. Зародыш парит в перивителлиновой жидкости. Длина его тела 3,2 мм.

Возраст 7,5 суток – формируются отделы головного мозга. Длина тела достигает 4,2 мм. Появляется слуховая плакоида. В теле насчитывается 30 миотомов.

Возраст 8 суток, 71 градусо-день – образование сердечной трубки. Длина тела эмбриона достигает 5,5 мм. Обособляется хвост. За счет движения хвоста эмбрион вращается внутри икринки. Желточный мешок разделяется на две неравные части.

Возраст 9 суток, 80 градусо-дней – образование слуховой капсулы. В теле эмбриона насчитывается 38 миотомов. Эмбрион двигает хвостом 1-2 раза в минуту. Уменьшается желточный мешок, вместо слуховой плакоиды появляется слуховая капсула.

Возраст 10 суток, 89 градусо-дней – начало пульсации сердечной трубки. Заметно сокращение прямой сердечной трубки 20 раз в минуту. Хвост значительно обособился от желточного мешка. Образуются зачатки грудных плавников. Зародыш очень активен.

Возраст 11 суток после оплодотворения, 100 градусо-дней – образование пищеварительной системы. Сердечная трубка изгибается, на ней образуется кроветворный мешочек, наполненный эритроблантами. Сердце сокращается 30 раз в минуту. Образовались кишечная трубка и анальное отверстие. За грудным плавником образуется печень. Длина тела увеличилась до 6 мм. Желточный мешок уменьшился и представлен как бы двумя отделами: от головы до области десяти миотомов он представляет из себя сфероид, а далее, до анального отверстия, тянется вдоль тела. Образовалась плавниковая складка. В теле эмбриона 42 миотома. Зародыш очень активен. Образовались обонятельные плакоиды.

Возраст 12 суток, 110 градусо-дней – начало циркуляции крови. Сердце сокращается 60 раз в минуту. Хорошо заметно движение пока еще не окрашенной крови по кишечной вене. Образовались жаберные щели. Нарастает плавниковая складка. В теле насчитывается 42 миотома.

Возраст 14 суток, 132 градусо-дней – выклев, образуются отолиты. Начинает образовываться подкишечно-желточная система кровообращения. Эмбрион резкими движениями хвоста разрывает оболочку икры, затем ложится на дно, где изгибается примерно 20 раз в минуту. Сердце сокращается 70 раз в минуту.

В возрасте 1 суток после выклева происходит пигментация глаз. Образуются жабры. Исчезает кроветворный мешочек. Образуется зачаток мочевого пузыря. Кровь почти бесцветная, длина личинки 8,8 мм.

Возраст 3 суток – кровь окрашивается. Происходит окраска жаберных лепестков. Длина личинки 9–10 мм.

Возраст 5 суток – начало активного плавания личинки. На желточном мешке появляются меланофоры. Увеличивается слуховая капсула. Начинает формироваться ротовая воронка. Плавниковая складка достигает своего максимального размера: от района пятого миомера на спине до анального отверстия. В теле насчитывается 52 миотома. Сердце делает 110 ударов в минуту. Длина личинки достигает 10,2 мм. Она передвигается в толще воды змеевидными движениями.

Возраст 7 суток – происходит дальнейшая пигментация тела. На грудных плавниках образуются лучи. В глазах личинки появляется радужная оболочка.

Возраст 10 суток – переход на смешанное питание. Завершается формирование подвижных челюстей. Желточный мешок почти полностью резорбирован. Происходит наполнение кишечника воздухом. Личинка подплывает к поверхности воды и заглатывает воздух. Ее длина в это время составляет 12 мм.

Возраст 12 суток – полностью резорбируется желточный мешок, личинка переходит на независимое питание. Меняется окраска тела. В теле появляется желтый пигмент. В хвостовом плавнике появляются лучи.

Заключение

В ходе проведения исследований получена важная в практическом отношении информация об особенностях инкубации икры и стадиях личиночного развития чукучана. При сравнении результатов инкубации чукучана в 1994 г. с данными, полученными в 1995 г., наблюдалось совпадение основных стадий инкубационного и личиночного развития, независимо от температуры инкубации и подращивания личинок чукучана. Так, при совпадении сроков инкубации, разница в градусо-днях для этапа выклева составила 27 градусо-дней. У балыгычанского чукучана отмечалось некоторое уменьшение длины эмбриона. Наиболее критических стадий две. Это – начало гастрюляции и начало обособления хвостового отдела. Выклев происходит на 13–14-е сутки при 143–160 градусо-днях.

Интересной особенностью чукучана, в отличие от сиговых и хариуса, является то, что стадии пигментации глаз, окраска форменных элементов крови, формирование челюстей происходят после выклева. Тогда же у объекта в течение трех дней наблюдается стадия покоя. Характерной чертой эмбрионов чукучана была их слабая пигментация, что было неудобством при их зарисовке. Желтый пигмент появляется лишь при переходе личинки на самостоятельное питание. Окраска крови наблюдалась лишь на седьмые сутки.

