

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

44

2018

Петропавловск-Камчатский

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Ключкова Н.Г. (главный редактор)	доктор биологических наук, директор центра научного образования, научных и инновационных проектов Камчатского государственного технического университета
Токарева Г.А. (научный редактор)	доктор филологических наук, доцент, профессор кафедры истории и философии Камчатского государственного технического университета
Ольхина О.В. (ответственный секретарь)	заведующая издательством Камчатского государственного технического университета
Белавина О.А. (технический секретарь)	специалист по научно-технической информации 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)
Ключкова Т.А.	доктор биологических наук, доктор философии биологии (Ph.D.), доцент кафедры экологии и природопользования Камчатского государственного технического университета
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

ISSN 2079-0333

© КамчатГТУ, 2018
© Авторы, 2018

EDITORIAL BOARD

Klochkova N.G. (Editor-in-chief)	Doctor of Biological Sciences, Head of Center for Scientific Education, Research and Innovation Projects, Kamchatka State Technical University
Tokareva G.A. (Scientific Editor)	Doctor of Philological Sciences, Docent, Professor of History and Philosophy Chair, Kamchatka State Technical University
Olkhina O.V. (Executive Secretary)	Head of Publishing House, Kamchatka State Technical University
Belavina O.A. (Technical Secretary)	Specialist in Technical and Scientific Information 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)
Klochkova T.A.	Doctor of Biological Sciences, Doctor of Philosophy in Biology (Ph.D.), Associate Professor of Ecology and Nature Management Chair, Kamchatka State Technical University
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

Арчибисов Д.А., Швецов В.А.	
Контроль качества материалов и работ в ходе ремонта средств противокоррозионной защиты корпуса на маломерных судах	6
Опрышко Б.А., Фиронов Ю.Н., Швецов В.А., Белавина О.А., Гузь М.П.	
К вопросу о снабжении населения села Мильково Камчатского края питьевой водой	14
Пюкке Г.А.	
К вопросу о моделях деградации многокомпонентных систем различной физической природы	21
Труднев С.Ю., Портнягин Н.Н.	
Компьютерное моделирование процесса запуска двигателя постоянного тока	30
Макарова Н.В., Валиулина Д.Ф., Данчева А.С.	
Исследования химического состава и антиоксидантных свойств функциональных пищевых продуктов из торговой сети	38
Новокшанова А.Л., Топникова Е.В., Никитюк Д.Б.	
Минеральная составляющая молока в составе спортивных напитков	50
Пастушкова Е.В.	
Исследование процесса извлечения биологически активных веществ из лекарственно-технического сырья путем воздействия высоким давлением	56
Яшонков А.А.	
Теоретическое и экспериментальное исследование кинетики процесса сушки при производстве сушеной рыбной продукции	63

РАЗДЕЛ II. БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Айтукаев К.И., Карпенко В.И., Зикунова О.В.		
Особенности темпа роста чавычи реки Камчатка	70	
Григорьев С.С., Седова Н.А.		
Особенности морфологии личинок <i>Pandalus eous</i> , <i>Pandalus goniurus</i> и <i>Pandalus tridens</i> (Decapoda, Pandalidae) из прикамчатских вод	76	
Кашутин А.Н., Климова А.В., Клочкова Т.А.		
Воздействие ледового покрова на межгодовые изменения состояния литоральных зарослей бурой водоросли <i>Fucus distichus</i> subsp. <i>evanescens</i> в Авачинской губе (юго-восточная Камчатка)	88	
Ненашева Е.М., Кириченко В.Е.		
Пауки (Arachnida: Aranei) – обитатели почвенного яруса Быстринского природного парка	100	
Токранов А.М.		
Потенциальные объекты прибрежного рыболовства прикамчатских вод Охотского моря и проблемы использования их ресурсов	109	
Царева В.А., Ванюшин Г.П., Кружалов М.Ю., Сапунова Е.В.		
Температурные условия в прибрежных акваториях восточного Сахалина и острова Итуруп в период подхода горбуши и кеты на нерест в 2001–2017 гг. (нечетные годы)	114	
Правила направления, рецензирования и опубликования рукописей статей		120
Правила оформления рукописей статей		122

Contents

SECTION I. TECHNICAL SCIENCES

Archibisov D.A., Shvetsov V.A.	
Material and work control during repair of means of anticorrosive protection for hulls on small vessels	6
Opryshko B.A., Fironov Y.N., Shvetsov V.A., Belavina O.A., Guz M.P.	
On supplying the population of Milkovo village in Kamchatka Krai with drinking water	14
Pyukke G.A.	
About degradation models of multicomponent systems of various physical nature	21
Trudnev S.Y., Portnyagin N.N.	
Computer modeling of start-up process of direct current motor	30
Makarova N.V., Valiulina D.F., Dancheva A.S.	
Research of chemical composition and antioxidant properties of functional foodstuffs from the trading network	38
Novokshanova A.L., Topnikova E.V., Nikitjuk D.B.	
Mineral composition of milk in sports drinks	50
Pastushkova E.V.	
Study on extraction of biologically active substances from medicinal-technical raw materials by high pressure	56
Yashonkov A.A.	
Theoretical and experimental studies of the drying process kinetics in the output of dried fish products	63

SECTION II. BIOLOGICAL SCIENCES

Aitukaev K.I., Karpenko V.I., Zikunova O.V.	
Growth rate features of chinook salmon in the Kamchatka river	70
Grigorev S.S., Sedova N.A.	
Morphological features of larvae of <i>Pandalus eous</i> , <i>Pandalus goniurus</i> and <i>Pandalus tridens</i> (Decapoda, Pandalidae) from the waters surrounding Kamchatka peninsula	76
Kashutin A.N., Klimova A.V., Klochkova T.A.	
Impact of sea ice cover on interannual changes of the littoral vegetation of the brown alga <i>Fucus distichus</i> subsp. <i>evanescens</i> in the Avacha bay (South-Eastern Kamchatka) ..	88
Nenasheva E.M., Kirichenko V.E.	
Spiders (Arachnida: Aranei) – inhabitants of the soil layer of Bystrinsky nature park	100
Tokranov A.M.	
Potential objects of coastal fishery in the near Kamchatka waters of sea of Okhotsk and problems of its resources exploitation	109
Tsareva V.A., Vanyushin G.P., Kruzhalov M.Y., Sapunova E.V.	
Temperature conditions in the coastal waters of eastern Sakhalin and Iturup island during the approach of pink salmon and chum salmon for spawning in 2001–2017 years (odd years)	114
Regulations for manuscripts direction, reviewing and publication	120
Manuscripts guidelines	122

РАЗДЕЛ I. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 620.197: 629.5.023

Д.А. Арчибисов, В.А. Швецов**КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА МАТЕРИАЛОВ И РАБОТ В ХОДЕ РЕМОНТА
СРЕДСТВ ПРОТИВОКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ КОРПУСА
НА МАЛОМЕРНЫХ СУДАХ**

Обосновывается возможность и целесообразность использования маломерных судов в качестве естественного стенда для проведения исследований. Показана необходимость контроля качества протекторов и лакокрасочных материалов, используемых при ремонте судов. Сформулирован и представлен в виде рекомендаций для судовладельцев простейший алгоритм действий по контролю качества ремонтных работ и материалов, применяемых при восстановлении средств противокоррозионной защиты корпусов судов.

Ключевые слова: маломерные суда, период навигации, стальные корпуса судов, коррозия, обрастание, лакокрасочное покрытие, протекторная защита, визуальный контроль, рекомендации для судовладельцев.

D.A. Archibisov, V.A. Shvetsov**MATERIAL AND WORK CONTROL DURING REPAIR OF MEANS
OF ANTICORROSIVE PROTECTION FOR HULLS ON SMALL VESSELS**

Possibility and feasibility to use small size vessels as the natural stand for research is proved. Necessity of quality control of protectors and paint materials used for vessel repair is shown. A simple algorithm of quality control strategy for repair works and materials used for hull antirust protection is formulated and submitted as recommendations for ship owners.

Key words: small vessels, navigation season, steel hulls, corrosion, fouling, paint coating, sacrificial protection, visual inspection, recommendations for ship owners.

DOI: 10.17217/2079-0333-2018-44-6-13

Введение

Успешная эксплуатация и безопасность мореплавания камчатского флота невозможна без эффективной борьбы с коррозией и обрастанием судов [1]. Для ее организации необходимо создание системы контроля факторов морской среды и оценки эффективности средств противокоррозионной защиты. На большинстве судов камчатского флота основными средствами противокоррозионной защиты корпуса являются лакокрасочные покрытия (ЛКП) и протекторная защита (ПЗ). Существующая система контроля эффективности работы ЛКП и ПЗ регламентирована рядом нормативных документов (НД) различного уровня [2–4]. Однако на практике эти требования не выполняются ни в процессе докового ремонта судна, ни при его эксплуатации. Это обусловлено высокой стоимостью контроля и организационными затруднениями, возникающими при использовании существующих методов контроля [5, 6]. В работах [6–9] показано, что эффективность контроля работы средств противокоррозионной защиты корпуса судна можно существенно повысить, а приборы и методы контроля – упростить. В то же время открытым остается вопрос о повышении эффективности контроля качества материалов, применяемых для восстановления ПЗ и ЛКП во время докового ремонта судов, а также контроля соответствия выполняемых ремонтных работ требованиям НД. Этот вопрос можно решать с помощью простых методов, основанных на использовании маломерных судов в качестве естественных стендов для натуральных коррозионных исследований.

Материалы и метод исследования

Обоснование выбора объекта исследования. В соответствии с действующим законодательством Российской Федерации среди всех судов гражданского флота маломерные суда по ряду критериев выделены в особую группу, в отношении которой установлен иной, чем для средне- и крупнотоннажных судов, порядок осуществления государственного контроля, а также определена специфика их функционирования. Для маломерных судов камчатского флота регламентирован ограниченный период навигации, ежегодно устанавливаемый в зависимости от природно-климатических и навигационно-гидрологических условий. В среднем для Петропавловск-Камчатского городского округа и Елизовского муниципального района Камчатского края навигация маломерных судов открыта с 15 мая по 1 ноября. Таким образом, главной особенностью режима эксплуатации маломерных судов в Камчатском крае можно считать явно выраженную сезонность их работы.

Как правило, с окончанием навигации маломерные суда поднимаются на берег и размещаются на причалах или в непосредственной близости от них на специальных подставках – кильблоках. Хранение судна на берегу в межнавигационный период значительно дешевле и проще, чем его размещение на плаву, так как отпадает необходимость содержания на судне дежурно-вахтенной службы, отсутствуют расходы на снабжение судна ГСМ, водой и продовольствием, отсутствует риск повреждения или затопления судна при неблагоприятных метеорологических и ледовых условиях и т. д. Корпус судна, размещенного на берегу, доступен для производства всех необходимых ремонтных и профилактических работ, и для выполнения его ремонта не требуется докование. Для подъема маломерного судна на берег и спуска на воду в большинстве случаев достаточно плавучего или автомобильного крана, услуги которого обходятся судовладельцу намного дешевле, чем услуги дока.

В течение межнавигационного периода судовладельцами ведется подготовка маломерных судов к следующей навигации. В том числе выполняется необходимый ремонт корпуса судна и его оборудование средствами противокоррозионной защиты, которое заключается в нанесении ЛКП и монтаже ПЗ. В соответствии с требованиями НД [6] в процессе эксплуатации судна необходимо контролировать работу систем ПЗ, в том числе производить их внешний осмотр. В работе [10] отмечено, что внешний осмотр протекторных систем на судах зачастую не выполняется по причине его сложности и дороговизны, обусловленной необходимостью постановки судна в док либо необходимостью привлечения водолазов. Поэтому в работе [10] предложен способ, позволяющий исключить дорогостоящий внешний осмотр систем ПЗ.

Но на маломерных судах любые осмотры и работы на подводной части корпуса могут выполняться в межнавигационный период, когда судно размещено на берегу и внешний осмотр средств противокоррозионной защиты не требует каких-либо дополнительных затрат. Поэтому для маломерных судов логично и оправданно использование внешнего осмотра подводной части корпуса судна для решения целого ряда различных технических задач, и в том числе для визуальной оценки эффективности средств противокоррозионной защиты. Таким образом, маломерные суда могут служить естественным испытательным стендом для проведения исследований.

Для того чтобы результаты исследований обладали необходимой представительностью и ценностью, маломерное судно, выбираемое для их проведения, должно относиться к одному из наиболее распространенных типов судов камчатского флота. В морском порту Петропавловск-Камчатский наиболее распространенными маломерными судами являются малые рыболовные сейнеры (МРС) различных типов (проектов) и размеров (МРС-80, МРС-150, МРС-225); буксирные катера типа Ж, КЖ, Т-63; катера типа «Ярославец» проектов 376 и 376У. Для проведения эксперимента был выбран катер типа «Ярославец», пр. 376У, год постройки – 1983, длина (после переоборудования) – 19,68 м, ширина – 5,4 м, высота борта – 2,8 м (надводный борт – 0,91 м).

Метод исследования. В качестве метода исследования был выбран пассивный эксперимент, призванный оценить качество использованных материалов и проведенных работ по восстановлению средств противокоррозионной защиты судна, выполненных в процессе его корпусного ремонта. Суть пассивного эксперимента заключается в сравнении результатов органолептической (визуальной и тактильной) оценки состояния ЛКП и ПЗ прошедшего ремонт маломерного судна перед его спуском на воду в начале навигации (май 2017 г.) с результатами органолептической оценки состояния ЛКП и ПЗ этого же маломерного судна, поднятого на берег после за-

вершения навигации (после 28 октября 2017 г.). Для наглядности результаты осмотра подводной части корпуса судна перед навигацией и после ее завершения фиксировались с помощью цифровой фотосъемки.

Результаты и обсуждение

Визуальный осмотр корпуса судна перед началом ремонта показал, что в качестве ПЗ на нем установлено 10 протекторов. В связи с отсутствием в судовой документации информации о типе и количестве данных протекторов они были идентифицированы путем определения их геометрических размеров и соотнесения с типоразмерами протекторов, установленными в НД [11]. Результат идентификации показал, что ПЗ судна состоит из двух протекторов П-КОА-1 (на пере руля) и восьми протекторов П-КОА-5 (два протектора на днище в кормовой части корпуса, по два протектора на бортовых килях, два протектора в носовой части корпуса). Было установлено, что восемь из 10 протекторов по степени износа соответствуют требованиям НД [11], а два протектора, расположенных на днище в кормовой части корпуса, подлежат замене, так как степень их износа более 70%. В связи с этим при проведении ремонта подводной части корпуса катера в межнавигационный период 2016–2017 гг. два изношенных протектора П-КОА-5 были заменены новыми. Также в ходе ремонта была произведена замена обшивки на общей площади 22 м², выполнена пескоструйная зачистка корпуса и его покраска с предварительным нанесением грунтовки, и другие работы.

Результаты фотосъемки подводной части корпуса катера и элементов его противокоррозионной защиты после завершения ремонтных работ представлены на рис. 1, а, в, д. На снимках видно, что протекторы приварены к корпусу судна с соблюдением требований НД [4, 11]. Поверхность бывших в употреблении протекторов имеет шероховатую структуру, однако при механическом воздействии отслоения металла не происходит, то есть отработавший слой протектора удален. ЛКП нанесено качественно, что выражается в равномерном распределении краски по поверхности, отсутствии подтеков и недостаточно покрашенных мест. Плотное прилегание краски к металлу, отсутствие шелушащихся или отслаивающихся участков свидетельствует о надлежащем качестве пескоструйной зачистки корпуса перед покраской. Вместе с тем на металле обшивки заметны мелкие неровности и впадины, образовавшиеся в процессе эксплуатации в результате точечной коррозии. Выводить эти неровности путем шлифовки нецелесообразно ввиду больших трудозатрат и недопустимой потери толщины металла обшивки при шлифовке.

На рис. 1, б, г, е показаны фотоснимки подводной части корпуса катера, выполненные после его подъема на берег по завершении навигации 2017 г. Результаты обследования показали, что бывшие в эксплуатации до ремонта протекторы выполнили свою защитную функцию, так как они не обросли гидробионтами, а их металл в процессе работы растворялся в морской воде, в результате чего верхний отработавший слой легко отслаивается и снимается вручную, даже без помощи инструмента (рис. 1, б, г). Также на рис. 1, б видно, что в пространстве между протектором и бортовым килем поселились мидии (*Mytilus trossulus*), однако рабочая поверхность самого протектора свободна от гидробионтов, что свидетельствует об его эффективной работе в период навигации.

Два установленных во время ремонта в межнавигационный период новых протектора П-КОА-5 (рис. 1, е) обросли толстым (до 10 мм) слоем гидробионтов – мидий и баянусов (*Balanus crenatus*). После механического удаления прикрепившихся к поверхности протектора раковин гидробионтов было установлено, что металл протектора твердый, при воздействии стальным скребком не отслаивается и не крошится. Это говорит о том, что в период навигации новые протекторы не только не растворялись в морской воде и не выполняли свою защитную функцию, а напротив, стали центром обрастания на корпусе судна.

При осмотре ЛКП было обнаружено, что большая часть корпуса судна ниже ватерлинии за время навигации покрылась налетом серо-зеленого цвета, образованным диатомовыми водорослями. При этом обрастанию в большей степени подверглись участки поверхности, имеющие сильную шероховатость. Это можно объяснить тем, что водоросли активнее задерживаются в углублениях неровной поверхности. Увеличение шероховатости также ведет к повышенному расходу лакокрасочных материалов, а при чрезмерной шероховатости подложки краска может не проникать во впадины на окрашиваемой поверхности.

Вместе с тем шероховатость поверхности может влиять на свойства будущего покрытия положительно. Увеличение шероховатости приводит к увеличению поверхности контакта между

краской и подложкой, а отсюда и к увеличению адгезии. Например, на рис. 1, в видно, что металл на пере руля в районе остатков арматуры от установленных ранее протекторов имеет достаточно гладкую поверхность по сравнению с остальной площадью пера руля. И в то же время именно эти гладкие части сильнее всего пострадали от коррозии, тогда как на остальной поверхности пера руля краска сохранилась (рис. 1, г). Таким образом, при подготовке поверхности необходимо добиваться оптимальной шероховатости применительно к конкретному виду покрытия и условиям работы.



а



б



в



г



д



е

Рис. 1. Внешний вид протекторов на рассматриваемом катере проекта 376 У перед началом навигации 2017 г. (слева) и после ее завершения (справа):
а, б – протектор П-КОА-5 на бортовом киле, до ремонта бывший в эксплуатации;
в, г – протектор П-КОА-1 на пере руля, до ремонта бывший в эксплуатации;
д, е – протектор П-КОА-5 на днище в кормовой части, заменен при ремонте, в эксплуатации не был

При сравнении результатов визуальной оценки состояния ПЗ судна до и после навигации наибольший интерес вызвал вопрос о причинах, по которым новые (замененные при ремонте) протекторы П-КОА-5 не выполнили свою защитную функцию и обросли гидробионтами.

Анализ и сравнение условий работы двух обросших протекторов с остальными показал, что расположение обросших протекторов на корпусе судна существенно отличается от всех остальных. Обросшие протекторы, в отличие от других, установлены на днище в кормовой части корпуса судна так, что их плоская грань направлена к днищевой части корпуса судна, а рабочая поверхность обращена ко дну водного объекта. Кроме того, часть корпуса, на которой они установлены, при движении судна вперед не испытывает воздействие от встречного потока воды. Обросшие протекторы находятся в гидродинамической тени, образованной корпусом судна (рис. 1, д, е). Все остальные протекторы в большей или меньшей степени находятся в набегающем потоке воды, который, как мы предполагали, препятствует обрастанию и способствует более интенсивному растворению металла протекторов.

Для подтверждения или опровержения данной гипотезы была осмотрена ПЗ на других размещенных на берегу маломерных судах. На конструктивно схожем судне – катере типа «Ярославец», имеющем, в отличие от объекта исследования, два, а не одно, пера руля, был найден пример работы протекторов, опровергающий выдвинутую нами гипотезу. На данном судне установлено, помимо прочих, по одному протектору П-КОА-5 на левом (рис. 2, а) и правом (рис. 2, б) пера руля. В процессе эксплуатации вся подводная часть корпуса судна подверглась сильному обрастанию гидробионтами, которые к моменту осмотра были удалены механическим способом. Видны многочисленные места прикрепления баянусов и мидий к корпусу судна.



Рис. 2. Внешний вид протекторов на конструктивно схожем катере проекта 376:
а – работоспособный протектор П-КОА-5 на левом пере руля, не покрытый биообрастанием
и растворившийся в морской воде; б – неработоспособный протектор П-КОА-5
на правом пере руля, оброс баянусами и мидиями,
в морской воде не растворялся

По изложенным выше признакам (растворимость протекторов в морской воде, твердость металла, степень обрастания гидробионтами) было установлено, что протектор на левом пере руля выполнял свою защитную функцию, а протектор на правом пере руля – не выполнял. При этом протекторы в процессе эксплуатации находились в совершенно равных условиях – оба пера руля при движении судна интенсивно омывались потоком воды от гребного винта. Полученный результат подтверждает, что движение потока воды и место установки протектора не являются решающими факторами, влияющими на качество выполнения протектором его защитной функции. Более того, гидробионты способны обитать даже на частях судна, наиболее подверженных воздействию потока воды при движении судна. Так, на выбранном для проведения эксперимента судне баянусы были обнаружены даже на гребном винте и его обтекателе, хотя эти детали вращаются при движении судна с частотой до 500 мин⁻¹.

На 2018 г. запланирован эксперимент, призванный окончательно дать ответ на вопрос о влиянии гидродинамических факторов и места установки протекторов на эффективность их работы. В ходе эксперимента планируется протектор, неудовлетворительно отработавший в ходе

навигации 2017 г. (например, показанный на рис. 1, д, е), поменять местами с протектором, показавшим в 2017 г. хорошие результаты (например, показанный на рис. 1, а, б). Если в ходе осмотра протекторов после завершения навигации 2018 г. будет установлено, что от перемены мест установки протекторов результат их работы не изменился, то второстепенность влияния гидродинамических факторов и места установки протекторов на эффективность их работы полностью подтвердится.

Таким образом, наиболее вероятной причиной, по которой устанавливаемые при ремонте судов протекторы не выполняют своих защитных функций, авторы считают неудовлетворительное качество самих протекторов и в первую очередь – несоответствие металлов (сплавов), из которых изготавливаются протекторы, требованиям НД.

В ходе детального изучения протектора, очищенного от гидробионтов после завершения навигации, на нем обнаружена маркировка «ПКО – А5». По-видимому, изготовитель намеревался указать типоразмер протектора, который, в соответствии с НД [11], правильно пишется так: «П-КОА-5», что означает: протектор короткозамкнутый одиночный из алюминиевого сплава, массой 5 кг. При этом правилами маркировки протекторов, представленными в разделе 5 НД [11], не предусмотрено нанесение непосредственно на протекторе полного обозначения его типоразмера. Типоразмер протектора указывается при маркировке в зашифрованном сокращенном виде в соответствии с таблицей 21 НД [11]. Помимо типоразмера, маркировка, нанесенная на каждом протекторе на рабочей поверхности, должна содержать товарный знак предприятия-изготовителя, марку сплава и номер плавки. Например, маркировка на рабочей поверхности протектора «5-А3 123» означает: протектор П-КОА-5 из сплава марки АП-3, номер плавки 123.

Для изготовления протекторов П-КОА-5 могут использоваться алюминиевые сплавы марок АП-1, АП-2, АП-3 и АП-4. Химический состав сплавов строго регламентирован НД [11]. Маркировка на рассматриваемом протекторе, выполненная с нарушением требований НД [11], не позволяющая установить марку сплава, из которого выполнен протектор, а также его производителя, косвенно свидетельствует о сомнительном происхождении и неудовлетворительном качестве металла данного протектора. При проведении исследования было также осмотрено большое количество протекторов на других судах, на которых полностью отсутствовала маркировка и которые, по визуально определенной незначительной степени износа, выглядели недавно установленными. Отсюда можно сделать вывод, что все эти условно новые протекторы сомнительны по происхождению и качеству материала изготовления.

Также в процессе исследования отмечено, что при проведении межнавигационного ремонта и покраски судов зачастую не соблюдается следующее требование НД [11]: при проведении окрасочных работ на поверхностях, оборудованных протекторной защитой, следует предусмотреть защиту рабочей поверхности протекторов от попадания на них краски. На рис. 3 показаны отремонтированные в межнавигационный период 2017–2018 гг. маломерные рыболовные суда типа МРС-150. Все попавшие в кадр протекторы на судах покрыты сплошным слоем краски, что исключает случайный характер попадания краски и говорит о недостаточной культуре проведения окрасочных работ.



Рис. 3. Прошедшие ремонт маломерные суда типа МРС-150. Протекторы полностью покрашены

Очевидно, что с абсолютной точностью и достоверностью сделать вывод о качестве лакокрасочных материалов, протекторов и ремонтных работ можно только с применением дорогостоящих лабораторных и технических испытаний, измерений и экспертиз. Однако полученные в ходе проведенных исследований данные позволяют разработать для судовладельцев следующие простейшие рекомендации по контролю качества материалов и ремонтных работ:

1. Необходимо производить внешний осмотр новых протекторов, планируемых к установке на судно, на предмет их соответствия требованиям НД [11]. Для этого протектор следует измерить, взвесить, соотнести его форму и размеры с чертежами в НД. Особое внимание необходимо уделить маркировке протектора.

2. После того, как судно с новым протектором отработает навигацию и будет поднято на берег, следует оценить эффективность работы нового протектора. Для этого рабочую поверхность протектора нужно осмотреть на предмет обрастания гидробионтами, а также с помощью стального скребка проверить твердость поверхностного слоя. Отсутствие гидробионтов и легко шелушащийся, частично растворенный в морской воде поверхностный слой говорят о надлежащем выполнении протектором защитной функции. Протекторы, обросшие гидробионтами и не растворявшиеся в морской воде, являются некачественными и подлежат замене.

3. При заключении договора или контракта на проведение ремонтных работ в его условиях следует четко указать обязательность соответствия устанавливаемых протекторов, применяемых лакокрасочных материалов, а также качества выполняемых работ требованиям НД.

4. При приемке выполненных работ следует контролировать чистоту рабочих поверхностей протекторов от краски, ГСМ, загрязнений и иных веществ, снижающих контакт рабочей поверхности протектора с морской водой. В ходе окрасочных работ необходимо пресекать закрашивание протекторов, а также практику их обмазывания консистентной смазкой для ее дальнейшего удаления вместе с попавшей на протектор краской. В случае если закрашивание протекторов все же произошло, краску следует удалить механически. Если протектор был покрыт смазкой, ее следует стереть, а рабочую поверхность протектора – обезжирить.

Выполнение данных рекомендаций позволит судовладельцам без каких-либо дополнительных затрат отсеять заведомо некачественные протекторы еще на этапе подготовки к ремонту либо после первой отработанной навигации. А повышенное внимание к качеству восстановления средств противокоррозионной защиты судна в ходе ремонтных работ позволит снизить частоту ремонтов, повысить их качество, а следовательно – повысить безопасность мореплавания и технико-экономическую эффективность работы судов.

Основные выводы

Результаты проведенных исследований позволяют сделать следующие основные выводы:

1. Маломерные суда с успехом могут использоваться как естественные стенды для натурных коррозионных исследований. Такие стенды позволяют проводить научные исследования без ущерба для производственного процесса и без дополнительных затрат или капиталовложений.

2. Эффективность выполнения протектором его защитной функции в меньшей степени зависит от места установки протектора и в гораздо большей степени – от качества протектора. Поэтому перед установкой новых протекторов необходимо оценивать их качество (соответствие НД), а по завершении навигации – оценивать эффективность выполнения протекторами защитной функции.

3. С учетом встречающихся проявлений недостаточной культуры проведения ремонтных работ, судовладельцу необходимо более тщательно контролировать ход их выполнения и процесс сдачи-приемки.

4. Соблюдение простейших правил и рекомендаций, разработанных по результатам исследования, поможет судовладельцам без каких-либо дополнительных затрат повысить эффективность работы средств противокоррозионной защиты на судах, а следовательно – безопасность мореплавания и технико-экономическую эффективность работы судов.

Литература

1. Зобочев Ю.Е., Солинская Э.В. Защита судов от коррозии и обрастания. – М.: Транспорт, 1984. – 174 с.

2. Руководство по защите корпусов надводных кораблей ВМФ от коррозии и обрастания. – М.: Воен. изд-во, 2002. – 350 с.
3. РД 31.28.10-97. Комплексные методы защиты судовых конструкций от коррозии: Руководящий документ. Утвержден распоряжением Минтранса России от 17.12.2007 № МФ-34/2306 / Министерство транспорта РФ. – СПб., 1997. – 135 с.
4. ГОСТ 26501-85 Корпуса морских судов. Общие требования к электрохимической защите. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 9 с.
5. Белов О.А., Дороганов А.Б. Проблемы методологии контроля электрохимической защиты стальных корпусов кораблей и судов // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2016. – Вып. 37. – С. 10–13.
6. Совершенствование методики измерения защитного потенциала стальных корпусов кораблей и судов / П.А. Белозёров, В.А. Швецов, А.А. Луценко, О.А. Белавина // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2014. – Вып. 4 (ноябрь) – С. 7–12.
7. Испытание устройства для проверки правильности показаний хлорсеребряных электродов сравнения / В.А. Швецов, П.А. Белозёров, Н.В. Адельшина, В.В. Кириносенко, О.А. Белавина // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2015. – Вып. 31. – С. 47–55.
8. Использование электроугольных изделий при измерении потенциала стальных корпусов кораблей и судов / П.А. Белозёров, В.А. Швецов, В.А. Пахомов, О.А. Белавина // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2015. – Вып. 1 (февраль). – С. 27–31.
9. Способ контроля режима работы протекторной защиты стальных корпусов кораблей и судов: пат. Рос. Федерация № 2589246; опубл. 10.07.2016.
10. Обоснование возможности исключения внешнего осмотра систем протекторной защиты стальных корпусов судов / В.А. Швецов, О.А. Белов, О.А. Белавина, Д.П. Ястребов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия Морская техника и технология. – 2017. – Вып. 1 – С. 29–38.
11. ГОСТ 26251-84 Протекторы для защиты от коррозии. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 25 с.

Информация об авторах **Information about the authors**

Арчибисов Дмитрий Александрович – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; аспирант; Камчатская дирекция по техническому обеспечению надзора на море; 683031, Россия, Петропавловск-Камчатский; начальник отдела информационно-аналитической работы и планирования; d.a.archibisov@mail.ru

Archibisov Dmitry Aleksandrovich – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Postgraduate; Kamchatka's Directorate for Technical Supply of Sea Supervision; 683031, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Head of Information and Analytical Work and Planning Department; d.a.archibisov@mail.ru

Швецов Владимир Алексеевич – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; доктор химических наук, доцент, профессор кафедры энергетических установок и электрооборудования судов

Shvetsov Vladimir Alekseevich – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Chemical Sciences, Docent, Professor of Power Plants and Electrical Equipment of Ships Chair, Kamchatka State Technical University

УДК 556.38(571.66)

Б.А. Опрышко, Ю.Н. Фионов, В.А. Швецов, О.А. Белавина, М.П. Гузь**К ВОПРОСУ О СНАБЖЕНИИ НАСЕЛЕНИЯ СЕЛА МИЛЬКОВО
КАМЧАТСКОГО КРАЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДОЙ**

В статье исследуются причины снижения дебита разведочно-эксплуатационных скважин участка «Амшарикский-1» Мильковского месторождения питьевых подземных вод, которые используются для водоснабжения села Мильково Камчатского края. Приводится обоснование выбора участка «Амшарик» Мильковского месторождения питьевых подземных вод в качестве источника водоснабжения села Мильково. Предлагается применение телеметрической системы для удаленного контроля уровней подземных вод на участке «Амшарик» Мильковского месторождения.

Ключевые слова: водоснабжение, разведочно-эксплуатационная скважина, дебит, насос, водоносный комплекс, водозабор, мониторинг, датчики-регистраторы, телеметрическая система.

B.A. Opryshko, Y.N. Fironov, V.A. Shvetsov, O.A. Belavina, M.P. Guz**ON SUPPLYING THE POPULATION OF MILKOVO VILLAGE
IN KAMCHATKA KRAI WITH DRINKING WATER**

The article explores the reasons for the decrease in the flow rate of the exploration and production wells of the “Amshariksiy-1” area of the Milkovo drinking groundwater deposit. This area is used for water supply for Milkovo village in Kamchatka Krai. The rationale for selecting the “Amsharik” area of the Milkovo drinking groundwater deposit as a source of water supply for Milkovo village is presented. A telemetric system for remote monitoring of groundwater levels in “Amsharik” is proposed.

Key words: water supply, exploration well, production rate, pump, aquifer complex, water field, monitoring, sensors-recorders, telemetry system

DOI: 10.17217/2079-0333-2018-44-14-20

Введение

Водное законодательство рассматривает водные объекты в качестве основы жизни и деятельности человека [1].

Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года рассматривает обеспечение гарантированного доступа населения России к качественной питьевой воде как задачу общегосударственного масштаба [2].

Паспорт Государственной программы Камчатского края «Энергоэффективность, развитие энергетики и коммунального хозяйства, обеспечение жителей населенных пунктов Камчатского края коммунальными услугами» и его подпрограмма «Чистая вода в Камчатском крае» ставят задачу по обеспечению населения Камчатского края питьевой водой, соответствующей требованиям санитарного законодательства и рациональному использованию водных объектов [3]. Обозначенные направления социально-экономического развития Камчатского края придают данному направлению исследования особую актуальность.

Приборы и методы исследования

При проведении гидрогеологических работ использовались следующие виды исследования:

1. Измерение дебита эксплуатационных, поисково-разведочных и наблюдательных скважин.
2. Измерение уровней подземных вод.
3. Отбор проб воды для химического и микробиологического анализа.

Соответственно использовались методы наблюдения, измерения, анализа [4].

Дебиты эксплуатационных скважин измерялись водомерными счетчиками типа СКВ и ВМХ.

Для измерения дебитов поисково-разведочных и наблюдательных скважин использовался мерный сосуд объемом 100 л и механический секундомер.

Измерения уровней подземных вод в скважинах производились тремя приборами:

1. Избыточные напоры в скважинах измерялись деформационным образцовым манометром класса точности 0,4.
2. Уровни воды ниже поверхности земли измерялись электроуровнемером собственного изготовления.
3. На контрольных (наблюдательных скважинах) устанавливались автономные датчики-регистраторы уровней и температуры воды Solinst 3001LT levellogger edge.
4. Барометрическая компенсация датчиков levellogger производилась с использованием результатов показаний регистратора атмосферного давления Solinst 3001 barologger edge при помощи программного обеспечения Solinst.

Исследование характеристик группового подземного водозабора села Мильково Камчатского края

В с. Мильково Камчатского края проживает 8 251 человек. Действующий групповой подземный водозабор «Центральный» расположен в зоне застройки с. Мильково и состоит из пяти разведочно-эксплуатационных скважин глубиной от 55 до 110 м. Расположение разведочно-эксплуатационных скважин в с. Мильково отмечено на снимке со спутника, заимствованного из программы SAS Планета (<http://sasgis.org/>) и представлено на рис. 1.

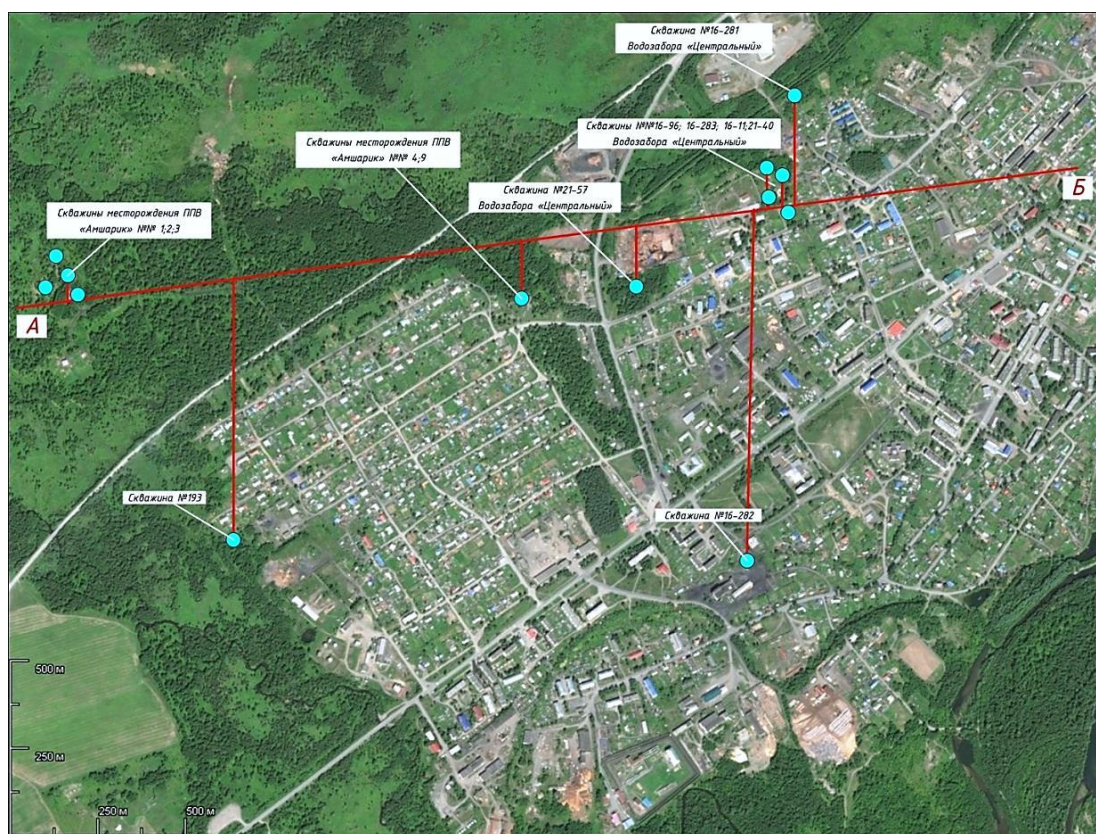


Рис. 1. Разведочно-эксплуатационные скважины села Мильково (с линией А-Б для построения геолого-гидрогеологического разреза)

Водозабор способен выдать не более $1\,608\text{ м}^3/\text{сут}$ воды. Нормативное водопотребление на одного человека – 200 л воды в сутки (общий объем нормативного водопотребления – $1\,719\text{ м}^3/\text{сут}$). Таким образом, суточный дефицит воды составляет 111 м^3 . При этом отмечается устойчивое снижение дебита скважин. Две скважины водозабора «Центральный» выведены из эксплуатации по причине значительного снижения дебита и ухудшения качества воды.

С декабря 2016 г. КГУП «Камчатский водоканал» принял в эксплуатацию системы водоснабжения Мильковского района.

Специалистами предприятия была проведена оценка состояния водозаборных сооружений с. Мильково и выявлены следующие проблемы:

1. Устойчивое снижение дебита скважин водозабора «Центральный».
2. Частые поломки водоподъемного оборудования – скважинных насосов.
3. Подземные воды соответствуют требованиям, предъявляемым для питьевого водоснабжения, но содержат песок, превышающий количество для безопасной работы погружных скважинных насосов (свыше 50 г на 1 м³).
4. Подъем воды осуществляется наземными насосами, отличающимися низким КПД работы.
5. Две скважины водозабора выведены из эксплуатации.
6. Отсутствуют режимные наблюдения за состоянием добываемых подземных вод.

Исследования гидрогеологических характеристик участка «Амшарикский-1» Мильковского месторождения питьевых подземных вод

В декабре 2016 г. специалистами «Камчатского водоканала» организован мониторинг подземных вод участка «Амшарикский-1», проведены откачки и выпуски из скважин с целью изучения гидрогеологических характеристик водоносных горизонтов [5]. Изучены характеристики водовмещающих горных пород по материалам, предоставленным Камчатским филиалом ФБУ «ТФГИ по ДВФО» (геологический фонд) [5, 6]. Для выявления причин резкого снижения дебита скважин была проанализирована гидрогеологическая обстановка в горных породах водозаборов с. Мильково. Геолого-гидрогеологический разрез этих горных пород представлен на рис. 2.

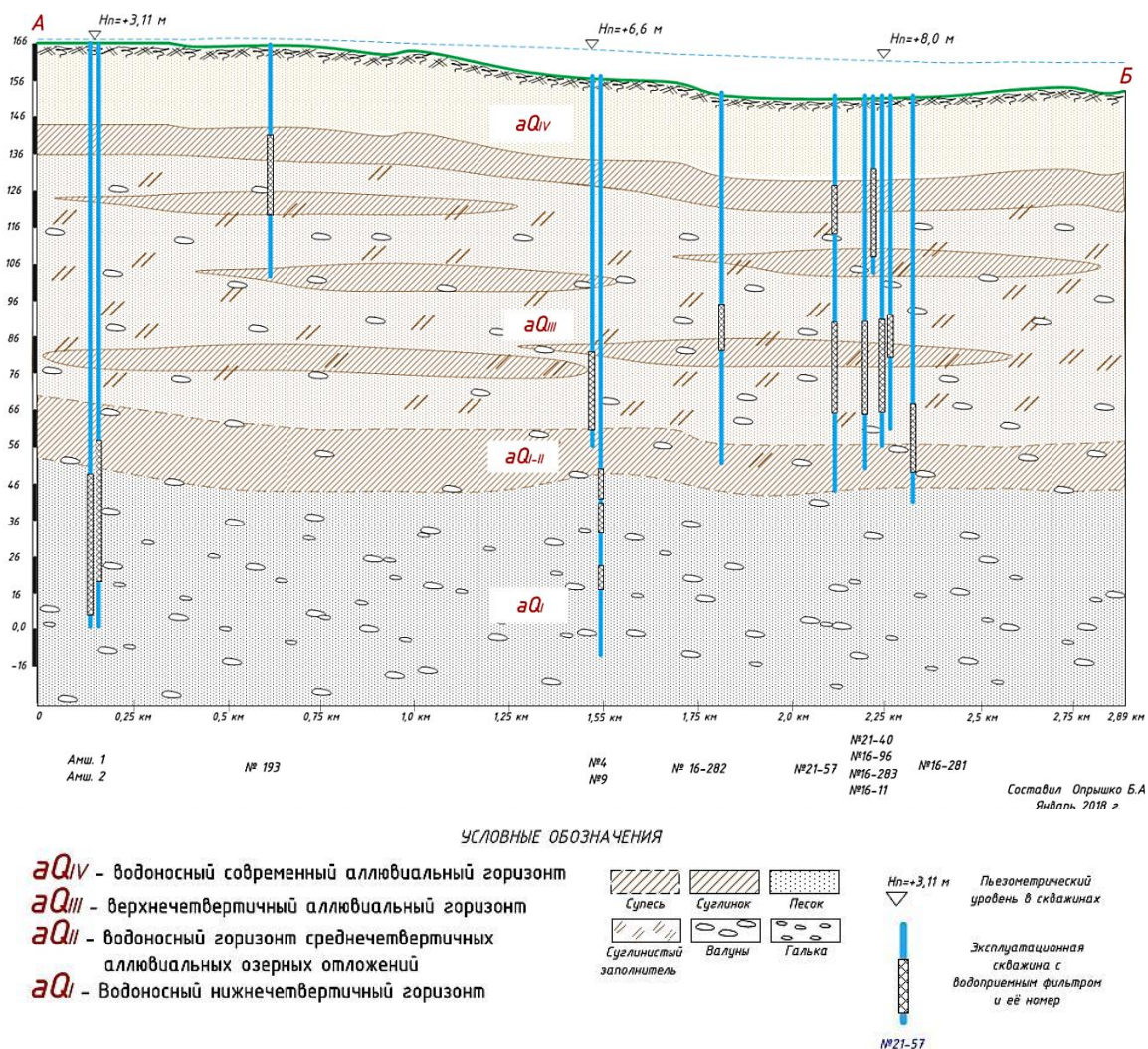


Рис. 2. Геолого-гидрогеологический разрез горных пород водозаборов села Мильково

Назначение и статус скважин, изображенных на геолого-гидрогеологическом разрезе горных пород:

- Амш. 1; Амш. 2 – участок «Амшарик» ММПВ, перспективный участок для строительства водозабора, законсервирован.
- № 193 – водоснабжение котельной и группы одноэтажных жилых домов.
- № 4; 9 – поисково-разведочные скважины участка «Амшарик» ММПВ используются для централизованного водоснабжения села (покрытие дефицита воды).
- № 16-282 – водоснабжение центральной котельной.
- № 21-57; 16-96; 21-40; 16-283; 16-11; 16-281 – скважины водозабора «Центральный» участка «Амшарикский-1» для централизованного водоснабжения села.

По результатам проведенных наблюдений и исследований дано заключение о невозможности дальнейшей эксплуатации водозабора «Центральный» участка «Амшарикский-1» по следующим причинам:

1. Водозабор расположен в пределах жилой застройки с. Мильково, что не позволяет выполнять требования, предъявляемые к зонам санитарной охраны водозаборов питьевых подземных вод.
2. Водоносный горизонт в интервале глубин от 65 до 100 м представлен чередованием супесей, суглинков и мелкозернистых песков. В пределах водоносного горизонта отмечены прослои пылеватого (илистого) песка – «плывуна», приводящие к постепенной механической колюматации фильтров эксплуатационных скважин и, как следствие, снижению их дебита до нуля.
3. Наличие песка в добываемой воде делает невозможным использование погружных насосных агрегатов из-за быстрого износа гидравлической части насоса.
4. Использование существующего способа подъема воды из скважин насосами наземного расположения неэффективно ввиду значительного понижения уровня воды в скважинах.
5. Подземные воды участка «Амшарикский-1» не разведаны. Этот факт не позволяет гарантировать надежность водозабора как источника водоснабжения по 1-й категории.

Для оценки степени деградации водозабора «Центральный» и перспективы его возможного использования, основываясь на результатах испытаний скважин на период их бурения и ввода в эксплуатацию, результатах наблюдений за состоянием подземных вод в период 2016–2017 гг., авторы построили график зависимости дебита скважин водозабора «Центральный» по годам, представленный на рис. 3.

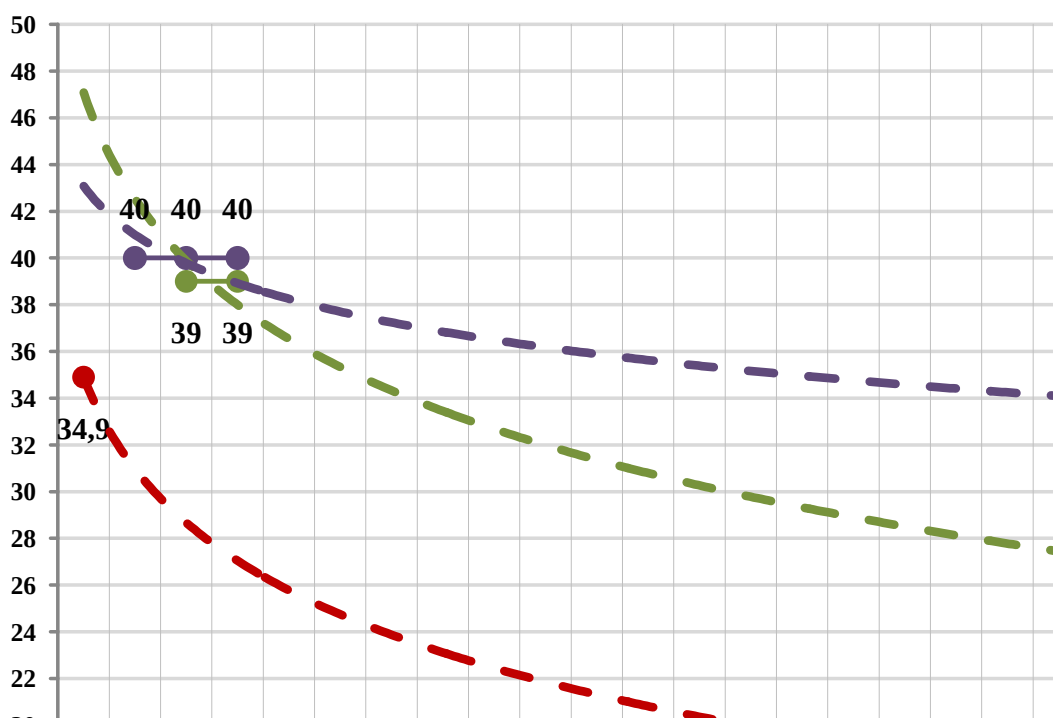


Рис. 3. График, демонстрирующий снижение дебита скважин водозабора «Центральный»

В таблице приведены характеристики скважин водозабора «Центральный» участка «Амшарикский-1», используемые для централизованного водоснабжения с. Мильково.

Характеристика рабочих параметров скважин водозабора «Центральный»

Объект, Назначение	Номер скважины год бурения	$\frac{Q \text{ м}^3/\text{час}}{S, \text{ м}}$ $q, \text{ м}^3/\text{час}$ На момент опробования после бурения*	Декабрь 2016, дебит $\text{м}^3/\text{час}$	Октябрь 2017, дебит $\text{м}^3/\text{час}$	$\frac{\text{Уровни, м}}{\text{статистический} \times \text{динамический}} \times Q \text{ м}^3/\text{час}$
Водозабор «Центральный», Водоснабжение села Мильково	$\frac{21-57}{1977}$	$\frac{59,76}{2,31} 25,92$	Законсервирована Нет сведений	Законсервирована Нет сведений	$\frac{+7,54}{\text{нет сведений}}$
	$\frac{21-40}{1976}$	$\frac{44,64}{40,0} 1,116$	Законсервирована Нет сведений	Законсервирована Нет сведений	$\frac{1,2}{\text{нет сведений}}$
	$\frac{16-96}{1980}$	$\frac{12,52}{31,3} 0,4$	1,9	1,9	$\frac{+0,5}{51} 0,037$
	$\frac{16-11}{1980}$	$\frac{34,92}{40,0} 1,116$	24	15	$\frac{+6,9}{5} 1,2$
	$\frac{16-283}{1986}$	$\frac{39,96}{9,0} 4,43$	24	24	$\frac{+6,06}{9} 1,86$
	$\frac{16-281}{1985}$	$\frac{39,96}{29,7} 1,332$	32	32,4	$\frac{+6,77}{2,81} 3,38$

*Сведения из учетных карточек буровых скважин, предоставленных Росгеолфондом.