Остаются неизученными особенности нереста чукучана. Мы предполагаем, что основной нерест происходит на участках реки со средней скоростью течения. В оплодотворении участвуют несколько самок и один самец. Икра у самок созревает порционно при низкой рабочей плодовитости. После оплодотворения она сносится течением, что, возможно, защищает ее от поедания бентофагами, в том числе и самим чукучаном.

Литература

1. Гетманенко В.А., Губанов Е.П., Изергин Л.В. Оценка влияния зарегулирования рек на сохранение и воспроизводство ресурсов Азовского моря // Труды Южного научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии. – Керчь, 2010. – Т. 48. – С. 52–58.
2. Чекалдин Ю.Н., Смирнов А.А. Некоторые данные по экологии и биологическим показателям чукучана (*Catostomus catostomus rostratus* (Tilesius)) верхнего и среднего течения реки Колымы // Рыбное хозяйство. – 2017. – Вып. № 1. – С. 33–37.
3. Черешнев И.А., Шестаков А.В., Скопец М.Б. Определитель пресноводных рыб Северо-Востока России. – Владивосток: Дальнаука, 2001. – 129 с.
4. Кириллов А.Ф. Промысловые рыбы Якутии. – М.: Научный мир, 2002. – 194 с.
5. Кириллов Ф.Н. Рыбы Якутии. – М.: Наука, 1972. – 360 с.
6. Новиков А.С. Рыбы реки Колымы. – М.: Наука, 1966. – 135 с.
7. Результаты сбора и перевозки икры колымского чукучана и выращивания его сеголетков в Ленинградской области / А.М. Величко, Б.Б. Волошенко, Д.П. Буланов, А.А. Салазкин // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. – 1979. – Вып. 147. – С. 47–52.
8. Волошенко Б.Б., Величко А.М. Чукучан (*Catostomus catostomus rostratus* (Tilesius)) // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. – 1979. – Вып. 147. – С. 3–15.
9. Смирнов А.А. Плодовитость и стадии зрелости рыб. – Магадан: Изд-во СВГУ, 2016. – 57 с.
10. Чекалдин Ю.Н., Чебыкин С.И., Смирнов А.А. Опыт искусственного разведения чукучана (*Catostomus catostomus rostratus* (Tilesius)) р. Колымы // Материалы Всерос. науч. конф. «Водные биологические ресурсы России: состояние, мониторинг, управление», посвященной 85-летию Камчатского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии. – Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2017. – С. 392–394.
11. Чекалдин Ю.Н., Чебыкин С.И., Смирнов А.А. Некоторые данные по экологии, эмбриональному и личиночному развитию чукучана р. Колымы (*Catostomus catostomus rostratus*) при искусственной инкубации // Материалы III национ. науч.-практ. конф. «Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации в свете импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности». – Казань, 2018. – С. 275–280.

Информация об авторах Information about the authors

Чекалдин Юрий Николаевич – Охотский филиал ФГБУ «Главрыбвод»; 685000, Россия, Магадан; врио начальника; magchek@mail.ru

Chekaldin Yuri Nikolaevich – Okhotsk Branch of Federal State Budgetary Institution “The Main Basin Management for Fisheries and Conservation of Aquatic Biological Resources”; 685000, Russia, Magadan; Acting Chief; magchek@mail.ru

Смирнов Андрей Анатольевич – Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО); 107140, Россия, Москва; доктор биологических наук, главный научный сотрудник; Северо-Восточный государственный университет; 685000, Магадан; профессор кафедры биологии и химии, andrsmur@mail.ru

Smirnov Andrey Anatolyevich – Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO); 107140, Moscow; Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher; North-Eastern State University, 685000, Magadan; Professor of Biology and Chemistry Chair; andrsmur@mail.ru

Чебыкин Сергей Иванович – Охотский филиал ФГБУ «Главрыбвод»; 685000, Россия, Магадан; ведущий рыбовод; magchek@mail.ru

Chebykin Sergei Ivanovich – Okhotsk Branch of Federal State Budgetary Institution “The Main Basin Management for Fisheries and Conservation of Aquatic Biological Resources”; 685000, Russia, Magadan; Leading Fish Breeder; magchek@mail.ru

УДК 556.555.8:591.524.11(470.56)

А.А. Шайхутдинова

**ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОЗЕР ЖЕТЫКОЛЬ И ОБАЛЫКОЛЬ
БИОЛОГИЧЕСКОГО ЗАКАЗНИКА ОБЛАСТНОГО ЗНАЧЕНИЯ «СВЕТЛИНСКИЙ»
ПО СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ
СООБЩЕСТВ МАКРОЗООБЕНТОСА**