Основной причиной возникновения дефицита воды в 2017 г. стало отсутствие многолетних режимных наблюдений за состоянием подземных вод. При их наличии было бы возможно прогнозировать снижение дебита разведочно-эксплуатационных скважин. Таким образом, проведенные в 2017 г. научные исследования констатируют факт деградации водозабора.

Обоснование выбора участка «Амшарик» Мильковского месторождения питьевых подземных вод в качестве источника водоснабжения села Мильково

Возникший в 2017 г. дефицит воды для водоснабжения с. Мильково покрывается за счет подачи воды с перспективного участка «Амшарик» Мильковского месторождения питьевых подземных вод, лицензию на который КГУП «Камчатский водоканал» получил в апреле 2017 г. с целью добычи подземных вод для питьевого водоснабжения населения и технологического обеспечения водой объектов промышленности с. Мильково в Камчатском крае в объеме до 5 тыс. $\text{м}^3/\text{сут.}$

Участок «Амшарик» Мильковского месторождения питьевых подземных вод находится в Мильковском районе Камчатского края и расположен на северо-западной окраине с. Мильково в междуречье рек Амшарик и Мильковка (рис. 1). Поисково-разведочные работы были выполнены Быстринской партией Паратунской гидрогеологической экспедиции ГПП «Камчатгеология» в период с июля 1991 по май 1992 гг. [5].

Для эксплуатации перспективного водозабора «Амшарик» выбрана нижняя часть водообильного комплекса (aQI) ниже-среднечетвертичных аллювиально-озерных отложений (ниже глубины 120 м), представленная гравийно-галечными отложениями, заполненными крупным и средним песком, имеющим наилучшие фильтрационно-емкостные свойства. Ниже глубины 120 м в горных породах содержится минимальное количество суглинистых заполнителей и илистых песков, поэтому отсутствует риск механической колюматации фильтров. Состав горных пород и их геологические индексы представлены на рис. 2. Надежность сохранения однородности нижнечетвертичных отложений без риска попадания илистых песков-плывунов из верхнечетвертичного комплекса горных пород ($aQIII$) может быть обеспечена своеобразным буфером в интервале от 100 до 120 м, представленным среднечетвертичными отложениями ($aQII$), содержащими тугопластичный суглинок с супесчано-песчаным заполнителем.

На участке перспективного водозабора поисково-разведочные и эксплуатационные скважины имеют избыточные напоры от плюс 3,11 до плюс 6,6 м. Скважины водозабора «Амшарик» расположены на семь метров выше комплекса водопроводных сооружений (резервуар чистой

воды, водопроводная насосная станция 2-го подъема). При подаче воды потребителю основное количество электроэнергии расходуется на преодоление высот, при значительной протяженности водопроводных сетей. Минусовая геодезия при подаче воды в Мильково с водозабора «Амшарик» позволит вывести из эксплуатации скважинный водозабор «Центральный» и существенно снизить расход электроэнергии.

Разработка сети наблюдательных постов-скважин за состоянием подземных вод с использованием телеметрической системы

Наиболее важным мероприятием при запуске перспективного водозабора, является организация режимных наблюдений за состоянием подземных вод. КГУП «Камчатский водоканал» в период с 2014 по 2018 гг. проводит работы по созданию автоматизированной наблюдательной сети (Быстринское и Елизовское месторождения ППВ, скважинные водозаборы «Нагорный», «Тундровый») [7–11]. В сентябре 2017 г. на участке «Амшарик» в скважине глубиной 160 м установлен автономный датчик-регистратор уровня и температуры воды, запрограммированный на регистрацию показаний в 6-00 и 18-00 ч (гидрологические минимум и максимум соответственно), работа регистратора запрограммирована до сентября 2018 г. Таким образом, в распоряжении специалистов появится необходимая информация о состоянии подземных вод за предэксплуатационный период. При запуске месторождения в эксплуатацию автоматизированная наблюдательная сеть будет увеличена до трех наблюдательных постов-скважин, измерение водоносного комплекса в трех горизонтах – до 60 м, до 110 м и до 160 м. На наблюдательной скважине глубиной 160 м планируется применить работу датчика-регистратора с телеметрической системой LevelSender. Телеметрия LevelSender представляет собой систему, предназначенную для беспроводной передачи данных от регистраторов данных Solinst, с помощью сотовой связи GSM на Главный ПК в офис получателя в виде почтовых (Email) и текстовых (SMS) сообщений.

Заключение

Применение телеметрической системы мониторинга позволит специалистам КГУП «Камчатский водоканал» контролировать уровни подземных вод на Мильковском месторождении, находясь в Петропавловске-Камчатском, создать архив гидрогеологических данных, необходимых для подготовки в будущем проекта по пересчету запасов питьевых подземных вод участка «Амшарик». Непрерывный мониторинг подземных вод исключит повторение ошибок эксплуатации водозабора «Центральный» (участок «Амшарикский-1»).

Литература

1. Водный Кодекс: федер. закон № 74-ФЗ от 03.06.2006 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.consultant.ru>
2. Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 г.: распоряж. Правительства Российской Федерации № 1235-р. от 27 августа 2009 г. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.consultant.ru>
3. Энергоэффективность, развитие энергетики и коммунального хозяйства, обеспечение жителей населенных пунктов Камчатского края коммунальными услугами и услугами по благоустройству территорий на 2014–2018 годы: гос. программа Камчатского края (в ред. Постановления Правительства Камчатского края от 30.04.2014 № 204-П) [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.kamgov.ru>
4. Лебедев А.В., Семёнов С.М., Чалидзе Ю.Б. Организация и производство наблюдений за режимом уровня, напора и дебита подземных вод (методические рекомендации). – М.: МинГео СССР. – 1985.
5. Отчет о результатах детальных поисков для водоснабжения с. Мильково с предварительной разведкой участка «Амшарик», проведенных в 1991–1992 гг. (с подсчетом эксплуатационных запасов по состоянию на 1.08.1992 г.) / В.В. Печенюк, В.Г. Охапкин; Комитет Российской Федерации по геологии и использованию недр. Комитет по геологии и использованию недр Камчатской области. Государственное геологическое предприятие «Камчатгеология». Паратунская гидрогеологическая экспедиция.

6. Отчет по пересчету запасов питьевых подземных вод участка «Амшарик» Мильковского месторождения ППВ по результатам опытно-промышленной эксплуатации 2012–2014 г.г. (по состоянию на 01.11.2014 г.) / *И.Н. Чебыкин*; Общество с ограниченной ответственностью «Недра».

7. Создание стратегического резерва питьевой воды на базе Быстринского месторождения подземных вод / *Б.А. Опрышко, В.А. Швецов, О.Е. Петренко, О.А. Белавина* // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование: материалы V Всерос. науч.-практ. конф. (25–27 марта 2014 г.) / отв. за вып. Н.Г. Ключкова. – Ч. II. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2014. – 153 с.

8. Оптимизация сети наблюдательных пунктов для изучения режима питьевых подземных вод Быстринского месторождения / *Б.А. Опрышко, В.А. Швецов, Ю.Н. Фиронов, Д.А. Цыганов, О.А. Белавина* // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование: материалы VI Всерос. науч.-практ. конф. (24–26 марта 2015 г.) / отв. за вып. Н.Г. Ключкова. – Ч. I. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2015. – 164 с.

9. *Опрышко Б.А., Швецов В.А., Белавина О.А.* Повышение эффективности мониторинга подземных пресных вод Быстринского месторождения // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование: материалы VII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (22–24 марта 2016 г.): в 2 ч. / отв. за вып. В.И. Карпенко. – Ч. II. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2016. – 146 с.

10. Оголовок наблюдательной самоизливающейся скважины: пат. 164052 Рос. Федерация, U1 МПК E21B 33/068 (2006.01) / *Б.А. Опрышко, В.А. Швецов, А.П. Лях, А.Б. Опрышко, О.А. Белавина*; патентообладатель ФГБОУ ВПО «Камчат. гос. техн. ун-т». – Заявка № 2016108412/03; заявл. 09.03.2016. – Оpubл. 20.08.2016, Бюл. № 23.

11. Оголовок самоизливающейся скважины: пат. 175833 Рос. Федерация, U1 МПК E21B 33/00 (2006.01) / *Б.А. Опрышко, В.А. Швецов, А.П. Лях, В.П. Помазкин, Р.С. Косиненко, О.А. Белавина*; патентообладатель ФГБОУ ВО «Камчат. гос. техн. ун-т». – Заявка № 2017112553/03; заявл. 12.04.2017. – Оpubл. 21.12.2017, Бюл. № 36.

Информация об авторах Information about the authors

Опрышко Борис Алексеевич – Камчатский водоканал; 683009, Россия, Петропавловск-Камчатский; главный технолог по воде; BAOptryshko@pkvoda.ru

Optryshko Boris Alekseevich – Kamchatsky Vodokanal; 683009, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Chief Water Process Engineer; BAOptryshko@pkvoda.ru

Фиронов Юрий Николаевич – Камчатский водоканал; 683009, Россия, Петропавловск-Камчатский; ведущий гидрогеолог; UNFironov@pkvoda.ru

Fironov Yury Nikolaevich – Kamchatsky Vodokanal; 683009, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Leading Hydrogeologist; UNFironov@pkvoda.ru

Швецов Владимир Алексеевич – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; доктор химических наук, доцент, профессор кафедры энергетических установок и электрооборудования судов

Shvetsov Vladimir Alekseevich – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Chemical Sciences, Docent, Professor of Power Plants and Electrical Equipment of Ships Chair, Kamchatka State Technical University

Белавина Ольга Александровна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; специалист отдела науки и инноваций.

Belavina Olga Aleksandrovna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Specialist in Technical and Scientific Information of Science and Innovation Department

Гузь Марина Павловна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; специалист отдела науки и инноваций

Guz Marina Pavlovna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Specialist in Technical and Scientific Information of Science and Innovation Department

УДК 681.5+519.87

Г.А. Пюкке

К ВОПРОСУ О МОДЕЛЯХ ДЕГРАДАЦИИ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СИСТЕМ РАЗЛИЧНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ

Рассмотрены модели, описывающие деградацию системы произвольной физической природы, под воздействием старения составляющих ее компонент, с различной вероятностью безотказной работы. Предложенный метод предполагает построение матрицы системы на основе логического анализа процесса эволюции системы, при рассмотрении графа процесса деградации. Составлены таблицы вероятностей безотказной работы для различных периодов времени эксплуатации, на основе которых построены временные диаграммы процесса старения. Модель деградации оценивает поведение системы с течением времени и дает возможность прогнозировать техническое состояние системы в разные интервалы времени эксплуатации, то есть определять количество компонент, имеющих различную вероятность работоспособности в различных интервалах времени эксплуатации.

Построена модель деградации-восстановления системы. Построенные модели эволюции оценивают поведение системы с течением времени и дают возможность прогнозировать состояние системы в разные интервалы времени эксплуатации. Это позволяет определять количество компонент, имеющих различную вероятность работоспособности в различные интервалы времени эксплуатации, что открывает новые возможности, расширяющие круг инженерных задач по поддержанию работоспособного состояния систем и предотвращению аварийных ситуаций при их эксплуатации.

Ключевые слова: матрица, модель деградации, эволюция системы, составляющая компонента, модель деградации-восстановления, граф процесса, временные диаграммы.

G.A. Pyukke

ABOUT DEGRADATION MODELS OF MULTICOMPONENT SYSTEMS OF VARIOUS PHYSICAL NATURE

Models describing degradation of the arbitrary system of physical nature, under the influence of constituent ageing of its components, with various probability of non-failure operation are considered. The proposed method assumes construction of a system matrix on the basis of the logic analysis of system evolution, by consideration the column of degradation process. Tables of probabilities of non-failure operation for the various periods of operation time are made. On the basis of these tables the time diagrams of ageing process are constructed. The degradation model estimates the system behavior eventually and enables to predict a technical condition of the system in different intervals of operation time that is to determine the amount of components, having various probability of serviceability in various intervals of operation time.

The model of degradation-restoration of the system is constructed. The constructed models of evolution estimate the system behavior eventually and enable to predict the system condition in different intervals of operation time. It enables to determine the amount of components, having various probability of serviceability in various intervals of operation time that opens new opportunities, expanding a circle of engineering tasks on maintenance of an efficient condition of systems and prevention of emergencies at their operation.

Key words: Matrix, degradation model, system evolution, constituent of a component, model of degradation-restoration, columns of process, time diagrams.

DOI: 10.17217/2079-0333-2018-44-21-29

Введение

Важнейшей задачей, решаемой при эксплуатации многокомпонентных объектов различной физической природы, является задача оценки надежности рассматриваемой системы в различных интервалах времени эксплуатации. В качестве показателя надежности рассматривается вероятность безотказной работы, то есть вероятность того, что при определенных условиях эксплуатации отказа не возникает [1].

На основе логического анализа эксплуатируемой системы можно построить модель ее деградации, а также модель деградации-восстановления при проведении профилактических работ. Для построения модели необходимо задать интервалы вероятностей безотказной работы, разделив все компоненты по группам с различной вероятностью безотказной работы. Такой подход дает возможность обнаружить дрейф параметров составляющих элементов объекта исследования после длительной его эксплуатации без нарушения его целостности.

Методика оценки базируется на задании начального вектора количества компонент с различной вероятностью безотказной работы $X(0)$ по группам с последующим определением количества работоспособных компонент в этих группах через $T_1, T_2, T_3, \dots$ единиц времени. Задается величина интенсивности отказов компонент и устанавливается закон развития процесса деградации во времени [1, 2].

В основе моделирования процесса деградации системы лежит итерационный процесс воздействия матрицы деградации системы на начальный и промежуточные векторы количества работоспособных компонент с различной вероятностью безотказной работы [3]. Динамику процесса деградации системы изображают графом, на основе которого составляется матрица деградации системы. Если объект диагностирования является восстанавливаемым объектом, то часть компонент может быть восстановлена вследствие профилактических работ, и вероятность их безотказной работы будет увеличена. Это дает возможность построить модель деградации-восстановления [4, 5].

Модели эволюции оценивают поведение системы с течением времени и дают возможность прогнозировать техническое состояние системы в разные интервалы времени эксплуатации, то есть определять количество компонент, имеющих различную вероятность работоспособности в различные интервалы времени эксплуатации, что открывает новые возможности, расширяющие круг инженерных задач по поддержанию работоспособного состояния систем и предотвращению аварийных ситуаций при их эксплуатации.

Модель деградации систем

Если система любой физической природы содержит определенное количество составляющих компонент с различной вероятностью безотказной работы и все компоненты в начальный момент времени эксплуатации работоспособны, то для количественной оценки надежности рассматриваемой системы в интервалах времени можно построить модель деградации системы. Для построения модели деградации системы необходимо задать интервалы вероятностей безотказной работы, разделив все компоненты по группам с различной вероятностью безотказной работы.

Если задать начальный вектор количества компонент с различной вероятностью безотказной работы $X(0)$ и расположить группы по убывающей вероятности безотказной работы, то можно поставить задачу разработки методики определения количества работоспособных компонент в этих подгруппах через $T_1, T_2, T_3, \dots$ единиц времени. Тогда количество работоспособных компонент в произвольный момент времени можно определить по координатам начального вектора $X(0)$, по величине интенсивности отказов компонент и закону развития процесса деградации во времени. Реализовать процесс деградации системы во времени, состоящей из N компонент, можно с помощью итерационного процесса воздействия матрицы деградации системы на начальный и промежуточные векторы количества работоспособных компонент с различной вероятностью безотказной работы.

Пусть $X(t) = (x_1(t), x_2(t), x_3(t), x_4(t))^T$ – количество работоспособных компонент в группах в момент времени t ; $X(0) = (x_1(0), x_2(0), x_3(0), x_4(0))^T$ – количество работоспособных компонент в этих группах в начальный момент времени; группы расположим по убывающей вероятности безотказной работы $P_1 > P_2 > P_3 > P_4$ с интервалами:

$$[N_1], [N_2], [N_3], \dots, [N_k] \longrightarrow [P_1 - P_2], [P_2 - P_3], [P_3 - P_4], (< P_4).$$

Интенсивность отказов можно задать, построив матрицу деградации системы. Построить матрицу деградации системы можно, выполнив логический анализ процесса деградации системы. Пусть за T_1 единиц времени часть компонент первой группы вследствие необратимых физико-химических процессов в их структурах изменят свои вероятности безотказной работы и перейдут во вторую группу с компонентами, имеющими другую, более низкую вероятность

безотказной работы. Часть компонент откажут внезапно и будут выведены из рассмотрения процесса деградации системы. Пусть, например, за 25 единиц времени во вторую группу перейдет 95% компонент из 1-й группы. Этот факт можно выразить следующим соотношением:

$$x_2(t + 25) = 0,95 x_1(t).$$

По аналогии можно записать соотношения, интерпретирующие воздействия второй группы на третью, с коэффициентом равным, например, 0,85:

$$x_3(t + 25) = 0,85 x_2(t).$$

Коэффициенты воздействия третьей и четвертой групп на четвертую группу, соответственно, равные 0,75 и 0,5:

$$x_4(t + 20) = 0,75 x_3(t) + 0,5 x_4(t).$$

Динамику процесса деградации системы можно изобразить графом (рис. 1). Вершины графа будут соответствовать различным группам вероятности безотказной работы. Дуги графа будут соответствовать различным переходам компонент из группы в группу.

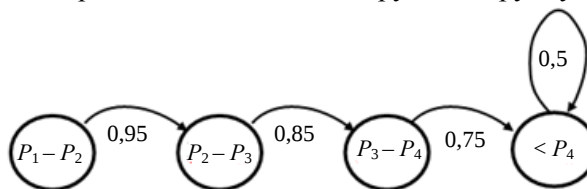


Рис. 1. Граф процесса деградации системы

На основе полученных соотношений составляется матрица деградации системы. Матрицу будем составлять по следующему правилу: коэффициентам матрицы будут присваиваться численные значения коэффициентов воздействия. Номер строки коэффициента матрицы будет определяться номером группы, на которую воздействуют, а номер столбца будет определяться номером воздействующей группы. Так, например, коэффициент воздействия первой группы на вторую, равный 0,95, запишется во вторую строку и первый столбец. А коэффициент воздействия второй группы на третью, равный 0,85, запишется в третью строку и второй столбец и т. д. На основе сформулированного правила составляется матрица деградации системы для заданных условий.

Текущие векторы работоспособных компонент в группах за первый интервал времени будет определяться произведением $A \cdot X(t)$.

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,95 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,85 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,75 & 0,5 \end{pmatrix}.$$

Предположим, что исследуемая система содержит $185 \cdot 10^2$ составляющих компонент, при этом $100 \cdot 10^2$ компонент имеют наивысшую вероятность безотказной работы, принимающую значения из интервала $[P_1 - P_2]$; $50 \cdot 10^2$ компонент имеют вероятность безотказной работы, принимающую значения из интервала $(P_2 - P_3]$; $25 \cdot 10^2$ компонент имеют вероятность безотказной работы, принимающую значения из интервала $(P_3 - P_4]$; $10 \cdot 10^2$ компонент имеют вероятность безотказной работы, принимающую значения из интервала $(< P_4)$. Тогда количество работоспособных компонент в этих группах в начальный момент времени запишем вектором исходных состояний:

$$X(0) = (x_1(0), x_2(0), x_3(0), x_4(0))^T = \begin{pmatrix} 100 \\ 50 \\ 25 \\ 10 \end{pmatrix} \cdot 10^2.$$

За время $T_1 = 25$ единиц времени количество работоспособных компонент в группах с различными вероятностями безотказной работы составит

$$X(t+25) = A \cdot X(t):$$

$$X(t+25) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,95 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,85 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,75 & 0,5 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 100 \\ 50 \\ 25 \\ 10 \end{pmatrix} \cdot 10^2 = \begin{pmatrix} 0 \\ 95 \\ 42,5 \\ 23,75 \end{pmatrix} \cdot 10^2.$$

За время $T_2 = 50$ единиц времени количество работоспособных компонент в группах с различными вероятностями безотказной работы составит

$$X(t+50) = AX(t+25) = AA^2X(t) = A^2X(t):$$

$$X(t+50) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,95 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,85 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,75 & 0,5 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 95 \\ 42,5 \\ 23,75 \end{pmatrix} \cdot 10^2 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 80,75 \\ 43,75 \end{pmatrix} \cdot 10^2.$$

За время $T_3 = 75$ единиц времени количество работоспособных компонент в группах с различными вероятностями безотказной работы составит:

$$X(t+75) = AX(t+50) = AA^2X(t) = A^3X(t):$$

$$X(t+75) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,95 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,85 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,75 & 0,5 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 80,75 \\ 43,75 \end{pmatrix} \cdot 10^2 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 82,43 \end{pmatrix} \cdot 10^2$$

и т. д. В итоге получаем:

$$X(t+25n) = A^n X(t),$$

где $n = 0, 1, 2, 3, \dots$

Выполняя аналогичные вычисления, можно составить табл. 1 векторов работоспособных компонент в группах с различными вероятностями безотказной работы для различных периодов времени эксплуатации.

Таблица 1

Динамики отказов компонент

n	$x_1 \cdot 10^2$	$x_2 \cdot 10^2$	$x_3 \cdot 10^2$	$x_4 \cdot 10^2$	Σ
0	100	50	25	10	$185 \cdot 10^2$
1	0	95	42,5	23,75	$161,2 \cdot 10^2$
2	0	0	80,75	43,75	$124,5 \cdot 10^2$
3	0	0	0	82,43	$133 \cdot 10^2$
4	0	0	0	41,21	$41,21 \cdot 10^2$
5	0	0	0	20,6	$20,6 \cdot 10^2$
6	0	0	0	10,3	$10,3 \cdot 10^2$
7	0	0	0	5,15	$5,15 \cdot 10^2$
8	0	0	0	2,57	$2,57 \cdot 10^2$
9	0	0	0	1,28	$1,28 \cdot 10^2$
10	0	0	0	0,64	$0,64 \cdot 10^2$

Зададим численные значения границ для групп вероятностей безотказной работы всей совокупности составляющих компонент:

$$[P_1 - P_2], (P_2 - P_3], (P_3 - P_4], (< P_4) = [1 - 0,95], (0,95 - 0,85], (0,85 - 0,75], (< 0,75).$$

Согласно принятому алгоритму, те компоненты, которые за 25 единиц времени не отказали, но их вероятность безотказной работы уменьшилась до величины нижней границы вероятности безотказной работы, перейдут в следующую группу. В следующий интервал времени наступит следующая итерация процесса, и т. д. (рис. 2).

Анализ содержания табл. 1 показывает, что при заданных интенсивностях отказов общее количество работоспособных компонент убывает со временем. Количество работоспособных компонент четвертой группы с меньшими вероятностями безотказной работы убывают медленнее, чем в других группах.

Результаты моделирования можно изобразить графически и по данным табл. 1 построить временные диаграммы процесса деградации системы (рис. 2). Суммарное количество работоспособных компонент, согласно данным таблицы, убывает со временем, что соответствует реальным условиям эксплуатации систем различной физической природы.

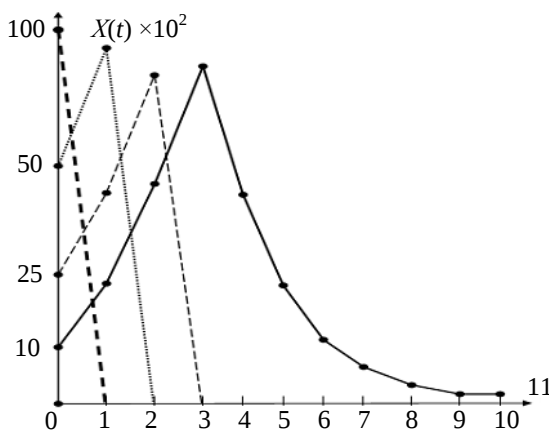


Рис. 2. Временные диаграммы процесса деградации системы

Модель деградации оценивает поведение системы с течением времени и дает возможность прогнозировать техническое состояние системы в разные интервалы времени эксплуатации, то есть определять количество компонент, имеющих различную вероятность работоспособности в различные интервалы времени эксплуатации. Сечение графика процесса вертикальной линией, построенной в одной из точек дискретного времени, позволяет получить вектор количества работоспособных компонент в данный момент времени.

Модель деградации-восстановления систем

Если объект диагностирования рассматривать как восстанавливаемый объект, то за этот же период часть компонент может быть восстановлена вследствие профилактических работ, и их вероятности безотказной работы будут увеличены, что спустя 25 единиц времени возвратит их в первую группу. Предположим, например, что возврат компонент первой группы в первую же группу составляет 0,02 от численности первой группы. Возврат компонент второй группы в первую группу составит 0,1 от ее численности второй группы. Возврат компонент третьей группы в первую группу составит 0,2 от численности третьей группы. Возврат компонент четвертой группы в первую группу составит 0,08 от численности четвертой группы. Тогда коэффициент воздействия первой, второй, третьей и четвертой групп на первую группу спустя 25 единиц времени составит

$$x_1(t + 25) = 0,02 x_1(t) + 0,1 x_2(t) + 0,2 x_3(t) + 0,08 x_4(t).$$

По аналогии можно записать: коэффициент воздействия второй группы на третью равный 0,85:

$$x_3(t + 25) = 0,85 x_2(t).$$

Коэффициент воздействия третьей и четвертой групп на четвертую группу, соответственно равны 0,75 и 0,5:

$$x_4(t + 20) = 0,75 x_3(t) + 0,5 x_4(t).$$

Динамику процесса деградации-восстановления системы можно изобразить графом (рис. 3). Вершины графа будут соответствовать различным группам вероятности безотказной работы. Дуги графа будут соответствовать различным переходам компонент из группы в группу.

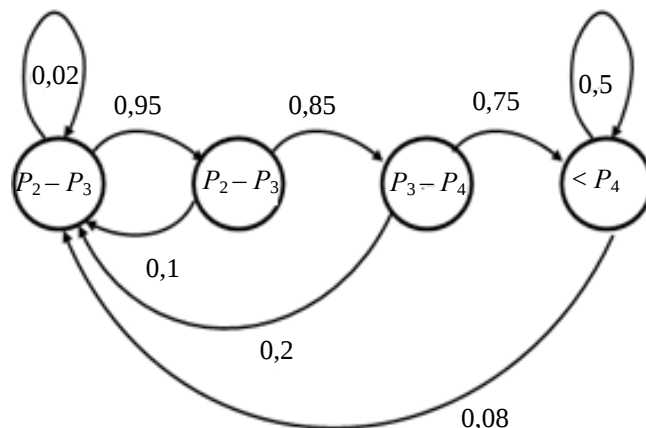


Рис. 3. Граф процесса деградации-восстановления

На основе полученных соотношений составляется матрица эволюции системы. Матрицу будем составлять по следующему правилу: коэффициентам матрицы будут присваиваться численные значения коэффициентов воздействия. Номер строки коэффициента матрицы будет определяться номером группы, на которую воздействуют, а номер столбца будет определяться номером воздействующей группы. Так, например, коэффициент воздействия первой группы на вторую, равный 0,95, запишется во вторую строку и первый столбец. А коэффициент воздействия первой группы на первую, равный 0,02, запишется в первую строку и первый столбец и т. д. На основе сформулированного правила составим матрицу эволюции системы для заданных условий:

$$A = \begin{pmatrix} 0,02 & 0,1 & 0,2 & 0,08 \\ 0,95 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,85 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,75 & 0,5 \end{pmatrix}.$$

Предположим, что исследуемая система содержит $185 \cdot 10^2$ составляющих компонент, при этом $100 \cdot 10^2$ компонент имеют наивысшую вероятность безотказной работы, принимающую значения из интервала $[P_1 - P_2]$; $50 \cdot 10^2$ компонент имеют вероятность безотказной работы, принимающую значения из интервала $(P_2 - P_3]$, $25 \cdot 10^2$ компонент имеют вероятность безотказной работы, принимающую значения из интервала $(P_3 - P_4]$, $10 \cdot 10^2$ компонент имеют вероятность безотказной работы, принимающую значения из интервала $(< P_4)$. Тогда количество работоспособных компонент в этих группах в начальный момент времени запишем вектором исходных состояний:

$$X(t) = (x_1(t), x_2(t), x_3(t), x_4(t))^T = \begin{pmatrix} 100 \\ 50 \\ 25 \\ 10 \end{pmatrix} \cdot 10^2.$$

За время $T_1 = 25$ единиц времени количество работоспособных компонент в группах с различными вероятностями безотказной работы составит:

$$X(t + 25) = \mathbf{A}X(t).$$

$$X(t + 25) = \begin{pmatrix} 0,02 & 0,1 & 0,2 & 0,08 \\ 0,95 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,85 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,75 & 0,5 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 100 \\ 50 \\ 25 \\ 10 \end{pmatrix} \cdot 10^2 = \begin{pmatrix} 12,8 \\ 95 \\ 42,5 \\ 23,75 \end{pmatrix} \cdot 10^2.$$

За время $T_2 = 50$ единиц времени количество работоспособных компонент в группах с различными вероятностями безотказной работы составит:

$$X(t + 50) = \mathbf{A}X(t + 25) = \mathbf{A}\mathbf{A}X(t) = \mathbf{A}^2X(t).$$

$$X(t + 50) = \begin{pmatrix} 0,02 & 0,1 & 0,2 & 0,08 \\ 0,95 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,85 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,75 & 0,5 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 12,8 \\ 95 \\ 42,5 \\ 23,75 \end{pmatrix} \cdot 10^2 = \begin{pmatrix} 20,156 \\ 12,16 \\ 80,75 \\ 43,75 \end{pmatrix} \cdot 10^2.$$

За время $T_3 = 75$ единиц времени количество работоспособных компонент в группах с различными вероятностями безотказной работы составит:

$$X(t + 75) = \mathbf{A}X(t + 50) = \mathbf{A}\mathbf{A}^2X(t) = \mathbf{A}^3X(t).$$

$$X(t + 75) = \begin{pmatrix} 0,02 & 0,1 & 0,2 & 0,08 \\ 0,95 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,85 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,75 & 0,5 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 20,156 \\ 12,16 \\ 80,75 \\ 43,75 \end{pmatrix} \cdot 10^2 = \begin{pmatrix} 21,2691 \\ 19,1482 \\ 10,336 \\ 82,4375 \end{pmatrix} \cdot 10^2.$$

и т. д. В итоге получаем:

$$X(t + 25n) = \mathbf{A}^n X(t),$$

где $n = 0, 1, 2, 3, \dots$

Выполняя аналогичные вычисления, можно составить табл. 2 векторов работоспособных компонент в группах с различными вероятностями безотказной работы для различных периодов времени эксплуатации.

Таблица 2

Векторы работоспособных компонент

n	$x_1 \cdot 10^2$	$x_2 \cdot 10^2$	$x_3 \cdot 10^2$	$x_4 \cdot 10^2$	Σ
0	100	50	25	10	$185 \cdot 10^2$
1	12,8	95	42,5	23,75	$174 \cdot 10^2$
2	20,15	12,16	80,75	43,75	$156 \cdot 10^2$
3	21,26	19,14	10,33	82,43	$133 \cdot 10^2$
4	11,00	20,20	16,27	48,97	$96,4 \cdot 10^2$
5	9,41	10,45	17,17	36,69	$73,7 \cdot 10^2$
6	7,60	8,94	8,88	31,22	$56,6 \cdot 10^2$
7	5,32	7,22	7,60	22,27	$42,4 \cdot 10^2$
8	4,13	5,05	6,14	16,83	$32,1 \cdot 10^2$
9	3,16	3,92	4,29	13,02	$24,3 \cdot 10^2$
10	2,35	3,00	3,33	9,73	$18,4 \cdot 10^2$
11	1,79	2,23	2,55	7,36	$13,9 \cdot 10^2$

Окончание табл. 2

n	$x_1 \cdot 10^2$	$x_2 \cdot 10^2$	$x_3 \cdot 10^2$	$x_4 \cdot 10^2$	Σ
12	1,36	1,70	1,90	5,60	$10,5 \cdot 10^2$
13	1,02	1,29	1,44	4,22	$7,9 \cdot 10^2$
14	0,77	0,97	1,09	3,20	$6,0 \cdot 10^2$
15	0,58	0,73	0,82	2,42	$4,5 \cdot 10^2$
16	0,44	0,55	0,62	1,83	$3,4 \cdot 10^2$
17	0,33	0,42	0,47	1,38	$2,6 \cdot 10^2$
18	0,25	0,32	0,35	1,05	$1,9 \cdot 10^2$
19	0,19	0,24	0,27	0,79	$1,4 \cdot 10^2$
20	0,14	0,18	0,20	0,60	$1,1 \cdot 10^2$

Зададим численные значения границ для групп вероятностей безотказной работы всей совокупности составляющих компонент:

$$[P_1 - P_2], (P_2 - P_3], (P_3 - P_4], (< P_4) = [1 - 0,95], (0,95 - 0,85], (0,85 - 0,75], (< 0,75).$$

Согласно принятому алгоритму, те компоненты, которые за 25 единиц времени не отказали, но их вероятность безотказной работы уменьшилась до величины нижней границы вероятности безотказной работы, перейдут в следующую группу. Одновременно часть отказавших компонент будет восстановлена и перейдет в первую группу. В следующий интервал времени наступит следующая итерация процесса, и т. д.

Анализ содержания таблицы показывает, что при заданных интенсивностях отказов и заданных интенсивностях восстановления общее количество работоспособных компонент убывает со временем. Количество работоспособных компонент четвертой группы с меньшими вероятностями безотказной работы убывают медленнее, чем в других группах.

Результаты моделирования можно изобразить графически и по данным таблицы построить временные диаграммы процесса эволюции системы (рис. 4).

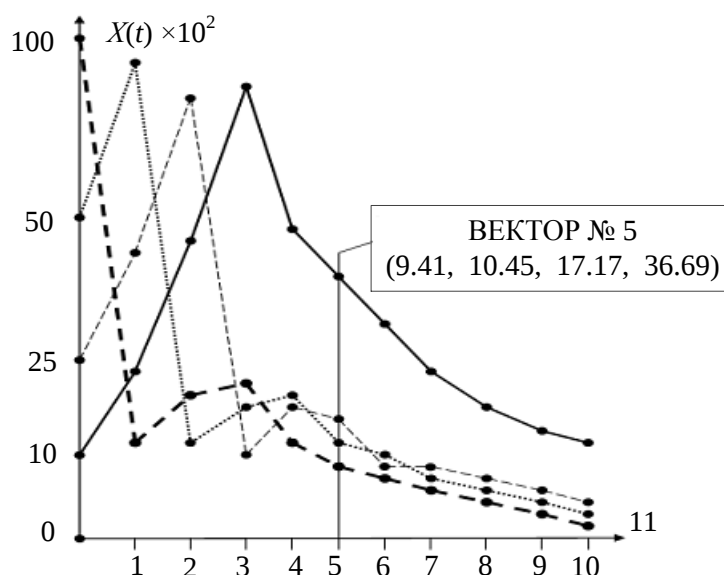


Рис. 4. Временные диаграммы процесса эволюции системы

Сечение графика процесса вертикальной линией, построенной в одной из точек дискретного времени, позволяет получить вектор количества работоспособных компонент в данный момент времени (рис. 4).

Модель эволюции оценивает поведение системы с течением времени и дает возможность прогнозировать техническое состояние системы в разные интервалы времени эксплуатации, то есть определять количество компонент, имеющих различную вероятность работоспособности в различные интервалы времени эксплуатации. Это имеет необходимое существенное значение при решении задач технической диагностики различных систем.

Литература

1. Курош А.Г. Курс высшей алгебры. – М.: Наука, 1965.
2. Калявин В.П., Мозгалеvский А.В., Галка В.Л. Надежность и техническая диагностика. – СПб.: Элмор, 1996.
3. Калявин В.П., Мальшев А.М., Мозгалеvский А.В. Организация систем диагностирования судового оборудования. – Л.: Судостроение, – 1991.
4. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. – 4-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Профессия 2004. – 747 с.
5. Руководство по проектированию систем автоматического управления / под ред. В.А. Бесекерского. – М.: Высшая школа, 1983. – 310 с.

Информация об авторе Information about the author

Пюкке Георгий Александрович – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; доктор технических наук, доцент; профессор кафедры систем управления; georyukke@yandex.ru

Pyukke Georgy Aleksandrovich – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Technical Sciences, Docent, Professor of Control Systems Chair; georyukke@yandex.ru

УДК 621.3+519.87

С.Ю. Труднев, Н.Н. Портнягин**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЗАПУСКА ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА**

В статье описаны особенности пуска двигателя постоянного тока. Произведен анализ широко применяемых систем запуска: прямой, реостатный и пуск с изменением питающего напряжения. Дано математическое описание процессов запуска, на основании которых, с учетом особенности каждого запуска, по структурной схеме в программе *Matlab* разработана компьютерная модель процесса прямого пуска, реостатного и запуска двигателя с изменением питающего напряжения. На каждой компьютерной модели проведен ряд экспериментов, произведена обработка электрических сигналов, изменений угловой скорости и механического момента.

Ключевые слова: схемы пуска двигателя постоянного тока, компьютерная модель, ток якоря, компьютерный эксперимент, виртуальный лабораторный практикум.

S.Y. Trudnev, N.N. Portnyagin**COMPUTER MODELING OF START-UP PROCESS OF DIRECT CURRENT MOTOR**

In the article the peculiarities of start of direct current motor are presented. The widely applied starting systems, such as across-the-line, rheostatic and supply voltage change starting are analyzed. Starting processes are described mathematically. Taking into account the peculiarities of each start-up procedure, the computer model of direct starting, rheostatic and starting of the engine with a change in the supply voltage has been developed in the program *Matlab*. Each computer model has been tested with a number of experiments. The processing of electric signal variations of angular and mechanical moments has been carried out. The conclusions are drawn by the results of experiments.

Key words: DC motor starting circuit, computer model, armature current, computer experiment, virtual laboratory workshop.

DOI: 10.17217/2079-0333-2018-44-30-37

Компьютерные модели позволяют симитировать работу практически любой системы как экономической, так и технической. Это дает возможность на первых этапах научных разработок провести испытания системы и определить недостатки и дефекты системы на ранних стадиях. Помимо этого модели позволяют исследовать объекты, процессы, явления, что дает возможность принимать обоснованные и продуманные решения, предвидеть последствия своей деятельности [1].

Характер преобразования электрической энергии в энергию механическую, являющуюся основой работы двигателя постоянного тока, анализ математической модели работы двигателя постоянного тока позволяет исследовать все его рабочие характеристики, если в качестве первоначального условия принять нормальное положение щеток (на поперечной оси машины).

Тогда, исходя из второго закона Кирхгофа:

$$U_1 = E + Ir + \Delta U_{\text{щ}},$$

где U_1 – напряжение сети постоянного тока цепи якоря двигателя; $E = c_e n \Phi_{\text{л}}$ – э. д. с., генерируемая в обмотке якоря магнитным потоком по продольной оси машины; r – сопротивление обмотки якоря; I – ток двигателя; ΔU_m – падение напряжения в щеточном контакте.

Основываясь на законе сохранения моментов [1]:

$$M_{\text{ЭМ}} = M_2 + M_0 = M,$$

$$M_{\text{эм}} - M = J \frac{d\omega}{dt},$$

$$M_{\text{эм}} = \frac{EI}{\omega},$$

где $P_{\text{эм}} = EI$ – электромагнитная мощность обмотки якоря машины; ω – угловая скорость якоря.

Подставим э. д. с. $E = c\Phi$, получим:

$$M_{\text{эм}} = cI\Phi,$$

где c – электрическая постоянная.

Анализируя математическое описание машины постоянного тока, можно сделать вывод, что наиболее сложным процессом является его запуск, так как пуск сопровождается сложными переходными процессами. Разработка компьютерной модели даст полное представление о динамике переходного процесса запуска машин постоянного тока.

Основными электрическими показателями пуска двигателя постоянного тока являются кратность электромагнитного момента, кратность тока якоря к номинальным величинам, время пуска и экономичность способа пуска.

Запуск двигателей постоянного тока осуществляют тремя способами, в зависимости от типа двигателя и сложности электропривода, частью которого он является:

- прямой пуск (безреостатный пуск),
- через пусковое сопротивление (реостатный пуск),
- изменение питающего напряжения.

Прямой пуск является самым простым: цепь якоря неподвижного двигателя включается на сеть с заданным напряжением U (рис. 1).

Одновременно с этим или заранее для двигателя с независимым и параллельным возбуждением подается напряжение и на цепь возбуждения [2, 3]. Ток в цепи якоря и поток двигателя образуют электромагнитный момент $M_{\text{эм}}$, под влиянием которого якорь приходит во вращение с очень большим ускорением.

Если пренебречь индуктивным сопротивлением цепи якоря в уравнении (1) и учесть, что в момент включения двигателя на сеть частота вращения и э. д. с. (E) равны нулю, тогда ток в цепи якоря будет изменяться согласно уравнению:

$$I = \frac{U_{\text{н}} - \Delta U_{\text{щ}}}{r}.$$

Поделим числитель и знаменатель тождества на $U_{\text{н}}$, а левую и правую его часть на $I_{\text{н}}$, получим:

$$\frac{I}{I_{\text{н}}} = \frac{1 - \frac{\Delta U_{\text{щ}}}{U_{\text{н}}}}{\frac{I_{\text{н}} r}{U_{\text{н}}}}.$$

Исходя из паспортных данных большинства двигателей постоянного тока $I_{\text{н}} r / U_{\text{н}} = 0,02 \div 0,05$, кратность тока получается значительной, вызывая расстройство процесса коммутации. Также высокие пусковые токи якоря могут вызвать провал напряжения со стороны сети и механический удар рабочего механизма электропривода из-за резкого увеличения электромагнитного момента. Из-за этих рисков применение прямого пуска двигателя постоянного тока сильно ограничивается его потребляемой мощностью.

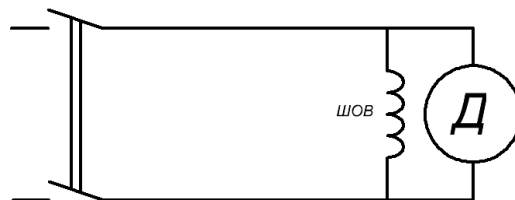


Рис. 1. Схема прямого пуска

На основании рис. 1 и математической модели машины постоянного тока в программе *Matlab* разработана имитационная модель процесса запуска машины постоянного тока (рис. 2).

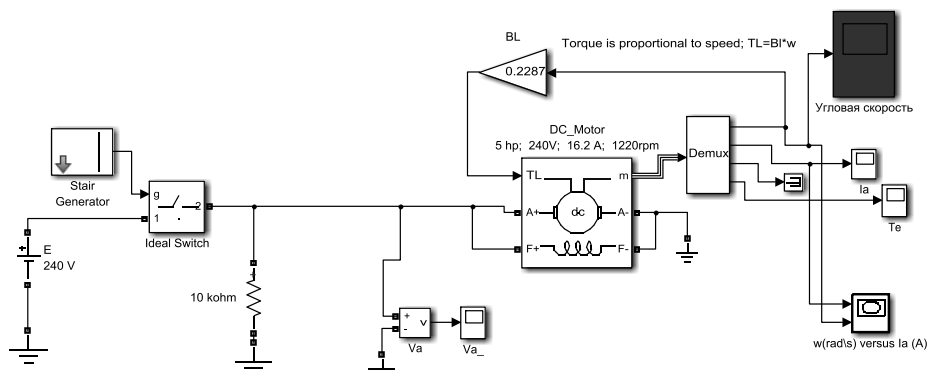
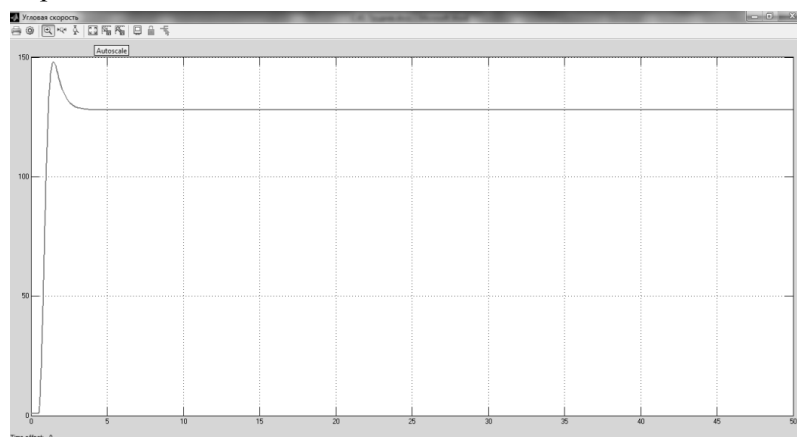


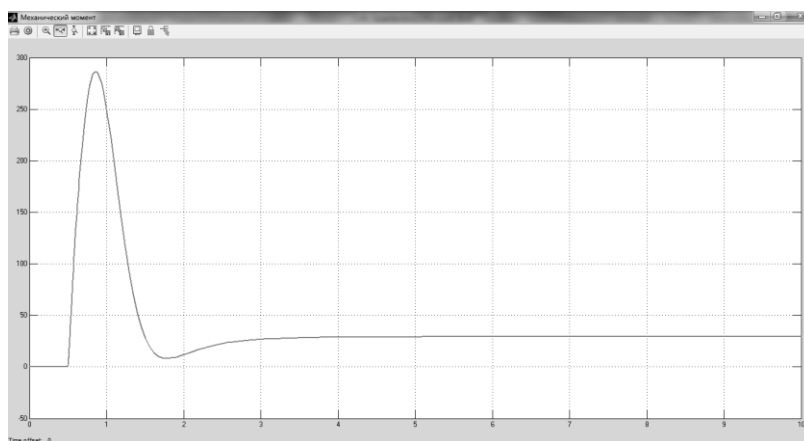
Рис. 2. Компьютерная модель прямого пуска двигателя постоянного тока

Модель состоит из трех основных элементов: машины постоянного тока номинальным напряжением $U_n = 240$ В, источника э. д. с. с выходным напряжением $U = 240$ В и измерительных блоков (вольтметр, амперметр, блок осциллографов угловой скорости крутящего момента).

На рис. 3 видно, что при незначительных колебаниях скорости вращения в пределах 20%, механический момент в течение одной секунды увеличился в 7,25 раза. Такое резкое увеличение момента на валу двигателя вызовет механический удар механизма привода, в связи с этим для исследуемой модели целесообразен запуск с ограничением пускового тока. Рассмотрим пуск при помощи пускового реостата.



а



б

Рис. 3. Осциллограммы процесса запуска двигателя постоянного тока:
а – $\omega(t)$ зависимость угловой скорости вращения ротора от времени;
б – $M(t)$ механического момента на валу двигателя

Ток в цепи якоря при пуске двигателя может быть ограничен с помощью пускового сопротивления, включаемого последовательно с якорем машины. На рис. 4 изображена схема запуска двигателя при помощи пускового реостата (ПР). Пусковой реостат ПР имеет секционное сопротивление, величина сопротивления в цепи якоря меняется в зависимости от числа включенных секций реостата.

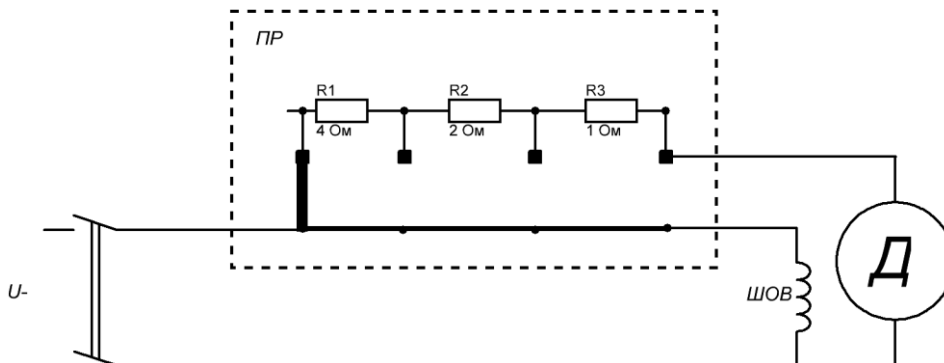


Рис. 4. Схема реостатного пуска

На рис. 5 изображена компьютерная модель реостатного пуска. Пусковой реостат состоит из трех секций сопротивлений: $r_1 = 4$, $r_2 = 2$ и $r_3 = 1$ Ом, соответственно.

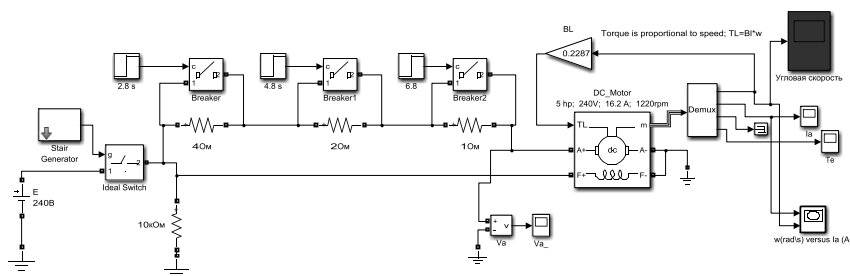


Рис. 5. Компьютерная модель реостатного пуска

Реостатный пуск осуществляется следующим образом. При положении рукоятки пускового реостата на холостом контакте на схему подается напряжение сети U . Затем рукоятка переводится на первый рабочий контакт, в результате чего на якорь двигателя подается напряжение, а в цепь якоря оказывается полностью включенным пусковое сопротивление (на рис. 6 оно равно $r_1 + r_2 + r_3$).