Обсуждаются данные изучения макрозообентоса водоемов биологического заказника областного значения «Светлинский» (Светлинский район, Оренбургская область) по гидробиологическим показателям. По состоянию на весенний период 2019 г. уровень воды в озерах Жетыколь и Обалыколь приблизился к минимальным отметкам, озера Давленколь, Малый Обалыколь, Караколь полностью пересохли. В воде озер Жетыколь и Обалыколь отмечены продукты разложения макрофитов (сульфат-анион, аммоний ион, фенол) и критически низкая концентрация растворенного кислорода (ниже 30% насыщения). Фауна макрозообентоса озер представлена пятью видами, принадлежащими пяти родам и двум семействам отряда Diptera. Причиной столь низкого биоразнообразия является острый дефицит кислорода, угнетающий оксифильных представителей макрозообентоса. Проведенные исследования показывают, что в указанных озерах доминируют эвриоксидные формы хирономид – личинки *Chironomus riparius* и *Chironomus plumosus*, на их долю приходится 54,2 и 81,1 % от общей численности и 55,7 и 80,0 % от общей биомассы соответственно. Оба вида способны обитать в различных водоемах, в том числе сильно загрязненных с низким содержанием растворенного кислорода в воде. По результатам оценки качества воды с помощью биотических индексов Вудивисса и Майера вода в озерах Жетыколь и Обалыколь характеризуется как сильно загрязненная.

Ключевые слова: макрозообентос, биоразнообразие, *Chironomus riparius*, *Chironomus plumosus*, эвтрофикация, озеро Жетыколь, озеро Обалыколь, охраняемая территория.

A.A. Shayhutdinova

**EVALUATION OF ECOLOGICAL STATE OF ZHETYKOL AND OBALYKOL LAKES
OF REGIONAL BIOLOGICAL RESERVE “SVETLINSKAYA” ON STRUCTURAL
AND FUNCTIONAL INDEXES OF MACROZOOBENTHOS**

Data of studying macrozoobenthos of reservoirs of regional biological reserve “Svetlinsky” (Svetlinsky district, Orenburgskaya oblast) on hydrobiological indicators are discussed. By spring 2019, the water level in Zhetykol and Obalykol was close to the minimum marks; Davlencol, Small Obalykol, Caracol Lakes completely dried up. Decomposition products of macrophytes (sulfate-anion, ammonium ion, phenol) and critically low concentration of dissolved oxygen (below 30% of saturation) were observed in the waters of Zhetykol and Obalykol Lakes. The fauna of lakes macrozoobenthos is represented by five species belonging to five genera and two families of the order Diptera. The reason for such low biodiversity is an acute shortage of oxygen, which oppresses the oxyphilic representatives of macrozoobenthos. The conducted studies show that euryoxide forms of chironomids such as larvae of *Chironomus riparius* and *Chironomus plumosus* dominate in these lakes. Their number can reach 54,2 and 81,1%, and biomass is 55,7 and 80,0%, respectively. Both species are able to inhabit all studied water bodies, including highly polluted ones with a low content of dissolved oxygen in the water. According to the results of water quality assessment with the help of Woodiwiss and Mayer biotic indices, the water in Zhetykol and Obalykol Lakes is characterized as highly polluted.

Key words: macrozoobenthos, biodiversity, *Chironomus riparius*, *Chironomus plumosus*, eutrophication, Zhetykol Lake, Obalykol Lake, protected area.

DOI: 10.17217/2079-0333-2019-50-118-122

Введение

Озера Оренбургского степного Зауралья оказываются первыми крупными водоемами на пути многочисленных стай мигрирующих птиц: гуси, лебеди, утки, которые находят для себя обилие кормов и достаточную водную акваторию. Светлинские озера являются единственным местом в Оренбуржье, где гнездятся кудрявый пеликан, большой баклан, лебедь-кликун, савка, морской зуек, морской голубок, чеграва и др. [1, 2]. Неудивительно, что в этом районе был создан Заказник областного значения «Светлинский». Он расположен в степном Зауралье – Светлинском районе Оренбургской области – и является важнейшим местом на миграционных путях перелетных птиц. Обусловлено это наличием здесь высокопродуктивных водоемов, поддержи-

вающих огромные скопления пролетных водоплавающих и околоводных видов птиц и служащих им местом откорма, а также значительной площадью заказника и большим разнообразием имеющихся здесь местообитаний, соответствующих экологическим требованиям разных видов птиц.

Заказник был создан 19 августа 2005 г. в пределах ключевой орнитологической территории международного значения «Шелкаро-Жетыкольский озерный район» (RU-217) [1]. Его общая площадь составляет 8 400 га. Она включает в себя систему уникальных периодически пересыхающих озер: Жетыколь, Давленколь, Обалыколь, Малый Обалыколь, Караколь. Площадь их водного зеркала составляет 68% общей территории заказника.