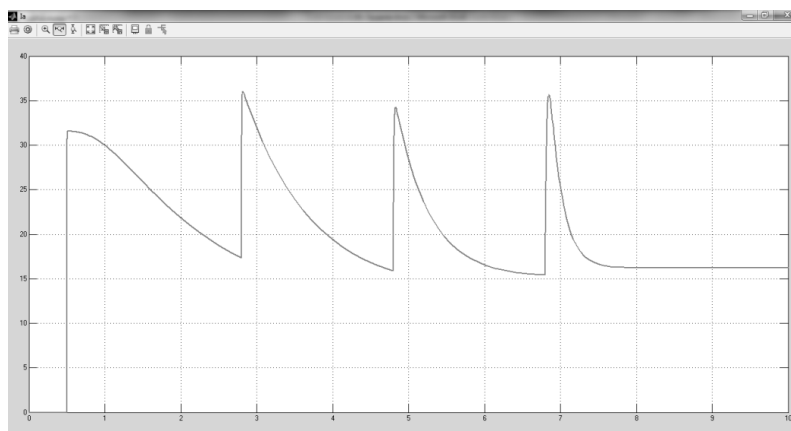


Рис. 6. Осциллограмма $I(t)$ тока якоря процесса реостатного пуска двигателя постоянного тока

Пренебрегая индуктивностью якоря, получаем величину наибольшего тока $I_{\text{макс}}$ в момент включения, пока скорость равна 0:

$$I_{\text{макс}} = \frac{U_{\text{н}} - \Delta U_{\text{ш}}}{r + r_1 + r_2 + r_3}.$$

Величина сопротивлений подбирается таким образом, чтобы ограничить пусковой ток, сохранив при этом номинальные параметры рабочей машины, в том числе частоту вращения:

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{M_{\text{эм}} - (M_2 + M_0)}{J}.$$

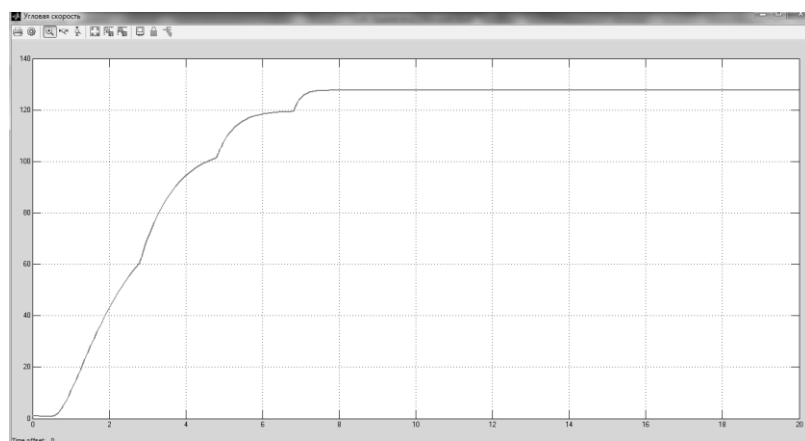
С увеличением скорости ток якоря уменьшается, а его максимальное значение определяется соотношением [2, 4–6]:

$$I_{\text{макс}} = \frac{U_1 - c n \Phi - \Delta U_{\text{ш}}}{r + r_1 + r_2 + r_3}.$$

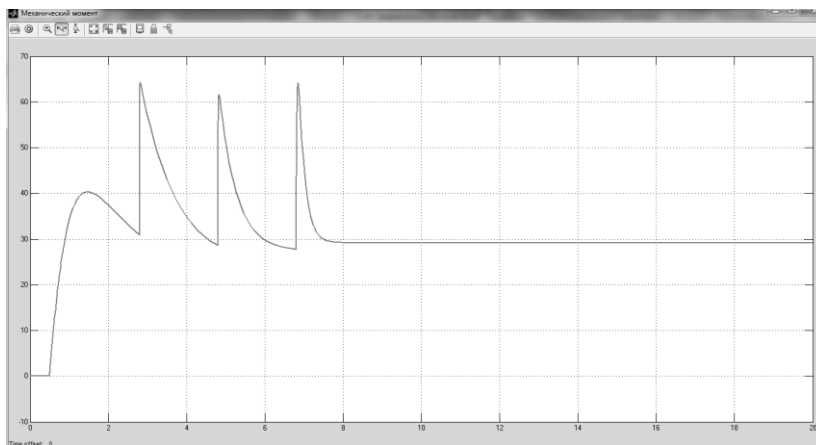
В момент, когда ток якоря уменьшается до установленного минимального порога, все сопротивления пускового реостата выводятся из цепи. После выключения пускового реостата двигатель разгоняется до номинального значения, а ток якоря увеличивается до значения:

$$I_y = \frac{M_2 + M_0}{c n \Phi}.$$

На рис. 7 видно, что пуск сопровождается плавным повышением скорости вращения ротора, а механический момент в течение шести секунд изменяется в пределах 50%.



а



б

Рис. 7. Осциллограммы процесса реостатного пуска двигателя постоянного тока:
а – $\omega(t)$ зависимость угловой скорости вращения ротора от времени;
б – $M(t)$ механического момента на валу двигателя

Можно сделать вывод, что реостатный пуск универсален и не имеет ограничений по мощности электропривода. В случае пуска без нагрузки достаточно иметь в реостате одну – три секции, в тяжелых условиях пуска количество секций увеличивается в зависимости от сложности процесса.

В отдельных сложных системах, например в генератор-двигателе, применяется запуск двигателя при помощи плавного регулирования напряжения, подаваемого на якорь двигателя. Постепенное снижение напряжения на якоре позволит плавно изменять электромагнитный момент, а значит и пусковой ток якоря, плавно разгоняя двигатель до номинальных параметров.

На рис. 8 изображены структурные электрические схемы запуска двигателя постоянного тока путем изменения напряжения.

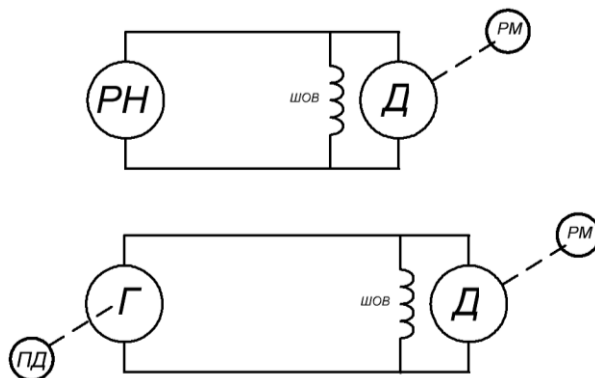


Рис. 8. Схема запуска двигателя изменением напряжения
РН – регулятор напряжения, Д – двигатель постоянного тока, РМ – рабочий механизм,
ПД – приводной двигатель, Г – генератор

Пуск двигателя в ход при изменяющемся напряжении сети может быть осуществлен лишь в специальных случаях, когда имеется возможность регулировать напряжение сети U , подведенное к двигателю. В качестве примера можно указать на так называемую установку генератор-двигатель (рис. 8), в которой источником электрической энергии служит генератор постоянного тока с напряжением, регулируемым в широких пределах.

Устанавливая на генераторе достаточно малое напряжение и подавая его непосредственно на клеммы якоря двигателя, можно получить приемлемое значение тока в начальный момент пуска двигателя. По мере увеличения скорости двигателя напряжение постепенно повышают до номинального значения, регулируя возбуждение генератора (рис. 9).

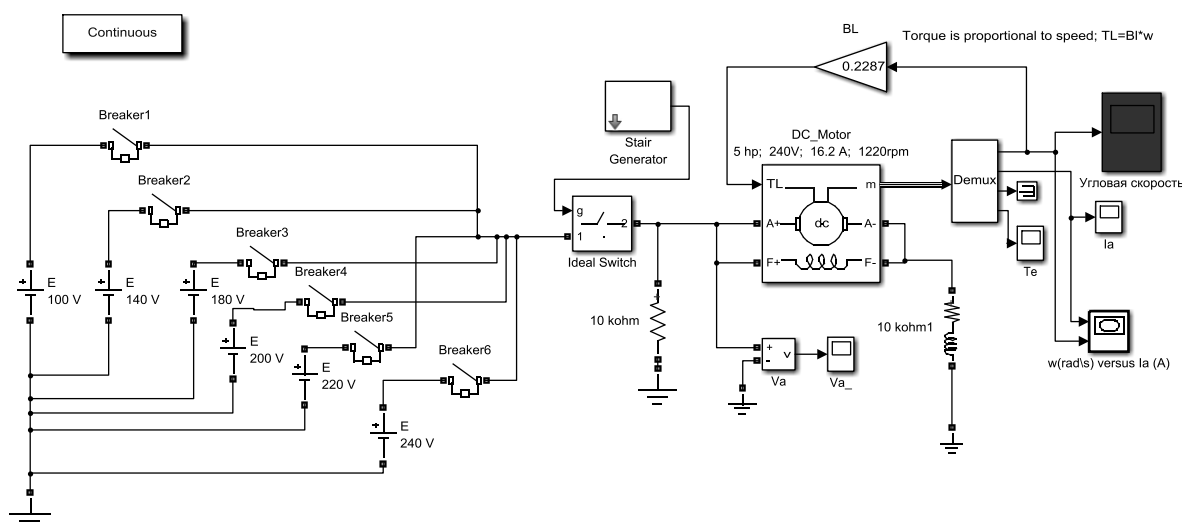


Рис. 9. Моделирование пуска двигателя путем изменения напряжения

На осциллограммах (рис. 10) видно плавное изменение скорости вращения, сопровождающееся очень маленькими колебаниями всего в пределах 8%. Параллельно этому пусковой ток якоря плавно снижается до установившегося значения.

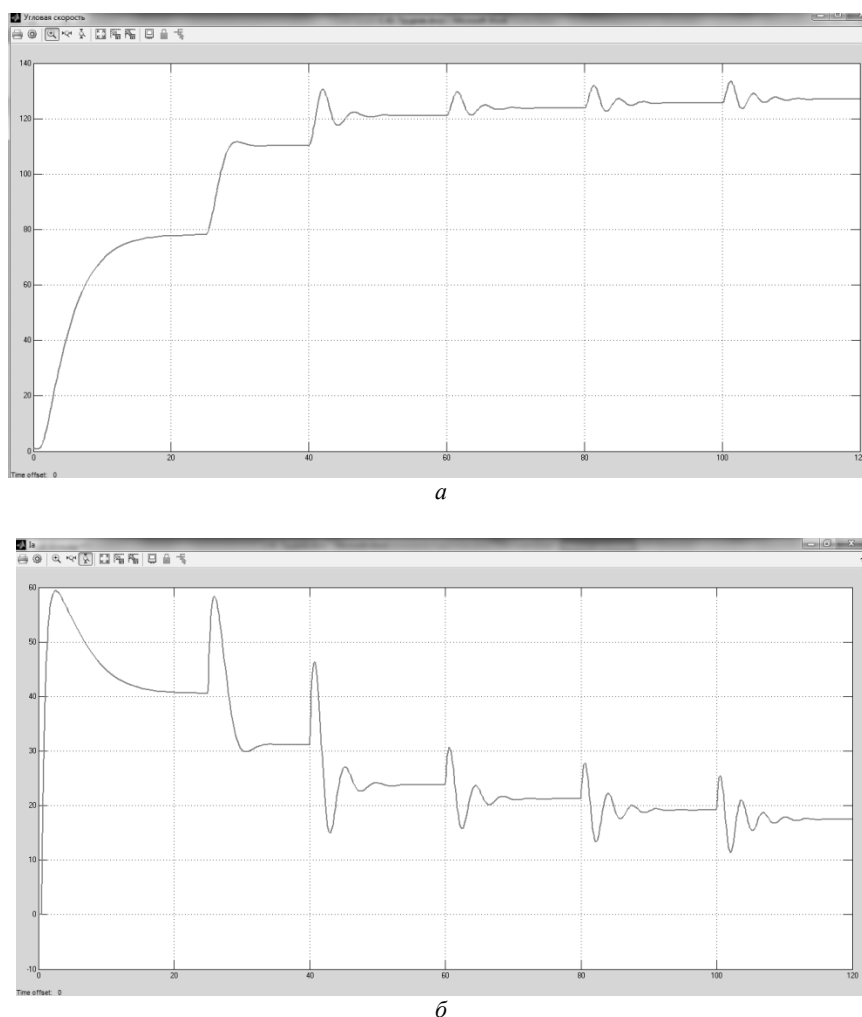


Рис. 10. Осциллограммы процесса пуска двигателя постоянного тока изменением напряжения:
 а – $\omega(t)$ зависимость угловой скорости вращения ротора от времени;
 б – $I(t)$ тока якоря

Проведенные модельные эксперименты позволяют сделать следующие выводы:

1. Представленный математический аппарат позволил разработать компьютерные модели системы прямого пуска, реостатного пуска, пуска изменением питающего напряжения.
2. Прямой пуск двигателей постоянного тока возможен для двигателей малой мощности, порядка 1 кВт.
3. Применение реостатного пуска практичнее как по электрическим, так и по экономическим показателям. Параметры конструкции реостатного пуска менее громоздкие, что делает его использование наиболее удобным для применения.
4. Разработанные компьютерные модели позволяют исследовать особенности разных видов пуска двигателей постоянного тока и предназначены для создания виртуального лабораторного практикума по электрическим машинам специальностей электротехнического профиля подготовки.

Литература

1. Труднев С.Ю. Разработка компьютерной модели параллельной работы генераторного агрегата и трехфазного безынерционного источника питания // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. – СПб., 2015. – Вып. 2 (30). – С. 191–198
2. Герман-Галкин С.Г. Matlab&Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. – М.: Корона-Век, 2008. – 368 с.
3. Важнов А.И. Основы теории переходных процессов синхронной машины. – М.: Госэнергоиздат, 1960. – 362 с.

4. *Веников В.А.* Электромеханические переходные процессы в электрических системах. – М.: Госэнергоиздат, 1958. – 246 с.

5. Справочник по расчетам судовых автоматических систем / *Л.Ф. Суевалов*. – Л.: Судостроение, 1989. – 408 с.

6. *Баранов А.П., Раимов М.М.* Моделирование судового электрооборудования и средств автоматизации: учеб. для вузов. – СПб.: Элмор, 1997. – 232 с.

Информация об авторах **Information about the authors**

Труднев Сергей Юрьевич – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат технических наук, декан мореходного факультета; Trudnev@mail.ru

Trudnev Sergey Yurevich – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Technical Sciences, Dean of Maritime Department; Trudnev@mail.ru

Портнягин Николай Николаевич – Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина (Национальный исследовательский университет); 119991, Россия, Москва; доктор технических наук, доцент, профессор кафедры теоретической электротехники и электрификации нефтяной и газовой промышленности

Portnyagin Nikolay Nikolaevich – Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University) 119991, Russia, Moscow; Doctor of Technical Sciences, Docent, Professor of Theoretical Electrical Engineering and Electrification of Oil and Gas Industry Chair

УДК 663/664

Н.В. Макарова, Д.Ф. Валиулина, А.С. Данчева**ИССЛЕДОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И АНТИОКСИДАНТНЫХ СВОЙСТВ
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ИЗ ТОРГОВОЙ СЕТИ**

Проблема производства пищевых продуктов с функциональными свойствами становится за последние годы все более актуальной. Это объясняется как ухудшением общей экологической ситуации, снижением качества жизни, появлением большого числа хронических и широко распространенных заболеваний. Все большее число медиков и диетологов высказывает мнение, что именно питание может предотвратить многие виды заболеваний. И именно функциональные пищевые продукты способны выполнять функцию профилактики многих заболеваний: сахарного диабета, сердечно-сосудистых изменений, онкологии, атеросклероза и т. д. Ухудшение состояния организма человека связывают с увеличением в организме количества свободных радикалов, снижением количества антиоксидантов внутри клеток различных органов, т. е. отсутствием или ухудшением собственной антиоксидантной системы защиты. Многие функциональные продукты позиционируют как продукты, содержащие витамины и антиоксиданты. В данной работе описываются результаты исследования химического состава (общего содержания фенолов, флавоноидов, антоцианов), антирадикальной активности с реактивом 2,2'-дифенил-1-пикрилгидразилом, восстанавливающей силы (FRAP-значение), антиоксидантной активности в системе линолевая кислота для целого ряда функциональных продуктов, купленных в аптечных и торговых сетях в отделах «Продукты для здоровья»: батончиков, мармелада, соков, напитков, сиропов, конфет. Ряд исследованных продуктов обладает высоким и средним содержанием изученных показателей: напиток черничный, микс овощной, батончики фруктовые, тогда как мармелад, конфеты, сироп, ореховые батончики не могут выступать в роли поставщиков антиоксидантных веществ.

Ключевые слова: функциональные продукты, напиток, батончик, мармелад, фенолы, флавоноиды, антоцианы, антирадикальная способность, антиоксидантная активность.

N.V. Makarova, D.F. Valiulina, A.S. Dancheva**RESEARCH OF CHEMICAL COMPOSITION AND ANTIOXIDANT PROPERTIES
OF FUNCTIONAL FOODSTUFFS FROM THE TRADING NETWORK**

The problem of the production of food products with functional properties has become increasingly urgent in recent years. This is explained by the deterioration of the overall ecological situation, the decline in the quality of life, the emergence of a large number of chronic and widespread diseases. An increasing number of doctors and nutritionists are of the opinion that it is nutrition that can prevent many types of diseases. And it is functional foods that can function as a prophylaxis for many diseases: diabetes, cardiovascular changes, oncology, atherosclerosis, etc. Deterioration of the human body is associated with an increase in the amount of free radicals in the body, a decrease in the number of antioxidants inside cells of various organs, i.e. absence or deterioration of its own antioxidant defense system. Many functional products are positioned as products containing vitamins and antioxidants. This paper describes the study results of the chemical composition (total phenols, flavonoids, anthocyanins), antiradical activity with the 2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl reagent, the reducing force (FRAP), antioxidant activity in the linoleic acid system for a number of functional products purchased in pharmacy and retail chains in the departments "Products for health": bars, marmalade, juices, drinks, syrups, sweets. A number of the products examined have a high and average content of the studied indicators: blueberry drink, vegetable mix, fruit bars, whereas marmalade, candy, syrup, nut bars can not act as suppliers of antioxidant substances.

Key words: functional products, drink, bar, marmalade, phenols, flavonoids, anthocyanins, antiradical ability, antioxidant activity.

DOI: 10.17217/2079-0333-2018-44-38-49

Введение

Термин «функциональные пищевые продукты» становится все более популярным не только среди специалистов, но и среди обычных покупателей. Производители пищевых продуктов до-

вольно эффективно используют термины «функциональность», «полезность для здоровья» в рекламе для многих пищевых продуктов. При этом, конечно же, такие продукты обладают дополнительной, более высокой стоимостью. А почему такие «функциональные» продукты полезны покупателям? Основной причиной является растущее осознание, что пища должна быть не только источником энергии, но и пополнять организм различными нутриентами, пробиотиками, пребиотиками, антиоксидантами, витаминами, флавоноидами, минералами, то есть веществами полезными и улучшающими здоровье человека [1].

Какие категории россиян нуждаются в функциональных пищевых продуктах? Кому необходимо обратить внимание на свое питание, скорректировать его, введя в его состав продукты питания с функциональными свойствами? Прежде всего – это дети, питание которых отличается наличием большого числа продуктов, богатых сахарами: бутербродов, кексов, вафель и крекеров [2], при недостатке других необходимых для здоровья составляющих веществ.

Вторая категория – это студенты. В молодости кажется естественным не заботиться о своем здоровье. А о питании большинство молодых и вовсе забывают. Именно студенты в течение длительного времени едят на ходу, питаются фаст-фудом, за счет чего наблюдается недостаток микронутриентов в пище, и, как правило, это сопровождается развитием заболеваний [3].

Третья категория людей, нуждающихся в функциональном питании, – это работники с тяжелыми условиями труда: работники металлургических предприятий, атомных станций, химических производств и т. д. Они также нуждаются в усиленном поступлении в организм человека витаминов и минералов [4], нейтрализующих или предупреждающих воздействие вредных и опасных факторов.

Одна из немногих категорий потребителей, интересующихся принципами здорового питания, функциональными продуктами, новинками в этой области, – это люди, занимающиеся спортом [5]. Существует категория специального функционального питания – спортивное питание, которое призвано компенсировать состояние физического или физиологического стресса и обеспечить организм аминокислотами, ферментами, белками, жирами, минералами.

Емкость рынка функциональных продуктов постоянно увеличивается [6]. В 2006 г. в Испании доля функциональных продуктов составляла 17% от общего числа проданных пищевых продуктов, тогда как к 2020 г. она по прогнозам возрастет до 40%. Среди примеров продуктов функциональной направленности авторы обзора [6] называют пробиотики, пребиотики, напитки, хлебобулочные и зерновые изделия, спрэды, мясо и яйца. Авторы на основе многочисленных публикаций делают вывод, что производство функциональных продуктов является динамично развивающимся сегментом пищевой индустрии.

Существует несколько направлений создания новых пищевых функциональных продуктов. Один из путей – это введение в состав пищевого продукта исходного сырья с функциональными свойствами. Так, например, в работе бразильских ученых [7] в состав зерновых батончиков предложено вводить кожицу фруктов: яблок и папайи. Для батончиков изучены как содержание белков, липидов, пищевых волокон, калорийность, так и антиоксидантное влияние кожицы фруктов на окислительную стабильность жировой фазы при хранении батончиков в течение 120 дней. Кожура фруктов является антиоксидантом, и ее введение оказывает положительное влияние на состав батончиков и длительное сохранение их качества.

Малазийские ученые также предлагают вводить в состав зерновых батончиков исходное сырье, богатое натуральными углеводами из фрукта Sunnah. Для таких батончиков изучена калорийность, содержание основных веществ (белков, жиров, пищевых волокон, углеводов). Делается вывод об эффективности такого направления обогащения батончиков [8].

Обогащение пищевых продуктов фруктами или полуфабрикатами из фруктов – одно из самых востребованных направлений в производстве функциональных продуктов, и это характерно не только для зерновых батончиков. Так, например, турецкие ученые ввели [9] в состав йогурта мармелад из фрукта Lequat в количестве 5–10–15–20%. Была изучена зависимость химического состава, pH, цветовых характеристик, органолептических свойств от массы добавленного мармелада из фруктов. По мнению авторов, йогурт с добавлением мармелада имеет большие перспективы на рынке.

Готовые коммерческие фруктовые и овощные соки пользуются огромной популярностью у потребителей. Крупные корпорации стремятся постоянно выпускать новинки в этой области. Помощь в продажах оказывают и ученые, которые постоянно изучают и «рекламируют» полезные свойства соков. Трендом последнего времени являются антиоксидантные свойства соков.

Так, например, румынские ученые изучили [10] содержание витамина С и антирадикальную активность для свежевыжатых соков: яблочного, розового грейпфрута, красной капусты, томатов, свеклы. В тройку лидеров по содержанию витамина С входят соки розового грейпфрута, свеклы, красной капусты. Именно эти соки и обладают высокой антирадикальной активностью, что авторы связывают с корреляцией между этими двумя показателями.

В другой статье [11] представлены интересные результаты по изучению pH, кислотности, содержания аскорбиновой кислоты, общих фенолов, антирадикальной активности с реактивом 2,2'-дифенил-1-пикрилгидразилом в свежевыжатых соках лайма, лимона, грейпфрута, арбуза, граната, сладкой дыни. Самым кислым является сок лайма, наибольшее содержание аскорбиновой кислоты наблюдается в грейпфруте и лайме. Максимальным количеством фенолов обладают гранатовый и грейпфрутовый соки, а наиболее высокой антирадикальной активностью – сок грейпфрута.

Важно отметить, что соки из фруктов проявляют и другие виды биологической активности. Соки из тропических фруктов бамбангана, гуавы не только проявляют антиоксидантную активность (в системе β -каротин-линолевая кислота), способность улавливать свободные радикалы, но и тормозят окисление гемоглобина и липопротеинов, что позволяет рекомендовать эти соки как профилактические пищевые продукты [12].

Исследования по антиоксидантной активности касаются не только соков, но и сокосодержащих напитков. Так, проведено [13] изучение общего содержания фенолов, антирадикальной активности (DPPH-метод), восстанавливающей силы (FRAP-метод) в семи свежевыжатых соках (яблоко, виноград, гуава, манго, абрикос, гранат, апельсин), в пяти коммерческих 100%-ных соках (яблоко, виноград, абрикос, гранат, апельсин), в шести соковых напитках (яблоко, виноград, гуава, манго, абрикос, апельсин). Сокосодержащие напитки по своим показателям уступают коммерческим сокам, а коммерческие соки, в свою очередь, хуже, чем свежевыжатые соки.

Таким образом, рынок функциональных продуктов имеет тенденции к расширению, а продукты с антиоксидантной активностью являются важной его составляющей.

Объекты и методы исследования

Исследуемые объекты были закуплены в торговых и аптечных сетях г. Самара в разделах «Товары для здоровья», «Полезные товары». Характеристика объектов исследования представлена в таблице.

Характеристика объектов исследования

№	Характеристика пищевого продукта	Состав	Ценовая категория, руб. за единицу
1	Мармелад с натуральным соком	Сахар, патока, желирующий агент пектин, смесь сухая на основе соков и пюре «Мультифрукт» (мальтодекстрин кукурузный, концентрированное абрикосовое пюре, концентрированный сок лайма, концентрированное клубничное пюре, концентрированный сок кислой вишни), регуляторы кислотности: кислота лимонная, цитрат натрия, концентрированный сок черной моркови, ароматизаторы: «Ананас», «Клубника», «Черная смородина», «Апельсин», красители кармин, лютеин, каротины	150–200 (300 г)
2	Батончик-мюсли Мультизлаковый с черникой и ежевикой	Зерновые хлопья (овсяные, пшеничные, ржанные, ячменные), рис и кукуруза воздушные экструдированные, пшеница воздушная, ягоды свежие: черника, ежевика, красная смородина, патока, масло подсолнечное рафинированное и дезодорированное	20–40 (55 г)
3	Мармелад из свежих ягод	Фруктоза, патока, черная смородина, желирующий агент (агар), регулятор кислотности (лимонная кислота), ароматизатор натуральный «Черная смородина», консервант (сорбиновая кислота)	140–200 (105 г)
4	Сок Микс овощной с имбирем	Томатное пюре, пюре сладкого перца, морковный сок, огуречный сок, свекольный сок, сок салата, соль, экстракт базилика, экстракт пряностей (укропа, лука, петрушки, чеснока, сельдерея), экстракт имбиря	70–120 (0,3 л)
5	Сироп Черника натуральный	Фруктоза, концентрированный сок черники, концентрированный яблочный сок, загуститель: пектин, регулятор кислотности: кислота лимонная, краситель натуральный: экстракт из кожицы винограда	120–200 (0,25 л)
6	Нектар фруктовый Черничный неосветленный пастеризованный	Сок черники, фруктоза, вода	200–300 (0,3 л)

Окончание таблицы

№	Характеристика пищевого продукта	Состав	Ценовая категория, руб. за единицу
7	Орехово-фруктовый батончик Морковь	Финик сушеный, тыквенные семечки, яблоко сушеное, морковь сушеная, ядро кешью, лен, семена чиа	20–50 (45 г)
8	Натуральный фруктовый батончик с апельсином и брусникой	Абрикос сушеный, яблоко сушеное, апельсин свежий (16 %), изюм, брусника свежемороженая (12 %), яблочное пюре натуральное, фруктоза, стабилизатор гуммирабик, консервант сорбат калия, антиоксидант аскорбиновая кислота	20–50 (30 г)
9	Орехово-фруктовый батончик Клюква – Тыквенные семечки	Финик сушеный, изюм, тыквенные семечки, клюква сушеная, ядро миндаля, ядро подсолнечника, лен, семена чиа, гвоздика молотая, кардамон	20–50 (45 г)
10	Живые конфеты из свежих ягод Малина	Фруктоза, патока, малина, желирующий агент (агар), регулятор кислотности (лимонная кислота), консервант (сорбиновая кислота)	120–200 (170 г)
11	Клюква сушеная	Ягоды клюквы резанные, сахар, подсолнечное масло	200–300 (200 г)
12	Фруктово-ореховый батончик Вишня и клюква	Сухофрукты: виноград, яблоко, вишня, клюква, ядра орехов: миндаль, фундук, облатки вафельные (пшеничная мука, картофельный крахмал, растительное масло), кокосовое масло, эмульгатор (соевый лецитин), антиокислитель (аскорбиновая кислота), ароматизатор	20–50 (50 г)

Метод приготовления экстрактов исследуемых образцов. Навеску измельченного продукта 1 г (для экстракта концентрацией $0,1 \text{ г/см}^3$) помещали в колбу с притертой пробкой, добавляли 10 мл 98%-ного этилового спирта, разбавленного водой в соотношении 1:1, выдерживали в термостате при 37°C в течение 2 ч при непрерывном перемешивании. Далее отделяли прозрачный слой экстракта центрифугированием на центрифуге в течение 15 мин при скорости 3000 об/мин.

Метод определения общего содержания фенольных веществ. Определение фенольных веществ основано на их способности связываться с белковыми веществами, осаждаться солями металлов, окисляться и давать цветные реакции. Исследования проводились по методу [14]. Колориметрический метод определения общего содержания фенольных веществ основан на применении реактива Фолина. Под реактивом Фолина подразумевают реактив Folin-Ciocalteu, который готовят из: вольфрамата Na, молибдата Na, H_2O , 85%-ной H_3PO_4 , HCl , сульфата Li и Br_2 . Реакцию Фолина и ее варианты применяют для обнаружения и фотометрического определения фенолов, тиолов и дисульфидов (цистина, цистеина), пуриновых оснований (гуанина, ксантина, 2- гидроксиденина), мочевой кислоты, пептидов и белков, содержащих тирозин и триптофан. В присутствии перечисленных соединений в щелочной среде реактив Фолина восстанавливается при окислении фенолов до смеси синих оксидов $\text{WO}_2 \cdot n\text{WO}_3$ или $\text{MoO}_2 \cdot n\text{MoO}_3$. Образующаяся голубая окраска пропорциональна количеству фенольных веществ. Интенсивность синей окраски измеряется на спектрофотометре при длине волны 725 нм.

В стерильных пробирках приливали к 0,25 мл готового экстракта продуктов концентрацией $0,1 \text{ мг/см}^3$, 0,25 мл 50 %-ного водного раствора реактива Folin-Ciocalteu, 0,50 мл насыщенного раствора карбоната натрия и 4,00 мл дистиллированной воды. В контрольную пробу приливали вместо экстракта 0,25 мл дистиллированной воды. Смесь выдерживали 25 мин при 25°C при постоянном помешивании для завершения реакции. Далее пробы центрифугировали 10 мин при скорости 2000 об/мин.

Содержание фенольных веществ в прозрачном растворе экстракта продуктов определяли спектрофотометрическим методом на спектрофотометре. Спектр поглощения снимали при длине волны 725 нм в кювете с толщиной слоя жидкости 10 мм. В кювету сравнения помещали контрольную пробу. Калькуляцию фенольных соединений в мг галловой кислоты (ГК)/100 г продукта проводили по калибровочной кривой.

Метод определения общего содержания флавоноидов. Исследования содержания флавоноидов проводят по методу [15] с модификацией для исследуемых продуктов. В пробирки помещали 0,50 мл экстракта концентрацией $0,1 \text{ мг/см}^3$, 2,50 мл дистиллированной воды, 0,15 мл раствора 5%-ного нитрита натрия. Выдерживали в течение 5 мин. Затем приливали 0,30 мл 10%-ного хлорида алюминия (III), выдерживали в течение 5 мин. Добавляли 1,00 мл 1 М гидроксида натрия и 5,00 мл дистиллированной воды.

Содержание флавоноидов определяли спектрофотометрическим методом на спектрофотометре. Спектр поглощения снимали при длине волны 510 нм в кювете с толщиной слоя жидкости 10 мм. В кювету сравнения помещали дистиллированную воду. Калькуляцию флавоноидов в мг катехина (К)/100 г продукта проводили по калибровочной кривой.

Метод определения общего содержания антоцианов. Содержание антоцианов в некоторых исследуемых продуктах определяли спектрофотометрическим методом на спектрофотометре в экстракте функционального продукта с буферными растворами с pH 1,0 и 4,5 [16]. Калькуляцию антоцианов в мг цианидин-3-гликозида/100 г продукта проводили по формуле, приведенной в статье [16].

DPPH-метод (метод определения радикалудерживающей способности с использованием реактива 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила). Одним из способов оценки антиоксидантной активности является колориметрия свободных радикалов. Данный метод основан на реакции стабильного синтетического радикала DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразила), растворенного в этаноле, с образцом антиоксиданта, содержащегося в экстракте [17]. В результате восстановления свободного радикала DPPH антиоксидантами функциональных продуктов пурпурно-синяя окраска DPPH превращается в желтую, так как происходит переход свободного радикала 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила, имеющего пурпурно-синюю окраску, в стабильную молекулу 2,2-дифенил-1-пикрилгидразина, который имеет желтую окраску. Существует два способа проведения эксперимента по данному методу – статический и динамический. Статический показывает, при какой концентрации экстракта наблюдается наилучшее ингибирование свободных радикалов. Динамический характеризует процесс ингибирования во времени и показывает время, которое необходимо для ингибирования радикалов DPPH антиоксидантами экстракта с концентрацией, при которой наблюдается наилучшее ингибирование свободных радикалов. Также, чтобы охарактеризовать антиоксидантную активность, существует параметр – E_{C50} – это та концентрация экстракта, при которой происходит 50%-ное ингибирование радикала DPPH антиоксидантом экстракта. Торможение реакций окислительного распада происходит тем быстрее и антиоксидантная активность образцов тем выше, чем ниже показатель E_{C50} .

В пробирки помещали 0,20 мл экстракта исследуемых продуктов концентрацией 0,1 мг/см³, 2,00 мл дистиллированной воды, 2,00 мл спиртового раствора 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила. В контрольную пробу по экстракту помещали вместо раствора 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила дистиллированную воду. В контрольную пробу по раствору 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила приливали вместо экстракта дистиллированную воду. Смесь выдерживали в течение 30 мин в недоступном для света месте.

Колориметрию свободных радикалов 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила проводили спектрофотометрическим методом на приборе КФК при длине волны 517 нм в кювете толщиной слоя жидкости 10 мм. В кювету сравнения помещали этиловый спирт.

Для проведения этого исследования в качестве экстракта использовали экстракты с концентрацией 0,005, 0,05, 0,1, 0,25, 0,5 г/см³.

FRAP-метод (метод определения железосвязывающей активности экстрактов). Исследование восстанавливающей силы было проведено по методу [18] с модификацией для функциональных продуктов. Подготавливали реактив FRAP: в колбу помещали 10,00 мл ацетатного буфера pH 3,6, 1,00 мл 20 мМ раствора хлорида железа (III), 1,00 мл реагента 2,4,6-три-(2-пиридил)-1,3,5-триазина (TPTZ). Смесь выдерживали в термостате в течение 10 мин при температуре 37°C при периодическом перемешивании.

В пробирки прибавляли 1,00 мл реактива FRAP, 3,00 мл дистиллированной воды, 0,10 готового экстракта исследуемых продуктов концентрацией 0,1 мг/см³. В контрольную пробу приливали вместо экстракта 0,10 мл дистиллированной воды. Смесь выдерживают 4 мин при температуре 37°C при периодическом перемешивании.

Определение железосвязывающей активности проводили спектрофотометрическим методом при длине волны 593 нм в кювете с толщиной слоя жидкости 10 мм. В кювету сравнения приливали дистиллированную воду. Определение железосвязывающей активности проводили по калибровочной кривой в ммоль Fe²⁺/1 кг исходного сырья.

Метод оценки антиоксидантных свойств с использованием модельной системы с линолевой кислотой. Метод исследований на модели с линолевой кислотой основан на регистрации перокисления линолевой кислоты, которое определялось по реакции веществ, реагирующих с радикалом аммония и хлоридом железа (II) при 500 нм, образующихся при нагревании при 40°C за период 120 ч смеси из экстракта исследуемых продуктов, линолевой кислоты, фосфатного буфера и Tween-20 [19].

В колбы, снабженные притертой пробкой, к 1,00 мл экстракта концентрацией 0,1 мг/см³ приливали 1,00 мл 2,51%-ного спиртового раствора линолевой кислоты, 2,00 фосфатного буфера pH 7,0, добавляли 1,00 мл 50%-ного этилового спирта и 1 мл Tween 20. В пробы контроля вместо экстракта добавляли дистиллированную воду. Пробы выдерживали в термостате в течение 120 ч при температуре 40°C. После выдержки отбирали 0,1 мл смеси, добавляли 9,70 мл 75%-ного этилового спирта, 0,10 мл 30%-ного раствора аммониевой соли тиоциановой кислоты. Выдерживали в течение 3 мин. Добавляли 0,10 мл 0,1 М раствора хлорида железа (II).

Анализ проводили спектрофотометрическим методом при длине волны 500 нм в кювете с толщиной слоя жидкости 10 мм. В кювету сравнения приливали дистиллированную воду. Результаты рассчитывали в процентах ингибирования процессов окисления линолевой кислоты.

Результаты и обсуждение

Большинство исследователей антиоксидантной активности растительного и животного сырья считают доказанной прямую взаимосвязь между химическим составом и уровнем антиоксидантного действия [20, 21]. Поэтому важной составляющей наших исследований является определение общего содержания фенолов, флавоноидов, антоцианов. По показателю общего содержания фенолов (рис. 1) исследованные нами объекты можно условно разделить на три группы: 1) с низкими показателями 58-235 мг ГК/100 г исходного сырья: мармелад № 1, батончик № 2, мармелад № 3, конфеты № 10; 2) со средними показателями 518-677 мг ГК/100 г: батончик № 12, батончик № 7, клюква сушеная № 11, батончик № 8, батончик № 9, микс овощной № 4, сироп № 5; 3) один продукт – нектар черничный № 6 имеет очень высокий показатель общего содержания фенолов 994 мг ГК/100 г.

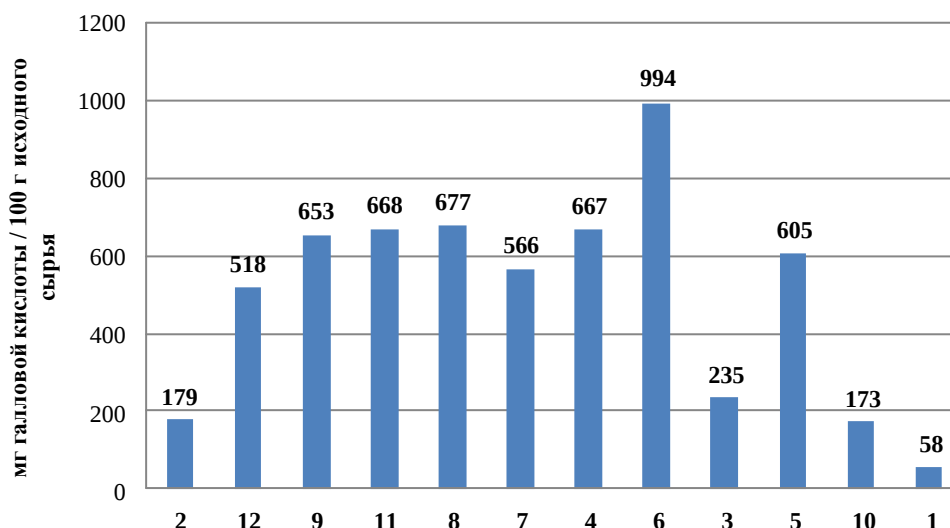


Рис. 1. Общее содержание фенолов в исследованных функциональных продуктах

Таким образом, хотя все исследованные продукты и относятся к классу функциональных, но лидер (нектар черничный) и аутсайдер (мармелад № 1) отличаются друг от друга по исследуемым параметрам почти в 20 раз.

Именно класс флавоноидов обладает различными уровнями биологической активности, причем на весьма значительном уровне [22, 23]. Анализируя данные показателя общего содержания флавоноидов (рис. 2), можно отметить уровни, отличающиеся друг от друга в десятки раз. Среди функциональных продуктов самым высоким содержанием флавоноидов обладают (мг К/100 г): нектар черничный № 6 (419), микс овощной № 4 (322), орехово-фруктовый батончик № 9 (253). Среднее содержание флавоноидов показывают: сироп черничный № 5 (181), клюква сушеная № 11 (172), фруктовый батончик № 8 (172), орехово-фруктовый батончик № 7 (151), фруктово-ореховый батончик № 12 (142). Очень низкий уровень флавоноидов имеют: живые конфеты № 10 (41), мармелад № 3 (32), батончик мюсли № 2 (29), мармелад № 1 (17). Если эти данные сопоставить с показателями общего содержания фенолов, то в целом группы лидеров и аутсайдеров состоят из одних и тех же продуктов: лидирующая группа нектар № 6 и микс овощной № 4, группа отстающих – мармелад № 1 и батончик № 2.

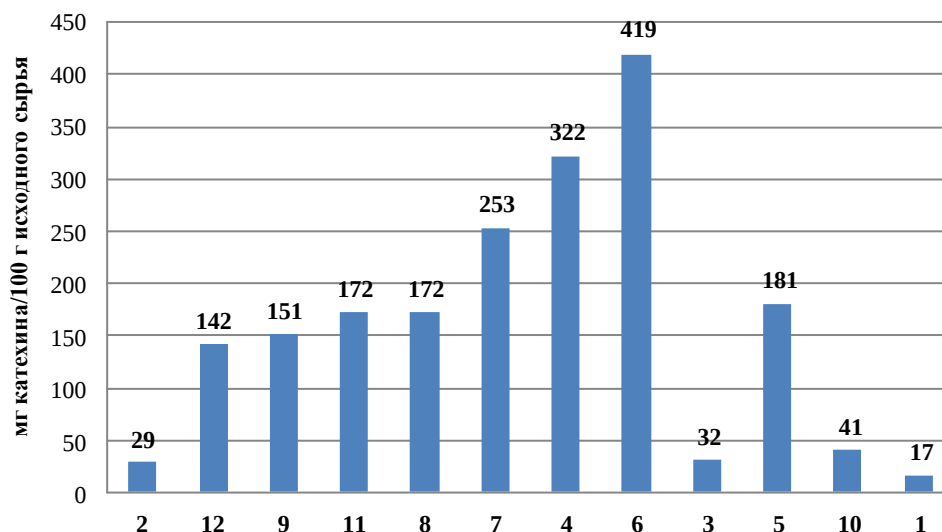


Рис. 2. Общее содержание флавоноидов в исследованных функциональных продуктах

Антоцианы – это класс соединений, ответственных за окраску фруктов. При этом кроме окрашивающей способности антоцианы обладают и антиоксидантной активностью [24, 25]. На основе анализа состава функциональных продуктов по данным этикетки (см. табл.) нами были выбраны для анализа на содержание антоцианов следующие продукты, содержащие ягоды и фрукты, а, следовательно, и антоцианы: мармелад № 1, батончик № 2, мармелад № 3, сироп № 5, нектар № 6, батончик № 8, батончик № 9, живые конфеты № 10, клюква № 11, батончик № 12. Результаты определения антоцианов представлены на рис 3.

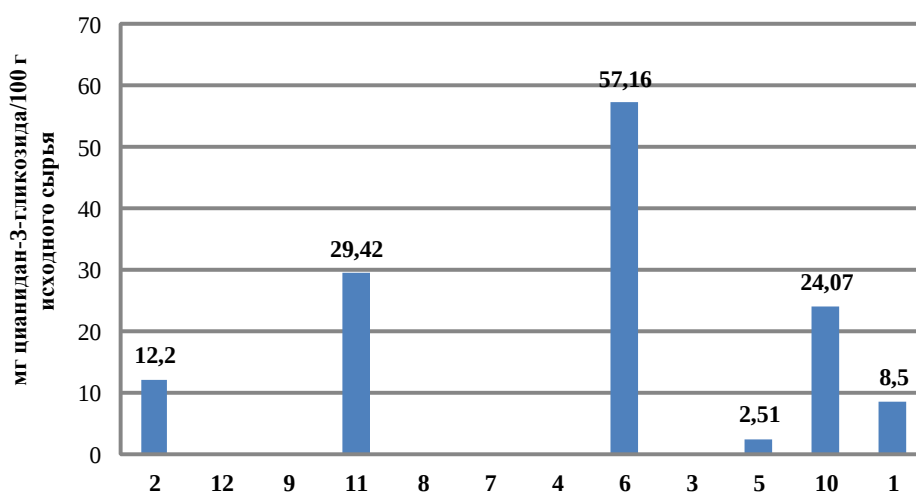


Рис. 3. Общее содержание антоцианов в исследуемых функциональных продуктах

В ряде исследованных функциональных продуктов используемым методом обнаружить антоцианы не удалось: мармелад № 3, батончики № 8, № 9, № 12. Очень низкое содержание антоцианов характерно для сиропа № 5 (2,51 мг ЦГ/100 г), тогда как нектар № 6 содержит наибольшее количество антоцианов (57,16 мг ЦГ/100 г). Это довольно интересный факт, так как по данным этикетки в состав обоих этих продуктов входит сок черники. Ягоды черники также являются компонентом батончика мюсли № 2, и он имеет среднее значение антоцианов (12,20 мг ЦГ/100 г), а содержание антоцианов клюквы сушеной № 11 находится на уровне живых конфет № 10. Если в целом суммировать данные по химическому составу по трем показателям, то несомненным лидером по содержанию веществ, ответственных за антиоксидантную активность, является нектар из черники № 6.

Улавливание свободных радикалов является одним из важнейших свойств антиоксидантов [26, 27], поэтому определение антиоксидантной активности включает в себя и определение ан-

тирадикального действия. Нами использована методика исследования антирадикальной активности по способности улавливать свободный радикал – 2,2'-дифенил-1-пикрилгидразил. Анализ результатов уровня такого показателя, как E_{c50} для функциональных продуктов, представленный на рис. 4, позволяет выделить два продукта, не проявляющие активности: мармелад № 1 и живые конфеты № 10. Два продукта: батончик № 2 и мармелад № 3 имеют очень низкие значения E_{c50} (103,8 и 101,2 мг/см³). Три продукта: батончики № 12, 7 и 9 имеют средние значения (47,5–63,2 мг/см³). Четыре продукта: клюква сушеная № 11, микс овощной № 4, сироп черничный № 5, батончик № 8 показывают высокие значения (26,5–39,0 мг/см³). Но несомненным лидером является нектар черника № 6 (6,8 мг/см³). Это лидерское положение нектар № 6 сохраняет так же, как и в случае показателей содержания фенолов, флавоноидов, антоцианов. В целом в качестве профилактических продуктов с высокой способностью улавливать радикалы можно рекомендовать клюкву сушеную № 11, микс овощной № 4, сироп черничный № 5, батончик № 8, нектар черника № 6.

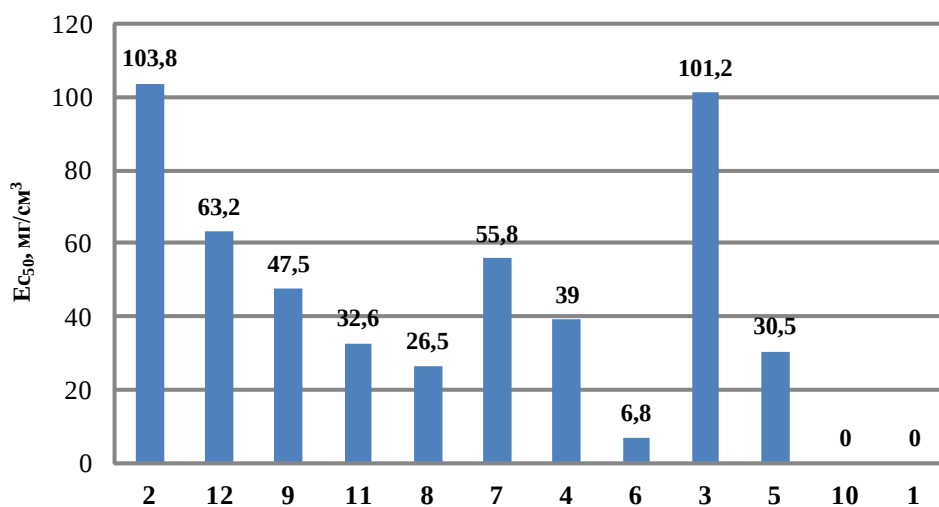


Рис. 4. Антирадикальная активность функциональных продуктов

Показатель восстанавливающей силы характеризует способность антиоксидантов тормозить катализирующее действие ионов металлов в реакциях окисления [28, 29]. Три изученных функциональных продукта имеют высокие значения этого показателя (рис. 5) 12,60–23,94 ммоль Fe^{2+} /1 кг: микс овощной № 4, сироп № 5, нектар № 6. Три продукта характеризуются низкими значениями: 1,08–2,52 ммоль Fe^{2+} /1 кг: мармелад № 1, живые конфеты № 10, батончик № 2. Остальные объекты показывают средние значения в интервале 5,94–9,72 ммоль Fe^{2+} /1 кг. В целом можно говорить о сохранении тенденций в уровне показателей и для этого экспериментального метода.

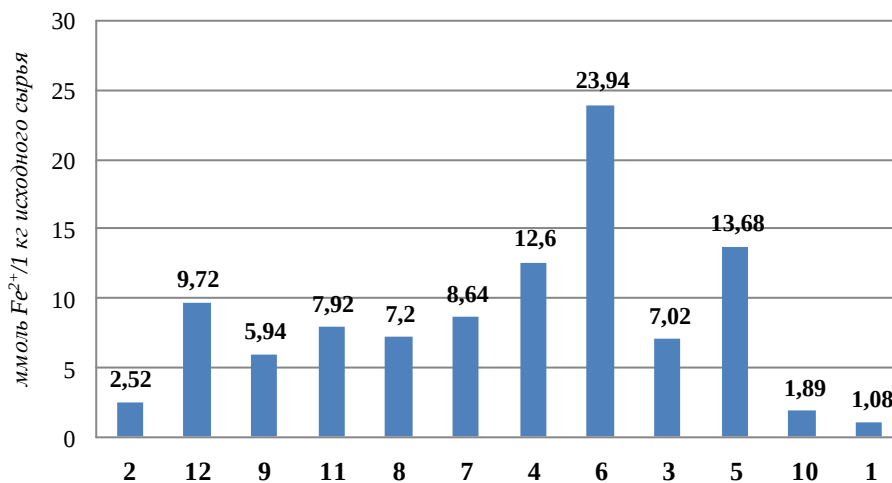


Рис. 5. FRAP-значение исследуемых функциональных продуктов

Исследование способности пищевого продукта ингибировать окисление линолевой кислоты является важной характеристикой антиоксидантной активности, являющейся составной частью общей способности антиоксиданта предотвращать возникновение окислительного стресса [30, 31]. Некоторые из изученных функциональных продуктов вообще не проявляют антиоксидантную активность по данному методу или имеют этот показатель ниже 10%: батончик мюсли № 2, батончик № 8, мармелад № 3, сироп № 5, живые конфеты № 10, мармелад № 1. Вместе с тем, продукты, имеющие высокие показатели и в других методах, и по данному методу проявляются активность: батончики № 12, № 7, № 8, клюква № 11, микс овощной № 4, нектар № 6 (рис. 6).

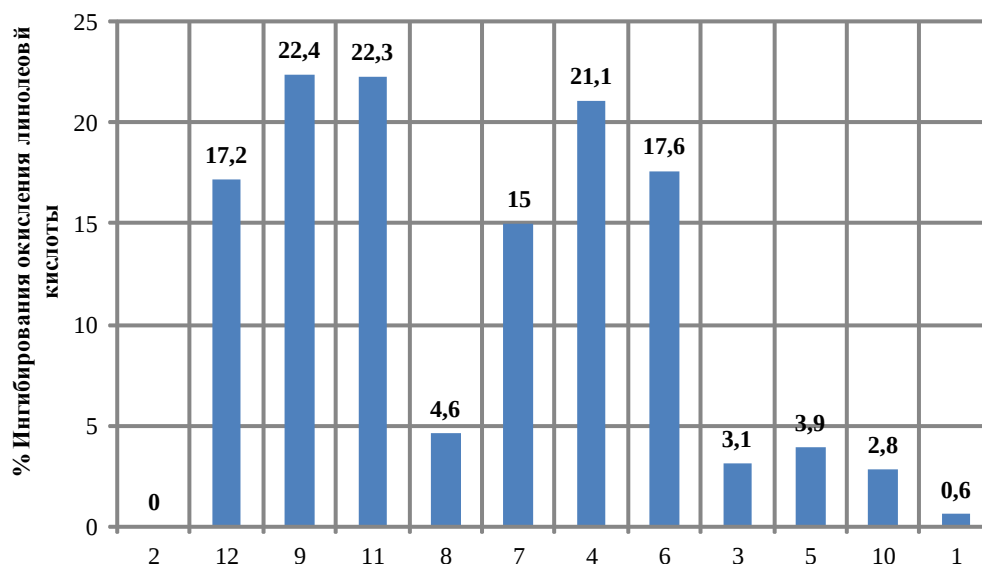


Рис. 6. Способность ингибировать окисление линолевой кислоты исследованных функциональных продуктов

При обсуждении результатов исследований химического состава и антиоксидантной активности для растительного сырья и пищевых продуктов на его основе весьма важной составляющей является изучение корреляции между показателями химического состава и данными по уровню антиоксидантного действия [32–34].

Нами были построены корреляционные зависимости между содержанием фенолов и FRAP-значением (рис. 7), а также содержанием флавоноидов и FRAP-значением (рис. 8) для изученных функциональных продуктов.

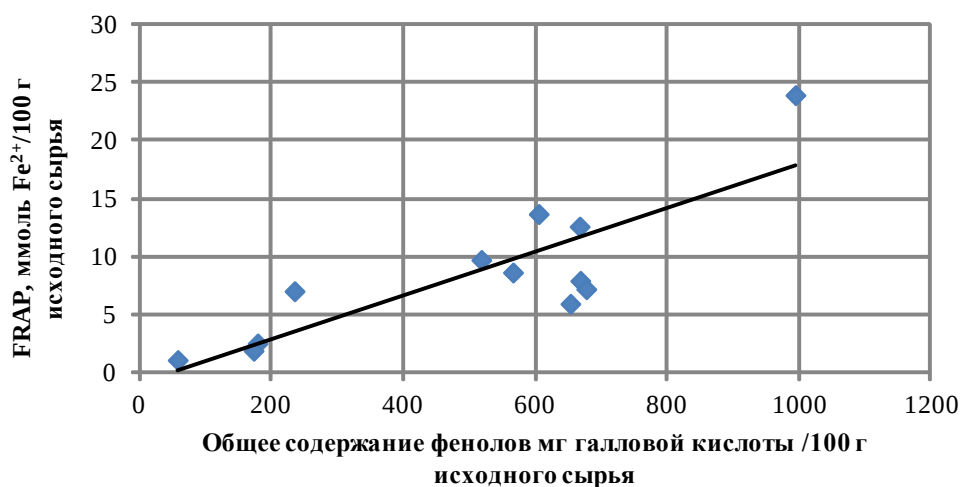


Рис. 7. Корреляция между содержанием фенолов и значением FRAP для исследуемых функциональных продуктов

Анализ рис. 7 и 8 показывает наличие определенной зависимости между показателями химического состава и антиоксидантной активности для функциональных пищевых продуктов.

Мнение у большинства потребителей пищевых продуктов относительно функциональных пищевых продуктов разделяются на две группы:

1. Функциональные продукты – это продукты, реально улучшающие здоровье человека при их длительном употреблении.
2. Функциональные продукты – это миф, а за счет их высокой стоимости производители увеличивают свою прибыль.

В принципе и производители функциональных пищевых продуктов делятся на два лагеря:

1. Производят обычные продукты под маркой функциональных – полезных для здоровья с целью повышения своих доходов.
2. Действительно выполняют важную социальную роль – ежедневно улучшают здоровье человека за счет введения в его рацион полезных веществ.

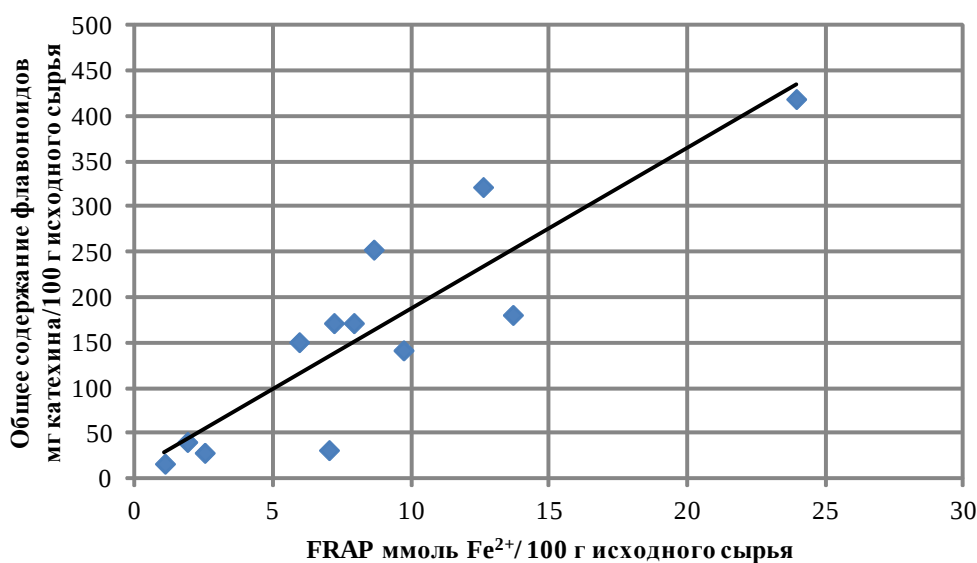


Рис. 8. Корреляция между содержанием флавоноидов и значением FRAP для исследуемых функциональных продуктов

Результаты наших исследований позволяют также выделить в разных товарных категориях группу продуктов, имеющих функциональные свойства: микс овощной № 4, нектар фруктовый № 6, фруктовые батончики № 8, 9, 12. Необходимо отметить, что интерес к функциональным продуктам растет, но при этом в основном в этой группе продуктов на данном этапе предложены напитки, каши, мармелад, батончики. Этого явно недостаточно, и исследования в этой области необходимо продолжить.

Литература

1. Reshetnik E.I., Utochkina E.A. Healthy food products with probiotic and prebiotic properties. Food and Raw Materials. – 2013. – Vol. 1, № 1. – P. 88–94. DOI: 10.12737/1562.
2. Confectionery goods for healthy diet / G.A. Dorn, T.V. Savenkova, O.S. Sidorova, O.V. Golub // Food and Raw Materials. – 2015. – Vol. 3, № 1. – P. 70–76. DOI: 10.12737/1240.
3. Use of bar processing to increase the shelf life of vitaminized sausages and their use for the correction of students' health / S.L. Tikhonov, N.V. Tikhonova, E.V. Saokhavalova, V.M. Poznyakovskiy, A.Y. Volkov, A.V. Aleksandrov, A.E. Terent'ev, V.A. Lazarev // Food and Raw Materials. – 2016. – Vol. 4, № 2. – P. 121–127. DOI: 10.21179/2308-4057-2016-2-121-127.
4. Nutritional factor in ensuring health and reliability increase of professional activities of industrial workers / V.V. Trihina, V.B. Spirichev, V.Z. Koltun, A.N. Avstrievskih // Food and Raw Materials. – 2015. – Vol. 3, № 1. – P. 86–96. DOI: 10.12737/11242.

5. Relevant problems of sports nutrition / N.Y. Latkov, A.A. Vecovtev, Y.A. Koshelev, V.I. Bakaytis // Food and Raw Materials. – 2015. – Vol. 3, № 1. – P. 77–85. DOI: 10.12737/11241.
6. Functional food. Product development, marketing and consume acceptance. – A review / I. Siro, E. Kápolna, B. Kápolna, A. Lugasi // Appetite. – 2008. – Vol. 51, № 2. – P. 456–457.
7. Oxidative stability of cereal bars made with fruit peels / N.S.R. Mendez, C.R. Gomes-Ruff, M.F. Lage, F.S. Beckerr, A.A.M. Melo // Food Science and Technology (Campinas). – 2013. – Vol. 33, № 4. – P. 730–736.
8. Development and physico-chemical analysis of granola formulated with puffed glutinous rice and selected dried Sunnah foods / A.R. Hassan, C.Z. Norlelawan, A. Ruhman, N. Huda-Fauran // International Food Research Journal. – 2016. – Vol. 23, № 2. – P. 498–506.
9. The effect of loquat fruit (*Eriobotrya japonica*) marmalade addition and storage time on physico-chemical and sensory properties of yogurt / H. Temiz, Z. Tarakci, T. Karadeniz, T. Bak // Journal of Agricultural Sciences. – 2012. – Vol. 18. – P. 329–338.
10. Antioxidant activity of some fresh vegetables and fruit juices / D.-G. Dumbravă, N.-G. Hădărugă, C. Moldovan, D.-N. Raba, M.-V. Popa, B. Rădoi // Journal of Agroalimentary Processes and Technologies. – 2011. – Vol. 17, № 2. – P. 163–168.
11. Al-Musharfi N.K., Al-Wahaibi H.S., Khan S.A. Comparison of ascorbic acid total phenolic content and antioxidant activities of fresh juices of six fruits grown in Oman // Journal Food Processing & Technology. – 2015. – Vol. 6, № 11. – P. 513. DOI: 10.4172/2157-7110.1000513.
12. Zabidah A.A., Kong K.W., Amin I. Antioxidant properties of tropical juices and their effects on *in vitro* hemoglobin and low density lipoprotein (LDL) oxidation // International Food Research Journal. – 2011. – Vol. 18. – P. 549–556.
13. Wern K.H., Haron H., Keng C.B. Comparison of total phenolic contents (TPC) and antioxidant activities of fresh fruit juices, commercial 100% fruit juices and fruit drinks // Sains Malaysiana. – 2016. – Vol. 45, № 9. – P. 1319–1327.
14. Phenols, flavonoids and antioxidant activity of aqueous and methanolic extracts of propolis (*Apis mellifera* L.) from Algarve, South Portugal / M.G. Miguel, S. Nunes, S.A. Dandlen, A.M. Cavaco, M.D. Antunes // Food Science and Technology (Campinas). – 2014. – Vol. 34, № 1. – P. 16–23.
15. Antioxidant activity, total phenolic and flavonoid contents, and cytotoxicity evaluation of *Bougainvillea xbuttiana* / L.A. Figueroa, L.B. Navarro, M.P. Vera, V.L. Petricevich // International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences. – 2014. – Vol. 6, № 5. – P. 497–502.
16. Wang C.Y., Chen C.-T., Wang S.Y. Changes of flavonoid content and antioxidant capacity of blueberries after illumination with UV-C // Food Chemistry. – 2009. – Vol. 117, № 2. – P. 426–431.
17. Rabeta M.S., Lin S.P. Effects of different drying methods on the antioxidant activities of leaves and berries of *Cayratia trifolia* // Sains Malaysiana. – 2015. – Vol. 44. – № 2. – P. 275–280.
18. Polyphenol content and antioxidant activity of Maqui (*Aristotelia chilensis* [Molina] Stuntz) during fruit development and maturation in central Chile / C. Freedes, G. Montenegro, J.P. Zoffoli, M. Gómez, P. Robert // Chilean Journal of Agricultural Research. – 2012. – Vol. 72, № 4. – P. 582–589.
19. Chemical composition and antioxidant properties of juniper berry (*Juniperus communis* L.) essential oil / I.S. Stoilova, J. Wanner, L. Jirovetz, D. Trifonova, L. Krastev, A.S. Stoyanova, A.I. Krastanov // Bulgarian Journal of Agricultural Science. – 2014. – Vol. 20, № 2. – P. 227–237.
20. Antioxidant interaction between major phenolic compounds found in 'Ataulfo' mango pulp: chlorogenic, gallic, protocatechuic and vanillic acids / H. Palafox-Carlos, J. Gil-Chávez, R.R. Sotelo-Mundo, J. Namiesnik, S. Gorinstein, A. González-Aguilar // Molecules. – 2012. – Vol. 17. – P. 12657–12664. DOI: 10.3390/molecules171112657.
21. Comparison of the total phenol, flavonoid contents and antioxidant activity of methanolic extracts of *Artemisia spicigera* and *A. splendens* growing in Iran / F.H. Afshar, A. Delazar, H. Nazemiyeh, S. Esnaashari, B.M. Sedighe // Pharmaceutical sciences. – 2012. – Vol. 18, № 3. – P. 165–170.
22. Tiwari S.Ch., Husain N. Biological activities and role of flavonoids in human health – A review // Indian Journal Science Research. – 2017. – Vol. 12, № 2. – P. 193–196.
23. Ghasemzadeh A., Ghasemzadeh N. Flavonoids and phenolic acids: role and biochemical activity in plants and human // Journal of Medicinal Plants Research. – 2011. – Vol. 5, № 31. – P. 6697–6703. DOI: 10.5897/JMPR11.1404.
24. Miguel M.G. Anthocyanins: antioxidant and/or anti-inflammatory activities // Journal of Applied Pharmaceutical Science. – 2011. – Vol. 01, № 6. – P. 7–15.

25. Antiproliferative and antioxidant properties of anthocyanin rich extracts from blueberry and blackcurrant juice / Z. Diaconeasa, L. Leopold, D. Rugină, H. Ayvaz, C. Socaciu // International Journal of Molecular Sciences. – 2015. – Vol. 16. – P. 2352–2365. DOI: 10.3390/ijms16022352.
26. Antioxidant and antiradical properties of green tea extract compounds / A. Masek, E. Chrzescijanska, M. Latos, M. Zaborski, A. Podsędek // International Journal of Electrochemical Science. – 2017. – Vol. 12. – P. 6600–6610. DOI: 10/20964/2017.07.06..
27. Arina N.B., Rohman A. The phenolic contents and antiradical activity of Indonesian *Phyllanthus urinaria* L. // International Food Research Journal. – 2013. – Vol. 20, № 3. – P. 1119–1124.
28. Rabeta M.S., Nur Faraniza R. Total phenolic content and ferric reducing antioxidant power of the leaves and fruits of *Garcinia atrovirdis* and *Cynometra cauliflora* // International Food Research Journal. – 2013. – Vol. 20, № 4. – P. 1691–1696.
29. Antioxidant and free radical scavenging activity of triphala determined by using different *in vitro* models / D. Babu, P. Gurumurthy, S.K. Borra, K.M. Cherian // Journal of Medicinal Plant Research. – 2013. – Vol. 7, № 39. – P. 2898–2905. DOI: 10.5897/JMPR2013.5124.
30. Gašparović A.Ā., Lovaković T., Žarković N. Oxidative stress and antioxidants: biological response modifiers of oxidative homeostasis in cancer // Peridicum Biologorum. – 2010. – Vol. 112, № 4. – P. 433–439.
31. The role of oxidative stress and antioxidants in liver diseases / S. Li, H.-Y. Tan, N. Wang, Z.-J. Zhang, L. Lao, C.-W. Wong, Y. Feng // International Journal of Molecular Sciences. – 2015. – Vol. 16. – P. 26087–26124. DOI: 10.3390/ijms161125942.
32. Li X., Wu X., Huang L. Correlation between antioxidant activities and phenolic contents of *radix angelicae sinensis* (Danggui) // Molecules. – 2009. – Vol. 14. – P. 5349–5361. DOI: 10.3390/molecules14125349.
33. Antioxidant capacities and total phenolic content of 56 wild fruits from South China. / L. Fu, B.-T. Xu, X.-R. Xu, X.-Sh. Qin., R.-Y. Gan, H.-B. Li // Molecules. – 2010. – Vol. 15. – P. 8602–8617. DOI: 10.3390/molecules15128602.
34. Total phenolic contents and antioxidant capacities of selected Chinese medicinal plants / F.-L. Song, R.-Y. Gan, Y. Zhang, Q. Xiao, L. Kuang, H.-B. Li // International Journal of Molecular Sciences. – 2010. – Vol. 11. – P. 2362–2372. DOI: 10.3390/ijms11062362.

Информация об авторах Information about the authors

Макарова Надежда Викторовна – Самарский государственный технический университет; 443100, Россия, Самара; доктор химических наук; заведующий кафедрой «Технология и организация общественного питания»; makarovanv1969@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; makarovanv1969@yandex.ru

Валиулина Динара Фанисовна – Самарский государственный технический университет; 443100, Россия, Самара; кандидат технических наук; доцент кафедры «Технология и организация общественного питания»; dinara-bakieva@mail.ru;

Valiulina Dinara Fanisovna – Samara State Technical University; 443100, Russia, Samara; Candidate of Technical Sciences; Assistant Professor of Technology and Organization of Public Catering Chair; dinara-bakieva@mail.ru

Данчева Алена Сергеевна – Самарский государственный технический университет; 443100, Россия, Самара; магистрант

Dancheva Alena Sergeevna – Samara State Technical University; 443100, Russia, Samara; Undergraduate of Science of Technology of Food Production and Biotechnology Chair; daalenas@gmail.com

УДК 637.1

А.Л. Новокшанова, Е.В. Топникова, Д.Б. Никитюк**МИНЕРАЛЬНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ МОЛОКА
В СОСТАВЕ СПОРТИВНЫХ НАПИТКОВ**

Преобладающий компонент молочной сыворотки – водная фаза – концентрирует все гидрофильные соединения молока, важнейшие из которых лактоза, свободные аминокислоты, витамины и минеральные соединения. Практически все минеральные соединения относятся к биогенным элементам с установленным механизмом действия и рекомендуемой суточной потребностью. Целесообразно использовать выгодное сочетание – большое содержание воды и растворимых в ней природных ингредиентов сыворотки в производстве спортивных напитков для устранения обезвоживания. Физико-химические характеристики сыворотки изучали стандартными методами. Удельную электрическую проводимость определяли кондуктометрическим методом, для исследования минеральной составляющей использовали потенциометрический метод. Осмотическую концентрацию пермеата определяли с помощью криоскопа-осмометра. Технологически значимые показатели сыворотки соответствовали требованиям стандарта и согласовывались с литературными данными. Установлено, что в среднем на долю минеральных веществ в сухом веществе сыворотки приходится до 12%. Среднее значение содержания К в творожной сыворотке составляет 128,01 мг/100 г, Na – 44,97 мг/100 г, Ca – 54,25 мг/100 г и Mg – 6,26 мг/100 г. Удельная электропроводность в среднем равнялась 8,189 мСм/см³, осмоляльность – 361,07 ммоль/кг. Математическая обработка данных показала, что достоверной зависимости между концентрацией анализируемых минеральных элементов и осмоляльностью сыворотки нет, но установлена тесная взаимосвязь содержания К, Na, Ca и Mg с показателем удельной электропроводности. На основании полученных математических моделей, с вероятностью не менее 95%, можно утверждать, что увеличение удельной электропроводности на 1 мСм/см³ обусловлено повышением содержания натрия на 7,45 мг%, калия – на 1,78 мг%, кальция – на 3,71 мг% и магния – на 0,96 мг%.

Ключевые слова: творожная сыворотка, удельная электропроводность, натрий, калий, кальций, магний.

A.L. Novokshanova, E.V. Topnikova, D.B. Nikitjuk**MINERAL COMPOSITION OF MILK IN SPORTS DRINKS**

The aqueous phase is the predominant component of whey; it concentrates all hydrophilic compounds of milk, the most important of which are lactose, free amino acids, vitamins and mineral compounds. Practically all mineral compounds belong to biogenic elements with established mechanism of action and recommended daily requirement. It is advisable to use an advantageous combination – a large water content and soluble natural ingredients of whey in the production of sports drinks to eliminate dehydration. Physicochemical characteristics of whey were studied by standard methods. The specific conductivity was determined by the conductometric method, the potentiometric method was used to study the mineral component. The osmotic concentration of permeate was determined by a cryoscope-osmometer. Technologically significant whey parameters met the standard requirements and were consistent with the literature data. It was established that on average the share of mineral substances in dry whey material is up to 12%. The average value of K content in curd whey is 128,01 mg/100 g, Na – 44,97 mg/100 g, Ca – 54,25 mg/100 g and Mg – 6,26 mg/100 g. The specific conductivity averaged 8,189 mS/cm³, osmolality – 361,07 mmol/kg. Mathematical data processing showed that there is no reliable dependency between the concentration of the analyzed mineral elements and whey osmolality, but a close correlation of the K, Na, Ca and Mg content with the specific conductivity index was established. On the basis of the mathematical models, with a probability of not less than 95%, it can be stated that the increase in the specific conductivity by 1 mS/cm³ is due to an increase in the sodium content by 7,45 mg%, potassium – by 1,78 mg%, calcium – by 3,71 mg% and magnesium – by 0,96 mg%.

Key words: curd whey, specific conductivity, sodium, potassium, calcium, magnesium.

DOI: 10.17217/2079-0333-2018-44-50-55

Введение

Регидрационные напитки – это особая группа спортивной продукции. Они предназначены для сохранения водно-солевого баланса, устранения обезвоживания. Их основу составляет вода и необходимые для организма микро- и макрокомпоненты.

Цельное молоко, содержащее в среднем 87% воды, не может использоваться как регидрационный напиток, в силу особых требований к данному виду продукции. Однако водная фаза молока, богатая природными витаминами и минеральными веществами, может служить хорошим сырьем для производства регидрационных напитков.

Выделение водной фазы молока происходит традиционно при производстве молочных белковых продуктов – творога и сыра в виде молочной сыворотки. При оценке ее как сырья, используемого для дальнейшей переработки, в соответствии с требованиями стандарта [1] определяются органолептические, физико-химические и показатели безопасности. Из физико-химических показателей контролируется массовая доля сухих веществ, лактозы, хлористого натрия (для подсырной сыворотки), кислотность и температура. Это чисто прагматичный технологический подход, когда в сырье оценивают только производственно значимые показатели, которые достоверно будут влиять на критерии качества получаемых из него готовых продуктов.

Ценность молочной сыворотки как источника белков и углеводов давно не вызывает сомнений. Основные направления в переработке сыворотки преимущественно связаны с частичным или полным удалением избытка жидкости в производстве таких продуктов, как сгущенные и сухие сывороточные концентраты, сухая деминерализованная сыворотка, сухая безлактозная сыворотка, сухая сыворотка с наполнителями, блочная сыворотка (продукты с промежуточной влажностью), гранулированная сыворотка [2–7].

Однако преобладающий компонент цельной сыворотки – ее водная фаза – в полной мере не ценится. Водная фаза сыворотки концентрирует все гидрофильные соединения молока, важнейшие из которых – лактоза, свободные аминокислоты, витамины и минеральные соединения. Минеральная составляющая представлена такими элементами, как калий, натрий, кальций, магний, фосфаты, хлориды и др. Практически все они относятся к биогенным элементам с установленным механизмом действия и рекомендуемой суточной потребностью. Тем не менее в силу ряда причин цельная сыворотка, несмотря на все достоинства своего состава, с трудом завоевывает признание. Хотя есть успешные примеры такого использования сыворотки – напиток Ривелла, который стал национальной гордостью Швейцарии [8].

На наш взгляд, целесообразно использовать выгодное сочетание – большое содержание воды и растворимых в ней природных ингредиентов сыворотки – в производстве спортивных напитков для устранения обезвоживания. Тем более что сыворотка содержит те же минеральные элементы, что теряются при потоотделении и которые по этой причине включают в состав регидрационных напитков [9, 10]. Только минеральные компоненты сыворотки являются не химически, а биологически синтезированными.

Знание количественного содержания минеральных элементов в сыворотке необходимо для проектирования состава продуктов с определенным уровнем осмоляльности. Поскольку большинство минеральных элементов сыворотки находится в ионизированном состоянии, они оказывают существенное влияние на показатель осмотической концентрации. Именно этот показатель является лимитирующим при введении дополнительных ингредиентов в разрабатываемые рецептуры регидрационных напитков.

В связи с изложенным изучение минеральной составляющей сыворотки представляет не только научно-теоретический, но и практический интерес.

Цель работы – исследование физико-химических показателей молочной сыворотки, полученной в процессе производства творога.

Объекты и методы исследований

Объектом исследования служила молочная сыворотка, получаемая при промышленном производстве творога.

Физико-химические характеристики сыворотки изучали общепринятыми стандартными методами. Удельную электрическую проводимость определяли кондуктометрическим методом.

Для исследования минеральной составляющей использовали потенциометрический метод с набором ионоселективных электродов для определения активности ионов K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} . Осмотическую концентрацию сыворотки определяли с помощью криоскопа-осмометра [11]. Обработка экспериментальных данных выполнена с применением программного пакета для статистического анализа STATISTICA.

Результаты и их обсуждение

По органолептическим характеристикам сыворотка представляла собой однородную жидкость зеленовато-желтого цвета с видимой мутностью. Она отличалась кислым привкусом и запахом, имела явно выраженный вкус сыворотки, а также обладала длительным выраженным послевкусием. В целом внешний вид, консистенция, вкус и запах свойственны творожной сыворотке и соответствуют требованиям стандарта [1]. Показатели, оцениваемые при переработке сыворотки и опытные данные их значений, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Пищевая ценность и технологические показатели сыворотки творожной

Контролируемый показатель	Требования стандарта	Данные	
		опытные	литературные [4]
Массовая доля сухих веществ, %	не менее 5,5	$6,04 \pm 0,30$	4,2–7,4
Плотность, kg/m^3	1020–1030	$1023,0 \pm 1,0$	1020,0–1030,0
Массовая доля белка, %	не контролируется	$0,80 \pm 0,20$	0,50–1,40
Массовая доля жира, %	не контролируется	$0,06 \pm 0,02$	0,05–0,40
Массовая доля лактозы, %	не менее 3,5	$4,14 \pm 0,20$	3,20–5,10
Минеральные вещества, %	не контролируется	$0,71 \pm 0,20$	0,70
Титруемая кислотность, °Т	не более 70	$60,2 \pm 3,5$	50,0–85,0
Активная кислотность, pH	не контролируется	$4,17 \pm 0,40$	4,40

Очевидно, что технологически значимые показатели экспериментальных проб сыворотки полностью удовлетворяли требованиям стандарта и хорошо согласовывались с литературными данными. Также из этих данных следует, что в среднем на долю минеральных веществ в сухом

веществе сыворотки приходится до 12%. Содержание основных составных компонентов сухого молочного остатка творожной сыворотки представлено на рис. 1.

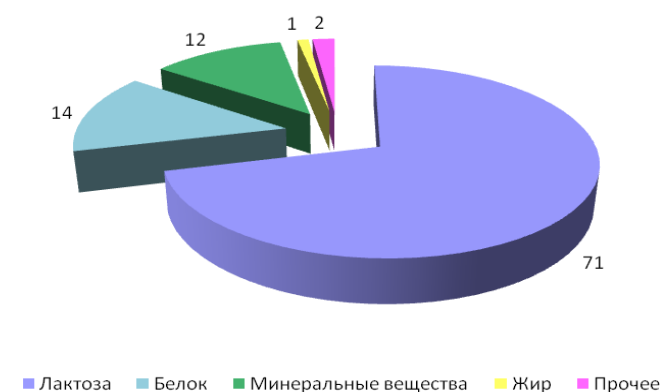


Рис. 1. Состав сухого молочного остатка творожной сыворотки

В ходе исследования количественного состава ряда минеральных элементов установлено, что среднее значение содержания K в творожной сыворотке составляет 128,01 мг/100 г, Na – 44,97 мг/100 г, Ca – 54,25 мг/100 г и Mg – 6,26 мг/100 г. Удельная электропроводность в среднем равнялась 8,189 мСм/см, осмоляльность – 361,07 ммоль/кг H_2O , а интервалы физико-химических показателей представлены в табл. 2.

Таблица 2

Физико-химические и органолептические показатели творожной сыворотки

Показатель	Значения	
	опытные	литературные [4, 12, 13, 14]
Осмоляльность, ммоль/кг H_2O	350,00–389,00	376,50
Удельная электропроводность, мСм/см ³	7,55–8,66	7,40
Содержание натрия, мг/100 г	40,34–48,39	5,00
Содержание калия, мг/100 г	126,57–128,91	102,00
Содержание кальция, мг/100 г	52,02–55,86	84,00
Содержание магния, мг/100 г	5,36–6,74	10,00

Математическая обработка полученных данных показала, что достоверной зависимости между концентрацией анализируемых минеральных элементов и осмоляльностью сыворотки нет. Это можно объяснить тем, что осмотическая концентрация отражает суммарный вклад всех низкомолекулярных водорастворимых соединений сыворотки. Как видно из рис. 1, на долю минеральных соединений в общей массе сухого молочного остатка приходится гораздо меньше, чем на долю молочного сахара. Кроме лактозы на осмоляльность сыворотки также влияет наличие небелковых азотистых соединений, таких как свободные аминокислоты, мочевины, креатин, аммиак, а также водорастворимые витамины и пр.

Однако установлена тесная взаимосвязь содержания K, Na, Ca и Mg с показателем удельной электропроводности. Значения парных линейных коэффициентов корреляции (табл. 3) указывают на наличие прямой и весьма тесной корреляционной зависимости между удельной электропроводностью и содержанием этих элементов. Графически зависимости представлены на рис. 2. Полученные модели являются статистически значимыми и достоверными на 5%-ном уровне значимости, что подтверждено критериями Стьюдента и Фишера.

На основании полученных моделей (табл. 3), с вероятностью не менее 95%, можно утверждать, что увеличение удельной электропроводности на 1 мСм/см³ обусловлено повышением содержания натрия на 7,45 мг%, калия – на 1,78 мг%, кальция – на 3,71 мг% и магния – на 0,96 мг%.

Таблица 3

Результаты корреляционно-регрессионного анализа зависимостей между удельной электропроводностью сыворотки (x) и концентрацией K, Na, Ca и Mg (y)

Зависимая переменная (y) – содержание вещества, мг%	Уравнение регрессии	Коэффициент корреляции
Калий	$\hat{y}_x = 1,78 \cdot x + 113,5$	0,982
Натрий	$\hat{y}_x = 7,45 \cdot x - 16,07$	0,995
Кальций	$\hat{y}_x = 3,71 \cdot x + 23,83$	0,989
Магний	$\hat{y}_x = 0,96 \cdot x - 1,63$	0,969

С одной стороны, это вполне очевидно, поскольку электропроводность растворов обусловлена наличием в них носителей электрических зарядов – ионов электролитов. С другой стороны, даже в растворе отдельных электролитов электрическая проводимость зависит от нескольких факторов, таких как подвижность анионов и катионов, их заряд, температура раствора и пр. В биологических жидкостях, подобных молоку или сыворотке, влияние на электрическую проводимость оказывают и другие полярные соединения, например, свободные аминокислоты, анионы неорганических кислот, низкомолекулярные ионизированные соединения. Кроме этого, поскольку молочная сыворотка представляет собой полидисперсную систему, на показатель электрической проводимости влияют такие параметры, как степень дисперсности фаз и их концентрация: изменение содержания сухих веществ, наличие коллоидной и эмульсионной фаз, взаимное влияние ионизированных частиц, и т. д.

Несмотря на такие сложные взаимосвязи, изменение электрической проводимости лежит в основе многих методов анализа, применяемых в молочной промышленности, в частности для подсчета клеток, диагностики субклинических маститов, определения размеров жировых шариков в молоке. Например, увеличение содержания жира в молоке благодаря большому размеру эмульсионных частиц создает некоторые препятствия движению заряженных частиц. В результате уменьшения подвижности ионов наблюдается и снижение электрической проводимости при увеличении содержания жира в продукте. Также именно на уменьшении потока ионов основаны методы подсчета соматических клеток благодаря определению электрической проводимости молока. Не только электропроводность, но и другие критерии в сложных многокомпонентных объектах принимаются за точку отсчета при определении тех или иных показателей. Например, в требованиях того же стандарта на сыворотку молочную допускается перерасчет массовой доли сухих веществ по показателю плотности.

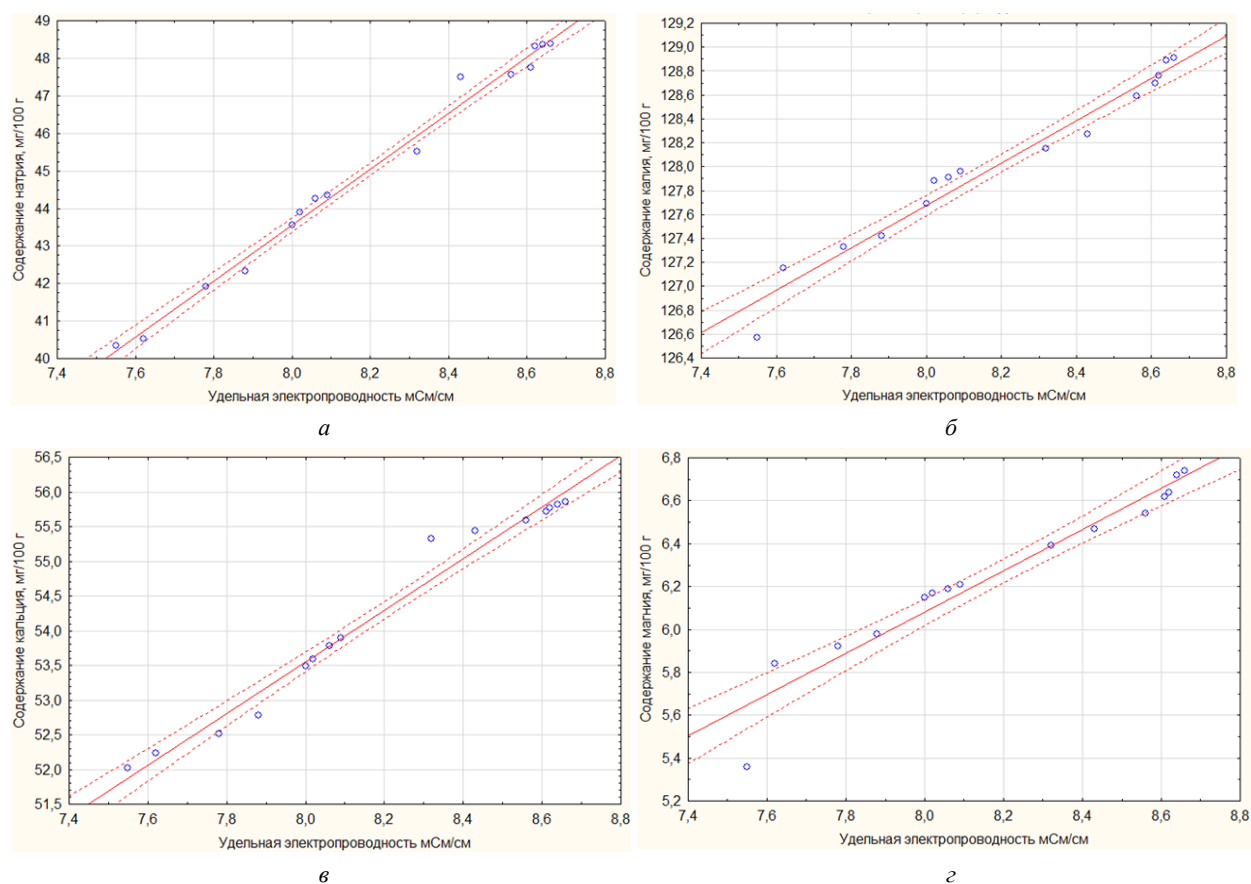


Рис. 2. Диаграммы рассеяния для натрия (а), калия (б), кальция (в), магния (г) и удельной электропроводности

В современных анализаторах молока показатель удельной электропроводности измеряется автоматически, а определение концентрации минеральных элементов требует дополнительного лабораторного оборудования, которое не предусмотрено в производственных условиях молочных заводов, поскольку содержание минеральных элементов не контролируется действующим стандартом. Применяемые в исследовательских целях методы определения минеральных элементов в молоке и молочных продуктах основаны на разных принципах, и результаты этих анализов могут существенно отличаться. Например, классические методы озоления учитывают общую массу макро- или микроэлемента, присутствующего в продукте, и органически связанного, и растворимого, в то время как различные потенциометрические методы регистрируют только ионизированные формы минералов.

Выводы

Таким образом, можно считать, что высокая достоверность полученных зависимостей позволяет использовать данные уравнения для определения концентраций К, Na, Са и Mg в сыворотке по показателю ее удельной электропроводности. Эта информация представляет интерес не только при проектировании рецептурных формул спортивных напитков, но и при глубокой промышленной переработке сыворотки. Во-первых, потому, что минеральная составляющая вносит определенный вклад в характеристику органолептических показателей, придавая сыворотке солоноватый вкус. Именно по этой причине целое направление переработки сыворотки – деминерализация – связано с удалением минеральных элементов. Во-вторых, содержание минеральных элементов в сыворотке влияет на технологические процессы ее глубокой переработки мембранными методами. Поэтому экспресс-оценка минерального состава исходной сыворотки по показателю удельной электропроводности может быть весьма полезной на практике.

Литература

1. ГОСТ Р 53438-2009. Сыворотка молочная. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2010. – 8 с.

2. *Евдокимов И.А.* Современное состояние и перспективы переработки молочной сыворотки // Молочная промышленность. – 2006. – № 2. – С. 34–36.
3. *Евдокимов И.А.* Сухая сыворотка. Современное состояние и перспективы переработки молочной сыворотки // Переработка молока. – 2011. – № 9. – С. 4.
4. *Храмцов А.Г.* Феномен молочной сыворотки. – СПб.: Профессия, 2011. – 802 с.
5. *Крупин А.В., Остроумов Л.А., Разумникова И.С.* Разработка технологии производства напитков вторичного молочного сырья // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 7. – С. 64–65.
6. Деминерализация молочной сыворотки для производства продуктов с пониженной аллергенностью / *Н.Л. Потураева, О.В. Кригер, Т.В. Подлегаева, Т.М. Дроздова* // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2013. – № 8. – С. 24–26.
7. *Буянова И.В., Бардокина Н.В.* Концентрирование молочной сыворотки и ее использование в пищевой промышленности // Пищевые инновации и биотехнологии: материалы Междунар. научн. конф. / ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности». – 2015. – С. 44–45.
8. *Пакен П.* Функциональные напитки и напитки специального назначения. – СПб.: Профессия, 2010. – 496 с.
9. *Колеман Э.* Питание для выносливости. – Мурманск: Тулома, 2005. – 192 с.
10. Минеральный состав углеводно-электролитных напитков, витаминно-минеральных комплексов и биологически активных добавок для спортсменов / *Д.Б. Никитюк, А.Л. Новокшанова, С.В. Абросимова, К.М. Гаппарова, А.Л. Поздняков* // Вопросы питания. – 2012. – Т. 81, № 4. – С. 71–76.
11. ГОСТ Р 55578-2013. Продукты пищевые специализированные. Метод определения осмоляльности. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2014. – 8 с.
12. *Евдокимов И.А., Дыкало Н.Я., Пермиков А.В.* Электродиализ молочной сыворотки. – Георгиевск: ГТИ (филиал) СевКавГТУ, 2009. – 248 с.
13. *Новокшанова А.Л., Ожиганова Е.В.* Изучение осмоляльности творожной сыворотки при разработке рецептуры регидрационного напитка // Научное обозрение. – 2012. – № 6. – С. 14–17.
14. *Тепел А.* Химия и физика молока. – СПб.: Профессия, 2012. – 832 с.

Информация об авторах Information about the authors

Новокшанова Алла Львовна – ФГБОУ ВО «Вологодская ГМХА»; 160555, Россия, Вологда; кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии молока и молочных продуктов; alnovokshanova@gmail.com

Novokshanova Alla Lvovna – FSBEI HE Vologda State Dairy Farming Academy; 160555, Russia, Vologda; Candidate of Technical Sciences Associate, Docent; Associate Professor of Milk Technology and Dairy Products Chair; alnovokshanova@gmail.com

Топникова Елена Васильевна – ВНИИМС – филиал ФГБНУ «ФИЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН; 152613, Россия, Углич; доктор технических наук, врио директора; topnikova.l@yandex.ru

Topnikova Elena Vasilevna – All-Russian Research Institute of Butter and Cheese Making – Branch of V. M. Gorbatoev Federal Research Center for Food Systems of RAS; 152613, Russia, Uglich; Doctor of Technical Sciences, Deputy Director; topnikova.l@yandex.ru

Никитюк Дмитрий Борисович – Федеральный исследовательский центр питания и биотехнологии; 109240, Россия, Москва; член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор, заведующий лабораторией спортивной антропологии и нутрициологии, директор ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»; nikitjuk@ion.ru

Nikitjuk Dmitry Borisovich – Federal Research Centre of Nutrition and Biotechnology; 109240, Moscow, Russia; Corresponding Member of RAS, Head of Sports Anthropology and Nutrition Laboratory, Doctor of Medical Sciences, Professor, Director of Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety; nikitjuk@ion.ru

УДК 664.8.022.3

Е.В. Пастушкова**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗВЛЕЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ
АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ЛЕКАРСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКОГО СЫРЬЯ
ПУТЕМ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ**

В последнее время приобретает популярность обогащение пищевых продуктов биологически активными веществами, в том числе антиоксидантами. Одним из перспективных направлений в пищевой промышленности можно назвать использование натурального лекарственно-технического сырья. Данная проблема остро встает для населения, подвергнутого техногенному воздействию. Среди современных методов, позволяющих сохранить полезные вещества, можно отметить обработку пищевых продуктов высоким давлением. Проведенные исследования известных ученых подтверждают, что обработка мяса и мясных продуктов высоким давлением позволяет увеличить сроки хранения продукта путем снижения спор, способствующих разложению и порче. Преимущество данного метода заключается в применении давления в диапазоне от 100 МПа до 3000 МПа при невысоких температурах (около 20°C). В пищевой отрасли процесс обработки высоким давлением уже применяется в молочной, рыбной и мясоперерабатывающей отраслях промышленности, тогда как обработка высоким давлением продуктов растительного происхождения находится в процессе изучения. Целью исследования является изучение влияния обработки лекарственно-технического сырья (ЛТС) высоким давлением в условиях всестороннего сжатия, влияющего на выход БАВ при его экстракции. В статье представлены данные установления оптимальных параметров обработки лекарственно-технического сырья, подвергнутого нетепловой обработке высоким давлением. Обработка ЛТС проводилась в течение 60 и 90 с при давлении 100 МПа, 150 МПа и 200 МПа. Результаты содержания биологически активных веществ и антиоксидантной активности ЛТС послужили основанием для определения оптимальных режимов обработки. Установлено, что при использовании барометрического воздействия на ЛТС оптимальными параметрами являются 150 МПа в течение 90 с и 200 МПа в течение 60 с. Показана эффективность использования данного метода на выход БАВ в экстракт ЛТС.

Ключевые слова: метод обработки высоким давлением, барометрическое воздействие, антиоксидантная активность, биологически активные вещества.

E.V. Pastushkova**STUDY ON EXTRACTION OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES FROM
MEDICINAL-TECHNICAL RAW MATERIALS BY HIGH PRESSURE**

Recently the enrichment of food products with biologically active substances, including antioxidants, has become popular. One of the promising directions in the food industry can be called the use of natural medicinal and technical raw materials. This problem is acute for the population exposed to anthropogenic impact. Among the modern methods to preserve nutrients, it is possible to note the treatment of food products with high pressure. Studies of well-known scientists confirm that treatment of meat and meat products with high pressure allows increasing the shelf life of the product by reducing spores that contribute to decomposition and spoilage. The advantage of this method is the use of pressure in the range from 100 MPa to 3000 MPa at low temperatures (about 20°C). In food processing industry, high pressure treatment is applied in dairy, fish and meat processing industries, while high pressure treatment of plant products is in the process of studying. The research aims to study the effect of treatment of medicinal and technical raw materials with high pressure under conditions of comprehensive compression, affecting the yield of biologically active substances during the extraction. The article presents the data of establishing the optimal parameters of treatment of medicinal and technical raw materials subjected to non-thermal processing by high pressure. The treatment of medicinal and technical raw materials was performed for 60 and 90 s at the pressure of 100 MPa, 150 MPa and 200 MPa. The results of the content of biologically active substances and antioxidant activity of medicinal and technical raw materials have served as the basis for determining the optimal treatment regimes. It is found that using the barometric effects on medicinal and technical raw materials the optimum parameters are 150 MPa for 90 s and 200 MPa for 60 s. The efficiency of using this method on the yield of biologically active substances in the extract of medicinal and technical raw materials is shown.

Key words: high-pressure treatment method, barometric effect, antioxidant activity, biologically active substances.

DOI: 10.17217/2079-0333-2018-44-56-62

Введение

В последние годы в пищевой промышленности существует тенденция к использованию натуральных ингредиентов для производства продовольственных продуктов. К наиболее известным способам извлечения биологически активных веществ относят: использование сырья, имеющего богатый потенциал; оптимизацию и использование новых видов обработки.

Актуальность использования биологически активных веществ (далее БАВ) в пищевой промышленности заключается в положительном эффекте их воздействия на организм человека. Основными причинами необходимости обогащения пищевых продуктов БАВ являются физиологические свойства, отвечающие за задержку роста злокачественных опухолей, повышение антиоксидантной защиты организма, влияние на структурные компоненты клеточных мембран.

В работах [1–3] представлены данные, свидетельствующие о возможности коррекции уровня заболеваемости населения за счет обогащения рациона питания человека веществами, осуществляющими функцию «здоровых» ингредиентов пищи. Например, сердечно-сосудистым заболеваниям противостоят такие антиоксиданты, как витамины С и Е, каротиноиды, флавоноиды, некоторые неорганические элементы, пищевые волокна. Известно, что употребление витамина С позволяет защитить организм от рака желудка, а β -каротин – от рака легких [1–3].

Приоритетным направлением в области пищевой промышленности является разработка новых пищевых продуктов общего и функционального назначения, оказывающих положительное влияние на организм человека.

Стоит отметить, что в современных условиях рацион питания человека не позволяет обеспечить организм оптимальным количеством БАВ за счет традиционных пищевых продуктов, поэтому в последнее время возрастает популярность потребительских предпочтений в отношении пищевых продуктов на основе натурального растительного сырья в своем рационе.

На современном этапе развития пищевой промышленности приобретают большое значение инновационные технологии обработки растительного сырья с целью интенсификации извлечения БАВ. Современные методы извлечения БАВ из растительного сырья можно разделить на традиционные способы, такие как экстракция, и инновационные с применением современных технологий. Из базовых положений закона Фика, известно, что увеличение перехода растворимых БАВ достигается за счет степени измельченности продукта, повышения температуры, давления, продолжительности технологического процесса и гидродинамических условий [2–6]. Перечисленные условия позволяют интенсифицировать переход БАВ в экстракт.