Площадь самого крупного оз. Жетыколь составляет 4 825 га. Его глубина – 0,6–0,7 м. В состав заказника входит его центральный и южный секторы площадью 3 000 га. Озеро покрыто зарослями тростника обыкновенного с редко чередующимися плесами открытой воды. Степень зарастания составляет 98%. Дно оз. Жетыколь преимущественно илистое с большим количеством растительных остатков. С севера к озеру вплотную подходит овраг Суходол, на юго-западе – глубоководная протока Казанча. Они питаются за счет талых и дождевых вод.

Донные отложения оз. Обалыколь (озерная ванна, равная 700 га) представлены плотной глиной с черным илом и большим количеством растительных остатков. Степень зарастания озера тростником обыкновенным высокая и составляет 95%. Преобладающая глубина – 70 см.

По состоянию на весенний период 2019 г. озера Малый Обалыколь (озерная ванна 600 га), Караколь (озерная ванна 800 га) и Давленколь (озерная ванна 600 га) полностью высохли [3], а уровень воды в озерах Жетыколь и Обалыколь приблизился к минимальным отметкам.

Территория заказника входит в степную климатическую зону, характеризующуюся резкой континентальностью, высокой аридностью и сухостью воздуха, холодной зимой, короткой весной и жарким с частыми суховеями летом. Высокие летние температуры, обилие прямого солнечного освещения обуславливают высокую интенсивность испарения воды. Среднегодовое количество осадков здесь составляет всего 280 мм в год. Основное их количество, до 70%, приходится на теплую половину года. Наполнение водоемов происходит в период поступления в озера талых и дождевых вод, поэтому уровень воды в них напрямую зависит от количества атмосферных осадков.

Происходящие в настоящее время гидрологические и геоморфологические изменения, вызванные колебанием уровня воды в озерах, обусловили значительные изменения гидроэкосистем заказника. Отметим, что в последние годы при общем понижении уровня воды, уменьшении стока талых вод образовались мелководья и произошло их зарастание макрофитами. Все это привело к динамичным преобразованиям биотопической структуры, обусловившим изменение качественного и количественного состава зообентоса, составляющего основу кормовой базы бентосоядных птиц [4].

Вышесказанное определяет актуальность исследований, направленных на изучение современного состояния донных сообществ, кормности и экологической емкости водоемов. Ниже представлены данные изучения состава и структуры сообществ макрозообентоса озер Жетыколь и Обалыколь в условиях нарастающей эвтрофикации.

Материалы и методы

В ходе экспедиционных работ, проведенных в мае 2019 г., был выполнен отбор проб донных отложений в озерах биологического заказника Жетыколь и Обалыколь для изучения видового разнообразия и структуры сообществ макрозообентоса. Пробы грунтов собирали в трехкратной повторности на открытых плесах озер автоматическим коробчатым дночерпателем ДАК-100, на стальном тросе с площадью захвата $1/100 \text{ м}^2$. В последующем количественные данные по всем видам зообентоса пересчитывали на 1 м^2 . Отбор, фиксацию и камеральную обработку бентосных проб проводили в соответствии с общепринятыми гидробиологическими методиками [5]. Для определения зафиксированных бентосных организмов использовали микроскопы Standart-25 (производства Carl Zeiss) и МБС-2.

Состояние сообществ макрозообентоса оценивали по количеству видов, частоте встречаемости (экз./ м^2) и биомассе (г/ м^2). Для оценки бентосных сообществ использовали классификацию, приведенную в работе В.Я. Леванидова [6]. Для оценки состояния гидроэкосистем озер использованы широко применяемые с этой целью индексы Вудивисса и Майера.

Дополнительно в ходе экспедиционных исследований в озерах Жетыколь и Обалыколь в местах отбора проб были выполнены замеры глубин и температуры воды, определена ее общая минерализация, водородный показатель и концентрация растворенного кислорода. В ходе

проведения этих исследований использовали полевые аналитические приборы МАРК-302М, МАРК 901 и МАРК-603/1.

Результаты и обсуждение

Подробная гидрохимическая характеристика вод Светлинских озер была приведена нами ранее [2]. Вода озера Обалыколь охарактеризована как пресная гидрокарбонатно-натриевого типа, а озера Жетыколь – как солоноватая хлоридно-натриевого типа. Данные гидрохимического анализа свидетельствуют о том, что в первом из указанных водоемов отмечена высокая концентрация сульфат-аниона ($140,8 \text{ мг/дм}^3$). Это объясняется присутствием в его пелагиале и бентали большого количества растительных остатков и их постепенным разложением.

Обращает на себя внимание высокое, $0,027 \text{ мг/дм}^3$, содержание фенола в воде оз. Жетыколь и $0,018 \text{ мг/дм}^3$ в оз. Обалыколь при его предельно-допустимой концентрации $0,001 \text{ мг/дм}^3$. Фенольные соединения в исследуемых водоемах имеют природное происхождение и являются результатом перегнивания значительной массы отмерших растений, в основном тростника обыкновенного. Они оказывают негативное влияние на общие и специфические показатели воды, поскольку меняют ее прозрачность и цветность, концентрацию ионов водорода, биологическое потребление кислорода (БПК), химическое потребление кислорода (ХПК). Повышение концентрации фенолов ухудшает гидрохимические, гидробиологические и бактериологические показатели, ведет к снижению первичной продукции водоемов и сокращению биомассы донных организмов.