К одному из перспективных методов можно отнести обработку пищевых продуктов высоким давлением «High Pressure Processing» (HPP). Достоинством метода является не только сохранение химического состава и пищевой ценности растительного сырья, но и его потребительских свойств, в том числе требуемого срока хранения за счет инактивации высоким давлением патогенных микроорганизмов. С точки зрения производства достоинством метода HPP является и экономическая составляющая, так как применение данного метода позволяет исключить из технологического процесса стадию внесения консервантов или бактерицидную обработку сырья [7–12].

На сегодняшний день существует альтернативный метод барометрического воздействия – метод всестороннего сжатия с помощью высокого давления при температуре окружающей среды 20°C. Достоинством данного метода является не только инактивация патогенных микроорганизмов, но и разрушение внутриклеточных вакуолей, клеточных стенок и цитоплазматических мембран клеток растительного сырья, что позволяет увеличить выход БАВ при экстракции растительного сырья, обработанного данным методом.

Оборудование, использующее метод всестороннего сжатия, способно обеспечить обработку до четырех тонн материала в час. Таким образом, основными преимуществами метода HPP перед другими методами обработки являются: изостатическое воздействие, равномерное распределение давления по продукту, инактивация растительных микробных клеток.

Целью данной работы является исследование влияния обработки лекарственно-технического сырья (далее ЛТС) высоким давлением в условиях всестороннего сжатия на выход БАВ при его экстракции.

Материалы и методы исследования

Материалом для исследования являлось высушенное ЛТС: крапива двудомная (*лат. Urtica dioica*), мята перечная (*лат. Mentha piperita L.*), душица обыкновенная (*лат. Origanum vulgare*), шалфей лекарственный (*лат. Salvia officinalis*), тысячелистник обыкновенный (*лат. Achillea millefolium*), зверобой продырявленный (*лат. Hypericum perforatum*), чабрец (*лат. Thymus serpyllum L.*), лист брусники (*лат. Vitis idaeae folia*), лист черной смородины (*лат. Nigrum ribes folia*) и лист вишни (*лат. Cerasus folia*). Сбор урожая 2015–2016 гг. осуществлялся в экологически благоприятных районах: Нижнесергинском, Шалинском. Основным критерием при выборе сырья служило содержание в ЛТС антиоксидантов: Р-активных полифенолов, аскорбиновой кислоты, аминокислот, повышающих сопротивляемость организма человека [5].



Рис. 1. Технологическая схема сушки ЛТС

Исследования химического состава ЛТС проводили после естественной теневой сушки в атмосферном воздухе при температуре 25–30°C (рис. 1). Окончание сушки определяли по следующим признакам: черешки листьев и стебли травы, листья должны быть без излишней хрупкости, массовая доля влаги не более 14%.

Высушенное ЛТС должно быть сухим на ощупь и не слипаться в комок при сжимании в руке. Далее сырье доводили до соответствующего стандарту состояния: удаляли части, утратившие естественную окраску, измельченные части, случайно попавшие посторонние примеси [5, 6, 13].

Анализ химического состава высушенного ЛТС показал, что все отобранные образцы содержат БАВ, а, следовательно, могут являться источниками антиоксидантов. При выборе ЛТС, представленного на рис. 2, немаловажную роль сыграли его органолептические показатели, в том числе высокая ароматичность и комплексный флейвор.

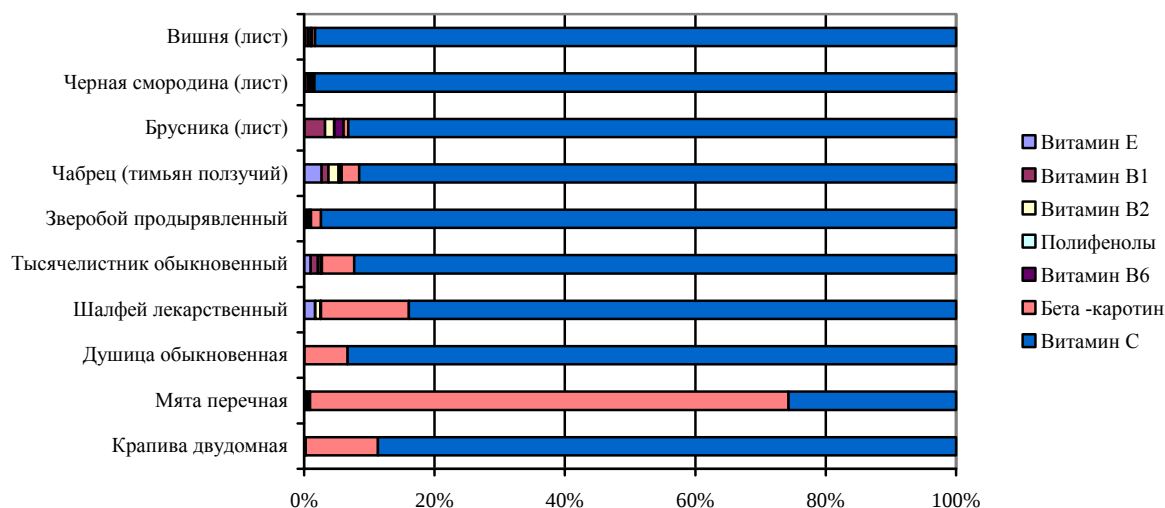


Рис. 2. Содержание витаминов ЛТС естественной теневой сушки (год сбора 2016) мг/100 г

Высушенное ЛТС обрабатывали высоким давлением при температуре 20°C в системе Multivac следующим образом: на подготовительном этапе пробу ЛТС массой 50 г подвергали порционному вакуумированию под пленку и помещали в загрузочный контейнер. Далее контейнер направляли в камеру высокого давления, которую герметично закрывали и наполняли маслом. За счет камерных насосов генерировали давление 100 МПа, 150 МПа, и 200 МПа в течение 60 с и 90 с. После окончания фиксированного времени камеру разгерметизировали и опустошали, после чего загрузочные контейнеры вынимали [7].

В работе использовались следующие общепринятые и специальные методы исследований:

- антиоксидантную активность определяли с помощью оценки изменения окислительно-восстановительного потенциала до и после введения анализируемого вещества в специальный раствор, содержащий медиаторную пару [6];
- содержание аскорбиновой кислоты определяли в соответствии с ГОСТ 24556–89 с учетом окрашенности экстракта; использовались методы титриметрический с потенциометрическим титрованием или фотометрический;
- общее содержание биофлавоноидов определяли в пересчете на рутин при помощи спектрофотометрического метода на приборе после проведения реакции комплексообразования с хлоридом алюминия при $\lambda = 410$ нм [4, 8, 13].

Результаты и их обсуждение

На начальном этапе было проведено исследование антиоксидантной активности ЛТС (далее АОА) (рис. 3). АОА обуславливается присутствием сложного комплекса БАВ. Наибольшую роль в АОА играют вещества полифенольной природы, витамин С, органические кислоты, дубильные вещества, некоторые аминокислоты. Большое значение имеет также присутствие веществ-синергистов. Вещества-синергисты являются донорами электронов для антиоксидантов, утративших электроны при взаимодействии со свободными радикалами [5, 6, 13].

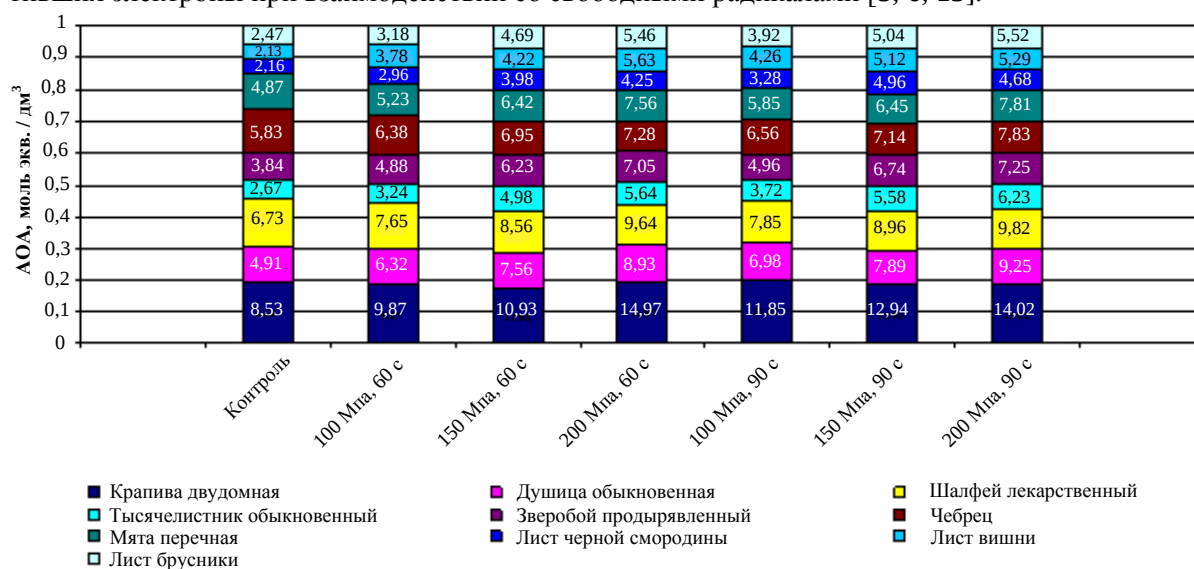


Рис. 3. Антиоксидантная активность ЛТС, обработанного высоким давлением

Определение АОА в ЛТС, обработанного высоким давлением, проводилось в водном экстракте (гидромуль 1:20). Показано, что в зависимости от повышения давления и времени обработки антиоксидантная активность исследуемого ЛТС после обработки высоким давлением возрастает.

Известно, что антиоксидантным эффектом обладают крапива двудомная (0,18%), лист смородины (0,12%); душица обыкновенная (0,25%), зверобой продырявленный (3,09%), тысячелистник обыкновенный (2,52%) и чабрец (0,6%) за счет высокого содержания витамина С [5, 7, 14].

Далее было исследовано содержание аскорбиновой кислоты, биофлавоноидов в ЛТС. Определение БАВ проводилось в контрольном образце (без обработки НРР) и образцах ЛТС с разными технологическими режимами обработки, указанными в таблице.

Содержание биологически активных компонентов в ЛТС, обработанном высоким давлением в течение 60 с ($n = 3$)

Название сырья	Аскорбиновая кислота, мг/100г				Общее содержание биофлавоноидов*, мг/100г			
	Контроль	100 Па	150 Па	200 Па	Контроль	100 Па	150 Па	200 Па
Крапива двудомная	185,3±0,2	195,3±0,3	215,8±0,4	254,7±0,8	1821,4±0,2	1913,4±0,3	1956,5±0,6	2015,8±0,8
Мята перечная	0,4±0,02	0,6±0,03	0,8±0,04	1,2±0,06	1924,1±0,6	1948,7±0,8	1984,1±0,7	1994,1±1,1

Окончание табл. 1

Название сырья	Аскорбиновая кислота, мг/100г				Общее содержание биофлавоноидов*, мг/100г			
	Контроль	100 Па	150 Па	200 Па	Контроль	100 Па	150 Па	200 Па
Душица обыкновенная	140,2±0,5	158,2±0,5	165,7±0,7	178,4±0,9	7514,8±0,3	7548,6±0,4	7565,8±0,5	7760,2±0,7
Шалфей лекарственный	5,34 ±0,01	6,58 ±0,03	7,48 ±0,06	8,15 ±0,08	0,12±0,01	0,24±0,013	0,32±0,016	0,43±0,017
Тысячелистник обыкновенный	89,3±0,3	94,5,3±0,4	95,63±0,8	97,48±1,2	1659,8±0,1	1698,1±0,4	1701,8±0,5	1702,4±0,5
Зверобой продырявленный	6,58 ±0,03	7,38 ±0,06	8,81 ±0,08	9,13 ±0,18	3,09±0,02	4,23±0,02	5,13±0,03	6,54±0,07
Чабрец (тимьян ползучий)	164,7±0,4	172,7±0,5	179,7±0,7	184,3±0,9	2019,6±0,4	2139,6±0,8	2235,6±0,8	2365,6±0,9
Брусника (лист)	1,41±0,03	1,79 ±0,03	2,09±0,05	2,31±0,07	0,11±0,02	0,25±0,02	0,3±0,01	0,34±0,015
Черная смородина	3,2±0,01	3,7±0,02	4,2±0,02	5,21±0,04	0,5±0,03	0,59±0,048	0,68±0,052	1,23±0,063
Вишня (лист гипо)	2,1±0,05	2,9±0,05	3,61±0,07	4,16±0,08	0,1±0,03	0,18±0,04	0,24±0,07	0,37±0,09

* В пересчете на рутин.

Анализ данных, представленных в табл. 1, свидетельствует, что проведение обработки высоким давлением влияет на разрушение межклеточных мембран и, как следствие, положительно сказывается на извлечении БАВ в экстракт, что приводит к констатации их количественного увеличения в обработанном ЛТС. Так, наблюдалось увеличение количества аскорбиновой кислоты в высушенном листе брусники на 63%, а в крапиве двудомной на 72%; общее содержание флавоноидов в высушенном листе вишни на 37%, а в душице обыкновенной на 3% в сравнении с контрольными образцами.

На основании результатов исследования БАВ и АОА были подобраны оптимальные технологические параметры обработки ЛТС методом высокого давления в условиях всестороннего сжатия.

Результаты зависимости содержания БАВ и АОА в ЛТС, обработанном методом воздействия высоким давлением в условиях всестороннего сжатия в течение 60 с и 90 с, представлены на рис. 4 и 5. Они позволяют сделать вывод о том, что при обработке давлением 200 МПа оптимальное время выдержки составляет 60 с, а при 150 МПа – 90 с. Следует отметить, что при обработке давлением 100 МПа количественный прирост содержания БАВ в экстракте был незначительным (не более 10%)

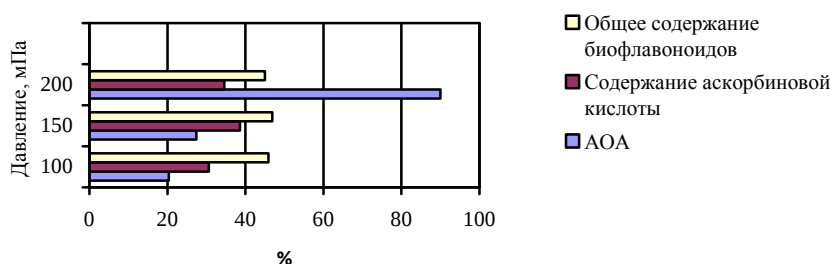


Рис. 4. Зависимость выхода БАВ и АОА в ЛТС, обработанном высоким давлением в течение 60 с

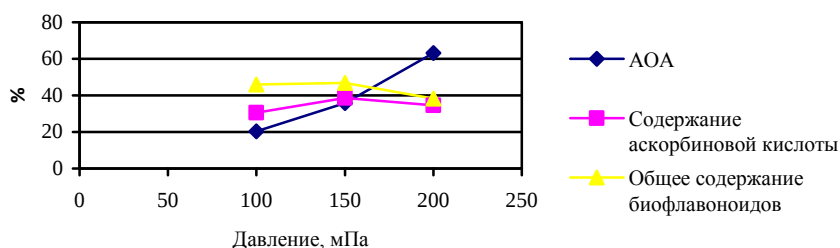


Рис. 5. Зависимость выхода БАВ и АОА в ЛТС, обработанном высоким давлением в течение 90 с

Таким образом, установлено, что оптимальными параметрами обработки ЛТС высоким давлением являются 150 МПа в течение 90 с, при 200 МПа – 60 с. Указанные параметры воздей-

вия высоким давлением обуславливают разрушение молекул и межклеточной ткани, что положительно сказывается на извлечении БАВ в экстракте ЛТС.

Литература

1. Разработка овощного соуса методом гидромеханического диспергирования / *О.В. Голуб, О.К. Мотовилов, С.Ю. Глебова, Е.С. Удаляя* // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – Т. 41, № 2. – С. 28–33.
2. *Гореликова Г.А.* Научное обоснование и практические аспекты разработки и оценки потребительских свойств функциональных безалкогольных напитков: автореф. ... д-ра техн. наук. – Кемерово. – 2008. – С. 32.
3. *Пастушкова Е.В.* Формирование потребительских свойств чая с добавками растительного сырья антиоксидантной направленности: автореф. ... канд. техн. наук. – Кемерово, 2011. – С. 16.
4. Исследование процесса извлечения БАВ из растительного сырья в условиях ультразвуковой экстракции / *Е.В. Аверьянова, В.Н. Хмелев, С.Н. Цыганок, В.А. Шакура* // 18 Международная конференция – семинар молодых специалистов по микро- и нанотехнологиям и электронным устройствам EDM. – Новосибирск, 2017. – С. 416.
5. Патент № 2235998 Способ определения оксидантной/антиоксидантной активности растворов / *Брайнина Х.З., Иванова А.В.* Патентообладатель (Уральский государственный экономический университет, Общество с ограниченной ответственностью научно-производственное внедренческое предприятие «ИВА»); дата публ. 10.09.2004 г.
6. *Кретова Ю.И.* Научное обоснование и практическая реализация использования сверхвысокочастотного и ультразвукового воздействия в обеспечении качества пива // Современные тенденции развития науки и производства: IV Междунар. науч.-практ. конф.: сб. в 2-х томах. – 2016. – С. 207–209.
7. *Тихонов С.Л., Смирнова А.В., Волков А.Ю.* Разработка новой бесконсервантной технологии сохранения пищевой продукции на примере охлажденного мясного сырья / // Пища. Экология. Качество: тр. XIII междунар. науч.-практ. конф. / отв. за вып.: О.К. Мотовилов, Н.И. Пыжикова и др. – 2016. – С. 307–312.
8. *Чугунова О.В., Пастушкова Е.В., Вяткин А.В.* Практические аспекты использования плодово-ягодного сырья при создании продуктов, способствующих снижению уровня оксидативного стресса // Индустрия питания. – 2017. – № 2 (3). – С. 57–63.
9. *Фозилова В.В.* Разработка и исследование потребительских свойств чайных напитков на основе кипрея узколистного: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Кемерово. – 2014. – С. 16.
10. *Drake S.L., DePaola A., Jaykus L.* An overview of *Vibrio vulnificus* and *Vibrio parahaemolyticus* // *Comp. Rev. Food Sci. Saf.* – 2007. № 6. – P. 120–144.
11. High hydrostatic pressure treatment for the inactivation of *Staphylococcus aureus* in human blood plasma / *Rivalain N., Roquain J., Boiron J.M., Maurel J.P., Largeteau A., Ivanovic Z., Demazeau G.* // *New Biotechnol.* – 2012. – № 29. – P. 409–414.
12. *Suzuki H.* Susceptibility of different mice strains to okadaic acid, a diarrhetic shellfish poisoning toxin // *Food Addit. Contam. A Chem. Anal. Control Expo. Risk Assess.* – 2012. – № 29. – P. 1307–1310.
13. *Толмачев О.А., Тихонов С.Л., Тихонова Н.В.* Влияние обработки высоким давлением растительного сырья на экстрагирование биологически активных веществ и сохранность экстракта // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2016. – № 5 (40). – С. 53–57.
14. *Чехани Н.Р., Павлова Л.А., Павлов В.М.* Разработка технологии получения сухого экстракта из сбора растительного сырья методом водной экстракции [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5. – URL: <https://science-education.ru/ru/issue/view?id=119>
15. *Чугунова О.В.* Теоретическое обоснование и практическое использование дескрипторно-профильного метода при разработке продуктов с заданными потребительскими свойствами: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Кемерово. – 2012. – С. 32.

Информация об авторе
Information about authors

Пастушкова Екатерина Владимировна – Уральский государственный экономический университет; 620144, Россия, Екатеринбург; кандидат технических наук, доцент кафедры товароведения и экспертизы; pas-ekaterina@yandex.ru

Pastushkova Ekaterina Vladimirovna – Ural State University of Economics; 620144, Russia, Yekaterinburg; Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Commodity Science and Expertise Chair; pas-ekaterina@yandex.ru

УДК664.956

А.А. Яшонков

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ПРОЦЕССА СУШКИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СУШЕНОЙ РЫБНОЙ ПРОДУКЦИИ

Современное состояние рыбного хозяйства Российской Федерации требует от промышленных предприятий применения безотходных и энергоэффективных способов переработки рыбного сырья. Одним из наиболее энергозатратных процессов является процесс сушки. Была выдвинута гипотеза, что предварительное порообразование исходного рыбного сырья позволит увеличить площадь поверхности испарения влаги и, как следствие, увеличить скорость сушки. В то же время для повышения сохранности витаминов исходного сырья необходимо снижение температуры термической обработки, чего можно добиться применением вакуумной сушки. В статье приведены результаты теоретических расчетов изменения влагосодержания рыбного сырья в процессе порообразования и сушки. Для учета влияния рабочего давления в критериальное уравнение для свободного теплообмена введен поправочный коэффициент. Экспериментальные исследования подтвердили адекватность теоретических расчетов. Графическим методом, путем последовательного приближения теоретических и экспериментальных кривых сушки, определена функциональная зависимость введенного поправочного коэффициента от величины рабочего давления. Получены эмпирические зависимости влагосодержания сырья в процессе порообразования и сушки.

Ключевые слова: рыбное сырье, сушка, порообразование, кинетика сушки, кривая сушки, критериальное уравнение теплообмена.

A.A. Yashonkov

THEORETICAL AND EXPERIMENTAL STUDIES OF THE DRYING PROCESS KINETICS IN THE OUTPUT OF DRIED FISH PRODUCTS

The current state of the fishing industry in the Russian Federation requires industrial enterprises to use waste-free and energy-efficient methods for processing raw fish. The drying process is one of the most energy-intensive ones. It was hypothesized that the preliminary pore formation in the raw fish would increase the surface area of moisture evaporation, and, as a consequence, increase the rate of drying. At the same time, to increase the preservation of vitamins of the raw fish, a reduction in the heat treatment temperature is required, which can be achieved by using vacuum drying. The paper presents the results of theoretical calculations of the change in the moisture content of the raw fish during the process of pore formation and drying. In order to take into account the effect of working pressure, a correction factor was introduced into the criterial equation for free heat exchange. Experimental research has confirmed the adequacy of theoretical calculations. The functional dependence of the introduced correction factor on the working pressure is determined graphically by successive approximation of the theoretical and experimental curves for drying process. Empirical dependences of moisture content of raw fish in the process of pore formation and drying are obtained.

Key words: raw fish, drying, pore formation, kinetics for the drying process, curve of the drying process, criterial heat transfer equation.

DOI: 10.17217/2079-0333-2018-44-63-69

Современные процессы и техника переработки сельскохозяйственного сырья, в том числе рыбного, базируются на достижениях различных научных направлений. В настоящее время главная цель фундаментальных и приоритетных прикладных научных исследований и инженерных разработок – усовершенствование существующих процессов получения пищевых продуктов с целью повышения эффективности комплексной переработки сельскохозяйственного сырья [1].

Большая часть процессов и оборудования, которые используются в настоящее время в нашей стране и за рубежом, была разработана и внедрена в период социалистической экономики. В связи с невысокой себестоимостью энергоресурсов в то время эффект от их сохранения при разработке процессов и конструирования оборудования учитывался не всегда, вследствие этого производства были и остаются достаточно энергозатратными [2].

Основным из направлений совершенствования процессов переработки рыбного сырья является внедрение энергосберегающих технологий, процессов и оборудования.

В рыбоперерабатывающей промышленности одним из наиболее энергозатратных является процесс сушки, что связано не только со свойствами обрабатываемых продуктов, но и с неэффективной организацией подвода энергии к продукту [3]. Тем не менее процесс сушки используется как самостоятельно, так и в составе других процессов. Полученные сушеные продукты питания и полуфабрикаты пользуются спросом у населения.

Нами было установлено, что малоисследованным способом снижения энергозатрат при сушке рыбы и рыбопродуктов является увеличение поверхности испарения влаги путем получения пор в исходном сырье [4]. Кроме того, снижение температуры процесса сушки за счет снижения давления позволяло уменьшить интенсивность термической обработки и повысить сохранность термолабильных витаминов исходного сырья.

На основании проведенного обзора научной литературы нами была выдвинута гипотеза, что повысить энергоэффективность процесса получения сушеных пористых продуктов можно путем предварительного порообразования внутри исходного сырья «микровзрывом» и снизить температуру термической обработки за счет применения вакуумной сушки [5].

Цель настоящей работы – исследование кинетики процесса вакуумной сушки при производстве сушеной рыбной продукции теоретическим расчетом и экспериментальным путем.

Исследование проводили на примере получения снеков из фарша бычка кругляка цилиндрической формы диаметром 30 мм, высотой 3 мм. Процесс сушки состоит из двух основных периодов: период постоянной и период падающей скоростей. Во время первого периода происходит процесс испарения воды со всей поверхности продукта, подвергающегося сушке. Скорость процесса будет оставаться постоянной, и она определяется лишь скоростью внешней диффузии или диффузией пара с поверхностного слоя материала. Процесс постоянной скорости сушки подчиняется закону Дальтона [6]:

$$M = \frac{dW}{F \cdot d\tau} = \beta h \cdot (H - h), \quad (1)$$

где M – масса влаги, которая удаляется с 1 м² поверхности в единицу времени, кг; H, h – соответственно плотность пара над материалом и парциальное давление пара в воздухе, Па; βh – коэффициент испарения влаги в воздух (коэффициент интенсивности испарения).

В периоде падающей скорости сушки изменение влагосодержания определяется движением пара из внутренних слоев материала к его поверхности.

В теории сушки используется метод анализа внешнего тепломассообмена, основанный на совместном рассмотрении движения и неразрывности вязкого несжимаемого потока (формулы (2) и (3)), конвективно-диффузионного переноса паров влаги в движущемся сушильном агенте (формула (4)) и уравнения, описывающего поле температуры в потоке теплоносителя (формула (5)) [7]:

$$\frac{d\bar{\omega}}{d\tau} + (\bar{\omega}, \text{grad})\bar{\omega} = \bar{g} - \frac{1}{\rho} \text{grad}P + \nu \nabla^2 \bar{\omega}, \quad (2)$$

$$\frac{d\rho}{d\tau} + \text{div} \rho \bar{\omega} = 0, \quad (3)$$

$$\frac{dC}{d\tau} + (\bar{\omega}, \text{drad}C) = D \nabla^2 C, \quad (4)$$

$$\frac{dt}{d\tau} + (\bar{\omega}, \text{grad}t) = a \nabla^2 t, \quad (5)$$

где $\bar{\omega}, P, C, t$ – искомые функции скорости, общего статического давления, концентрации влаги и температуры в потоке сушильного агента; ρ – плотность сушильного агента, кг/м³; ν – кинематическая вязкость сушильного агента, м²/с; a – коэффициент температуропроводности сушильного агента, м²/с; D – коэффициент диффузии паров в сушильном агенте, м²/с.

В уравнения (2–5) входят критерии подобия, которые зависят от конкретных условий взаимодействия потока сушильного агента и поверхности испарения.

Для свободного движения теплоносителя известно следующее критериальное уравнение теплообмена:

$$Nu = C \cdot (Gr \cdot Pr)^n \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_{CT}} \right)^{0,25}, \quad (6)$$

$$Nu = \frac{a \cdot l}{\lambda}, \quad (7)$$

$$Gr = \frac{g \cdot l^3}{\nu^2} \cdot \beta \cdot \Delta t, \quad (8)$$

$$Pr = \frac{\nu}{a}, \quad (9)$$

где Nu – критерий Нуссельта, ед.; Pr – критерий Прандтля, ед.; Gr – критерий Грасгофа, ед.; C, n – коэффициенты, зависящие от произведения $(Gr \cdot Pr)$, ед.; a – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·К); λ – коэффициент теплопроводности сушильного агента, Вт/(м·К); l – характерный размер высушиваемого тела, м; β – коэффициент температурного расширения, К⁻¹; Δt – температурный напор, К.

Для учета движения воздуха в процессе сушки и изменения давления в уравнение (6) нами был введен поправочный коэффициент K_p , учитывающий изменение коэффициентов Грасгофа и Прандтля. Таким образом, уравнение (6) приняло вид:

$$Nu = C \cdot (Gr \cdot Pr)^n \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_{CT}} \right)^{0,25} \cdot K_p. \quad (10)$$

Искомая величина скорости сушки определяется следующим уравнением:

$$-V \cdot \rho_T \cdot \frac{dU}{d\tau} = a \cdot F \cdot \frac{t - t_M}{r_C}, \quad (11)$$

где V – объем тела, которое подвергается сушке, м³; ρ_T – плотность тела, которое подвергается сушке, кг/м³; F – площадь поверхности испарения, м²; t – температура процесса сушки, К; t_M – температура мокрого термометра, К.

Для периода падающей скорости сушки при значительной энергии связи влаги с пористым материалом часто можно заметить, что скорость удаления влаги из части материала уменьшается пропорционально текущему значению влагосодержания частицы и температуре мокрого термометра [7, 8]:

$$-\rho_T \cdot r_C \cdot V \frac{dU}{d\tau} = aF(t - t_M) \frac{U'_4 - U_4}{U_3 - U_4}, \quad (12)$$

где U_3 – второе критическое влагосодержание (влагосодержание в начале периода падающей скорости сушки); U_4 – равновесное влагосодержание; U'_4 – конечное влагосодержание продукта.

Необходимые для расчетов теплофизические свойства исследуемого продукта получены расчетным путем: плотность 1100...1220 кг/м³, коэффициент теплопроводности 0,67Вт/(м·°К), удельная теплоемкость 2970 Дж/(кг·°К).

Согласно общепринятой классификации влажных материалов, исследуемое рыбное сырье является коллоидным капиллярно-пористым телом. Для таких материалов определены следующие периоды сушки [9, 10]:

- период прогрева материала;
- период постоянной скорости сушки;
- период падающей скорости сушки.

Для процесса получения пористых продуктов на основе рыбного сырья характерным является дополнительный период порообразования после прогрева материала.

Для аналитического определения влагосодержания влажного материала в любой момент времени проводят математическое моделирование кинетики процесса порообразования и сушки. При этом аналитическое рассмотрение кинетики процесса в указанное время является трудным из-за сложности определения кинетических коэффициентов и движущих сил реальных процессов.

С учетом того, что изменение влагосодержания в каждом из периодов процесса порообразования и сушки рыбного сырья подчиняется разным законам, зависимость влагосодержания от времени для каждого из периодов процесса рассмотрели отдельно.

Для каждого из периодов процесса порообразования и сушки рыбного сырья определены граничные условия:

- период прогрева влажного материала: влагосодержание изменяется от начального U_0 до влагосодержания U_1 ; продолжительность периода – от 0 до τ_1 ;

- период порообразования: влагосодержание изменяется от U_1 до первого критического U_2 ; продолжительность периода – от τ_1 до τ_2 ;

- период постоянной скорости сушки: влагосодержание изменяется от первого критического U_2 до второго критического U_3 ; продолжительность периода – от τ_2 до τ_3 ;

- период падающей скорости сушки: влагосодержание изменяется от второго критического U_3 к равновесному U_4 ; продолжительность периода – от τ_3 до τ_4 .

Для построения теоретических кривых порообразования и сушки рыбного сырья в период постоянной и падающей скоростей использовали дифференциальные уравнения (11) и (12) соответственно.

Интегрирование уравнения (11) позволило нам получить зависимость изменения влагосодержания во времени в период постоянной скорости сушки:

$$U = U_2 - \frac{\alpha \cdot F}{\rho_T \cdot V} \cdot \frac{t - t_M}{r_C} (\tau - \tau_2), \quad \text{при } \tau_3 \leq \tau \leq \tau_4. \quad (13)$$

Продолжительность периода постоянной скорости сушки определили из уравнения (13) в момент достижения влагосодержания U_3 :

$$\tau = \frac{(U_2 - U_3) \cdot \rho_T \cdot V \cdot r_C}{\alpha \cdot F \cdot (t - t_M)} + \tau_2. \quad (14)$$

Интегрирование уравнения (12) позволило нам получить зависимость изменения влагосодержания во времени в период падающей скорости сушки:

$$U = e^{-A(\tau - \tau_3)} \cdot (U_3 - U_4) + U_4, \quad \text{при } \tau_3 \leq \tau \leq \tau_4, \quad (15)$$

$$A = \frac{\alpha \cdot F \cdot (t - t_M)}{\rho_T \cdot r_C \cdot V \cdot (U_3 - U_4)}. \quad (16)$$

Продолжительность периода падающей скорости сушки τ определили из уравнения (15), приняв конечное влагосодержание $U_4 = 0,13$:

$$\tau = \frac{A \cdot \tau_3 - \ln \frac{0,13 - U_4}{U_3 - U_4}}{A}. \quad (17)$$

Определить продолжительность периодов прогрева и порообразования аналитически не представляется возможным, в связи с этим данные для построения кривой сушки взяты на основании экспериментальных исследований.

Аналитическое определение коэффициента теплоотдачи также невозможно, поэтому нами были построены семейства теоретических кривых сушки. На рис. 1 приведен пример семейства кривых порообразования и сушки для снеков при параметрах процесса давление 10 кПа, температура 55°C, плотность набивки снеков 1100 кг/м³.

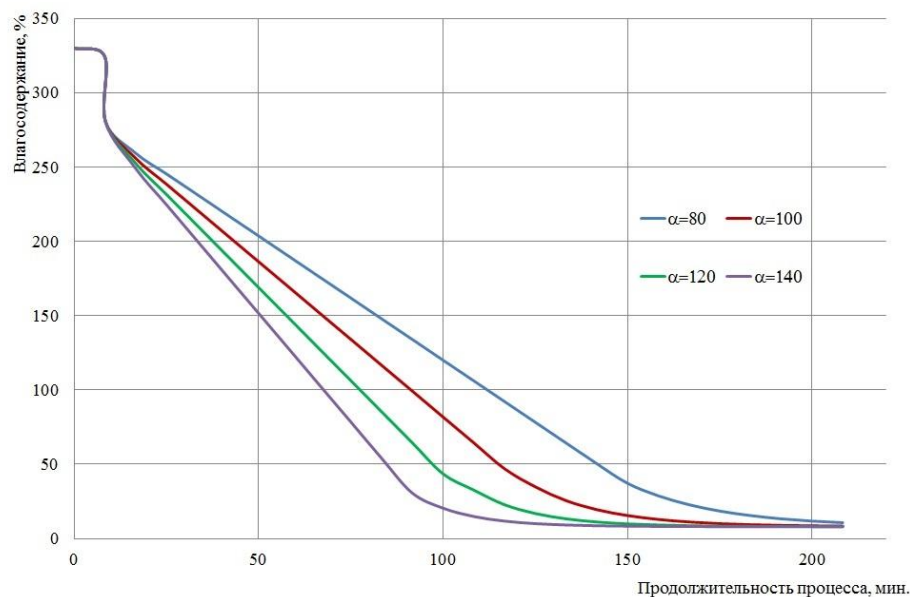


Рис. 1. Семейство теоретических кривых изменения влагосодержания материала снеков во времени для процесса порообразования и сушки (параметры процесса: давление 10 кПа, температура процесса 55°C, плотность набивки снеков 1100 кг/м³)

Экспериментальные исследования проводили на лабораторной установке, внешний вид и схема которой представлена на рис. 2.

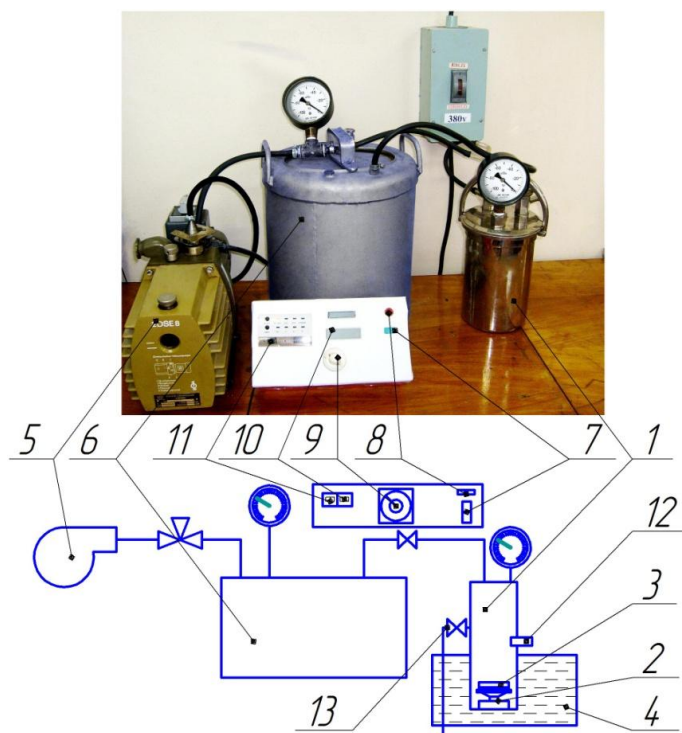


Рис. 2. Внешний вид и схема исследовательской установки:

- 1 – рабочая камера; 2 – термовесы; 3 – перфорированная пластина с исследуемыми образцами;
- 4 – водяная баня; 5 – вакуумнасос; 6 – ресивер; 7 – выключатель; 8 – контрольная лампа; 9 – терморегулятор;
- 10 – экран термовесов; 11 – экран показаний температуры в рабочей камере;
- 12 – датчик измерения температуры; 13 – кран игольчатый

Исходное сырье в виде фарша из бычка кругляка загружали в перфорированную пластину (3), которую размещали на термовесах (2) в рабочей камере (1). На водяной бане (4) рабочую камеру с образцами нагревали до рабочей температуры (50...60°C). В это время в ресивере (6) вакуум-насосом (5) снижали давление до абсолютного значения 5...10 кПа. После прогрева ресивер соединяли через кран с рабочей камерой, давление в системе выравнивалось на отметке 10...15 кПа, происходил «микровзрыв» – порообразование. Далее проводили вакуумную сушку при постоянной температуре и абсолютном давлении.

Для определения влияния введенного нами коэффициента K_p на теоретические графики семейств кривых порообразования и сушки при разных значениях плотности набивки материала, давления и температуры в рабочей камере нанесли экспериментальные кривые при соответствующих переменных параметрах. Затем путем пошагового приближения теоретических кривых к экспериментальным определили значение коэффициента теплоотдачи α и коэффициента K_p . По полученным значениям коэффициента K_p построили кривую зависимости K_p от величины давления P (рис. 3). Программными средствами Microsoft Excel определили функциональную зависимость $K_p = f(P)$ (формула (18)) в диапазоне давления от 10 до 15 кПа.

$$K_p = -0,0529 \cdot P + 6,3446 \quad (18)$$

Дальнейшие экспериментальные исследования, проведенные с использованием метода многофакторного эксперимента, позволили определить рациональные параметры процесса получения снеков из фарша бычка кругляка [5], которые составили: температура процесса 55°C, абсолютное давление процесса 10 кПа, плотность набивки снеков 1100 кг/м³.

Для найденных нами рациональных параметров процесса порообразования и сушки рыбного сырья построили графики теоретических кривых процесса порообразования и сушки. На полученные графики наложили кривые на основании экспериментальных данных (рис. 4).

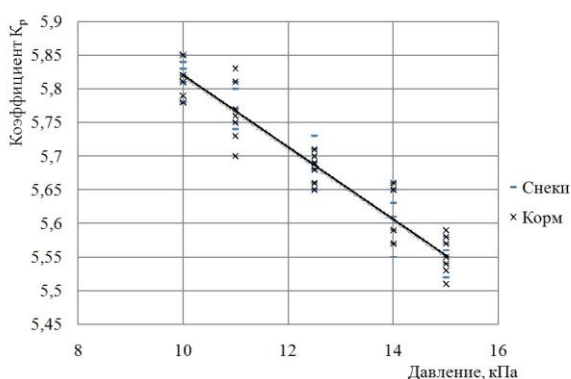


Рис. 3. Зависимость поправочного коэффициента K_p от величины давления P

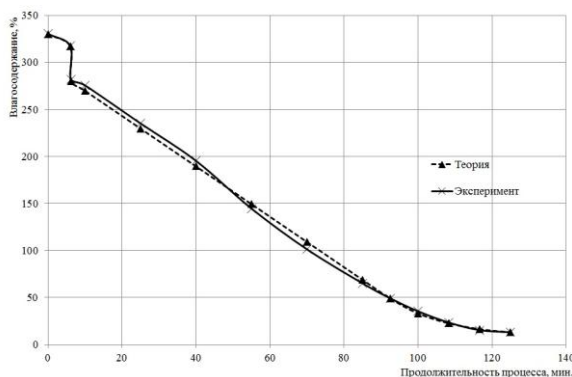


Рис. 4. Кривые изменения влагосодержания при производстве снеков из фарша бычка кругляка при рациональных параметрах процесса

Анализ графика (рис. 4) позволяет сделать вывод об адекватности проведенных теоретических исследований, потому что наибольшее отклонение результатов экспериментов от результатов теоретических расчетов не превышает 5,5%.

Аналогичные результаты получены для других комбинаций переменных параметров процесса порообразования и сушки рыбного сырья в пределах исследуемых диапазонов, что подтверждает точность проведенных исследований.

Таким образом, проведенные экспериментальные исследования кинетики сушки рыбного сырья подтвердили адекватность теоретических расчетов. Определена зависимость поправочного коэффициента в критериальном уравнении теплообмена от рабочего давления. Установлена зависимость влагосодержания от времени процесса порообразования и сушки рыбного сырья.

Литература

1. Панфилов В.А. Разработка образа пищевого предприятия середины XXI века как необходимое условие системного развития технологии и техники // Инновационные технологии и обо-

рудование для пищевой промышленности (приоритеты развития): материалы III Междунар. науч.-техн. конф. В 3 т. Т. 1. – Воронеж: Воронеж. гос. технол. акад., 2009. – С. 7–9.

2. *Ершов А.М., Пахольченко В.А., Ершов М.А.* Опыт внедрения современных технологий сушки и копчения рыбы на базе малых инновационных предприятий // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – Т. 15, № 6 (2). – С. 367–370.

3. Повышение энергетической эффективности процессов обезвоживания пищевого сырья / *О.Г. Бурдо, И.В. Безбах, А.В. Зыков, Саид Ахмед Омар* // Интегрированные технологии и энергосбережение. – 2008. – № 2. – С. 23–28.

4. *Яшонков А.А.* Актуальные проблемы переработки рыбного сырья при производстве сушеной продукции // Вестник МГТУ. – 2017. – Т. 20, № 3. – С. 628–635.

5. *Яшонков А.А.* Экспериментальное определение рациональных параметров процесса получения сушеных пористых продуктов из рыбного сырья // Ползуновский вестник. – 2017. – № 4. – С. 47–51.

6. *Hujimoto Masuro, Takahashi Hiroshi* Производство порошкообразных пищевых продуктов с применением вакуумной сушилки непрерывного действия типа TS // Proc. Ves. Soc. Jap. Sugar re fin Technol. – 1991. – С. 77–80.

7. *Чагин О.В., Кокина Н.Р., Пастин В.В.* Оборудование для сушки пищевых продуктов. – Иваново: Иван. хим.-технол. ун-т, 2007. – 138 с.

8. *Audsburger L., Shangraw R.J.* // Pharmac. Sci. – 1968. – V. 57, № 4. – P. 624–631.

9. *Слезов В.В., Кutowой В.А., Николайчук Л.И.* К теории испарения воды при термовакuumной сушке // Промышленная теплотехника. – 2006. – Т. 28, № 5. – С. 54–58.

10. *Гинзбург А.С.* Технология сушки пищевых продуктов. – М.: Пищевая промышленность, 1976. – 248 с.

Информация об авторе Information about the author

Яшонков Александр Анатольевич – Керченский государственный морской технологический университет; 298309, Россия, Керчь; кандидат технических наук, заведующий кафедрой машин и аппаратов пищевых производств; jashonkov@rambler.ru

Yashonkov Aleksander Anatolevich – Kerch State Maritime Technological University; 298309, Russia, Kerch; Candidate of Technical Sciences, Head of Food Processing Machinery and Equipment Chair; jashonkov@rambler.ru

РАЗДЕЛ II. БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 597.552.511

К.И. Айтукаев, В.И. Карпенко, О.В. Зикунова

ОСОБЕННОСТИ ТЕМПА РОСТА ЧАВЫЧИ РЕКИ КАМЧАТКА

В статье дана характеристика размерно-возрастного состава и темпа роста чавычи р. Камчатка. Установлено сходство темпа роста рыб, определенного по наблюдаемым и расчетным данным, за исключением возрастной группы 1.1+, позволяющее его использование при определении величины запаса и вылова поколений.

Ключевые слова: чавыча, размерно-возрастной состав, наблюдаемые и расчетные данные, темп роста, зависимость длина – масса рыб.

K.I. Aitukaev, V.I. Karpenko, O.V. Zikunova

GROWTH RATE FEATURES OF CHINOOK SALMON IN THE KAMCHATKA RIVER

The article describes length-age composition and growth rate characteristics of Chinook salmon in the Kamchatka river. Similar growth rate of fish was identified with observed and calculated data, except 1.1+ age group. Despite this lack of results, we can use the data for calculating stock and catch.

Key words: Chinook salmon, length – age composition, observed and calculated data, growth-rate, length-weight relation.

DOI: 10.17217/2079-0333-2018-44-70-75

Введение

Чавыча – немногочисленный вид тихоокеанских лососей Камчатки, имеющий высокую ценность, что определяет строгий (штучный) учет вылова. Это обстоятельство не позволяет собирать большой объем материалов, характеризующих биологические показатели рыб, используемые при оценке величины запаса и определении возможного вылова этого объекта. Поэтому все биологические параметры любой популяции (или стада) чавычи имеют огромное значение, а также требуют оценки возможности их использовании даже при небольших объемах выборки.

Для оценки возможности использования отдельных биологических показателей, в частности длины рыб, при определении их массы тела, необходимой для расчета биомассы поколений и возможного вылова, выполнено настоящее исследование.

На основе анализа размерно-возрастной структуры и выявления закономерности роста чавычи р. Камчатка необходимо было решить следующие задачи:

- исследовать размерно-возрастной состав чавычи нескольких поколений;
- провести сравнительный анализ фактических и расчетных данных темпа роста с оценкой возможности использования последнего для получения весовых характеристик разных поколений;
- оценить возможность использования расчетных данных для оценки запаса и определения величины вылова.

Материал и методика

Сбор материала по чавыче р. Камчатка ежегодно проводится сотрудниками ФГБНУ «КамчатНИРО» в течение ее нерестового хода (с июня по август). Для проведения настоящего исследования использованы пробы чавычи, подвергнутые биологическому анализу в июне 2014–2016 гг.;

в частности, 05.06–28.06 2014, 05.06–17.06 2015 и 06.06–19.06 2016. Вся рыба в выборках подвергалась полному биологическому анализу, включающему определение стандартных параметров всех особей: длины и массы тела, пола, плодовитости и др. [1]. Общий объем используемого материала по биологическим показателям чавычи р. Камчатка составил 875 экз., в том числе 300 экз. чавычи, выловленной в 2016 г. После определения возраста производились измерения годовых зон для расчета темпа роста.

Для определения возраста и расчета темпа роста от каждого экземпляра чавычи отбирали чешую правильной формы с хорошо различимыми годовыми кольцами, которых было от двух до шести (включая год, проведенный в пресной воде). Производили измерения расстояния от центра чешуи до каждого годового кольца, а также радиуса всей чешуи окуляр-микрометром.

Расчет прироста длины рыб за предыдущие годы жизни производили методом обратных расчислений по формуле Эйнара Леа с поправкой Розы Ли [2]:

$$l_x = \frac{L}{C}(c_x - c_1) + u,$$

где l_x – длина рыбы за определяемый год жизни, см, L – общая длина рыбы, см, C – длина чешуи от центра до ее края, c_x – длина чешуи до определяемого года жизни, c_1 – длина чешуи за предыдущий год жизни (радиус центральной пластинки), u – длина рыбы в момент закладки чешуи (расчет только для первого года роста). Для расчета темпа роста было принято, что у молоди чавычи закладка чешуи происходит при достижении длины 3,5 см [3]. Для определения наблюдаемого линейного темпа роста в качестве прироста в пресноводный период было взято значение 10 см, а для весового – 11,5 г [4].

Для определения расчетной массы тела рыб использовано традиционное соотношение между длиной и массой тела, описываемое уравнением степенной функции:

$$w = al^b,$$

где l – длина тела, см, w – масса тела рыбы, г, a и b – коэффициенты.

Расчетные данные длины и массы тела рыб сравнивались с таковыми по фактическим материалам, полученным при анализе размерно-возрастного состава чавычи в 2016 г. Все полученные данные обработаны стандартными статистическими методами [5].

Также для сравнения средних размерно-весовых показателей были использованы данные за 1958–1998 гг. [4], а для сравнения темпов роста – за период 1939–1959 гг. [3] и 2005–2010 гг. [6].

Результаты и обсуждение

Размерный состав чавычи р. Камчатка в 2014 г. включал рыб длиной от 36 до 103 см (средняя 70,2 см), в 2015 г. – от 38 до 99 см (средняя 71,6 см), а в 2016 г. – от 32 до 105 см (средняя 69,5 см). Масса тела в 2014 г. варьировала от 0,7 до 18 кг (средняя 5,5 кг), в 2015 г. – от 0,8 до 13,3 кг (средняя 5,5 кг), а в 2016 г. – от 0,5 до 17,7 кг (средняя 5,3 кг). Во все годы самки были крупнее самцов. Данные 2014–2016 гг. значительно уступают среднемуголетним для периода 1958–1998 гг. (табл. 1).

Таблица 1

Средняя длина и масса тела чавычи реки Камчатка в 2014–2016 и 1958–1998 гг.