Концентрация аммонийного азота в озерах Жетыколь и Обалыколь, при его ПДК $0,5 \text{ мг/дм}^3$, составляет $0,9$ и $1,4 \text{ мг/дм}^3$, что также связано с разложением растительных остатков тростника обыкновенного. Концентрация растворенного кислорода в воде озера Жетыколь и Обалыколь в весенний период достигла критических значений – $1,9$ и $1,6 \text{ мг/дм}^3$ соответственно ($22,3$ и $19,6\%$ насыщения соответственно). При низком уровне растворенного в воде кислорода личинки хирономид остаются единственными донными насекомыми, способными обитать в условиях, близких к анаэробным, когда концентрация кислорода падает до 30% насыщения.

В условиях дефицита кислорода в водоемах формируются специфические условия для развития здесь эвриоксидных форм беспозвоночных. Ухудшающиеся гидрологические и гидрохимические условия приводят к снижению биологического разнообразия донных сообществ. Так, в мае 2019 г. в сообществах макрозообентоса озера Жетыколь и Обалыколь было обнаружено только пять видов, принадлежащих пяти родам отряда двукрылых (Insecta, Diptera). Четыре из них – *Chironomus riparius*, *Chironomus plumosus*, *Chironomus* sp. и *Tanytarsus* sp. – относятся к семейству Chironomidae, и один – *Culex* sp. – к семейству Culicidae.

C. riparius относится к видам с наиболее высокой экологической пластичностью. Его личинки способны обитать в водоемах с разной степенью загрязнения. Личинки *C. plumosus*, имеющие мясо-красный цвет, живут в илистом грунте, в том числе сильно загрязненном, с низким содержанием растворенного кислорода.

Проведенные нами исследования показали, что донные сообщества оз. Жетыколь представлены хирономидофауной. В оз. Обалыколь доминировали личинки представителей семейства Chironomidae. Они составляли $98,8\%$ от суммарной численности видов и $98,3\%$ от их суммарной биомассы (табл. 1).

Таблица 1

Видовой состав и продукционные показатели бентосной фауны в озерах Жетыколь и Обалыколь*

Вид	Продукционные показатели			
	Озеро Жетыколь		Озеро Обалыколь	
	N, экз./м ²	B, г/м ²	N, экз./м ²	B, г/м ²
Diptera				
Семейство Chironomidae				
<i>Chironomus riparius</i>	425	1,63	32188	15,00
<i>Chironomus plumosus</i>	213	0,94	1725	1,81
<i>Chironomus</i> sp.	87	0,31	2663	0,94
<i>Tanytarsus</i> sp.	38	0,13	2650	0,69
Семейство Culicidae				
<i>Culex</i> sp.	–	–	462	0,31
Итого	763	3,01	39688	18,75

* Примечание. N – численность, экз./м²; B – биомасса представителей макрозообентоса г/м².

Для определения ценотической структуры сообществ макрозообентоса изучаемых озер использовали классификацию В.Я. Леванидова [6], согласно которой к доминантным видам относятся представители зообентоса с общей численностью и биомассой 15% и более, к субдоминантным – представители с численностью и биомассой от 5,0 до 14,9%. На долю второстепенных видов приходится от 1,0 до 4,9%. Полученные нами данные представлены в табл. 2.

Таблица 2

Структура видового состава макрозообентоса озер Жетыколь и Обалыколь

Категория	Станции отбора проб			
	Жетыколь		Обалыколь	
Численность				
Доминанты	<i>Chironomus riparius</i>	54,2%	<i>Chironomus riparius</i>	81,1%
	<i>Chironomus plumosus</i>	31,2%		
Субдоминанты	<i>Chironomus</i> sp.	11,4%	<i>Chironomus</i> sp.	6,7%
	<i>Tanytarsus</i> sp.	5,0%	<i>Tanytarsus</i> sp.	6,7%
			<i>Chironomus plumosus</i>	4,3%
Второстепенные виды	–		<i>Culex</i> sp.	1,1%
Биомасса				
Доминанты	<i>Chironomus riparius</i>	55,7%	<i>Chironomus riparius</i>	80,0%
	<i>Chironomus plumosus</i>	27,9%		
Субдоминанты	<i>Chironomus</i> sp.	10,3%	<i>Chironomus plumosus</i>	9,7%
			<i>Chironomus</i> sp.	5,0%
Второстепенные виды	<i>Tanytarsus</i> sp.	4,3%	<i>Tanytarsus</i> sp.	3,7%
			<i>Culex</i> sp.	1,7%

Из приведенных в табл. 2 данных видно, что в оз. Жетыколь к категории доминантов по численности относятся *C. riparius* и *C. plumosus*. Субдоминанты представлены видами *Chironomus* sp. и *Tanytarsus* sp. По биомассе в мае 2019 г. доминантами также являлись личинки хирономид *C. riparius* и *C. plumosus*, а субдоминантами – личинки *Chironomus* sp. К второстепенным видам были отнесены *Tanytarsus* sp.