Год	Самки			Самцы			Все рыбы		
	Длина, см	Масса тела, кг	N, экз.	Длина, см	Масса тела, кг	N, экз.	Длина, см	Масса тела, кг	N, экз.
2014	83,6 (73,5–98)*	8,4 (5,4–14,7)	61	66,4 (36–103)	4,6 (0,7–18,0)	214	70,2 (36–103)	5,5 (0,7–18,0)	275
2015	84,3 (72–95)	8,4 (5,1–12,9)	63	68,2 (38–99)	4,7 (0,8–13,3)	237	71,6 (38–99)	5,5 (0,8–13,3)	300
2016	82,8 (71–100)	7,9 (4,3–13,6)	85	64,2 (32–105)	4,2 (0,5–17,7)	215	69,5 (32–105)	5,3 (0,5–17,7)	300
1958–1998**	90 (51–119)	10,3 (1,8–21,3)	–	82 (45–130)	8 (1,3–24,8)	–	85 (46–130)	9 (1,3–24,8)	–

* В скобках пределы колебаний.

** Данные Н.И. Виленской (по Бугаев и др., 2007).

Основу размерного состава чавычи составили рыбы размерных классов 61–70 см (самцы), 81–90 см (самки) (табл. 2).

Таблица 2

Размерный состав чавычи реки Камчатка в 2014–2016 гг., %

Длина, см	Самки			Самцы			Все рыбы		
	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.
31–40	–	–	–	2,3	0,8	8,4	1,8	0,7	6,0
41–50	–	–	–	4,7	0,4	2,3	3,6	0,3	1,7
51–60	–	–	–	15,9	16,0	27,0	12,4	12,7	19,3
61–70	–	–	–	46,3	46,0	33,0	36,0	36,3	23,7
71–80	23,0	22,2	36,5	18,7	24,1	13,5	19,6	23,7	20,0
81–90	63,9	61,9	48,2	6,5	5,9	8,4	19,3	17,6	19,6
91–100	13,1	15,9	14,1	4,2	6,8	6,5	6,2	8,7	8,7
101–110	–	–	1,2	1,4	–	0,9	1,1	–	1,0
N, экз.	61	63	85	214	237	215	275	300	300

Возрастной состав чавычи р. Камчатка в 2014–2015 гг. включал рыб в возрасте от 0.2+ (0,4 и 0,3% соответственно) до 2.3+ (1,2 и 0,7% соответственно) лет, исключая возрастную группу 1.5+. В 2016 г. встречались особи в возрасте от 1.1+ (3,6%) до 2.3+ (0,4%), кроме группы 2.2+. Во все годы преобладали рыбы в возрасте 1.2+ и 1.3+, что является типичным для чавычи р. Камчатка с 2000-х гг. Однако, если в 2014 г. доминировали рыбы в возрасте 1.2+ (50,2%) над рыбами 1.3+ (34,9%), то в 2015 г. их (1.2+) доля снизилась (47,4%), а 1.3+ повысилась (40,9%), тогда как в 2016 г. и вовсе наблюдалась обратная ситуация – доля рыб возраста 1.2+ (41,3%) была ниже, чем у 1.3+ (47,8%).

Среди самок в 2014–2016 гг. преобладали рыбы 1.3+ (78; 79 и 86,6% соответственно), а самцов было больше в возрасте 1.2+ (62,9; 60,3 и 58,8% соответственно). Среди самцов не встречались рыбы в возрасте 1.5+, а в 2016 г. не было особей в возрасте 0.2+ и 2.2+. Самки встречались, начиная от возраста 1.3+ до 2.3+, особи 1.5+ присутствовали только в 2016 г., а 2.2+ в 2015 г. и 2.3+ в 2014 г. (табл. 3).

Таблица 3

Возрастной состав чавычи реки Камчатка в 2014–2016 гг., %

Возраст	Самки			Самцы			Все рыбы		
	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.
0.2+	–	–	–	0,5	0,4	–	0,4	0,3	–
1.1+	–	–	–	7,0	0,9	5,2	5,6	0,7	3,6
1.2+	–	–	–	62,9	60,3	58,8	50,2	47,4	41,3
1.3+	78,0	79,0	86,6	24,1	30,6	31,4	35,0	40,9	47,8
2.2+	–	1,6	–	1,0	1,7	–	0,8	1,7	–
1.4+	20,0	19,4	12,2	3,5	5,2	4,1	6,8	8,3	6,5
2.3+	2,0	–	–	1,0	0,9	0,5	1,2	0,7	0,4
1.5+	–	–	1,2	–	–	–	–	–	0,4
N, экз.	50	62	82	199	229	194	249	291	276

По наблюдаемым данным, в первые два года жизни наибольший линейный темп роста был в 2014 г. (31,3 см по достижении возраста 1.1+). Показатели темпа роста в 2016 г. почти совпадают с таковыми 2015 г. в возрасте 1.1+, а также довольно сходны с 2014 г. в возрасте 1.2+. Линейный темп роста рыб старших возрастов в 2014–2016 гг. близок друг к другу. Высокий весовой темп роста в первые годы жизни отмечен в 2014 г. (1098 г по достижении возраста 1.1+). Показатели темпа роста в возрастных группах 1.3+ и 1.4+ заметно отличаются. Так, в возрасте 1.3+ в 2014 г. прирост массы оказался ниже, чем в 2016 г., а в возрасте 1.4+, наоборот, в 2014 г. темп роста оказался значительно выше, чем в 2016 г.

Оценка линейного темпа роста в 2016 г. по расчетным данным оказалась близка к наблюдаемым по всем возрастам, кроме 1.1+, когда отмечен значительно более низкий прирост. Данные весового темпа роста в 2016 г. по расчетным данным оказались близки к наблюдаемым в первые годы жизни (1.1+ и 1.2+). У рыб старших возрастных групп (1.3+ и 1.4+) отмечается

расхождение, причем прирост массы во всех возрастных группах по расчетным данным оказался ниже наблюдаемых. Кроме того, расчетные данные указывают, что весовой рост по достижении возраста 1.4+ был ниже, чем по достижении 1.3+, а по наблюдаемым данным рост в обеих возрастных группах практически не различался (рис. 1).

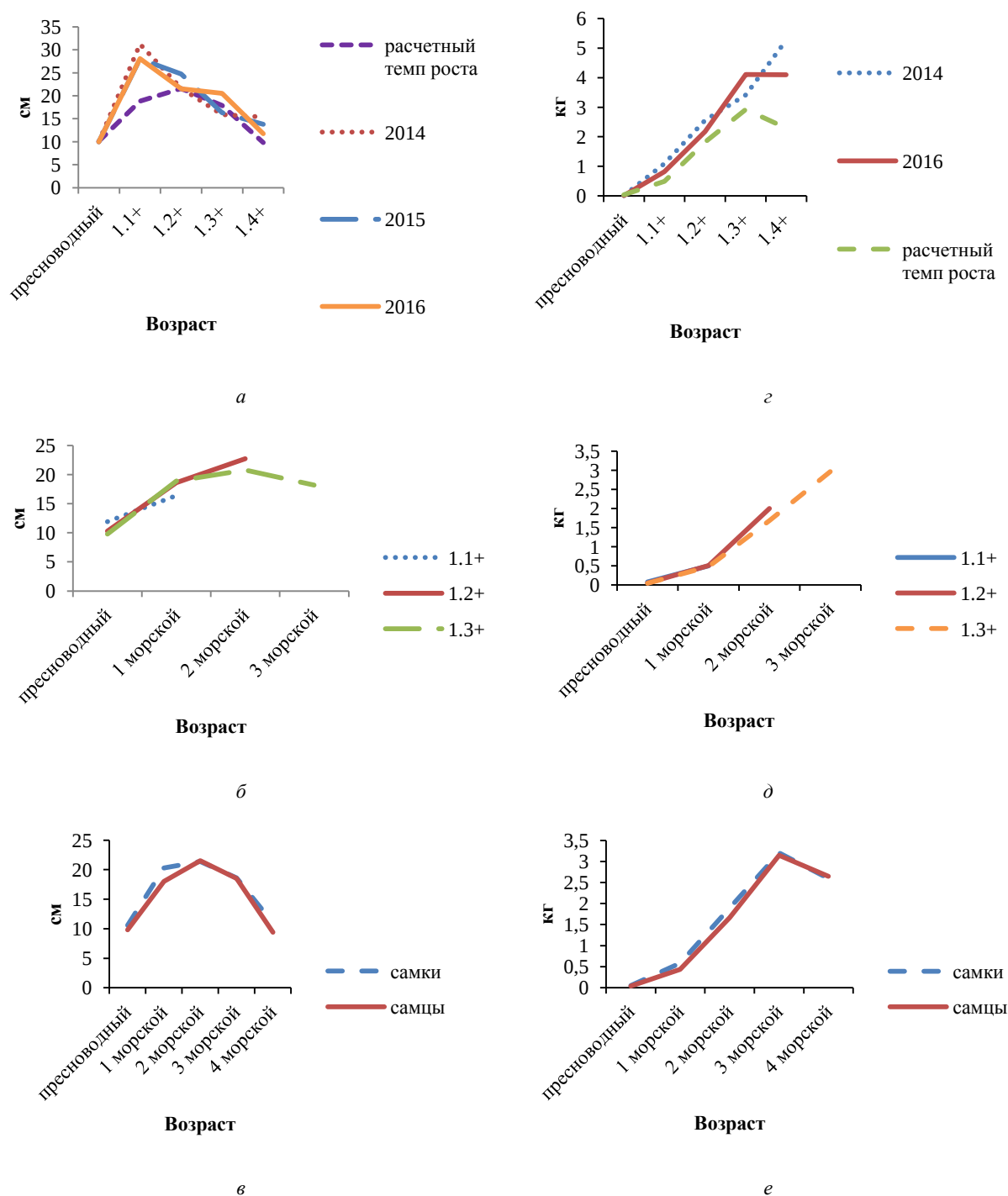


Рис. 1 Линейный и весовой темп роста чавычи по наблюдаемым данным в 2014–2016 гг. и расчетным в 2016 г. в целом (а, г), по возрастным группам в 2016 г. (б, д) и по полу (в, е) в 2016 г.

Сравнение с историческими данными показало, что в 2016 г. рост чавычи в пресных водах значительно уступал среднемноголетним среди рыб возраста 1.3+ (9,8 см в 2016 г. против 14,6 см у самок и 13,8 см у самцов по О. Зикуновой [6], 14,3 см у самок и 14,1 см у самцов по Л. Грачеву [3]. За первый и третий морской год данные темпа роста в 2016 г. незначительно ниже результатов О. Зикуновой [6], а во второй – выше (20,8 см в 2016 г. против 20,4 см у самок и 20,3 у самцов) [6].

В 2016 г. темп роста в первый и второй морской год жизни был ниже, чем у самок, но больше, чем у самцов, а в третий год ниже у обоих полов по сравнению с данными Л. Грачева [3] (рис. 2).

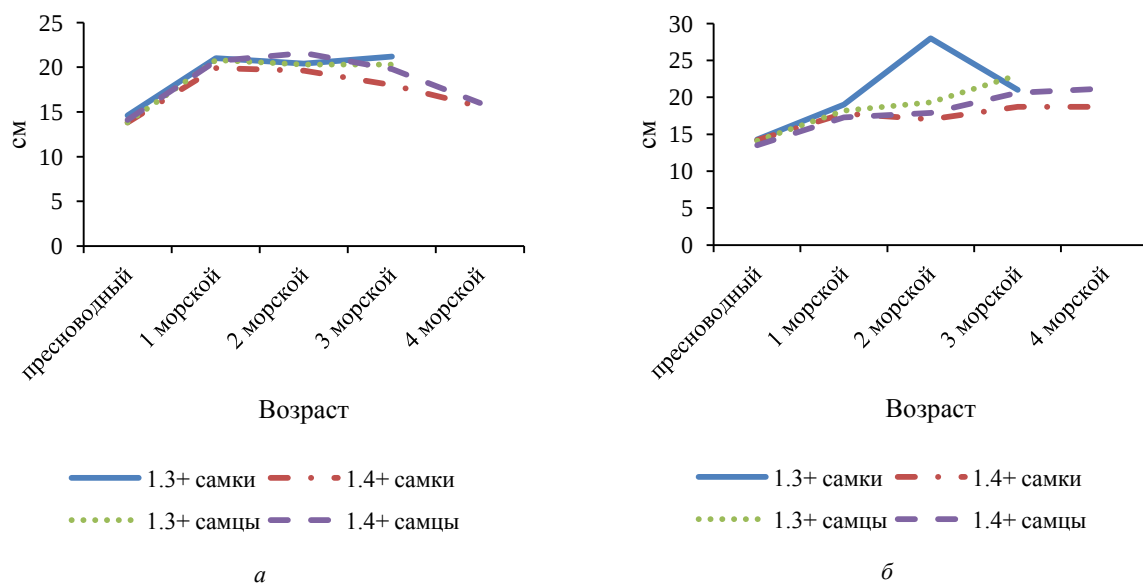


Рис. 2 Темп роста чавычи, рассчитанный на основе среднеемноголетних данных О.В. Зикуновой [6] (а) и Л.Е. Грачева [3] (б)

Зависимость между длиной и массой тела чавычи описывается уравнением степенной функции с высокой степенью достоверности (коэффициенты корреляции выше 0,9). Полученные значения коэффициента b свидетельствуют, что в 2014 и 2016 гг. у чавычи преобладал линейный рост (2,948 и 2,906 соответственно), а в 2015 г. – весовой (3,045). Во все годы у самок доминирует весовой рост ($b > 3$), а у самцов в 2014 и 2016 гг. – линейный (2,952 и 2,888 соответственно) и в 2015 г. – весовой (3,039) (табл. 4).

Таблица 4

Значения коэффициентов зависимости массы тела от длины чавычи реки Камчатка в 2014–2016 гг.

Параметры	Самки			Самцы			Все рыбы		
	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.
Коэффициент a	0,0088	0,0128	0,0081	0,0175	0,0116	0,0220	0,0178	0,0113	0,0205
Коэффициент b	3,108	3,018	3,117	2,952	3,039	2,888	2,948	3,045	2,906
Коэффициент R^2	0,909	0,930	0,903	0,984	0,983	0,990	0,986	0,986	0,989

Соотношение полов у чавычи в 2014–2016 гг. в целом показало доминирование самцов. Преобладание самок над самцами было отмечено только среди рыб в возрасте 1.3+ в 2016 г. (53,8%), в 2014 и 2016 гг. в возрасте 1.4+ (58,8% и 55,6% соответственно) (табл.5).

Таблица 5

Соотношение полов чавычи реки Камчатка в 2014–2016 гг.

Возраст	2014 г.			2015 г.			2016 г.		
	Самки, %	Самцы, %	Общее кол-во, экз.	Самки, %	Самцы, %	Общее кол-во, экз.	Самки, %	Самцы, %	Общее кол-во, экз.
0.2+	0,0	100,0	1	0,0	100,0	1	–	–	–
1.1+	0,0	100,0	14	0,0	100,0	2	0,0	100,0	10
1.2+	0,0	100,0	125	0,0	100,0	138	0,0	100,0	114
1.3+	44,8	55,2	87	41,2	58,8	119	53,8	46,2	132
2.2+	0,0	100,0	2	20,0	80,0	5	–	–	–
1.4+	58,8	41,2	17	50,0	50,0	24	55,6	44,4	18
2.3+	33,3	66,7	3	0,0	100,0	2	0,0	100,0	1
1.5+	–	–	–	–	–	–	100,0	0,0	1
Все рыбы	20,1	79,9	249	21,3	78,7	291	29,7	70,3	276

Заключение

Основу возвратов чавычи р. Камчатка составляют рыбы в возрасте 1.2+ (самцы) и 1.3+ (самки) длиной 61–70 см (самцы) и 81–90 см (самки). Известно, что в 2015 г. было отмечено значительное количество рыб младшей возрастной группы 1.1+. Однако доля таких рыб в пробах биологического анализа оказалась даже меньше, чем в 2014 и 2016 гг. Вероятно, это было связано с тем, что в работе использован материал, охватывающий лишь начало нерестового хода чавычи.

Значения расчетного линейного темпа роста в возрасте одного полного года (1) значительно изменялись и оказались ниже, чем 1.1+ по наблюдаемым данным, что естественно. В то же время данные расчетного весового темпа роста в возрасте три и четыре года значительно отличаются от наблюдаемых в возрастных группах 1.3+ и 1.4+, оказываясь ниже фактических значений. Последнее, вероятно, связано со значительным весовым приростом рыб любого возраста после образования годового кольца, в течение миграции и подхода чавычи к нерестовым водоемам.

Таким образом, можно заключить, что расчетные данные по линейному и весовому темпу роста не всегда можно использовать при оценке запаса. Для этой цели подходят лишь результаты оценки линейного и весового роста рыб отдельных возрастных групп. Так, установлено, что в 2014 и 2016 гг. у чавычи преобладал линейный рост, а в 2015 г. – весовой. Во все годы у самок преобладал весовой рост, у самцов в 2014 и 2016 гг. – линейный, а в 2015 г. – весовой.

Литература

1. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. – М.: Пищевая промышленность. 1966. – 376 с.
2. Никольский Г.В. Экология рыб. Изд. 3-е, доп.: учеб. пособие для ун-тов. – М.: Высшая школа. 1974. – 357 с.
3. Грачев Л.Е. Темп роста камчатской чавычи // Известия Тихоокеанского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии. – 1967. – Т. 57 – С. 89–97.
4. Бугаев В.Ф. и др. Рыбы реки Камчатка. – Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатНИРО, 2007. – 459 с.
5. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высшая школа. 1980. – 293 с.
6. Зикунова О.В. Биологическая характеристика производителей чавычи *Oncorhynchus tshawytscha* (Walbaum) бассейна р. Камчатки // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. – 2014. – Вып. 32. – С. 48–58.

Информация об авторах Information about the authors

Айтукаев Керим Исаевич – Камчатский государственный технический университет, 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; магистр (студент); mr.fade@mail.ru

Aitukaev Kerim Isaevich – Kamchatka State Technical University, 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Undergraduate; mr.fade@mail.ru

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

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

Зикунова Ольга Владимировна – Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии; 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский; старший научный сотрудник лаборатории динамики численности и совершенствования прогнозов лососевых рыб; zikunova@kamniro.ru

Zikunova Olga Vladimirovna – Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography; 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Senior Researcher of Abundance Dynamics and Forecast Improvement for Salmon Laboratory; zikunova@kamniro.ru

УДК.595.384.12(265.51+265.52)

С.С. Григорьев, Н.А. Седова

ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИИ ЛИЧИНОК *PANDALUS EOUS*, *PANDALUS GONIURUS* И *PANDALUS TRIDENS* (DECAPODA, PANDALIDAE) ИЗ ПРИКАМЧАТСКИХ ВОД

Дано описание личинок трех видов: *Pandalus eous*, *Pandalus goniurus* и *Pandalus tridens* (сем. Pandalidae) из Охотского и Берингова морей. Сравниваются морфологические признаки личинок с целью их разделения в планктонных пробах. Выявлены основные морфологические различия личинок соответствующих стадий. Показано значение морфологии максиллы для разделения личинок на отдельные стадии. Обсуждаются наиболее надежные и удобные признаки для видовой идентификации пандалид. Приведены рисунки строения личинок.

Ключевые слова: личинки, стадии развития, признак, карапакс, abdomen, тельсон, сегменты, членики, шипы, щетинки.

S.S. Grigorev, N.A. Sedova

MORPHOLOGICAL FEATURES OF LARVAE OF *PANDALUS EOUS*, *PANDALUS GONIURUS* AND *PANDALUS TRIDENS* (DECAPODA, PANDALIDAE) FROM THE WATERS SURROUNDING KAMCHATKA PENINSULA

Description of larvae of three species: *Pandalus eous*, *P. goniurus* and *P. tridens* (family Pandalidae) from the Okhotsk and the Bering Sea is given. Morphological features of larvae for the purpose of their identification in planktonic samples are compared. The main morphological distinctions of larvae of the corresponding stages are revealed. Value of morphology of a maxilla for division of larvae into separate stages is shown. The most reliable and convenient signs for specific identification of pandalids are discussed. Drawings of larvae structure are given.

Key words: larvae, stages of development, features, carapace, abdomen, telson, segment, spines, setae.

DOI: 10.17217/2079-0333-2018-44 -76-87

Введение

В прикамчатских водах обитают представители десяти видов пандалид, принадлежащих к двум родам: *Pandalus* Leach, 1814 и *Pandalopsis* Bate, 1888 [1, 2]. Большинство этих крупных креветок имеют промысловое значение. Данный род условно делят на четыре группы: группа *P. montagui*, к которой относят три вида, описанных в этой работе; группа *P. stenolepis*; группа *P. hypsinotus* и группа *P. platyceros*. Массово в планктоне встречаются личинки только первой группы.

Личинки *Pandalopsis dispar* Rathbun, 1902 развиваются, как правило, в океанической части моря над большими глубинами и в планктонные пробы не попадают. Трудностей с идентификацией данного вида нет, так как его личинки имеют ряд признаков, отличающих их от видов рода *Pandalus*. Остальные представители рода *Pandalopsis* (*P. lamelligera* (Brandt, 1851), *P. aleutica glabra* Kobjakova, 1936, *P. longirostris* Rathbun, 1902, *P. ochotensis* Kobjakova, 1936) обитают на больших глубинах, имеют очень крупную икру (около 3 мм). Личинки их не описаны, но по всем признакам они должны иметь очень сильно укороченное развитие [3]. Поэтому вероятность поимки таких личинок планктонной сетью чрезвычайно мала. Личинки *Pandalus hypsinotus* Brandt, 1851 и *Pandalus ivanovii* Komai & Eletskaia, 2008 очень редко встречаются в наших пробах. Их легко отличить от других видов по экзоподитам только на первых двух парах переоподов. У остальных наших видов данного рода экзоподиты имеются на трех парах переоподов.

P. eous и *P. goniurus* – два близких вида креветок из семейства Pandalidae. Личинки проходят нормальное неукороченное развитие в пелагиали. Личинок этих видов можно обнаружить

во многих планктонных пробах, собранных в прикамчатских водах с апреля по октябрь. Обычно в пробах присутствуют оба вида на нескольких стадиях развития одновременно. Над шельфом западной Камчатки плотность *P. eous* и *P. goniurus* на одной станции обычно составляет не более 20 экз./м² [4, 5]. В Авачинском заливе и Беринговом море они встречаются регулярно, но в меньшем количестве [6, 7]. В одной и той же пробе можно обнаружить очень часто оба вида на стадиях развития от I до IV в начале лета и от II до VI во второй половине (август), особенно в восточной части Охотского моря. Личинки *P. tridens* I–III стадий зоэа иногда встречаются в наших пробах. Трудностей с их идентификацией нет. Тем не менее мы включили описание первых стадий данного вида в нашу работу, так как морфологически этот вид наиболее близок к *P. goniurus*.

Род *Pandalus* подвергался неоднократной ревизии. *P. borealis* в 1992 г. был разделен Г. Сквайрсом [8] на два вида – *P. borealis* и *P. eous*. Некоторые исследователи не признали выделение *P. eous* как отдельного вида из-за большой индивидуальной изменчивости признаков, использованных для разделения видов [9, 10]. В 1999 г. Т. Комаи [11] подтвердил правомерность такого выделения, добавив ряд дополнительных признаков.

Личинок *P. tridens* и *P. goniurus* первой стадии развития впервые достоверно описал Б.Г. Иванов [12, 13] из залива Аляска. Личинки пандалид восточной части Охотского моря были описаны из планктонных сборов Р.Р. Макаровым [14] как *P. goniurus* и *P. borealis*. Описание личинок *P. goniurus* и *P. eous*, выращенных искусственно и взятых из планктона, было сделано Е. Хайнс [15]. Этим же автором описано развитие *P. hypsinotus*. Существует также описание личинок данных видов из планктона Японского моря и Британской Колумбии [16, 17]. В отличие от *P. goniurus* и *P. eous*, зоэа *P. tridens* не были выращены в лаборатории. Достоверно описана лишь первая стадия [12]. Б.Г. Иванов [13] предположил, что данный вид имеет шесть или семь стадий зоэа, так как количество личиночных стадий связано со степенью морфологической дифференциации личинки при вылуплении [18].

У современных авторов нет единого мнения по поводу использования терминов «мегалоп» и «постличинка». Обычно термин «мегалоп» используют при работе с личинками крабов (*Brachyura*) для обозначения переходной стадии между молодой особью и планктонной стадией зоэа. Тем не менее некоторые авторы продолжают пользоваться этим термином [19]. Г. Хаунес [15, 20, 21] определяет мегалопу как промежуточную стадию развития личинок креветок между зоэа и ювенильными особями. Мегалоп, в определении Г. Хаунес [15], имеет хорошо развитые плеоподы с длинными щетинками, которые используются для плавания. При этом автор не определяет, каково строение остальных конечностей данной стадии. В этом случае у некоторых видов мы можем выделить отдельно стадию мегалопы и стадию постличинки, как, например, у *P. borealis* [19]. У других видов эти стадии совпадают, например у *P. goniurus* [15]. В последние годы большинство авторов используют термин «декаподитная стадия» вместо «постличинка» для обозначения последней личиночной стадии перед превращением креветки в ювенильную особь. Мы также считаем этот термин более удачным.

Количество стадий развития и некоторые морфологические признаки соответствующих стадий развития трех этих видов у разных авторов не совпадают. Опубликованные описания носят отрывочный характер, многие признаки или даже стадии развития в них пропущены. Наибольшую трудность представляло разделение в пробах личинок *P. goniurus* и *P. eous* на второй и третьей стадиях развития.

Целью данного исследования было подробное описание особенностей морфологии отдельных личиночных стадий *P. tridens*, *P. goniurus* и *P. eous* из прикамчатских вод и поиск надежных морфологических признаков для видовой идентификации личинок креветок из семейства Pandalidae.

Материал и методика

Материалом для работы послужили сборы планктона, выполненные по научной программе КамчатНИРО в восточной части Охотского моря в сентябре 1999, июле – августе 2001, 2013, июне-июле 2015 гг., а также в тихоокеанских водах у юго-восточного побережья Камчатки весной 2009 и 2014 г. и по научной программе Чукотского отделения ТИНРО-центра в Олюторско-Наваринском и Анадырском районах летом 2010 г. (рис. 1, табл. 1) Над глубинами 9–500 м использовали ихтиопланктонную коническую сеть с диаметром входного отверстия 80 см и шагом ячеи 0,56 мм. Выполняли вертикальный тотальный лов в слое 500–0 м и от дна до поверхности при меньших глубинах. Минимальная глубина лова – 9 м.

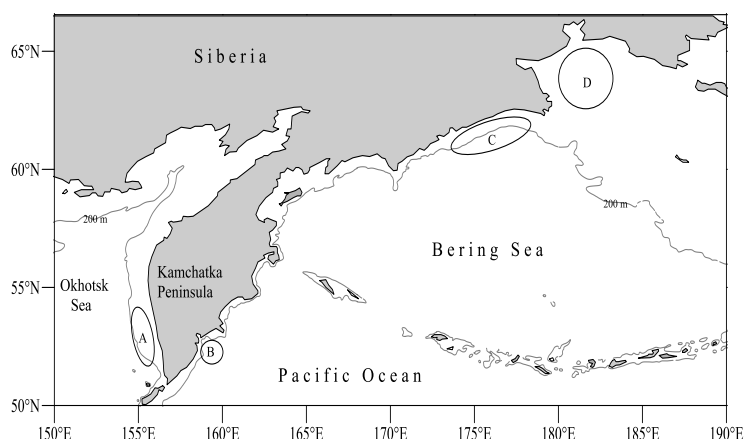


Рис. 1. Район взятия проб при изучении личинок пандаид в северо-западной части Тихого океана:
 А – шельф западной Камчатки, В – Авачинский залив, С – Олюторско-Наваринский район,
 D – Анадырский залив

Личинок, фиксированных в 4%-ном формалине, изучали под микроскопом при увеличении 16×, 32×, 56×. В каждой пробе определяли таксономический состав личинок и стадии их развития, а также число личинок. Длину личинки измеряли от конца рострума до заднего края тельсона при помощи окуляр-микрометра с точностью до 0,1 мм. Подробно изучали строение карапакса, абдомена, тельсона и отдельных конечностей. Все рисунки личинок креветок выполнены Н.А. Седовой.

Таблица 1

Характеристика использованного материала

Район взятия проб	Сроки	Стадии развития		
		<i>P. eous</i>	<i>P. goniurus</i>	<i>P. tridens</i>
Западная Камчатка	Сентябрь 1999	IV, декаподит	–	Нет данных
	Июль – август 2001	II–V	I–VI	Нет данных
	Июль – август 2013	I–V, VII	I–V	II
	Июнь – июль 2015	I–V	I–VI	I–II
Авачинский залив	Май 2009	I	–	I
	Май – июль 2014	I, III, IV	II–III	II–III
Олюторско-Наварин. р-н	Июль 2010	IV–V	II, IV–VI	I
Анадырский залив	Август 2010	VI	V–VI, декаподит	I

Результаты и обсуждение

В описаниях личиночного развития *P. eous* у разных авторов имеется множество расхождений. На первой стадии зоа наиболее существенно отличается морфология максиллулы и максиллы. По нашим данным и в описании А. Барклай [17], базиподит максиллулы вооружен пятью шипами. Е. Хейнс [15] в описании для Аляски указывает на наличие девяти шипов на базиподите. На второй стадии у личинок с Аляски шипов на 2–3 больше, чем в прикамчатских водах и в водах Британской Колумбии. В описаниях остальных стадий Е. Хейнс [15] этот признак не использует. Количество щетинок на экзоподите (скафоцерите) максиллы также отличается у наших личинок от аляскинских и совпадает с описанием А. Барклай [17] для Британской Колумбии.

Имеются и другие мелкие отличия. Например, у личинок *P. eous* на I–V стадиях у большей части особей хотя бы на одном скафоцерите имеется проксимальная слабо опушенная короткая щетинка. У всех личинок из наших проб она расположена на внешнем крае пластины. Р.Р. Макаров и А. Барклай на этот признак не обратили внимания. Е. Хейнс в своих описаниях [15, 22] (в том числе и для *P. goniurus* эту щетинку изображает на значительном расстоянии от внешнего края скафоцерита. У наших зоа *P. eous* и *P. goniurus* проксимальная щетинка может отсутствовать, но никогда не расположена так, как указывает Е. Хейнс.

Р.Р. Макаров [14] сообщает о наличии небольшого шипа на роструме второй стадии зоа *P. eous*. Другие авторы отмечают отсутствие шипов на роструме этой стадии. Мы также ни разу не обнаружили шип у личинок данной стадии (рис. 2). Количество щетинок на экзоподите максиллы II стадии зоа *P. eous* у наших личинок на 3–5 меньше, чем в описаниях других авторов. Меньше плавательных щетинок мы обнаружили и на третьей паре переоподов второй стадии зоа.

У наших экземпляров их было 6–7, а не 11–14, как в описаниях других авторов [8, 9, 15, 17]. Старших личинок *P. eous* из прикамчатских вод детально сравнить с представителями из других районов не представляется возможным из-за отсутствия в описаниях многих важных признаков.

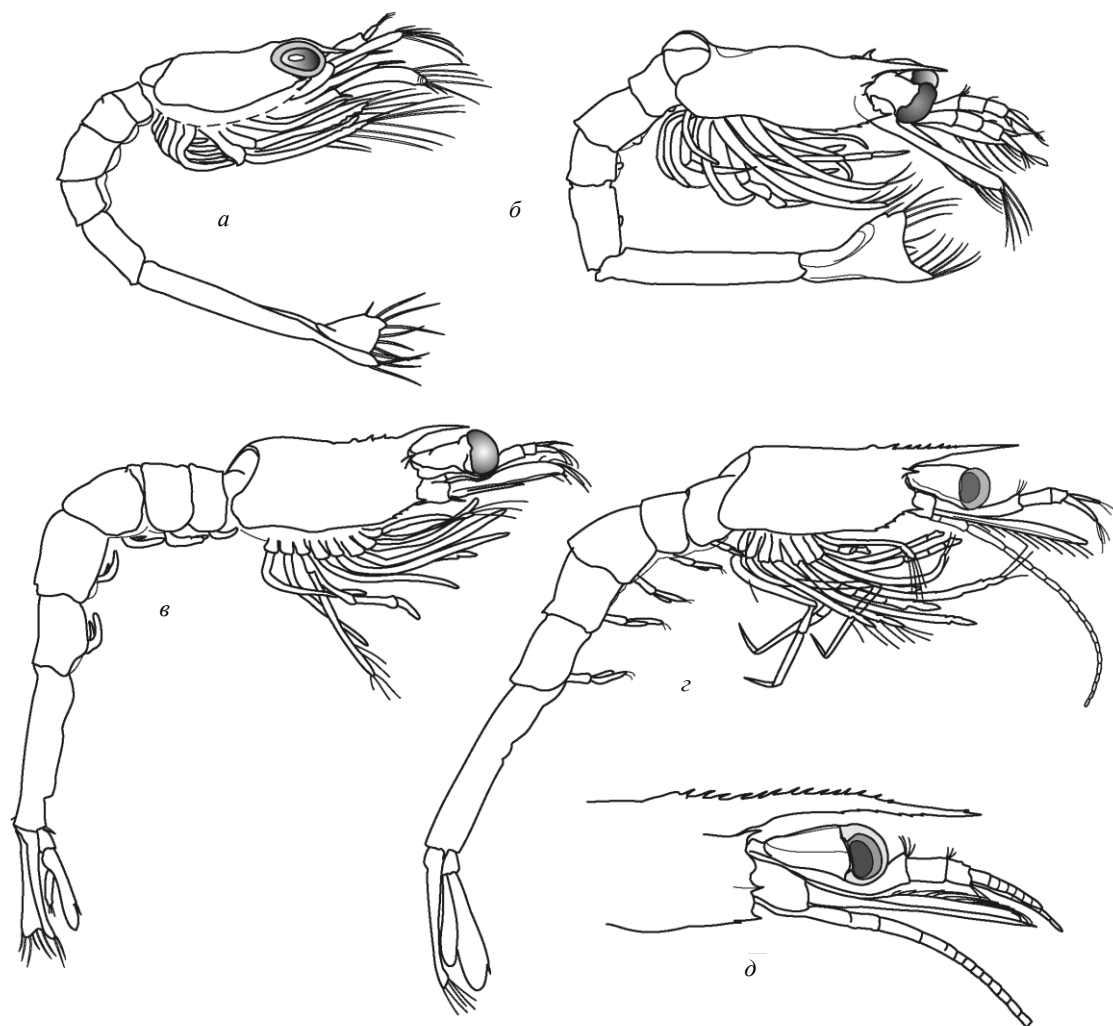


Рис. 2. Общий вид личинок *Pandalus eous*:
а – I стадия; б – II стадия; в – III стадия; г – IV стадия;
д – передний конец VII стадии

Замечены некоторые расхождения по количеству шипов на рооструме. Именно этот признак чаще всего используют для идентификации личинок пандалид. У личинок *P. eous* третьей стадии мы обнаружили различное количество шипов на рооструме. У некоторых экземпляров роострум был без шипов, у других с одним шипом, у большей части особей – с двумя шипами разного размера (рис. 3). Данный признак не подходит для идентификации, так как у *P. goniurus* на третьей стадии один шип также может присутствовать или отсутствовать. На четвертой стадии зоза мы обнаружили еще большую изменчивость по данному признаку: количество шипов на рооструме *P. eous* варьировалось от четырех до девяти. Е. Хейнс [15] указывает на наличие у личинок *P. eous* четвертой стадии 4–8 шипов, Р.Р. Макаров [3] – 5–6, а А. Барклай [17] – всего четырех. Шипы могут быть различного размера.

На пятой стадии изменчивость роострума *P. eous* меньше. Но имеются некоторые несоответствия данным других авторов. У наших личинок роострум в проксимальной части несет не менее 11 шипов. У личинок из бух. Качемак их 9–12, в Охотском море, по данным Р.Р. Макарова [3], их всего 8–9, в Британской Колумбии – 11 шипов [15]. Таким образом, наши данные более всего отличаются от данных Р.Р. Макарова [3] для того же самого района. На четвертой стадии зоза личинки из описания Р.Р. Макарова [3] также имели меньшее количество шипов на рооструме.

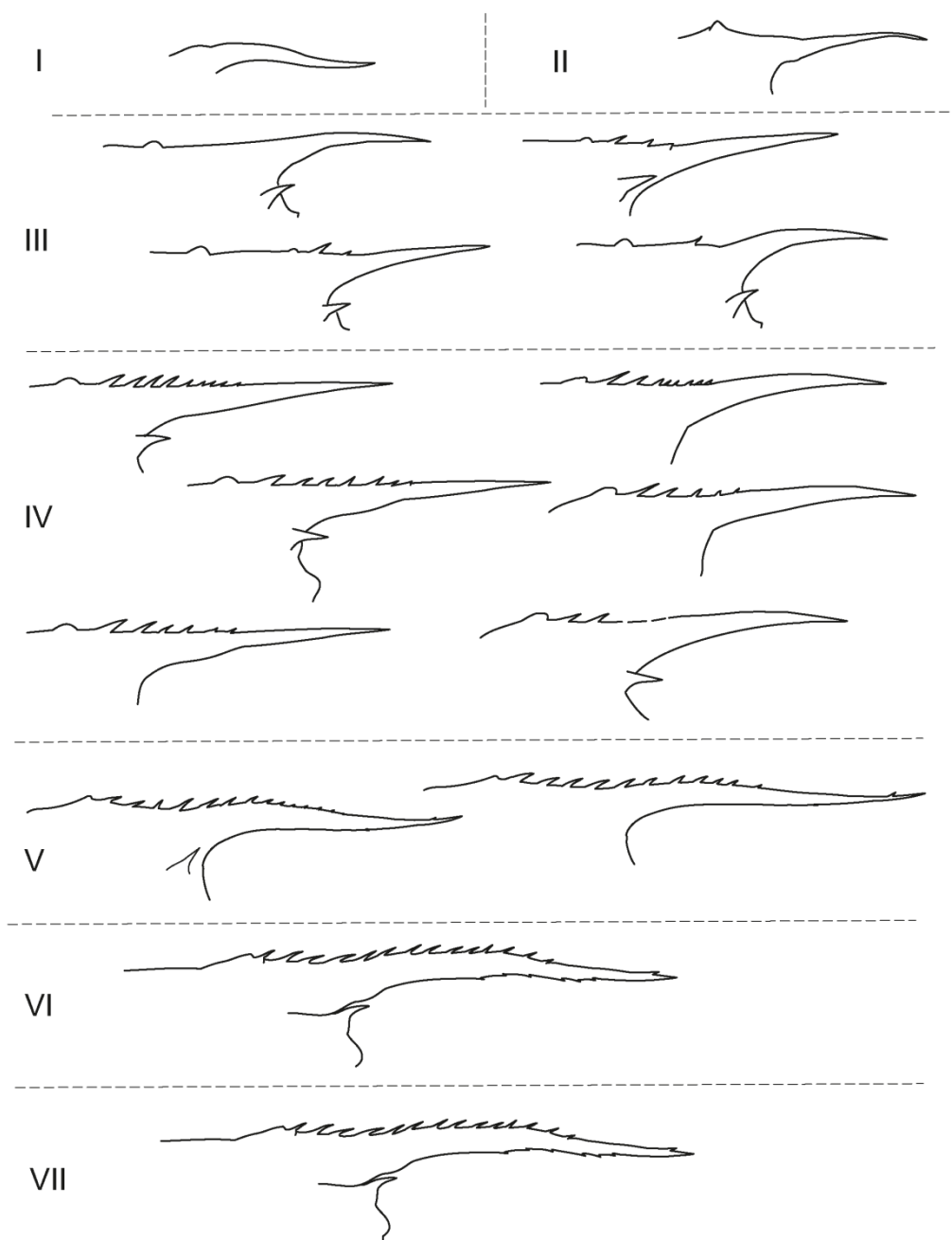


Рис. 3. Варианты строения рострума *Pandalus eous* соответствующих стадий

Декаподитная стадия *P. eous* описана только для Аляски [15]. От нашего экземпляра она отличается, главным образом, количеством латеральных шипов на тельсоне. У наших личинок их было семь пар, а на Аляске – только четыре. Вероятно, это связано с большим количеством стадий зоза в прикамчатских водах и более суровыми условиями обитания.

Описания первой стадии зоза *P. goniurus*, сделанные Б.Г. Ивановым [12], Р.Р. Макаровым [14], Е. Хейнс [15] в целом идентичны нашим личинкам. Имеется лишь незначительное отличие в числе щетинок на скафоцерите (у наших экземпляров их было меньше). На второй стадии несколько отличается количество щетинок на скафоцерите у личинок *P. goniurus* из Охотского моря и с Аляски. В Охотском море общее количество щетинок не более 16, на Аляске – не менее 21. Анального шипа на этой стадии у наших личинок еще нет. Основное отличие наших личинок второй стадии – отсутствие плавательных щетинок на третьей паре переоподов. На третьей стадии зоза наши личинки (рис. 4) практически не отличаются от описаний других авторов. Исключение – более длинный шип скафоцерита у наших личинок.

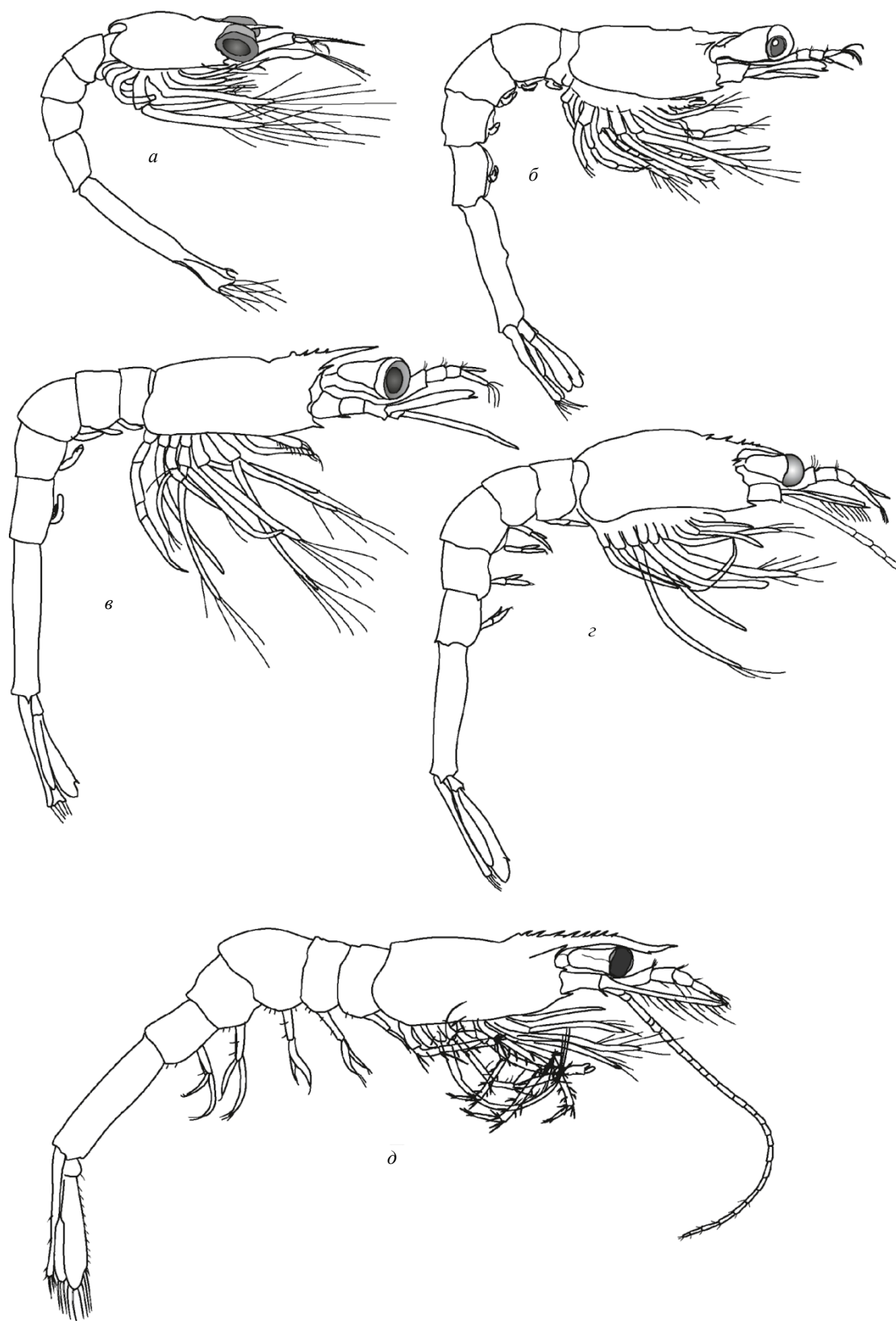


Рис. 4. Общий вид личинок *Pandalus goniurus*:
 а – I стадия; б – II стадия; в – III стадия;
 г – IV стадия; д – V стадия

На пятой стадии развития обнаруживается более развитая клешня на второй паре переоподов у личинок из прикамчатских вод. Имеются также некоторые несоответствия в строении плеоподов. В описании Р.Р. Макарова [14] у личинок данной стадии плеоподы имеют длинные, хорошо развитые плеоподы со щетинками на обеих ветвях. У наших экземпляров имеется не более

2-3 щетинок только на экзоподитах плеоподов. Наибольшие расхождения в развитии *P. goniurus* наблюдаются после пятой стадии. В бух. Качемак, по данным Е. Хейнс [15], четвертая стадия – мегалопа. Размеры и морфология отдельных частей соответствуют нашему описанию декаподита. Наибольшая изменчивость вооружения роострума у личинок *P. goniurus* отмечена на пятой стадии зоза (рис. 5). К сожалению, у Е. Хейнс [15] не дано описание максиллулы, максиллы и максиллипод, поэтому нельзя сказать наверняка, можно ли считать эту стадию декаподитной.

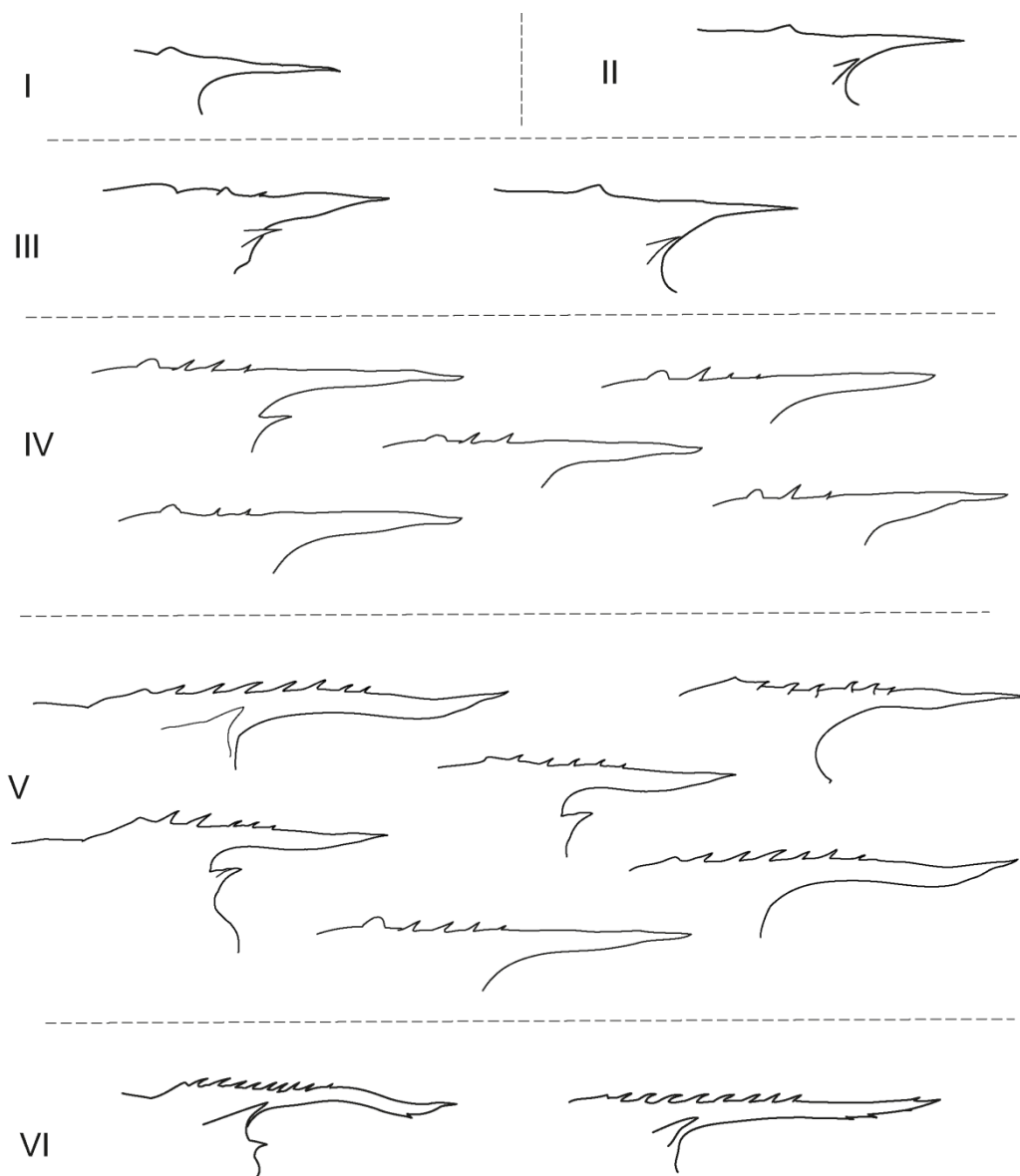


Рис. 5. Варианты строения роострума *Pandalus goniurus* соответствующих стадий

Личинки *P. tridens* первой стадии, описанные нами из планктона Берингова моря и Авачинского залива (рис. 6), полностью идентичны личинкам, полученным Б.Г. Ивановым [13]. Личинки *P. tridens* первой стадии из бух. Качемак в описании Е. Хейнс [15] отличаются по количеству щетинок на экзоподите максиллы, первой максиллиподы, а также меньшими размерами. Личинки из прикамчатских вод на второй и третьей стадиях также оказались значительно крупнее, чем в бух. Качемак. Кроме того, обнаружены различия в строении отдельных конечностей. Например, Е. Хейнс [15] указывает на наличие шести щетинок на экзоподите первой пары ногочелюстей у второй стадии зоза, а не пяти, как у наших. У личинок из бух. Качемак уже имеется маленький анальный шип на второй стадии зоза, в то время как у наших личинок он отсутствует. У наших личинок более длинный шип скафоцерита на третьей стадии зоза. Жгутик антенны у наших экземпляров на третьей стадии развития был еще очень коротким и нерасчлененным,

в то время как у личинок с Аляски основание жгутика на этой стадии уже отделилось. К сожалению, у нас не было возможности сравнить такие важные признаки, как количество зубцов на максиллуле, количество щетинок на экзоподитах максиллы, максиллипеды и третьей пары переоподов. Е. Хейнс [15] эти признаки не приводит.