В оз. Обалыколь по показателю численности к доминантам были отнесены *C. riparius*, к субдоминантам – *Chironomus* sp., *Tanytarsus* sp. и *C. plumosus*, второстепенным видом оказался *Culex* sp. По биомассе к категории доминантов также были отнесены личинки хирономид *C. riparius*. Субдоминанты представлены личинками *Chironomus* sp. и *C. plumosus*, а второстепенными видами – *Tanytarsus* sp. и *Culex* sp.

Для оценки экологического состояния водоемов используют методы, основанные на соотношении разных групп донных беспозвоночных – индексы Майера и Вудивисса. С их помощью характеризуют сапробность водоемов. В нашем случае индекс Майера для обоих изученных озер оказался равен 1, а индекс Вудивисса – 5. Значения обоих индексов свидетельствуют о высоком уровне загрязнения озер.

Заключение

В настоящее время макрозообентос озер Жетыколь и Обалыколь представлен пятью видами. Основной причиной снижения его видового разнообразия в обоих озерах является низкое содержание в их воде растворенного кислорода вследствие его высокого расхода на процессы разложения отмерших макрофитов. В условиях дефицита кислорода в озерах Жетыколь и Обалыколь сформировались сообщества хирономидного типа, в котором доминируют личинки эврибионтных, полисапробных видов *C. riparius* и *C. plumosus*. Полученные в ходе проведенного исследования данные меняют привычные представления о состоянии озер. Они свидетельствуют об ухудшении здесь экологической ситуации. Учитывая важность этой территории для поддержания численности популяций мигрирующих птиц в условиях изменения климата и природно-ландшафтных комплексов, необходима организация мониторинга за состоянием макрозообентоса уникальных Светлинских озер и проведение мероприятий, способствующих сохранению их значения в жизни перелетных птиц.

Литература

1. Назин А.С. Биологический заказник областного значения «Светлинский» и его роль в охране и воспроизводстве авифауны // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2014. – № 2. – С. 178–180.

2. Давыгора А.В. Экологическая среда и биоразнообразие Оренбуржья в XXI веке: прогноз изменений и стратегия выживания: коллективная монография. – Оренбург, 2017. – С. 24–50.
3. Шайхутдинова А.А., Гоголева О.А. Экологическая характеристика качества вод озер Жетыколь и Обалыколь биологического заказника областного значения «Светлинский» // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. – 2019. – № 2. – 8 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2019-2/Articles/ShAA-2019-2.pdf>.
4. Зинченко Т.Д., Малиновская Л.В. Изучение хирономид (Diptera, Chironomidae) в низовьях Волги и в Северном Каспии и их многолетнее изменение биомассы // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – Т. 15, № 3 (1). – С. 508–517.
5. Абакумов В.А. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 240 с.
6. Леванидов В.Я. Биомасса и структура донных биоценозов реки Кедровой // Пресноводная фауна заповедника «Кедровая падь». – Владивосток, 1977. – Т. 45 (148). – С. 126–159.

Информация об авторе Information about the author

Шайхутдинова Анастасия Анатольевна – Институт клеточного и внутриклеточного симбиоза Оренбургского федерального исследовательского центра УрО РАН; 460000, Россия, Оренбург; кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории водной микробиологии; Оренбургский государственный университет; 460018, Россия, Оренбург; доцент кафедры экологии и природопользования; varvarushka@yandex.ru

Shayhutdinova Anastasiya Anatolievna – Institute of Cellular and Intracellular Symbiosis of the Orenburg Federal Research Center Ural branch RAS; 460000, Russia, Orenburg; Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher of the Aquatic Microbiology Laboratory; Orenburg State University; 460018, Russia, Orenburg; Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Ecology and Nature Management Chair; varvarushka@yandex.ru

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

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

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

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

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

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

05.18.00 – технология продовольственных продуктов:

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

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

05.18.17 – Промышленное рыболовство (технические науки).

03.02.00 – общая биология:

03.02.08 – Экология (биологические науки);

03.02.04 – Зоология (биологические науки);

03.02.10 – Гидробиология (биологические науки);

03.02.14 – Биологические ресурсы (биологические науки).