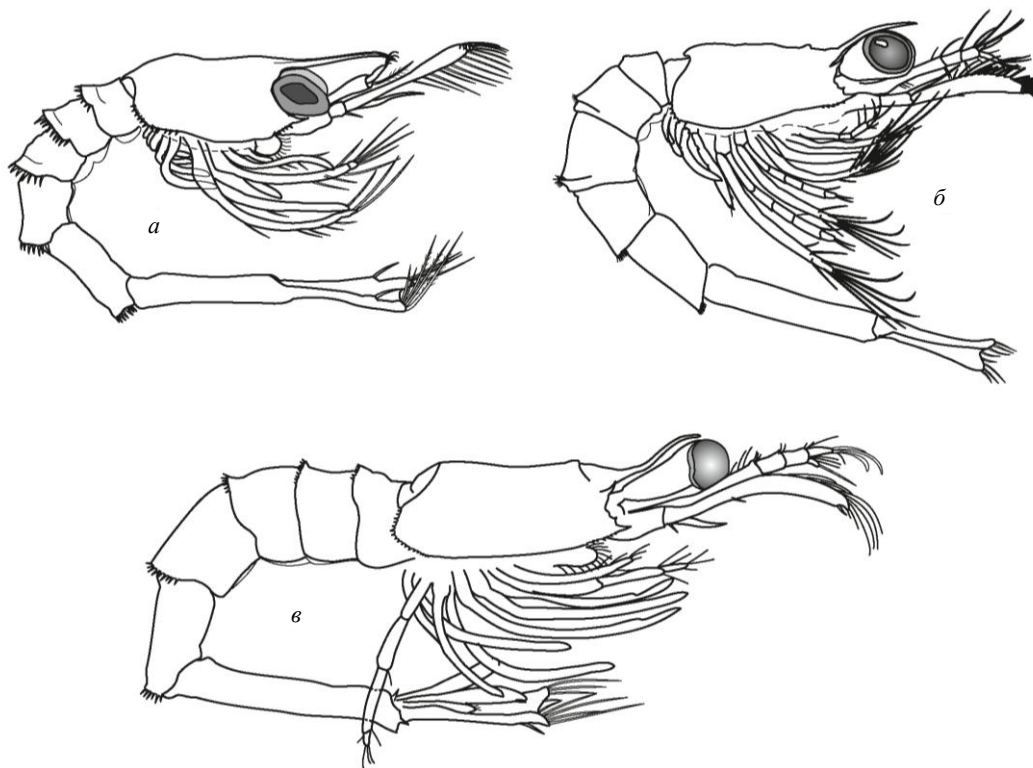


Рис. 6. Общий вид личинок *Pandalus tridens*:
а – I стадия; б – II стадия; в – III стадия

Описание старших личинок *P. tridens* у Е. Хейнс [20] также неполное. Указаны лишь те признаки, которые, по мнению автора, имеют значение для идентификации. Для пятой стадии зоза показаны только форма тельсона и дистальный конец второй пары переоподов. По этим признакам нельзя достоверно отличить этих особей от близких видов. Этот автор указывает, что зубчики на абдомене начинают редуцироваться после четвертой стадии. Личинка *P. tridens* на седьмой стадии из описания Е. Хейнс [20] по указанным признакам очень напоминает *P. goniurus* пятой стадии, а шестая стадия *P. tridens* похожа на четвертую стадию зоза *P. eous*.

P. tridens почти на всех стадиях зоза можно отличить от *P. goniurus* и *P. eous* по зубчатому постероventральному краю карапакса и абдомена. У старших личинок, по данным Е. Хейнс [20], эти зубчики постепенно исчезают. Антеровентральный край карапакса имеет небольшую зубчатость у *P. eous* на II–V стадиях. Этот признак можно использовать для видовой идентификации как дополнительный.

Р.Р. Макаров [14] предложил различать *P. goniurus* и *P. eous* по размеру и строению роострума. Как дополнительный признак он также называет степень развития переоподов у первой стадии. По его мнению, личинки *P. goniurus* всегда мельче. Это справедливо только для самых младших личинок. Уже на второй стадии крайние значения длины *P. goniurus* и *P. eous* перекрываются, хотя в большинстве случаев личинки *P. eous* крупнее. Особенно это заметно на III–IV стадиях. Этот признак можно использовать как дополнительный для младших личинок. Личинки *P. eous* имеют более длинный роострум на всех стадиях. Обычно роострум у этих личинок доходит до конца глаз. У *P. goniurus* только на первой стадии роострум длиннее глаз, на остальных стадиях он значительно короче.

Строение роострума у личинок *P. tridens*, *P. goniurus* и *P. eous* I–III стадий почти не отличается. Р.Р. Макаров [14] предлагал различать третью стадию *P. eous* по двум зубцам на рооструме. Но мы нашли много особей, у которых роострум был без зубцов или только с одним зубцом. По-

этому данный признак можно надежно использовать только для разделения личинок IV–VII стадий. Однако при массовой обработке большого количества проб следует очень внимательно рассматривать данный орган. Очень часто несколько (до пяти) шипов, расположенных в средней части дорзальной поверхности рострума, могут быть сильно редуцированы. При невнимательном рассмотрении половину и более шипов можно не заметить. У старших личинок, особенно у VI–VII стадий зоэа, рострум часто бывает обломан, что также затрудняет определение.

Можно использовать как вполне надежный признак количество щетинок на скафоцерите, особенно для младших личинок. По этому признаку *P. goniurus* отличается от многих видов рода *Pandalus*. На всех стадиях скафоцерит *P. goniurus* несет в 1,5–2 раза меньше щетинок. Е. Хейнс [15] предлагал использовать для разделения видов положение и опушенность внешней проксимальной щетинки на скафоцерите. Он обращает внимание на то, что у *P. goniurus* эта щетинка всегда опушенная, а у других видов либо голая, либо отсутствует. Мы не считаем этот признак надежным, так как щетинка есть далеко не у всех экземпляров, а опушение не всегда сохраняется.

Жгутик антенн у *P. eous*, начиная с третьей стадии, развит лучше, чем у *P. goniurus*, а тем более у *P. tridens*. Но пользоваться данным признаком для идентификации нельзя, так как у старших личинок жгутик часто обламывается, а у младших не всегда удается разглядеть членистость.

Число шипов на базиподите максиллулы – очень важный и надежный признак. Изменчивость здесь минимальная. У младших личинок близких видов число шипов одинаковое. Начиная с третьей стадии зоэа личинки *P. eous* имеют большее количество шипов. К сожалению, использовать данный признак для ключа не представляется возможным, так как рассмотреть мелкие детали строения этой конечности при обработке большого количества проб очень трудно.

Самый надежный признак – количество щетинок на экзоподите максиллы. По данному признаку легко отличить *P. goniurus* от *P. eous* соответствующей стадии. У *P. eous* количество щетинок на всех стадиях (примерно в 1,5 раза больше, чем у *P. goniurus* и *P. tridens*). Индивидуальная изменчивость количества щетинок на скафогнатите в пределах вида имеется, но данные по соответствующим стадиям для отдельных видов никогда не перекрываются. У личинок I–III стадий *P. goniurus* и *P. tridens* отличий по данному признаку мы не обнаружили. Можно предположить, что и у старших личинок *P. tridens* имеется такое же количество щетинок на скафогнатите, как у *P. goniurus*.

Хороший признак для идентификации – количество плавательных щетинок на максиллипедах и переоподах. По этому признаку Е. Хейнс [15, 21] предложил различать личинок *P. goniurus* и *P. eous*. Действительно, количество щетинок на экзоподите первых трех пар переоподов и на максиллипедах на всех стадиях у *P. eous* больше. Считалось, что переоподы у креветок становятся функциональными только на третьей стадии [20]. У рассмотренных в этой работе экземпляров *P. eous* первые две-три пары переоподов функционируют уже на второй стадии зоэа. На экзоподите третьей пары переоподов у *P. eous* на второй стадии уже имеется 12 плавательных щетинок, которые отсутствуют у *P. goniurus*. Основные морфологические отличия личинок *P. tridens*, *P. goniurus* и *P. eous* соответствующих стадий развития приведены в табл. 2.

Таблица 2

Отличительные признаки личинок *Pandalus eous*, *Pandalus goniurus*
и *Pandalus tridens* соответствующих стадий развития

Признаки	<i>P. eous</i>	<i>P. goniurus</i>	<i>P. tridens</i>
I стадия зоэа			
Длина общая, мм	5,0–6,8	3,5–4,9	4,8–5,8
Количество щетинок на скафоцерите	16–17	8–9	15–16
Количество щетинок на экзоподите максиллы	10	5	5
Количество щетинок на экзоподите ногочелюстей	5	4	4
Наличие зубчиков на карапаксе и абдомене	Нет	Нет	Имеются
II стадия зоэа			
Длина общая, мм	6,0–9,0	5,1–7,0	5,5–7,2
Количество щетинок на скафоцерите	24–26	13–14	18–22
Количество щетинок на экзоподите максиллы	15–17	9–10	9–10
Количество щетинок на экзоподите ногочелюстей	7	5–6	5
Количество щетинок на экзоподите переоподов	6–7	0	0
Зубчики на абдомене	Нет	Нет	Имеются

Окончание табл. 2

Признаки	<i>P. eous</i>	<i>P. goniurus</i>	<i>P. tridens</i>
III стадия зоза			
Длина общая, мм	6,5–11,7	5,0–7,5	7,0–8,1
Антеровентральный край карапакса	Зубчатый	Гладкий	Зубчатый
Наличие зубчиков на карапаксе и абдомене	Нет	Нет	Имеются
Количество шипов на роструме	1–2, очень редко 0	Не более 1	0
Количество щетинок на скафоцерите	31–40	20–22	25–26
Количество шипов на базиподите максиллулы	11	8	8
Количество щетинок на экзоподите максиллы	25	15–17	16–17
Количество щетинок на экзоподите ногочелюстей	7–8	5–6	5
IV стадия зоза			
Длина общая, мм	9,0–14,3	6,6–9,5	Нет данных
Антеровентральный край карапакса	Зубчатый	Гладкий	Нет данных
Количество шипов на роструме	5–9	2–4	Нет данных
Количество шипов на базиподите максиллулы	14	9	Нет данных
Количество щетинок на экзоподите максиллы	32–38	20–25	Нет данных
Количество щетинок на экзоподите ногочелюстей	7–9	6	Нет данных
V стадия зоза			
Длина общая, мм	11,1–15,7	8,7–13,1	Нет данных
Антеровентральный край карапакса	Слабозубчатый	Гладкий	Нет данных
Количество дорзальных шипов на роструме	12–15	5–7	Нет данных
Количество вентральных шипов на роструме	2–5	0	Нет данных
Количество шипов на базиподите максиллулы	14	9–10	Нет данных
Количество щетинок на экзоподите максиллы	45–49	28–32	Нет данных
Количество щетинок на экзоподите ногочелюстей	8–10	6–7	Нет данных
Количество члеников жгутика антенны	30	8–15	Нет данных
VI стадия зоза			
Длина общая, мм	14,0–16,5	9,7–14,0	Нет данных
Количество дорзальных шипов на роструме	15	8–9	Нет данных
Количество щетинок на экзоподите максиллы	57–58	40	Нет данных
Количество вентральных шипов на роструме	4–5	2–4	Нет данных
Количество щетинок на экзоподите ногочелюстей	8	7	Нет данных
Количество латеральных шипов на тельсоне	3 пары	2 пары	Нет данных
Декаподит			
Длина общая, мм	20,5	13,0	Нет данных
Количество дорзальных шипов на роструме	14–16	9–10	Нет данных
Количество вентральных шипов на роструме	6–7	4–5	Нет данных
Количество щетинок на экзоподите максиллы	Около 90	45	Нет данных
Количество щетинок на экзоподите ногочелюстей	16	8	Нет данных
Количество латеральных шипов на тельсоне	7 пар	3 пары	Нет данных
Стадия по счету	9	7	Нет данных

Степень развития плеоподов отличается у рассмотренных здесь видов, особенно у старших личинок. У личинок *P. tridens* до четвертой стадии плеоподы отсутствуют. На четвертой стадии у *P. goniurus* плеоподы еще плохо развиты, без щетинок, а у *P. eous* они более длинные, со щетинками, имеется небольшой *appendix interna*. На пятой стадии у всех *P. eous* обе ветви плеоподов со щетинками, а у *P. goniurus* имеются 2–3 коротких щетинки только на экзоподите. У последнего вида *appendix interna* хорошо заметен только на шестой стадии.

Тельсон по морфологии до пятой стадии зоза у изученных видов практически не отличается. На шестой стадии у *P. eous* на боковых краях тельсона имеются уже три пары шипов, а у *P. goniurus* – только две пары. У личинок *P. eous* седьмой стадии зоза тельсон несет уже пять пар латеральных шипов. Тельсон декаподита у *P. goniurus* имеет три пары латеральных шипов, у *P. eous* – семь пар, как и у взрослых особей.

Уроподы несколько отличаются только на третьей стадии зоза. У *P. tridens* и *P. goniurus* эндоподит несет три терминальных щетинки, а у *P. eous* – 5–7.

Таким образом, по большинству морфологических признаков *P. eous*, *P. tridens* и *P. goniurus* из прикамчатских и сопредельных вод похожи на соответствующие стадии из других частей Тихого океана. Основные отличия касаются количества стадий зоза и деталей строения отдельных конечностей. Нами была обнаружена значительная индивидуальная изменчивость вооружения размеров, строения плеоподов, рострума, длины шипа на скафоцерите и степени развития клешни.

Наиболее надежными и удобными признаками для видовой идентификации пандалид, на наш взгляд, следует считать строение роострума, наличие или отсутствие зубчиков на карапаксе и абдомене, количество щетинок на экзоподитах максиллипод, третьей пары переоподов и максиллы, а на I–II стадиях – количество щетинок на скафоцерите.

Количество стадий зоа *P. eous* и *P. goniurus* в различных районах прикамчатских вод, по нашим данным, одинаковое. Мы обнаружили личинок *P. goniurus* на последней, шестой, стадии зоа в Охотском и Беринговом морях. Декаподитная стадия была поймана в Анадырском заливе. Но в Охотском море мы обнаружили несколько личинок, у которых через кутикулу тельсона на шестой стадии зоа просвечивает декаподитная стадия. Последние стадии зоа *P. eous* были пойманы как в Охотском, так и в Беринговом морях. Декаподитная стадия обнаружена в конце лета над шельфом западной Камчатки, но в Беринговом море была поймана зоа седьмой стадии, у которой просвечивает следующая (восьмая) стадия зоа. Таким образом, в этом районе должно быть не менее восьми стадий зоа.

Количество стадий у личинок из прикамчатских вод и у личинок с Аляски не совпадает. Мы обнаружили не пять стадий зоа у *P. goniurus*, а шесть. У Р.Р. Макарова [14] описано семь стадий зоа для *P. goniurus* из восточной части Охотского моря. Последняя стадия зоа у Р.Р. Макарова имеет три пары боковых шипов на тельсоне, как у нашего декаподита. У взрослых особей *P. goniurus* тельсон вооружен 4–5 парами дорзолатеральных шипов. Роострум имеет 8–10 дорзальных шипов и 6–7 вентральных зубцов [10, 11].

Выводы

В личиночный период развития у креветок близких видов *P. eous*, *P. tridens* и *P. goniurus* из разных регионов северной части Тихого океана внутри каждого вида имеются различия в количестве стадий зоа и в некоторых морфологических признаках. Некоторые признаки не подвержены значительной внутривидовой изменчивости, и их удобно использовать для разделения этих видов в личиночный период.

Важными признаками для идентификации личинок этих видов могут быть строение роострума, наличие или отсутствие зубчиков на карапаксе и абдомене, количество щетинок на различных конечностях.

Самым надежным признаком для разделения личинок этих видов у отдельных стадий зоа является строение максиллы.

Количество стадий зоа у личинок *P. eous* и *P. goniurus* в северо-западной части Тихого океана больше, чем в северо-восточной части Тихого океана, что может быть связано с более суровыми условиями обитания у берегов Камчатки.

Литература

1. Слизкин А.Г. Атлас-определитель крабов и креветок дальневосточных морей России. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2006. – 216 с.
2. Komai T., Eletskaia M. A new species of the pandalid shrimp genus *Pandalus* (Crustacea: Decapoda: Caridea) from the Sea of Okhotsk off eastern Sakhalin, Russian Far East // *Zootaxa*. – 2008. – 1882 (22). – P. 46–56.
3. Макаров Р.Р. Об укорочении личиночного развития у десятиногих ракообразных (Crustacea, Decapoda) // Зоологический журнал. – 1968. – Т. 47, вып. 3. – С. 348–359.
4. Макаров Р.Р. Разнос и распределение личинок десятиногих раков в планктоне западно-камчатского шельфа // Океанология. – 1969. – Т. 9, вып. 2. – С. 306–317.
5. Седова Н.А. Распределение личинок креветок в районе западно-камчатского шельфа в 1999 и 2001 гг. // Вопросы рыболовства. – 2004. – Т. 5, № 2 (18). – С. 193–205.
6. Седова Н.А., Андронов П.Ю. Качественный состав и горизонтальное распределение личинок креветок в северо-западной части Берингова моря летом 2010 г. // Вестник СВНЦ ДВО РАН. – 2013. – № 1. – С. 30–38.
7. Седова Н.А., Григорьев С.С. Распределение личинок креветок в районе юго-восточного побережья Камчатки весной 2009 года // Вестник СВНЦ ДВО РАН. – 2013. – № 3. – С. 77–86.
8. Squires H.J. Recognition of *Pandalus eous* Makarov, 1935, as a Pacific species not a variety of the Atlantic *Pandalus borealis* Kroyer, 1838 (Decapoda, Caridea) // *Crustaceana*. – 1992. – № 63 (3) – P. 257–262.

9. Bergstrom B.I. The biology of *Pandalus* // Advances in Marine Biology. – 2000. – № 38. – P. 55–245.
10. Sokolov V.I. Decapod Crustaceans of the Southwest Kamchatka Shelf: R/V “Professor Levanidov” collection in June 1996 // Arthropoda Selecta. – 2001. – V. 10 (2). – P. 103–136.
11. Komai T. A revision of the genus *Pandalus* (Crustacea: Decapoda: Caridea: Pandalidae) // Journal of Natural History. – 1999. – № 33. – P. 1265–1372.
12. Иванов Б.Г. Описание первой личинки дальневосточной креветки *Pandalus goniurus* // Зоологический журнал. – 1965. – Т. 44, № 8. – С. 1255–1257.
13. Иванов Б.Г. Личинки некоторых дальневосточных креветок в связи с их систематическим положением. // Зоологический журнал. – 1971. – Т. 50, вып. 5. – С. 657–665.
14. Макаров Р.Р. Личинки креветок, раков-отшельников и крабов западнокамчатского шельфа и их распределение. – М.: Наука, 1966. – 164 с.
15. Haynes E.B. Description of larvae of the humpy shrimp, *Pandalus goniurus*, reared in situ in Kachemak Bay, Alaska // Fishery Bulletin, U.S. – 1978. – V. 76, № 1. – P. 235–248.
16. Kurata H. Larvae of decapod Crustacea of Hokkaido / 3. Pandalidae // Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab Bull. – 1964. – V. 28. – P. 23–24 (English translation 1996, Fish. Res. Bd. Can. Trans. No. 1693).
17. Berkeley A.A. The postembryonic development of the common Pandalids of British Columbia Contri // Can. Biol. Fish. – 1931. – № 6. – P. 79–163.
18. Pike R.B., Williamson D.I. The larvae of some species of Pandalidae (Decapoda), Crustaceana // 1964. – № 6 (4). – P. 265–284.
19. Rasmussen T., Ashan M. Larval stages of *Pandalus borealis* // Marine Biology Research. – 2011. – No 7 (2). – P. 109–121. DOI: 10.1080/17451001003764004.
20. Haynes E. Larval morphology of *Pandalus tridens* and a summary of the principal morphological characteristics of North Pacific pandalid shrimp larvae // Fishery Bulletin, U.S. – 1980. – № 77. – P. 625–41.
21. Haynes E.B. Morphological development, identification, and biology of larvae of Pandalidae, Hippolytidae, and Crangonidae (Crustacea, Decapoda) of the northern North Pacific Ocean // Fishery Bulletin, U.S. – 1985. – V. 83. – P. 501–521.
22. Haynes E.B. Description of larvae of the northern shrimp, *Pandalus borealis*, reared in situ in Kachemak bay, Alaska. – Fishery Bulletin, U.S. – 1979. – V. 77. – № 1. – P. 157–173.

Информация об авторах Information about the authors

Григорьев Сергей Сергеевич – Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН; 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории гидробиологии; sgri@inbox.ru

Grigorev Sergey Sergeevich – Kamchatka Branch of Pacific Institute of Geography FEB RAS; 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Biological Sciences, Docent, Senior Researcher of Hydrobiology Laboratory; sgri@inbox.ru

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

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

УДК 551.467.3:582.272.7(265.52)

А.Н. Кашутин, А.В. Климова, Т.А. Ключкова

ВОЗДЕЙСТВИЕ ЛЕДОВОГО ПОКРОВА НА МЕЖГОДОВЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ЛИТОРАЛЬНЫХ ЗАРОСЛЕЙ БУРОЙ ВОДОРОСЛИ *FUCUS DISTICHUS* SUBSP. *EVANESCENS* В АВАЧИНСКОЙ ГУБЕ (ЮГО-ВОСТОЧНАЯ КАМЧАТКА)

На основе полевых наблюдений, проведенных в 2016–2018 гг., проанализировано формирование припайного льда в восточной части Авачинской губы и его влияние на распределение на литорали бурой водоросли *Fucus distichus* subsp. *evanescens*. Обнаружены значительные межгодовые изменения размеров и очертаний площадей дна, занятых зарослями этого вида. При этом обнаружено, что их флуктуация в значительной мере зависит от образования и таяния припайного льда, а также от характера донного рельефа и грунта. Негативное воздействие льда на заросли фукуса выражается в блокировании доступа морской воды к растениям, произрастающим в верхних горизонтах литорали при их вмержании в лед, их повреждении путем отрыва ветвей или полного отрыва от грунта во время подвижек припая. Лабораторное изучение процессов закладки и созревания половых продуктов, формирования и выхода из рецептакулов половых продуктов, собранных в местах проведения наблюдений, позволило понять причины, вызывающие изменения количественного развития фукуса и размерно-возрастной структуры его популяций, объяснить механизмы деградации зарослей во время холодной половины года и участие плавающего льда в разносе вмержших в лед камней и валунов с прикрепленным к ним фукусом. Таким образом лед способствует расселению вида и формированию новых поселений на соседних участках побережья.

Ключевые слова: *Fucus distichus* subsp. *evanescens*, распространение зигот, воспроизводство, формирование ледового покрова, отрицательное и положительное воздействие льда на фукус.

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

IMPACT OF SEA ICE COVER ON INTERANNUAL CHANGES OF THE LITTORAL VEGETATION OF THE BROWN ALGA *FUCUS DISTICHUS* SUBSP. *EVANESCENS* IN THE AVACHA BAY (SOUTH-EASTERN KAMCHATKA)

Based on field observations conducted in 2016–2018, we analysed the formation of fast ice in the eastern part of the Avacha Bay and its influence on the distribution of the brown algae, *Fucus distichus* subsp. *evanescens*, in the littoral zone. Significant interannual changes in the size and shape of the bottom areas occupied by this species were found. Their fluctuation largely depends on the formation and melting of fast ice, and also on the character of the bottom relief and ground. The negative impact of ice on the *Fucus* beds is expressed by blocking the access of seawater to the plants growing in the upper horizons of the littoral zone during their freezing into ice, their damage by breaking off branches or completely breaking off from the substratum during movements of fast ice. Study of the development and maturation of sexual products and formation and escape of zygotes from the plants collected at observation sites helped us to understand causes of changes in the quantitative development of *Fucus* and the size and age structure of its populations, and also to explain the mechanisms of degradation of its beds during the cold half of the year and participation of floating ice in distribution of stones and boulders which have frozen in ice with the *Fucus* attached to them. Thus ice promotes resettlement of the species and formation of new settlements on the neighboring coastal area.

Key words: *Fucus distichus* subsp. *evanescens*, distribution of zygotes, reproduction, formation of ice cover, negative and positive impact of ice on *Fucus*.

DOI: 10.17217/2079-0333-2018-44-88-99

Представитель бурых фукусовых водорослей *Fucus distichus* относится к числу многолетних видов и характеризуется чрезвычайной экологической пластичностью. Он широко распространен в холодных и умеренных водах Северного полушария. В дальневосточной части ареала он представлен подвидом subsp. *evanescens* [1]. Здесь практически повсеместно, на скалистой, валунно-глыбовой и каменистой литорали фукус является основным фонообразующим видом растительного покрова и формирует пространственный каркас литоральных альгоценозов. Его при-

существование во флоре любого района обеспечивает высокий уровень биоразнообразия и биопродуктивности макробентоса [2]. В ненарушенной природной среде биомасса *F. distichus* subsp. *evanescens* может достигать 25 кг/м² [3]. Ценный химический состав, высокая экологическая и хозяйственная значимость фукуса определяют высокий интерес к его практическому использованию и вызывают необходимость изучения биологии его развития, механизмов расселения и формирования зарослей и возможностей их эксплуатации.

Анализ научной литературы, затрагивающей эти вопросы [4–8], показывает, что, несмотря на длительную историю изучения особенностей вегетации фукуса, количественная оценка воздействия льда на его поселения в литоральной зоне до сих пор не проводилась, хотя в настоящее время известно большое значение льда в процессах переформирования береговой линии путем перемещения вмерзших в лед литоральных валунных и галечных грунтов. Значению льда в разном терригенного материала и его седиментации посвящены исследования разных авторов [9–11]. Так, В.Г. Чувардинский в своей работе [12] показывает, что припайный лед, благодаря своей подвижности, оказывает большое влияние на разнос и перемещение терригенного материала на мелководье Белого моря. Для Чукотского моря процессы осадконакопления и закономерности формирования гранулометрического состава терригенных осадков описаны Ю.Д. Шуйским и В.И. Огородниковым [13]. Для этого авторы указанных выше работ проводили анализ количественного распределения в толще припайного льда, вмерзшего в него материала. Интересные данные о разноте терригенного материала были получены и для арктических морей [14, 15]. В последней работе, в частности, показана роль морских льдов в динамике береговой зоны и переформировании рельефа Печорского моря.

В Авачинской губе подобные исследования до сих пор не проводились. Этот водоем представляет собой закрытую бухту весьма своеобразной конфигурации [16] и происхождения [17]. В ее побережье распространены все известные для литоральной зоны типы грунтов. Прежде практически вдоль всего ее берега был развит пышный пояс водорослей с фукусом в литоральной зоне [18]. Он густой широкой полосой тянулся и вдоль всего ее восточного берега. Ныне в связи с многолетним хроническим загрязнением Авачинской губы [19] ее макрофитобентос чрезвычайно обеднен. Пояс фукуса сузился и стал прерванным, в ряде районов побережья по разным причинам он вовсе исчез. Только на отдельных участках берега он все еще остается доминирующим видом литоральных альгоценозов. Многолетние наблюдения за состоянием донной растительности Авачинской губы, и в частности фукуса [19, 2], показали, что его плотность, количественное распределение и размерно-возрастная структура его зарослей подвержены значительным сезонным и межгодовым изменениям. Однако до проведения настоящих исследований причины, вызывающие заметные изменения площадей дна, занятых сообществом фукуса, оставались неизвестными. Они, безусловно, многочисленны. Ниже рассмотрено воздействие на развитие *F. distichus* subsp. *evanescens* припайного льда, присутствующего в разных районах Авачинской губы от трех до пяти месяцев в году.

Материалы и методы

Наблюдения за межгодовыми и сезонными изменениями площадей дна, занятых фукусом, проводились с апреля 2016 г. по апрель 2018 г. Исследованиями были охвачены участки наиболее загрязненного восточного побережья Авачинской губы. Здесь в местах произрастания фукуса были выбраны шесть полигонов, имеющих разное очертание береговой линии и разные грунты. Их расположение показано на рис. 1.

Изучение количественного распределения фукуса на литорали проводили на каждом полигоне один раз в месяц во время сизигийных отливов. В ходе сбора образцов для лабораторного анализа определяли гидрологические характеристики района, измеряли площадь, занятую фукусом. В позднеосеннее время определяли начальные сроки образования припайного льда и границы его распространения, а весной – время, к которому приурочены разные стадии схода льда.

Гидрологические исследования проводили с помощью портативного профилографа параметров среды RINKO-AAQ171 (JEF Advantech Co, Япония). При этом измеряли температуру поверхностного слоя воды (Т, °С), растворенный кислород (DO, мг/л), водородный показатель (рН) и соленость (Sal, ‰). Для измерения площади дна, в пределах которой встречаются растения фукуса, вначале определяли ширину этой зоны, затем ее протяженность вдоль берега. Плотность зарослей при этом не учитывали. Для измерения использовали шагомер (ШМ-33).



Рис. 1. Карта-схема расположения у восточного побережья Авачинской губы районов изучения количественного распределения *Fucus distichus subsp. evanescens*.

1 – бух. Сероглазка; 2 – судоремонтный завод; 3 – бух. Петропавловский ковш; 4 – мыс Санникова; 5 – бух. Завойко; 6 – мыс Восточный; 7 – мыс Маячный

Fig. 1. Map of the areas for the study of quantitative distribution of *Fucus distichus subsp. evanescens* located along the eastern coast of the Avacha Bay.

1 – Seroglazka bay; 2 – shipyard; 3 – Petropavlovsky kovsh bay; 4 – Cape Sannikova; 5 – Zavoiko bay; 6 – Cape Vostochny; 7 – Cape Mayachny

В связи с неровностью рельефа реальная площадь, безусловно, была больше, чем произведение длины участка на его ширину. Однако неровности рельефа не учитывали и за площадь распространения фукуса принимали покрывающую ее площадь водного зеркала. За начальное время появления льда на полигоне принимали время появления там полосы неподвижного льда, состоящего из плавающей ледяной кашицы (ниласа) или тонких корочек льда (молодика). Началом схода льда считали частичный взлом ледового припая, вызванный динамической деформацией его прикромочной зоны. Кроме визуальных наблюдений на каждом полигоне вели фотосъемку с помощью фотоаппарата (COOLPX S3100) для контроля процессов заселения фукусом дна или, напротив, деградации его зарослей.

Сбор разноразмерных растений на каждом выделенном полигоне проводили также ежемесячно. В лабораторных условиях у собранных образцов определяли состояние фертильности. О стадии зрелости половых продуктов судили по данным изучения гистологических срезов рецептакулов. Срезы толщиной 5–8 мкм изготавливали вручную лезвием безопасной бритвы или с помощью криостатмикротомы Bright Starlet 2212 и просматривали их с помощью стереомикроскопа Olympus CZX10 и тринокулярного биологического микроскопа Olympus BX43.

Для определения зрелости половых продуктов использовали лабораторные культуры. Технология выращивания в искусственных условиях оплодотворенных яйцеклеток и прорастающих зигот бурых водорослей подробно описана в наших статьях [20, 21]. Для определения скорости роста растений в холодную половину года выращивание зигот проводили при температурах от минус 1,7°C до минус 0,5°C и светопериоде 8:16 ч (свет : темнота) и 12:12 ч, соответственно. Последний был близок к таковому в природной среде в зимнее и ранневесеннее время.

Результаты и обсуждение

Ледовая обстановка оказывает чрезвычайно важное влияние на рост литоральных водорослей, прежде всего потому, что в течение длительного зимнего периода они подвергаются истощающему воздействию льда. С его появлением в литоральной зоне заметно меняются световое довольствие, гидрологические и гидрохимические условия произрастания фукуса. Так, в частности, подо льдом снижается уровень фотосинтетически активной радиации, стабилизируется температура, повышается соленость, нивелируется действие гидродинамического фактора, изменяется характер взаимодействия слоевищ с водой. При вмержании в лед она становится для них недоступной.

В силу присущих Авачинской губе геоморфологических и гидрологических особенностей динамика ледового покрова здесь отличается от таковой в соседних прибрежных районах Авачинского залива, широко открытых воздействию тихоокеанской водной массы. Приведенный ниже обзор формирования ледового покрова в губе составлен по данным собственных наблюдений и сведений, любезно предоставленных нам сотрудниками ФГБУ «Камчатское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (УКГМС). В Авачинской губе выделяется несколько районов, отличающихся сроками появления и исчезновения льда, его количеством и качественными характеристиками.

Отдельным очагом льдообразования является центральный район внутренней части губы. Он составляет около 70% всей поверхности ее водного зеркала. Особым образом происходит формирование ледового припая в бухтах, обрамляющих побережье губы, в горле и ее кутовой части. В обычные зимы раньше всего появляется и позднее всего исчезает лед в куту. Позднее всего он появляется и раньше всего исчезает в центральной части и в горле губы. На мелководье его нарастание вблизи берега начинается раньше всего. Здесь в литоральной зоне формируется неравномерная по ширине полоса заберегов. В куту Авачинской губы и в глубоко врезанных в берег бухтах Раковая и Крашенинникова ледовый припай держится всю зиму. В открытой части губы обычен плавучий лед в основном автохтонного происхождения. Он малоподвижный, так как область его дрейфа ограничена.

Полоса неподвижного льда вдоль берега в виде заберегов появляется из-за быстрого выхода воды. Постепенно нарастая, забереги превращаются в более широкую полосу льда – береговой припай. Припайный лед в районах исследования появляется с ноября по декабрь. Становление припая прерывается или замедляется только во время циклонов, сопровождающихся штормовыми ветрами, значительным выносом тепла и активным перемешиванием поверхностных слоев морской воды. Устойчивость границы припая определяется конфигурацией береговой линии, составом грунтов и прибойностью. В разные по температурным условиям зимы он может появляться с середины октября до начала декабря, а полностью исчезать с начала марта до начала июня (табл. 1). Таким образом, активное воздействие льда литоральная растительность ежегодно испытывает 4-5 и более месяцев.

Таблица 1

Сроки появления и исчезновения льда по районам Авачинской губы (по данным УГМС)
Terms of appearance and disappearance of ice in areas of the Avacha Bay
(according to Kamchatka Territorial Administration for Hydrometeorological and Environmental Monitoring)

Район	Первое появление льда в губе			Полное очищение губы от льда		
	Раннее	Позднее	В среднем	Раннее	Позднее	В среднем
Центральная часть губы	27.10	14.12	21.11	21.03	24.05	20.04
Бух. Крашенинникова	24.10	01.12	09.11	13.05	27.05	22.05
Бух. Завойко	23.10	06.12	11.11	13.04	10.06	14.05
Бух. Петропавловский ковш	16.10	15.11	06.11	19.03	21.05	30.04
Бух. Сероглазка – р-н СРМЗ	27.10	03.11	30.10	21.03	02.04	27.03
Горло губы	21.11	31.12	06.12	05.03	16.05	07.04

Анализ многолетних данных по льдообразованию, собранных с 1929 г. по настоящее время, показывает, что в неизменном виде ледовая обстановка сохраняется не более 2-3 дней. В горле губы ледостава не бывает. Здесь наблюдаются преимущественно легкие плавучие льды. Во внутренней части Петропавловского ковша, у пирсов и причальных сооружений ледовая обстановка во многом нарушается работой базирующихся здесь судов. Многократный взлом припая, его подвижки и последующее смерзание приводят к образованию торосов. Ледовый покров, покрывающий прибрежную зону, может быть сплошным, но из-за ломки льда он может подпираться плавающим льдом, как это показано на рис. 2. В умеренные и особенно суровые зимы происходит резкое понижение температуры воздуха. Следует отметить, что в восточной части губы частичный взлом припая наблюдается ежегодно. Появление плавающих льдин, их надвиги с одной стороны усиливают истирающее действие льда, с другой, как это будет показано ниже, способствуют разному вдоль берега рецептакулов, зигот и прикрепленных к грунту проростков фукуса.



Рис. 2. Неподвижный ледовый припай и плавучий лед в Авачинской губе в районе судоремонтного завода

Fig. 2. Stationary fast ice and floating ice near the shipyard in the Avacha Bay

Продолжительное выхолаживание приводит к дифференциации температуры в толще льда, при этом температура у нижней поверхности льда бывает выше, чем у верхней. Изменение направления потока тепла, пронизывающего ледяной покров снизу вверх, несмотря на отрицательную температуру воздуха, вызывает таяние льда с нижней поверхности льдины. При толщине припая 70 см после понижения температурой воздуха до минимума таяние льда начинается примерно через 20 дней [22].

Неровности рельефа на границе моря и суши обуславливают неплотное прилегание подошвы припая ко дну. Благодаря слабому водообмену сохраняющаяся у дна вода имеет повышенную соленость, до 80–85‰, [23, 24]. Расчеты, выполненные цитированными выше авторами, показывают, что таковая подо льдом может достигать 315‰. По мере повышения солености скорость замерзания осолоненного слоя воды и, следовательно, скорость нарастания толщины льда над такими участками с течением времени уменьшается, поскольку повышение солености воды, находящейся в линзах морского дна, сохраняет ее в жидком состоянии. Под припаем она даже при самой низкой температуре воздуха не может промерзнуть до самого дна. Благодаря этому фукус сохраняется от вымораживания, потери влаги и вмерзания в лед, а к высокой и низкой солености он, как это показывают наши наблюдения, хорошо приспособлен.

Изрезанный рельеф литоральной зоны дробит волну и защищает крупные талломы фукуса от сильного гидродинамического удара. Однако заселение верхушек валунов не защищает растения от истирающего действия льда, поскольку при отливе под действием своей тяжести он обламывается [25] (рис. 3).

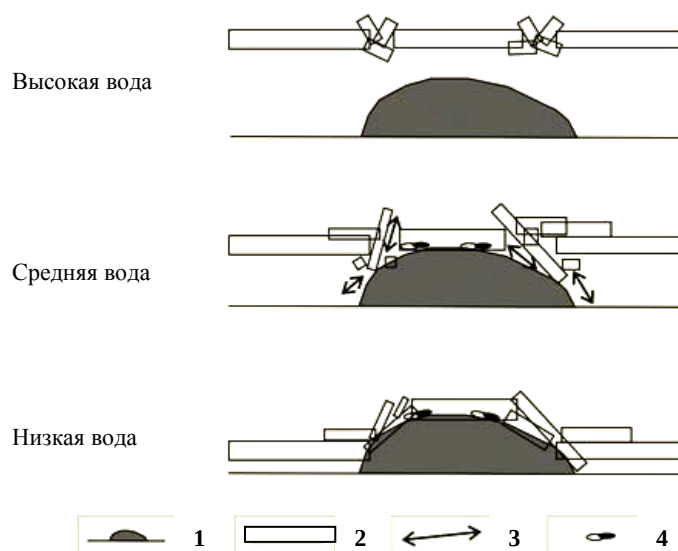


Рис. 3. Механизмы формирования ледяных шатров:
1 – валун в зоне литорали; 2 – припайный лед; 3 – направление движения воды в прилив и отлив;
4 – обломочный материал на поверхности валуна (по: [25])

Fig. 3. Mechanisms for the formation of ice tents:
1 – boulder in the littoral zone; 2 – fast ice; 3 – direction of the water movement during tide and ebb;
4 – clastic material on the surface of boulder [25]

При повышении уровня моря вода проникает в трещины и образует в их окрестности небольшие водоемы. Ледяной покров в окрестности приливных трещин деформирован [26]. В результате регулярных циклических сжатий его поверхность становится бугристой. Температура и соленость припая в подошве несколько ниже, чем у плавающего льда, поскольку плотный холодный рассол может вытекать из подошвы при понижении уровня моря. Таким образом, подошва припая предохраняет береговую зону от навалов льда на берег и его воздействия на морское дно [26].

Вертикальное распределение и распространение фукуса на морском дне, как и особенности формирования ледового припая, зависят от очертаний и рельефа берега, типа грунта [27–29]. Последние на литорали восточного побережья Авачинской губы представлены скалами, валунно-глыбовыми россыпями и валунами с подстилающим их песком, каменистой россыпью, галькой и щебнем.

Вдоль восточного побережья Авачинской губы наиболее распространены смешанные грунты. Валунная и каменистая полуприбойная литораль имеет достаточно широкое распространение на участке побережья, расположенном у основания сопки Мишенная. От СРМЗ до причала ООО «Акрос» (полигон 1) до судоремонтного завода (СРМЗ) (полигон 2). В последнем районе часто распространены смешанные грунты из одиночно разбросанных валунов, неокатанных камней, щебня и песка. Около 80% площади литорали представлены здесь подвижными песчаными, галечно-песчаными грунтами с отдельными камнями. В нижней литорали у СРМЗ на каменистых и скальных грунтах фукус имеет хорошо выраженное поясное распределение. При этом он формирует достаточно широкий пояс, проективное покрытие которого может достигать 60–70%. Пояс фукуса распространен здесь также в сублиторальной кайме и на глубинах до 3,5 м.

Грунты на литорали бух. Петропавловский ковш (полигон 3) претерпели антропогенную трансформацию, в результате чего здесь наблюдается сильное заиление дна, обильное развитие мидий, дно загрязнено промышленным и бытовым мусором. Заросли фукуса здесь приурочены к плотным поселениям мидий и антропогенным грунтам: обломкам древесины, бетонным плитам, канатам, покрышкам автомобилей. Однако в Петропавловском ковше он смывается с ракушника волнами кильватерных следов базирующихся там судов. На литорали м. Санникова (полигон 4) грунты представляют собой смесь песка, щебня, отдельных разбросанных камней, промышленного и бытового мусора. Достаточно часто здесь встречаются скалистые, мелко- и крупновалунные грунты. Именно на них формируются плотные поселения фукуса. С середины ноября до конца апреля у м. Санникова присутствует ледовый припай, повреждающий слоевища фукуса. Бух. Завойко (полигон 5) имеет форму подковы, к ней прилегает пологая заболоченная равнина. В юго-западной части бухты располагается плоская скала, сложенная породами вулканического происхождения. От скалы к западу хаотично разбросаны невысокие плоские валуны, на которых в весенне-осенний период хорошо развивается фукус. Во время весенних штормов вмерзшие в лед его кустики истираются льдами и замываются песком.

Литоральная зона у м. Восточного (полигон 6) умеренно-прибойная. Ее верхний горизонт сложен песками, средний и нижний – валунно-глыбовыми россыпями, протяженность которых составляет около 300 м. Для этого района характерны нависающие скальные прижимы 30–75 м высоты, имеющие дальнейшее постепенное понижение. Фукус здесь представлен небольшими куртинами и единичными растениями, произрастающими на глыбах и валунах в нижнем горизонте литорали. Крупные волны здесь гасятся малыми глубинами, поэтому литораль у м. Восточный испытывает меньшую, чем у открытых морских побережий, гидродинамическую нагрузку. Большую часть зимы она бывает покрыта припайным льдом. В период проведения исследований в большом количестве здесь присутствовали плавающие льды. Частые шторма в этом районе взламывают лед, образуя торосы. Вмерзший в лед фукус уносится отсюда в море.

Береговой пляж у м. Маячный (полигон 7) узкий, преимущественно каменистый. Его протяженность не более 200–250 м. Он прерывается высокими, обрывистыми, отрицательно склоненными скалами. В их подножье имеются прибойные желоба и ниши, выработанные морским прибоем. На валунах, разбросанных вдоль пляжной зоны, заросли фукуса весьма разрежены. Из-за многократного отражения приливных волн от скалы возникают сложные турбулентные потоки, препятствующие обильному развитию фукуса. Как показали наши наблюдения, в таких местах он появляется в летнее время, а осенью и зимой полностью уничтожается штормами и льдами.

Как было сказано выше, у восточного побережья Авачинской губы встречаются подвижные льды, свободно плавающие на поверхности моря, и припайный лед, прикрепленный к берегу. Подвижный лед, контактируя с прибрежным субстратом, вызывает повреждения бентоса. Припайный лед, напротив, защищает его и поверхность литорали от напора плавучих льдов. Воздействие льда на обитателей литорали не ограничивается механическим истиранием. В начале ледостава при значительном понижении температуры воздуха в отлив на поверхности субстрата образуется ледяная корка, покрывающая все, в том числе и макрофиты, как это показано на рис. 4. Во время прилива из-за контакта с более теплой водой, ледяная корка тает. Но процесс таяния занимает определенное время, и пока корка над растениями не растает полностью, они остаются не покрытыми морской водой. В этом случае для них увеличивается время осушки, что сказывается на них негативно. Время таяния ледяной корки определяется ее толщиной, температурой воды и воздуха. В предельном случае она не успевает растаять к новому отливу и с каждым приливо-отливным циклом только нарастает. Грунт верхнего горизонта литорали иногда не контактирует с водой в течение всего ледового сезона, так как на мелководье ледяная корка утолщается и подошва припая примерзает к грунту.



Рис. 4. Литораль во время отлива у мыса Санникова:
1 – камень с растущими на нем водорослями, покрытый сплошной коркой льда,
2 – вмерзание в лед слоевищ фукуса

Fig. 4. Littoral zone near Cape Sannikova during the low tide:
1 – a stone with attached algae covered with a solid crust
of ice; 2 – *Fucus thalli* frozen in the ice

При увеличении глубины ледяная корка, становясь достаточно толстой, всплывает, образуя основную часть припая, находящуюся во время прилива на плаву. Поверхностный слой грунта, соприкасающийся с подошвой ледяной корки, при этом может оторваться от поверхности дна вместе с его обитателями. Так, например, выдергиваются возвышающиеся над субстратом макрофиты. Пока корка тонкая, в отлив она каждый раз вновь ложится на дно и может повторно примерзнуть к поверхности слоевища.

Припай по мере утолщения становится менее гибким и в отлив соприкасается с дном только в определенных точках. Поэтому механическое воздействие льда уменьшается и становится даже положительным, поскольку по мере нарастания толщины льда улучшается его термоизолирующая функция. Он способствует сохранению на дне воды, стабилизирует температурный режим, предохраняет растения от иссушающего и замораживающего воздействия холодного атмосферного воздуха.

В ходе проведения зимних исследований мы неоднократно наблюдали, как при взламывании припая куски льда вместе с растениями захватывают и переносят на другое место фрагменты жесткого подвижного грунта. При «отчаливании» припая от берега он может захватывать с собой даже достаточно крупные вмерзшие в него камни и небольшие валуны (рис. 5). Прежде чем камень отвалится, льдина может отплыть достаточно далеко и «причалить» его на большой глубине. Однако чаще всего они оказываются на верхнем горизонте литорали.



Рис. 5. Бухта Сероглазка:
1 – вмерзшие в лед камни и небольшие валуны,
2 – одиночное слоевище фукуса, принесенное дрейфующим льдом.

Fig. 5. Seroglazka bay:
1 – rocks and small boulders frozen in the ice;
2 – *Fucus* plant brought by drifting ice

Возможность возникновения надвигов ледяного припая на берега Авачинской губы зависит от скорости ветра, дистанции накопления ветровых напряжений и ширины подошвы припая, зависящей от угла дна и осадки припая. Ширина подошвы припая увеличивается при понижении уровня моря и уменьшается при его повышении. Поэтому наиболее благоприятные условия для навалов льда на берег создаются при максимальном уровне воды сизигийного прилива. Подвижки припая усиливают травмирование и механическое истирание вмерзших в лед растений, особенно растущих на вершине валунов. Это хорошо видно после схода льда (рис. 6).

При небольших наклонах дна надвиги льда на берег возможны в течение первого месяца нарастания припая, при ветрах порядка 20 м/с и толщине льда менее 20 см. Преобладание в этот период ветров северо-восточного направления, со скоростью до 20 м/с и выше, указывает на большую вероятность выдавливания льда на берег в районе, расположенном между СРМЗ причалами ООО «Акрос». Именно здесь мы наблюдали активный разнос сорванных верхушек ветвей с рецептакулами или целых растений и их нахождение в местах, где фукус ранее отсутствовал. Эти наблюдения однозначно свидетельствуют об активном участии льда в миграционном перемещении «фукусового материала» вдоль побережья Авачинской губы.

Для того чтобы выяснить роль этого материала в расселении и сохранении вида, авторы работы изучили биологию развития *F. distichus* subsp. *evanescens*, в частности сезонную ритмику его размножения. Частично данные этих исследований были представлены в наших работах, описывающих развитие в течение года меченых растений [30]. В этих работах показано, что фукус начинает размножение на первом году жизни путем последовательной закладки рецептакулов на верхушках дихотомических ветвей третьего и последующих порядков и что закладка и созревание его половых продуктов, оплодотворение яйцеклеток и рассеивание зигот происходит в течение практически всего теплого периода года. Под зиму многие растения, начавшие свое развитие в первую половину года, уходят со сформированными концептакулами, содержащими половые продукты с разной степенью зрелости.