В рамках общих направлений 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 на 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 2019 ГОДУ (№ 47–50)**

Арчибисов Д.А., Швецов В.А., Дороганов А.Б.	
Верификация результатов натурных коррозионных испытаний стальных корпусов маломерных судов	47 6–15
Балыкин П.А.	
Клиальная изменчивость российских уловов на Дальнем Востоке в текущем столетии	49 27–35
Благонравова М.В.	
Разработка технологии водно-спиртовых экстрактов из растительного сырья Камчатского края	50 22–30
Богданов В.Д., Симдянкин А.А., Назаренко А.В.	
Исследование криоскопических температур и процесса вымораживания воды в тканях промысловых гидробионтов	50 14–21
Василец П.М., Терентьев Д.А., Матвеев А.А.	
Структура уловов на различных видах промысла в Карагинской подзоне в 2003–2018 гг. По данным официальной статистики и научно-исследовательских работ	50 73–88
Вахнюк И.А., Кириченко К.Ю., Дрозд В.А., Вахнюк А.А., Кириченко А.В., Холодов А.С., Голохваст К.С.	
Гранулометрический и химический анализ атмосферных взвесей в городе Спасск-Дальний (Приморский край)	49 6–11
Веснина Л.В., Лукерина Г.В., Ронжина Т.О.	
Численные и продукционные изменения популяции рачка <i>Artemia</i> Leach, 1819 в гипергалинном озере Кучукское Алтайского края в условиях трансгрессивной фазы водности	49 36–42
Виноградская А.В., Матвеев А.А., Рязанова Т.В., Терентьев Д.А., Курбанов Ю.К.	
Методы визуализации годовых колец на позвонках некоторых видов ромбовых скатов (<i>Rajidae</i> Blainville, 1816)	49 89–97
Волобуев В.В., Горохов М.Н., Голованов И.С., Хованская Л.Л., Ямборко А.В.	
Нерка <i>Oncorhynchus nerka</i> (Walbaum) северо-восточной части материкового побережья Охотского моря	48 49–58
Горбачев В.В., Смирнов А.А.	
Влияние эколого-биологических и генетических факторов на внутривидовую структуру тихоокеанской сельди (<i>Clupea pallasii</i>)	48 59–70
Гужова В.Ф., Чернова А.В.	
Технология салаки горячего копчения, обогащенной фитокомпонентами лекарственных трав и специй	49 12–20
Дуленин А.А., Кудревский О.А.	
Использование легкого телеуправляемого необитаемого подводного аппарата для морских прибрежных гидробиологических исследований	48 6–17
Дьякова Н.А., Гапонов С.П., Сливкин А.И.	
Изучение накопления тяжелых металлов и мышьяка и оценка влияния поллютантов на содержание флавоноидов у <i>Polygonum aviculare</i> (Caryophyllales, Polygonaceae)	48 71–77
Еремеева Н.Б., Макарова Н.В., Елисеева Е.А.	
Оценка органолептических и физико-химических свойств съедобных стаканов на основе яблочного сырья с использованием различных наполнителей: сушеных снеков, орехов, семян, зерновых хлопьев	50 38–45
Изергин Л.И.	
Особенности распределения молоди кеты (<i>Oncorhynchus keta</i> , (сем. Salmonidae) в миксогалинной Ольской лагуне (Тауйская губа, Охотское море)	50 89–97

Климова А.В., Кашутин А.Н., Ключкова Т.А. Развитие проростков <i>Fucus distichus</i> subsp. <i>evanescens</i> (Phaeophyceae, Fucales) в изменяющихся условиях солености, температуры и фотопериода	49	65–75
Ключкова Т.А., Дахно О.А., Дахно Т.Г. Влияние экстрактов водорослей на раннее развитие земляники садовой в условиях Камчатки	48	78–89
Ключкова Т.А., Климова А.В., Ключкова Н.Г. Перспективы использования камчатских ламинариевых водорослей в региональном растениеводстве	48	90–103
Ключкова Т.А., Климова А.В., Ключкова Н.Г. Распространение <i>Alaria esculenta</i> (Phaeophyceae, Laminariales) в Охотском море	50	46–56
Кириченко К.Ю., Холодов А.С., Вахнюк И.А., Гусев Д.С., Кирьянов А.В., Дрозд В.А., Голохваст К.С. Исследование загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсной угольной пылью (г. Находка, Приморский край)	50	6–13
Ковалева О.А., Здрабова Е.М., Киреева О.С. Перспективы использования концентрированных ягодных соков в технологии мясных продуктов	48	28–35
Коростелев С.Г., Архипова Е.А., Ромейко Л.В., Федотов П.А., Таганова Р.Я. Кормовая биомасса донной фауны и ее распределение на шельфе юго-восточной Камчатки и северной части Авачинского залива	50	57–72
Крехнова А.П., Ефимова М.В., Ефимов А.А. Разработка технологии кондитерских начинок с бурями и красными водорослями в качестве полифункциональных добавок	47	24–32
Крылова И.В., Ефимова М.В., Ефимов А.А. Применение кукумарии в качестве добавки в макаронные изделия	48	36–42
Крым В.Г., Вершинин С.И., Юрина Н.А., Юрин Д.А., Максим Е.А., Мачнева Е.Л., Перепелица И.А. Использование комбикормов с разным содержанием протеина и жира в процессе индустриального товарного выращивания осетровых рыб в установках с замкнутым циклом водоиспользования	47	68–78
Лаврентьева С.И., Терехова О.А., Иваченко Л.Е., Голохваст К.С., Коничев А.С. Рибонуклеазная активность проростков сои в условиях окислительного стресса	47	79–85
Ламажапова Г.П., Сынгеева Э.В., Битуева Э.Б. Экспериментальная оценка гипополипидемического и антиоксидантного эффекта хлеба, обогащенного омега-3 кислотами	50	31–37
Лескова С.Е., Ковалев Н.Н., Позднякова Ю.М., Михеев Е.В., Есипенко Р.В. Влияние некоторых БАВ на показатели роста и выживаемости молоди дальневосточного трепанга в экспериментальных условиях	49	50–56
Мангазеев А.В., Потапов В.В., Горев Д.С. Получение тонкодисперсного сухого продукта концентрата молочной сыворотки	47	33–48
Маркина Ж.В., Айздайчер Н.А. Популяционные и физиологические изменения одноклеточной водоросли <i>Thalassiosira pseudonana</i> (Bacillariophyta) в условиях пониженной солености и добавления кадмия	49	57–64
Михайлова М.П., Каманина Л.А., Синеговская В.Т. Изменение ферментативной активности и биохимического состава семян сои под влиянием гербицида	49	76–80
Наумова Н.Л., Лукин А.А., Люлькович В.С. О разработке мясного пудинга с добавлением растительного сырья	47	49–54

Наумова Н.Л., Чанов И.М., Сырвачева М.В.	
Сравнительный анализ высокосортной пшеничной муки и хлебопекарных смесей как сырья для производства хлебобулочных изделий.....	49 21–26
Петрова Л.Д., Богданов В.Д.	
Изменения функционально-технологических свойств рыбного фарша под воздействием разных способов производства	47 55–61
Пикула К.С., Маркина Ж.В., Захаренко А.М., Чернышев В.В., Чайка В.В., Голохваст К.С.	
Токсическое влияние твердых частиц выхлопных газов автотранспорта на клетки морских микроводорослей <i>Porphyridium purpureum</i> и <i>Heterosigma akashiwo</i>	47 86–95
Романова Е.Б., Рябинина Е.С.	
Скрининговый цитогенетический метод учета микроядер в крови прудовых лягушек как индикатор состояния водных биологических ресурсов	49 43–49
Свергузова С.В., Шайхиев И.Г., Сапронова Ж.А., Валиев Р.Р.	
Физико-химические свойства порфирита карьера «Абзаковский» (Башкортостан)	47 16–23
Седова Н.А., Тепнин О.Б.	
Экология и распределение личинок каридных креветок у юго-восточных берегов Камчатки.....	47 96–108
Седова Н.А.	
Экологическая классификация каридных креветок (Decapoda, Caridea) из прикамчатских вод по типу личиночного развития	48 104–115
Сергеева Н.П., Бонк А.А.	
Некоторые закономерности развития половых желез молоди корфо-карагинской сельди	50 98–108
Сивоконь В.П., Лапшов Д.В., Белов О.А.	
Диагностические признаки нестандартного проявления нелинейности в электрических сетях	48 18–27
Тимакова Р.Т.	
Оценка показателей свежести радиационно-обработанной свинины.....	47 62–67
Уколов А.И., Родионов В.П., Старовойтов П.П.	
Гидрокавитационное струйное удаление внутренностей у обезглавленных рыб.....	48 43–48
Холодов А.С., Кириченко К.Ю., Задорнов К.С., Голохваст К.С.	
Влияние твердых взвешенных частиц атмосферного воздуха населенных пунктов на здоровье человека	49 81–88
Чекалдин Ю.Н., Смирнов А.А., Чебыкин С.И.	
Особенности эмбрионального и малькового развития чукучана (<i>Catostomus catostomus rostratus</i>) реки Колыма (Магаданская область). Опыт искусственной инкубации его икры	50 109–117
Чекалдин Ю.Н.	
Экология питания бентофагов и эврифагов в реке Колыма и Колымских водохранилищах	47 109–116
Чернышук Д.К., Иваченко Л.Е., Голохваст К.С.	
Изменчивость активности кислой фосфатазы у сои (<i>Glycine soja</i>) в условиях токсического воздействия сульфатов кадмия и меди	48 116–124
Шайхутдинова А.А.	
Оценка экологического состояния озер Жетыколь и Обалыколь биологического заказника областного значения «Светлинский» по структурно-функциональным показателям сообществ макрозообентоса.....	50 118–122

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. Ключкова
Научный редактор Т.А. Ключкова

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

Адрес редакции, издателя, типографии:

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

Дата выхода в свет 30.12.2019 г.
Формат 60*84/8. Печать цифровая. Гарнитура Times New Roman
Авт. л. 12,54. Уч.-изд. л. 12,84. Усл. печ. л. 15,34
Тираж 500 экз. Заказ № 20

Подписной индекс в каталоге «Пресса России» 81288

Цена свободная

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