Для того чтобы определить, каким образом на дальнейшее развитие растений влияет отрицательная зимняя температура, растения, собранные в природной среде, содержали в лабораторных культурах при отрицательной температуре и освещенности, соответствующей таковой в природной среде в зимнее время. У этих растений не реже одного раза в неделю в ходе микроскопических исследований определялось состояние зрелости половых продуктов. Отдельно изучалось развитие в тех же условиях содержания лабораторных культур зигот фукуса. Проведенные исследования показали, что в условиях, имитирующих таковые в зимний период, развитие половых продуктов продолжается, и в результате оплодотворения яйцеклеток на седьмой день, зиготы превращаются в 8–10-клеточные проростки. Через 48 дней культивирования они едва достигают 1,1–1,2 мм. Чтобы достичь длины 1 см, им требуется около 150 дней.

Развитие половых продуктов и их выход из рецептакулов, судя по полученным нами данным, продолжается практически до конца декабря. Можно предполагать, что до ледостава и во время декабрьских подвижек льда происходит их рассеивание и разнос льдинами. С января по май случаев массового выхода зигот за период исследований не наблюдали. В это время происходила миграция «фукусового материала» с помощью плавающего льда. При этом некоторые растения оставались сцепленными с галькой и небольшими камнями. Можно предполагать, что кроме них на дрейфующем грунте, вмерзшем в плавающий лед, вдоль берега переносились прикрепленные к камням жизнеспособные зиготы фукуса и таким образом «фукусовый материал» доставлялся в места, где ранее заросли фукуса отсутствовали.

Чтобы проверить восприимчивость фукуса, произрастающего в Авачинской губе в условиях сильного антропогенного загрязнения, к воздействию низких температур, отдельные растения со зрелыми рецептакулами подвергали шоковой заморозке при температуре минус 18°C и хра-



Рис. 6. Травмированные кустики фукуса после схода льда

Fig. 6. Injured *Fucus* plants after the descent of ice

нили в холодильнике при той же температуре в течение недели. После разморозки и помещения их в питательную среду на вторые сутки в чашках Петри появились вышедшие из них зиготы. Проведенный эксперимент показал, что замораживание растений не отражается на его способности к воспроизводству.

Чтобы выяснить, насколько стабильны границы сообществ фукуса, какова его способность к расселению и колонизации новых субстратов и происходит ли у него массовая элиминация отцветавших растений, с 2016 по 2018 гг. в разных районах побережья проводились наблюдения за изменением площадей дна, в пределах которых встречались представители *F. distichus* subsp. *evanescens*. Их измерение вели ежемесячно с апреля по декабрь согласно приведенной выше методике.

Результаты, полученные в ходе этих исследований в районе побережья, расположенном в районе м. Сероглазка – СРМЗ и в Петропавловском ковше, представлены в табл. 2.

Таблица 2

Помесячные изменения площади распространения *Fucus distichus* subsp. *evanescens* в районе побережья бух. Сероглазка – Судоремонтный завод и Петропавловский ковш в 2016–2018 гг.

Monthly changes of distribution area of *Fucus distichus* subsp. *evanescens* located along the coast of the Seroglazka bay – the shipyard and the Petropavlovsky kovsh bay in 2016–2018

Год	Месяц								
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Район побережья бух. Сероглазка – СРМЗ									
2016	1078,12	1078,12	1203,3	1221,3	1221,3	2245,0	2301,0	2301,0	2214,2
2017	2056,0	2839,0	2839,0	3040,3	3040,3	3040,0	3048,0	3048,0	3048,0
2018	2021,33	–	–	–	–	–	–	–	–
Район Петропавловского ковша									
2016	214,12	214,12	278,0	292,0	320,0	320,0	111,0	24,0	0,5
2017	0,0	0,1	0,1	1,37	1,37	2,1	2,1	2,1	2,0
2018	0,32	–	–	–	–	–	–	–	–

Анализ данных, приведенных табл. 2, показывает, что у обоих участков побережья площадь, занятая фукусом, с апреля по декабрь изменялась. В 2016 г. в районе побережья бух. Сероглазка – СРМЗ с апреля по начало ноября она постепенно возрастала. К концу ноября – началу декабря она резко увеличилась за счет того, что к этому времени на литорали в массовом количестве появились молодые проростки фукуса из зигот, осевших в летне-осеннее время. Они заняли новые площади дна в верхнем и нижнем горизонтах осушной зоны и распространились далеко вдоль береговой линии в сторону м. Сероглазка. Этому способствовали направленные к нему приливные течения, несущие оплодотворенные яйцеклетки фукуса.

После зимы к началу нового вегетационного сезона большинство этих растений погибли. Об этом свидетельствует резкое сокращение площади расселения фукуса к апрелю 2017 г. В течение всего 2017 г. популяция фукуса достаточно постепенно расширяла границы своего обитания. Скачок увеличения занятой ею площади произошел в мае и затем в начале июля, когда она увеличилась сначала на 783 м², а затем на 201 м². Это мы также связываем с успехом массового весеннего размножения фукуса и растянутым вплоть до начала июля появлением сеголетних растений. Холодной зимой 2018 г. припай занимал все восточное побережье Авачинской губы. Активное судоходство к причалам ОАО «Океанрыбфлот», ООО «Акрос» и штормовые взломы припая привели к уменьшению площади, занятой фукусом. Так, к апрелю 2018 г., по сравнению с декабрем 2017 г., площадь, занятая фукусом, уменьшилась на 1026,67 м².

Район Петропавловского ковша является одним из самых загрязненных в Авачинской губе. Здесь постоянно плавают нефтяные пленки и губительные для водорослей пятна мазута. Проведенные нами исследования показали, что здесь, тем не менее, существуют эфемерные заросли фукуса. Судя по всему, сюда достаточно регулярно заносятся его зиготы или оторванные растения. Однако формированию в Петропавловском ковше постоянного поселения вида препятствуют воздействие льда. Это видно по тому, что 2016 г. к октябрю заросли фукуса резко сократились, в декабре это были лишь единичные куртины на площади 0,5 м². В течение зимы они погибли. В результате заноса сюда новых растений к началу декабря 2017 г. фукус расселился на площади 2 м². К апрелю 2018 г. фукус был найден только на больших камнях, которые от воздействия льда были прикрыты строительными плитами. Общая площадь фукуса уменьшилась на 1,68 м². Таким образом, условия, благоприятные для разрушения припайного льда (активное судоходство, прилив, отжимной ветер), способствуют почти полному уничтожению фукуса.

В бух. Завойко и у м. Санникова фукус развивался иначе (табл. 3). В 2016 г. с апреля по август в бух. Завойко его площадь за счет появления молодых проростков увеличилась с 53,14 до 194,78 м², а у м. Санникова – от 309,3 до 456 м². Затем за счет гибели молодых проростков и элиминации растений, завершивших свое развитие, она стала сокращаться. В 2017 г. в обоих районах площадь, на которой встречались растения фукуса, была относительно постоянной.

Таблица 3

Помесячные изменения площади распространения *Fucus distichus* subsp. *evanescens* в бухте Завойко и у мыса Санникова в 2016–2018 гг.

Monthly changes of distribution area of *Fucus distichus* subsp. *evanescens* in the Zavoiko bay and at Cape Sannikova in 2016–2018

Год	Месяц								
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Бух. Завойко									
2016	53,14	53,14	157,34	176,9	194,78	194,78	125,12	103,1	68,82
2017	52,08	54,37	54,37	53,5	54,18	55,11	55,11	43,38	34,17
2018	0,0	–	–	–	–	–	–	–	–
Мыс Санникова									
2016	309,3	309,3	316,0	456,0	465,0	465,0	459,0	459,0	67,0
2017	0,0	0,6	0,6	2,75	2,75	2,75	3,35	3,35	3,35
2018	3,21	–	–	–	–	–	–	–	–

Отметим, что у м. Санникова поздней осенью имела место массовая гибель растений, и зиму ни одно из них не пережило. В начале мая здесь появились сеголетки, а к началу декабря они распространились уже на площади 3,35 м². К апрелю 2018 г. в бух. Завойко фукус полностью исчез. Он был истерт льдами и замывт песком. Характерное расположение м. Санникова, отсутствие судоходства и сильных течений, не способствует сильному переносу и выдавливанию плавающего льда на припайный лед. Он практически всю зиму остается неподвижным. На литорали м. Санникова к апрелю 2018 г. уменьшения площади, в пределах которой встречался фукус, не произошло. Результаты, полученные в ходе этих исследований, проведенных в районе побережья бух. Завойко и м. Санникова, представлены в табл. 3.

Мысы Восточный и Маячный достаточно удалены от внутренней части Авачинской губы. Последний является входным мысом. Заросли фукуса в горле Авачинской губы, по крайней мере, у восточного берега, повсеместно отсутствуют. Стабильная популяция фукуса здесь, как это можно видеть из данных, представленных в табл. 4, отсутствует. В течение 2016 г. его не было ни у одного из указанных выше мысов. Первые проростки фукуса появились здесь в мае 2017 г. Можно предполагать, что зиготы, из которых они выросли к этому времени до видимых размеров, появились здесь раньше, в марте или апреле, когда через горло губы выносился дрейфующий лед. В апреле 2018 г. фукус на мысах Восточный и Маячный отсутствовал, будучи истерт льдом.

Результаты изучения динамики площадей дна, занятых фукусом у мысов Восточный и Маячный, представлены в табл. 4.

Таблица 4

Помесячные изменения площади распространения *Fucus distichus* subsp. *evanescens* у мысов Восточный и Маячный в 2016–2018 гг.

Monthly changes of distribution area of *Fucus distichus* subsp. *evanescens* at Cape Vostochny and Cape Mayachny in 2016–2018

Год	Месяц								
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Мыс Восточный									
2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2017	0	0,4	0,4	1,58	1,58	2,01	2,01	1,12	0,87
2018	0	–	–	–	–	–	–	–	–
Мыс Маячный									
2016	0	–	0	0	0	0	0	0	0
2017	0	1,2	1,2	5,72	5,81	5,81	5,81	5,81	4,71
2018	0	–	–	–	–	–	–	–	–

Заключение

Результаты проведенных исследований позволяют говорить, что площадь поселения фукуса в Авачинской губе подвергается значительным изменениям. В значительной мере это происходит под воздействием припайного и плавучего льда. Его негативное воздействие на растительность выражается в истирающем воздействии, блокировании доступа к растениям, особенно произрастающим в верхнем горизонте литорали, морской воды в случае соприкосновения подошвы припайного льда с грунтом, снижении уровня освещенности, создании условий повышенной солености воды, находящейся подо льдом. В этих условиях *Fucus distichus* subsp. *evanescens* сохраняет свою жизнеспособность. Низкие температуры не являются препятствием для его роста и развития органов размножения, хотя скорость этого развития по сравнению с таковой в теплый период года заметно замедляется.

Расселение фукуса вдоль побережья в холодное время года в значительной мере осуществляется посредством переноса сорванных растений, их частей и прикрепленных к дрейфующему грунту ювенильных проростков. Таким образом, лед оказывает не только отрицательное воздействие на состояние литоральных зарослей фукуса, но и способствует освоению новых участков дна и, в конечном счете, возобновлению и сохранению его популяций.

Литература

1. Guiry M.D., Guiry G.M. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. – URL: <http://www.algaebase.org> (Accessed on: 30.04.2018).
2. Чмыхалова В.Б. Развитие бурой водоросли *Fucus evanescens* Ag. в прикамчатских водах: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Петропавловск-Камчатский, 2005. – 25 с.
3. Суховеева М.В., Подкорытова А.В. Промысловые водоросли и травы морей Дальнего Востока: биология, распространение, запасы, технология переработки. – Владивосток, 2006. – 243 с.
4. Петров Ю.Е. Размножение и циклы развития водорослей // Жизнь растений: Т. 3. Водоросли и лишайники. – М.: Просвещение, 1977. – С. 38–43.
5. Воскобойников Г.М. Технология плантационного выращивания макрофитов в Баренцевом море: многофункциональная направленность // Инновационный потенциал Кольской науки. – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2005. – С. 284–288.
6. Рыжик И.В., Макаров М.В., Воскобойников Г.М. Физиологическое состояние литоральных бурых водорослей *Fucus serratus* Linnaeus, 1753 и *Fucus distichus* Linnaeus, 1767, произрастающих на плантации-биофилтре в Баренцевом море // Биология моря. – 2014. – Т. 40, № 2. – С. 131–136.
7. Quatrano R.S. Gamete release, fertilization, and embryogenesis in the Fucales // Handbook of Phycological Methods: Developmental and Cytological Methods, E. Gantt, ed. – Cambridge: Cambridge University Press, 1980. – P. 60–68.
8. Motomura T. Electron and immunofluorescence microscopy on the fertilization of *Fucus distichus* (Fucales, Phaeophyceae) // Protoplasma. – 1994. – Vol. 178. – P. 97–110.
9. Лаврушин Ю.А., Гентнер А.Р., Голубев Ю.К. Ледовый тип седиментно- и литогенеза. – М.: Наука, 1986. – 156 с.
10. Левитан М.А., Лаврушин Ю.А., Штайн Р. Очерки истории седиментации в Северном Ледовитом океане и морях Субарктики в течение последних 130 тыс. лет. – М.: ГЕОС, 2007. – 404 с.
11. Nurnberg I.D., Wollenburg I., Dethleff D. et. al. Sediments in Arctic sea ice: Implications for entrainment, transport and release // Marine geology. – 1994. – V. 199. – P. 185–214.
12. Чувардинский В.Г. Геолого-геоморфологическая деятельность припайных льдов (по исследованиям в Белом море) // Геоморфология. – 1985. – № 3. – С. 70–83.
13. Шуйский Ю.Д., Огородников В.И. Условия осадконакопления и основные закономерности формирования гранулометрического состава терригенных осадков Чукотского моря // Литология и полезные ископаемые. – 1981. – № 2. – С. 11.
14. Тарасов Г.А. Количественная оценка терригенных включений морского льда в прибрежной зоне Баренцева моря // Докл. АН СССР. Сер. геол. – 1981. – Т. 256, № 4. – С. 936–939.
15. Огородов С.А. Роль морских льдов в динамике береговой зоны арктических морей // Водные ресурсы. – 2003. – Т. 30, № 5. – С. 555–564.

16. Березовская В.А. Авачинская губа. Гидрохимический режим, антропогенное воздействие. – Петропавловск-Камчатский: КГАРФ, 1999. – 156 с.
17. Дмитриев В.Д., Ежов Б.В. К вопросу о происхождении Авачинской губы // Вопросы географии Камчатки. – 1977. – Вып. 7. – С. 45–48.
18. Савич В.П. Альгологический обезд Авачинской губы в мае 1909 г // Тр. Камчатской экспедиции Ф.Б. Рябушинского. Бот. отд. – 1914. – Вып. 2. – С. 451–472.
19. Ключкова Н.Г., Березовская В.А. Макрофитобентос Авачинской губы и его антропогенная деструкция. – Владивосток: Дальнаука, 2001. – 208 с.
20. Климова А.В., Ключкова Т.А. Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. – 2014. – Вып. 35. – С. 6–2.
21. Климова А.В., Кашутин А.Н. Ранее развитие Камчатских *Fucus evanescens* (Phaeophyceae, Fucales) в условиях лабораторного культивирования // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2016. – Вып. 37. – С. 50–56.
22. Богородский П.В., Марченко А.В., Пнюшков А.В. Особенности формирования припайного льда в береговой зоне замерзающих морей // Проблемы Арктики и Антарктики. – 2007. – № 77. – С. 17–27.
23. Ice gouging in Baydaratskaya Bay of the Kara Sea: field studies and numerical simulations / A.V. Marchenko, S.A. Ogorodov, A.V. Shestov, A.S. Thsvetsinsky // Recent development of Offshore Engineering in Cold Regions. – Dalian: Dalian University of Technology Press. 2004. – P.747–759.
24. Георгиев А.А. Диатомовые водоросли-обрастатели // Природа. – 2013. – № 2. – С. 109.
25. Динамика ледового покрова и особенности ледового переноса осадочного материала на приливных осушках Кандалакинского залива Белого моря / Ф.А. Романенко, Т.Ю. Репкина, Л.Е.Ефимова, А.С. Булочникова // Океанология. – 2012. – Т. 52, № 5. – 774 с.
26. Деев М.Г. Морские льды. – М.: Мир, 2002. – 213 с.
27. Гурьянова Е.Ф., Закс И., Ушаков П. Литораль западного Мурмана // Исследования морей СССР. – 1930. – Вып. 11. – С. 47–104.
28. Кусакин О.Г. Некоторые закономерности распределения фауны и флоры в осушной зоне Южных Курильских островов // Исследования дальневосточных морей СССР. – 1961. – Вып. 7. – С. 312–343.
29. Кусакин О.Г. Состав и распределение макробентоса в осушной зоне о-ва Симушир Курильской гряды // Прибрежные сообщества дальневосточных морей. – Владивосток: АН СССР, 1976. – С. 44–54.
30. Климова А.В., Кашутин А.Н. Камчатская бурая водоросль *Fucus distichus* f. *evanescens* как перспективный объект марикультуры // Перспективы рыболовства и аквакультуры в современном мире: материалы III научной школы молодых ученых и специалистов по рыбному хозяйству и экологии, с международным участием, посвященной 140-летию со дня рождения К.М. Дерюгина (15–21 апреля 2018 г, Москва-Звенигород). – М.: ВНИРО, 2018. – С. 99.

Информация об авторах Information about the authors

Кашутин Александр Николаевич – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский, аспирант; Kashutin-an@yandex.ru

Kashutin Aleksandr Nikolaevich – Kamchatka State Technical University; Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia, 683003; Postgraduate; Kashutin-an@yandex.ru

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

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

Ключкова Татьяна Андреевна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; доктор биологических наук, доктор философии и биологии (Ph.D.); профессор кафедры экологии и природопользования; tatyana_algae@mail.ru

Klochkova Tatyana Andreevna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Biological Sciences; Doctor of Philosophy in Biology (Ph.D.); Professor of Ecology and Nature Management Chair; tatyana_algae@mail.ru

УДК.595.384.12(265.51+265.52)

Е.М. Ненашева, В.Е. Кириченко**ПАУКИ (ARACHNIDA: ARANEI) – ОБИТАТЕЛИ ПОЧВЕННОГО ЯРУСА
БЫСТРИНСКОГО ПРИРОДНОГО ПАРКА**

В работе рассматривается фауна пауков – обитателей различных биотопов почвенного яруса Быстринского природного парка. В результате анализа коллекции пауков, собранных в течение полевого сезона 2015 года, впервые описаны таксономический состав и пространственная структура герпетобионтного аранеокомплекса данной территории. Выявлено 66 видов из 8 семейств, обитание которых в значительной степени связано с почвенным ярусом. Дано экологическое объяснение наблюдаемого фаунистического состава пауков.

Ключевые слова: пауки, почвенный ярус, Быстринский природный парк, биотопы, фаунистическое сходство.

E.M. Nenasheva, V.E. Kirichenko**SPIDERS (ARACHNIDA: ARANEI) – INHABITANTS OF THE SOIL LAYER
OF BYSTRINSKY NATURE PARK**

The paper considers the fauna of spiders – inhabitants of various biotopes of the ground level of the Bystrinsky Nature Park. As a result of the analysis of the collection of spiders collected during the field season of 2015, the taxonomic composition and spatial structure of the herpetobiont araneocomplexes of the given territory has been described for the first time. 66 species from 8 families have been identified; their habitat is largely related to the ground level. The ecological explanation of the observed faunistic composition of spiders is given.

Key words: spiders, soil level, Bystrinsky Nature Park, habitats, faunal similarities.

DOI: 10.17217/2079-0333-2018-44-100-108

Пауки (Arachnida: Aranei) – одна из основных групп почвенных хищных беспозвоночных, которые контролируют трофические связи в почвах большинства экосистем умеренной зоны благодаря своему высокому видовому разнообразию и обилию. Комплексное изучение фауны пауков природных парков Камчатки проводится первым автором с 2012 г. Исследование и инвентаризация этой группы животных впервые осуществляется для региона после более чем 80-летнего перерыва. На территории современного Быстринского природного парка исторически зафиксированные находки пауков были разовыми, упоминания о них встречаются только в немногочисленных ранних фаунистических работах [1, 2], посвященных описанию видового состава аранеофауны центральной части Камчатки. В 1980-е годы на территории Быстринского района занималась коллектированием пауков Т.В. Павленко, но, к сожалению, ее коллекции и описания не сохранились, хотя в ряде случаев на ее материал имеются ссылки в таксономических сводках [3].

Во время полевого сезона 2015 г. в рамках программы немецкого природоохранного Фонда им. М. Хермзена волонтером природного парка «Вулканы Камчатки» В.И. Лобановой из почвенных ловушек на грызунов была выбрана и передана авторам небольшая коллекция пауков – обитателей почвенного яруса из 12 локалитетов на территории Быстринского природного парка, что и послужило материалом для настоящей работы.

Краткая характеристика района проведения исследований

Природный парк «Быстринский» с 1996 г. входит в Список Всемирного природного наследия ЮНЕСКО. Территория природного парка находится в центральной части Срединного хребта Камчатки. Основная часть парка лежит в горной и лесной (в т. ч. лесокустарниковой) зонах Срединного хребта, а небольшая часть – в пределах лесно-тундрово-болотной Западно-Камчатской низменности. Срединный хребет отделен от Козыревского и Быстринского хребтов крупным

разломом, по которому протекают реки Анавгай и Быстрая – Козыревская. Рельеф парка очень разнообразен; его основные элементы складываются из обширных лавовых плато, расчлененных речными долинами, плоских столовых гор, ограниченных крутыми уступами, и вулканических построек. В парке хорошо развита гидрографическая сеть. Реки в основном горные с порогами и водопадами; озёра многочисленны, по преимуществу торфяные, образующие скопления на заболоченных низменностях, и ледниковые.

В границах Быстринского природного парка преобладают вулканические почвы с низким содержанием гумуса (на геологически свежих вулканических отложениях), слоисто-пепловые и тундровые – на удалении от вулканов. В мелколиственных лесах преобладают охристые вулканические, иллювиально-гумусовые, пойменные почвы [4].

На восточных склонах Срединного хребта произрастают хвойные леса с преобладанием лиственницы Каяндера (*Larix kamtschatica*) и ели аянской (*Picea ajanensis*), к западу – каменноберезняки. Лиственничные леса располагаются в долинах рек Быстрая, Анавгай, Козыревка на аллювиальных наносах рек, по склонам террас и холмистым склонам предгорий, поднимаясь на высоту до 300–400 м над уровнем моря. Ель аянская занимает равнинные и всхолмленные местоположения в долине реки Козыревки. Чистые ельники редки – чаще ель произрастает в смеси с лиственницей, белой березой, ивой. Белая береза, как правило, тоже не образует чистых древостоев или занимает небольшие площади. Кроме болотистого западного побережья, вся территория парка занята представителями типичной горной растительности охотского типа: основная порода – каменная береза – распространена на всей территории и поднимается до высоты 600–750 м над уровнем моря. Значительная часть территории занята зарослями кедрового и ольхового стлаников. В более возвышенной части парка развита притихоокеанская горная тундра в сочетании с зарослями вересковых кустарников и кустарничков, а также – с горными лугами. Для скал и осыпей характерна разреженная растительность.

Материал и методика

Сбор обитателей почвенного яруса проводился при помощи почвенных ловушек стандартного типа (ловушки Барбера). В каждом биотопе было установлено по 10 ловушек (пластиковые стаканы диаметром 100 мм, емкостью 500 мл), в качестве фиксатора использовался тосол. Необходимо сделать оговорку, что использование единственного метода сбора материала в случае данного исследования обусловлено тем, что коллектирование пауков явилось побочным результатом при сборе биологического материала по мелким почвенным позвоночным в исследовании В.И. Лобановой. Изъятых из ловушек особей пауков при разборе проб фиксировали в 80%-ном этиловом спирте и этикетировали. В целом переданная коллекция насчитывает около 1200 экз. пауков в разной степени сохранности (в т. ч. неполовозрелых, видовую принадлежность которых с уверенностью определить было сложно, поэтому они определялись с точностью до рода). За период исследования было в целом отработано около 800 ловушко-суток. Краткая характеристика участков, на которых проводились учеты, приведена в табл. 1, географическая привязка отражена на рис. 1.

Таблица 1

Краткая характеристика точек сбора биологического материала

№ п/п	Локалитет	Координаты	Биотоп	Время отбора проб
1	р. Большая Романовка	N 55°35'53'' E 158°55'15''	Ельник хвощово-папоротниковый; злаковый луг	июль 2015 г.
2	р. Кетачан	N 55° 27'56'' E 157°44'25''	Каменноберезовый лес; тундра	июнь 2015 г.
3	оз. Галямаки	N 55°41'15'' E 158°46'18''	Разнотравный луг; тундра	июль 2015 г.
4	р. Козыревка	N 55°36'47'' E 158°51'59''	Ельник хвощово-папоротниковый; злаковый луг	июль 2015 г.
5	р. Быстрая	N 55°55'19'' E 158°42'49''	Лиственничный лес	июль-август 2015 г.
6	р. Бабав	N 55°39'13'' E 157°56'48''	Тундра; пойменный луг	июнь 2015 г.
7	г. Гигилен	N 55°44'59'' E 157°51'49''	тундра	июль 2015 г.

Окончание табл. 1

№ п/п	Локалитет	Координаты	Биотоп	Время отбора проб
8	оз. Арбунат	N 55°31'50'' E 157°38'07''	Пойменный луг; тундра	Июнь – июль 2015 г.
9	р. Уксичан	N 55°55'39'' E 158°40'50''	Пойменный луг	Июль – август 2015 г.
10	оз. Тымкыгытгын	N 55°30'22'' E 157°38'30''	Пойменный луг	июль 2015 г.
11	оз. Мелкое	N 55°39'46'' E 158°49'19''	Разнотравный луг	июль 2015 г.
12	оз. Ангрэ	N 55°30'54'' E 157°40'41''	Разнотравный луг	июнь 2015 г.

При анализе параметров видового разнообразия учитывались не только взрослые пауки, определенные до вида, но и неполовозрелые особи, определенные до рода и считаемые «псевдовидами» (согласно терминологии, принятой в некоторых современных фаунистических работах по группе [5]). Учет «псевдовидов» позволил нам точнее оценить экологическую роль разных семейств пауков в герпетобионтных сообществах, поскольку ювенильные особи составляют в локальных сообществах большинство, ведут образ жизни, сходный со взрослыми пауками, и учитываются теми же методами.

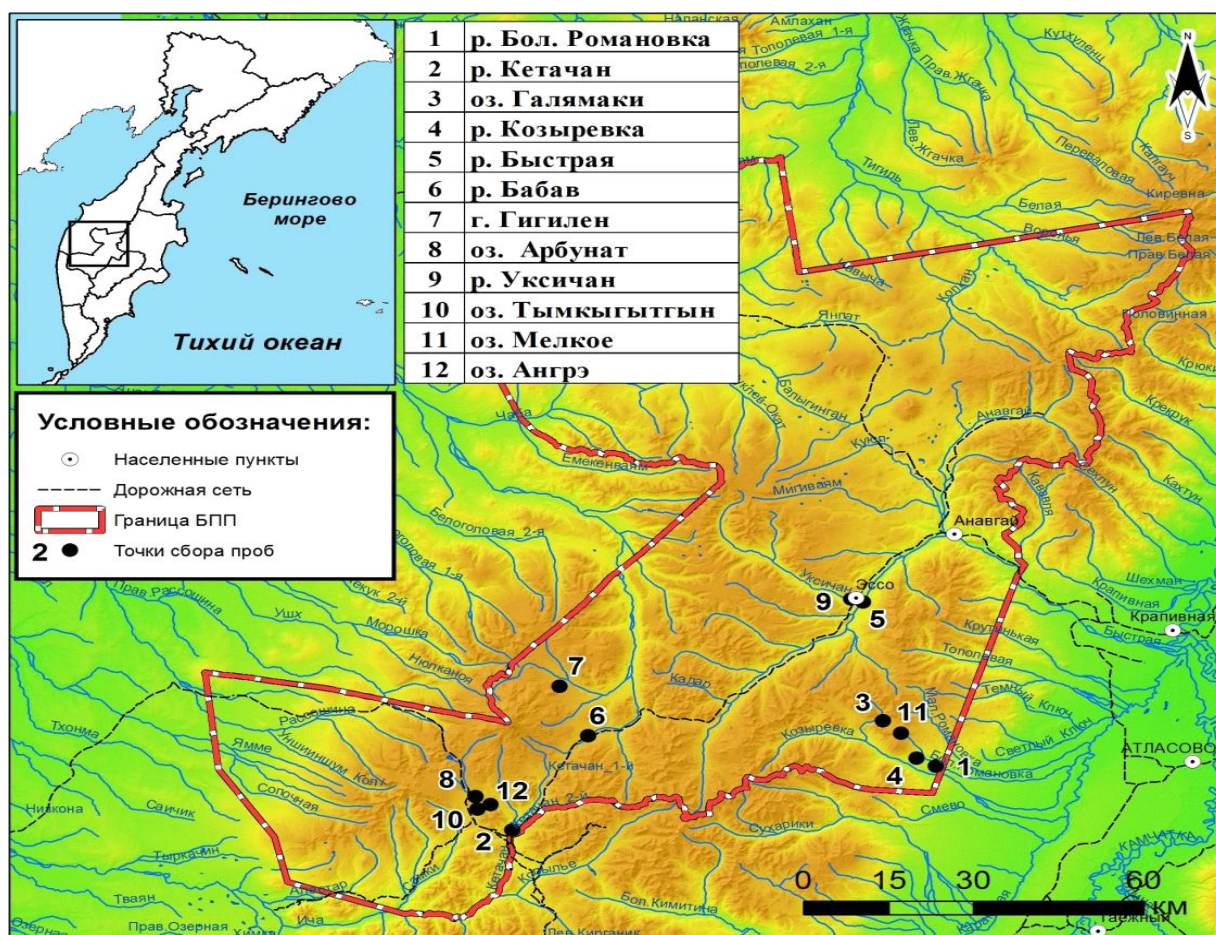


Рис. 1. Карта площадок сбора аранеофауны напочвенного яруса на территории Быстринского природного парка

Для выяснения видовой принадлежности пауков мы использовали ряд определителей [6–12], при определении некоторых видов, относящихся к сем. Linyphiidae, также дополнительно мы обращались к видовым очеркам [12–19]. Названия таксонов приводятся по современному систематическому положению [20].

Результаты и обсуждение

Результаты определения видовой принадлежности пауков, собранных в соответствующих биотопах, приведены в табл. 2. Суммарный состав герпентобионтной аранеофауны исследованных биотопов включает 66 видов из 46 родов и 8 семейств.

Таблица 2

Распределение пауков по исследованным биотопам

№ п/п	Вид	Тип ареала* / ландш.- зон. группа**	Биотоп***						
			1	2	3	4	5	6	7
Сем. Clubionidae Wagner, 1887									
1	Clubiona kulczynskii Lessert, 1905	ЦГ, БМ	++	++		+			
2	Clubiona latericia Kulczyński, 1926	ТПА, ГАБ	+	+	+	++	++		
3	Clubiona riparia L. Koch, 1866	СН, Б	++			+	+		
Сем. Dictynidae O. Pickard-Cambridge, 1871									
4	Dictyna arundinacea (Linnaeus, 1758)	ЦГ, БН	+	+	+	+	+		
5	Dictyna major Menge, 1869	ЦГ, АБ		+			+	+	+
6	Dictyna schmidtii Kulczyński, 1926	С, Б	+			+	+		
Сем. Gnaphosidae Pocock, 1898									
7	Drassodes lapidosus (Walckenaer, 1802)	ТП, БМ		+	+	+			+
8	Drassodes simplex Kulczynski, 1926	ТП, ПЗ	+	+	+	+			
9	Gnaphosa leporina (L. Koch, 1866)	ТП, Б		+		+		+	+
10	Gnaphosa nigerrima L. Koch, 1877	ТП, АБ	++	+	+		++	+	
11	Gnaphosa sticta Kulczyński, 1908	ТП, БМ			+	+	+	+	+
12	Micaria pulicaria (Sundevall, 1831)	ЦГ, БН	+	+	+	+			
Сем. Hahniidae Bertkau, 1878									
13	Hahn timer glacialis Sorensen, 1898	ВСН, АБ		+	+		+	+	
Сем. Linyphiidae Blackwall, 1859									
14	Agyneta allosubtilis Loksa, 1965	СН, Б	+			+	+		
15	Agyneta similis (Kulczyński, 1926)	С, АБ	+	+	+		+	+	
16	Allomenaea dentisetis (Grube, 1861)	ВСН, БМ			+	+		+	+
17	Baryphma trifrons (O. Pickard-Cambridge, 1863)	СН, Б	+	+	+	+		+	
18	Bathyphantes gracilis (Blackwall, 1841)	ЦГ, ПЗ		+		+	+	+	+
19	Bathyphantes pogonias Kulczyński, 1885	ЗБ, ГАМ				+			
20	Bolyphantes alticeps (Sundevall, 1832)	ТП, БН	+	+	+		+		
21	Centromerus sylvaticus (Blackwall, 1841)	ЦГ, БН				+		+	+
22	Collinsia holmgreni (Thorell, 1872)	ЦГ, АА	+	+	+	+		+	+
23	Diplocentria rectangulata (Emerton, 1915)	ЦГ, Б	+		+			+	+
24	Diplocephalus sphagnicola Eskov, 1988	С, АА				+	+		+
25	Diplocephalus subrostratus (O. Pickard-Cambridge, 1873)	СН, Б	+	+		+			
26	Drapetisca socialis (Sundevall, 1832)	ТП, Н						+	
27	Erigone arctica (White, 1852)	ТПА, ПЗ		+	+	+			
28	Erigone atra Blackwall, 1833	ЦГ, ПЗ	+	+	+				
29	Erigone psychrophila Thorell, 1872	ЦГ, ПЗ				+	+		+
30	Estrandia grandaeva (Keyserling, 1886)	ЦГ, Б						+	+
31	Gnathonarium suppositum (Kulczyński, 1885)	СН, ПЗ	+	+	+				
32	Gnathonarium taczanowskii (O. Pickard-Cambridge, 1873)	СН, ПЗ			+	+			+
33	Hilaria herniosa (Thorell, 1875)	ЦГ, АБ				+			
34	Hypomma affine Schenkel, 1930	ЗБ, АА				+		+	+
35	Incestophantes camtschadalicus (Tanasevitch, 1988)	СН, ПЗ	+			+			
36	Islandiana falcifica (Keyserling, 1886)	ЦГ, АА	+	+	+	+	+	+	+
37	Lepthyphantes abiskoensis Holm, 1945	ТП, ПЗ		+	+				
38	Maso sundevalli (Westring, 1851)	ЦГ, БН	+	+				+	
39	Mughiphantes suffuses Strand, 1901	ТП, ПЗ	+	+	+	+	+	+	+
40	Neriere clathrata (Sundevall, 1830)	ЦГ, Н				+	+	+	+
41	Oreoneta frigida (Thorell, 1872)	ЦГ, АА				+		+	+
42	Oryphantes bipilis (Kulczyński, 1885)	С, Н	+	+	+			+	+
43	Perro camtschadalicus (Kulczyński, 1885)	ЗБ, ПЗ				+			
44	Phlathothrata parva (Kulczyński, 1926)	СН, ПЗ		+			+	+	
45	Porrhomma pygmaeum (Blackwall, 1834)	ТП, Н		+	+	+			+
46	Scotinotylus alienus (Kulczyński, 1885)	СН, АА		+	+	+	+	+	
47	Tenuiphantes menqei (Kulczyński, 1887)	ТП, Н	+				+	+	+

Окончание табл. 2

№ п/п	Вид	Тип ареала* / ландш.-зон. группа**	Биотоп***						
			1	2	3	4	5	6	7
48	<i>Tiso aestivus</i> (L. Koch, 1872)	ЦГ, ГАБ			+	+			+
49	<i>Tmeticus tolli</i> Kulczynski, 1908	С, ГАН		+	+	+		+	
50	<i>Walckenaeria lepida</i> (Kulczynski, 1885)	ЦГ, Б		+		+	+	+	+
Сем. Lycosidae Sundevall, 1833									
51	<i>Acantholycosa lignaria</i> (Clerck, 1758)	ТП, Н						+	+
52	<i>Alopecosa cuneata</i> (Clerck, 1758)	ТП, ПЗ		+		+	+	+	
53	<i>Alopecosa hirtipes</i> (Kulczynski, 1907)	ЦГ, БМ				+		+	
54	<i>Pardosa adustella</i> Roewer, 1951	С, Б	++	+	++	++	+	+	+
55	<i>Pardosa algens</i> (Kulczynski, 1908)	СН, ГАМ	+	+	+	+	+	+	
56	<i>Pardosa lapponica</i> (Thorell, 1872)	ЦГ, АБ		++		++		+	+
57	<i>Pardosa palustris</i> (Linnaeus, 1758)	ТПА, ПЗ	++	++	++	++	++	+	+
58	<i>Pardosa riparia</i> (C. L. Koch, 1833)	ТП, Н	++	+	+	++	++	+	+
59	<i>Pardosa schenkeli</i> Lessert, 1904	ТП, Б			+		+		+
60	<i>Pardosa tesquorum</i> (Odenvall, 1901)	СН, АБ	+	+	++	++			+
61	<i>Pirata praedo</i> Kulczynski, 1885	СН, Б	++				+		
62	<i>Trochosa terricola</i> Thorell, 1856	ЦГ, Н	+	+	+	++	+	+	+
63	<i>Xerolycosa nemoralis</i> (Westring, 1861)	ТП, Н	+	++	++	++	+	++	++
Сем. Miturgidae Simon, 1886									
64	<i>Zora spinimana</i> (Sundevall, 1833)	ТП, Н	+						
Сем. Salticidae Blackwall, 1841									
65	<i>Evarcha falcata</i> (Clerck, 1758)	ТП, Н	+	+	+				
66	<i>Heliophanus camtschadalicus</i> Kulczynski, 1885	ТП, Б			+	+		+	

***Тип ареала:** ЦГ – циркумголарктический, ТП – транспалеарктический, ТПА – транспалеарктическо-аляскинский, СН – сибирско-неарктический, С – сибирский, ВСН – восточносибирско-неарктический, ЗБ – западно-берингийский.

****Ландшафтно-зональные группы видов:** БМ – бореально-монтанный, ГАБ – гипоарктобореальный, Б – бореальный, БН – бореально-неморальный, АБ – аркто-бореальный, ПЗ – полizonальный, ГАМ – гипоаркто-монтанный, АА – аркто-альпийский, Н – неморальный, ГАН – гипоаркто-неморальный, ГА – гипоарктический.

*****Условные обозначения биотопов:** 1 – пойменный луг, 2 – разнотравный луг, 3 – злаковый луг, 4 – тундра, 5 – ельник хвощово-папоротниковый, 6 – камменноберезовый лес с подлеском, 7 – лиственный лес.

++/+ – Вид в выборках встречается часто / редко.

Анализ видового состава пауков, собранных в различающихся по структуре биотопах, показывает, что обследованные биотопы населены разным числом видов, причем в трех из них имеются виды, не найденные в других. Самый богатый видовой состав демонстрирует тундра – 46 видов, причем три из них (*Hilaria herniosa* (Thorell, 1875), *Perro camtschadalis* (Kulczynski, 1885) и *Bathypantes pogonias* Kulczynski, 1885) в остальных биотопах не зафиксированы. Второе место по видовому богатству (39 видов) занимает разнотравный луг. Фауна пауков камменноберегового леса занимает третью позицию по разнообразию наблюдаемых видов (37 таксонов), причем только здесь отмечен вид *Drapetisca socialis* (Sundevall, 1832). Четвертую позицию занимает пойменный луг, где также присутствует вид, характерный только для данного типа местообитаний – *Zora spinimana* (Sundevall, 1833). Пятую, шестую и седьмую позиции по степени убывания таксономического разнообразия занимают, соответственно, лиственный лес (32 вида), ельник хвощово-папоротниковый (30 видов) и злаковый луг (26 видов).

Распределение найденных видов на территории исследования неравномерно (рис. 2). Наиболее полно представлены три семейства – Linyphiidae (37 видов), Lycosidae (13 видов) и Gnaphosidae (шесть видов). Остальные семейства представлены небольшим количеством видов (от 1 до 3), что характерно для региона в целом [21].

Сравнение семейств по видовому обилию показывает, что оно отличается от видовой структуры. Доминирующим по численности является сем. Lycosidae. Оно превосходит остальные по числу высокообильных видов, среди которых выделяются обычные для Камчатки в целом *Pardosa adustella*, *P. palustris*, *P. riparia*, *P. tesquorum* и *Xerolycosa nemoralis* [22]. Это объясняется тем, что представители данного семейства, обладая высокой экологической пластичностью, в большой мере связаны с почвенным ярусом и благодаря высокой подвижности хорошо отлавливаются ловушками Барбера. Обычно эти виды особенно многочисленны в открытых биотопах [21, 23]. Семейство Linyphiidae представлено в видовом отношении более

широко, но преимущественно по одному виду из рода. На наш взгляд, данное обстоятельство объясняется тем, что на поверхности почвы они малочисленны, поскольку их основные (предпочтительные) местообитания располагаются в травянисто-кустарниковом ярусе.

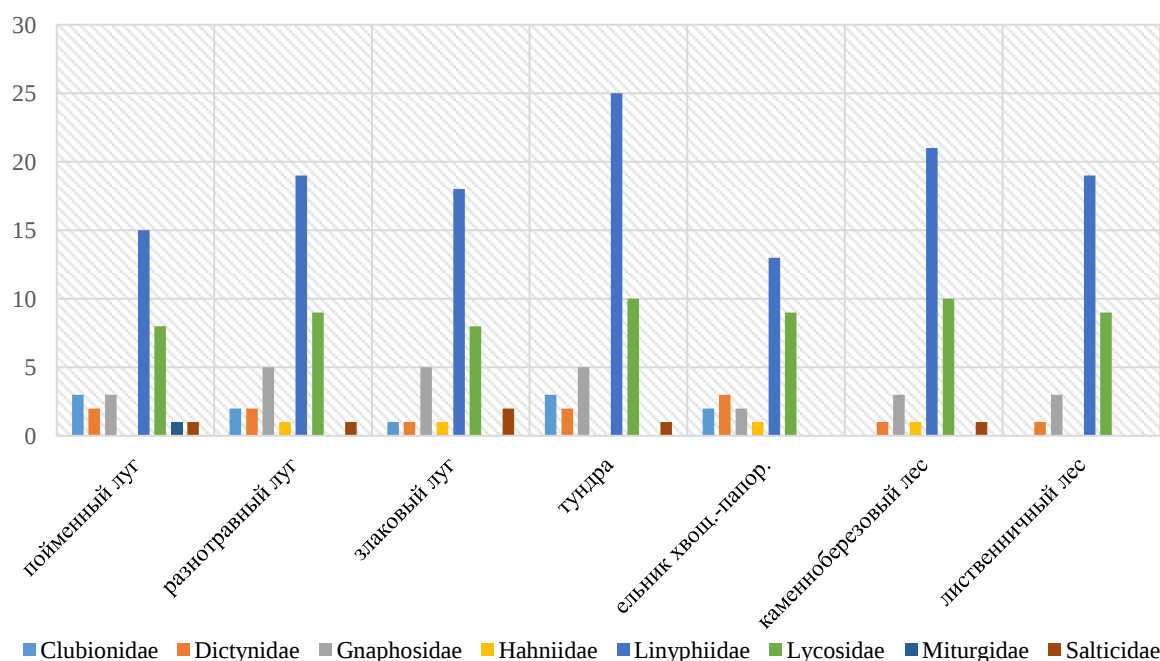


Рис. 2. Количественное распределение видов по биотопам

Визуальная оценка информации, приведенной нами в табл. 2, дает основание предполагать, что в биотопах, имеющих внешнее сходство, обычно имеется значительное число совпадающих видов, причем формирование близкой по составу фауны пауков в значительной степени обеспечивают сходство рельефа и растительного покрова (рис. 3).

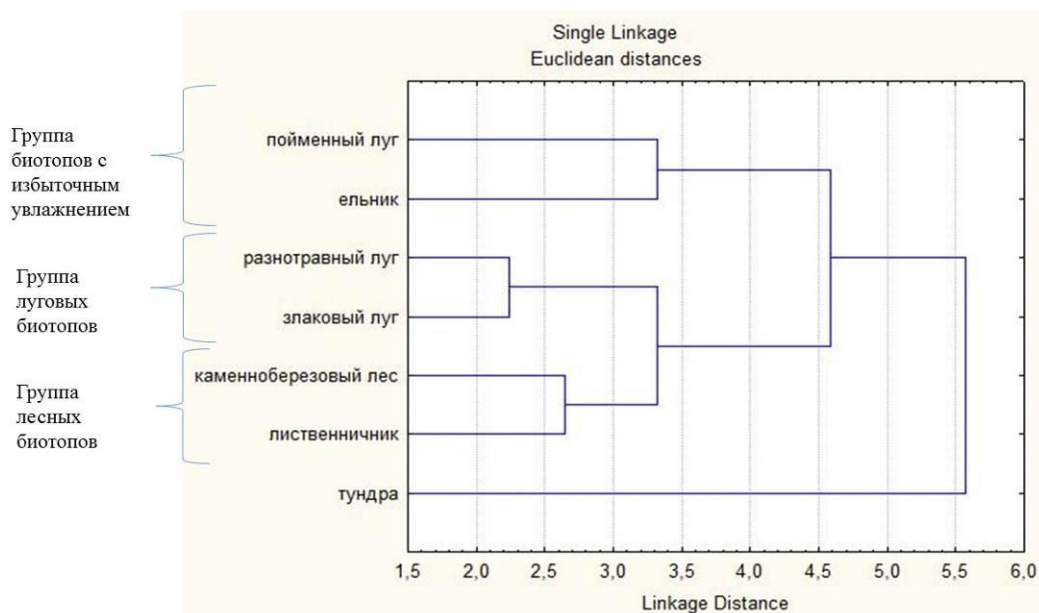


Рис. 3. Дендрограмма сходства биотопов по видовому составу аранеофауны

По структуре аранеокомплексов мы выделили три группы биотопов с наиболее сходными таксоценозами, несколько обособленно от них стоят тундровые группировки (р. Кетачан, оз. Галямаки, р. Бадав, оз. Арбунат, г. Гигилен), что, по-видимому, объясняется наличием в них специфических тундровых и реликтовых видов. Как и для аранеофауны Камчатки в целом, для пау-

ков-герпетобионтов Быстринского природного парка характерно преобладание широко распространенных циркумголарктических и транспалеарктических видов, на долю которых приходится 60% от всего состава наземной фауны обследованной территории (рис. 4). Однако структурное своеобразие рассматриваемых аранеоценозов заключается в присутствии в фауне значительной доли сибирско-неарктических видов (1/5 часть от общего состава фауны) и дополняющих их видов с сибирским, западноберингийским, транспалеарктическо-аляскинским и восточносибирско-неарктическими ареалами, что, по нашему мнению, свидетельствует о связях фауны пауков Быстринского природного парка (и, вероятно, центральной части Камчатки в целом) с древними берингийскими фауногенетическими центрами [24].

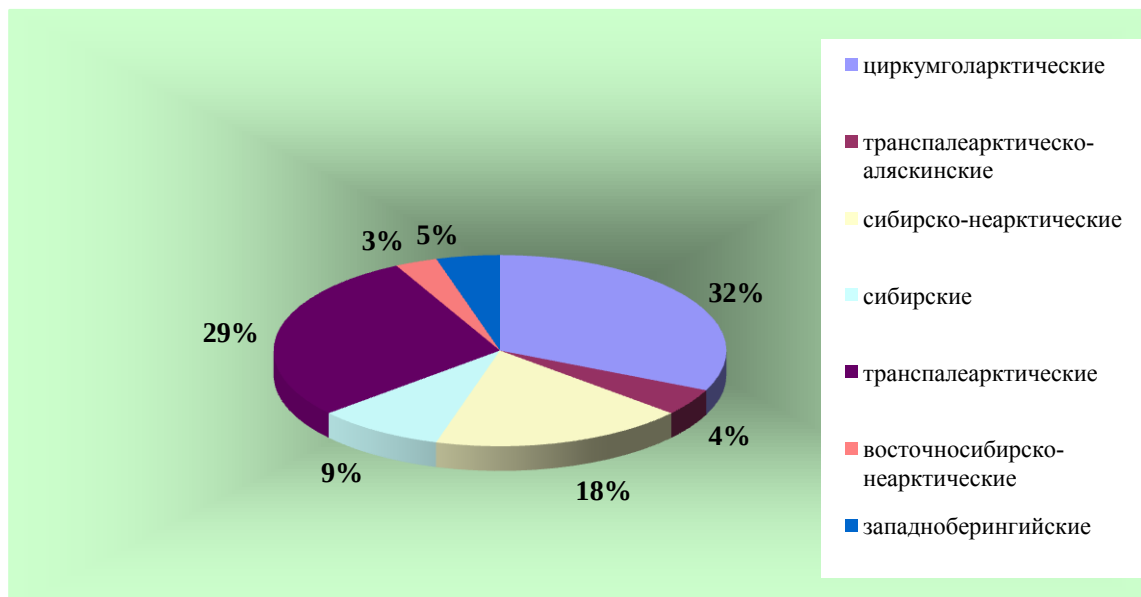


Рис. 4. Соотношение ареальных групп видов пауков-герпетобионтов Быстринского природного парка

Однако, несмотря на то, что зоогеографическая характеристика фауны и населения пауков на уровне отдельных биотопов одного района исследований позволяет объяснить экологические закономерности их пространственного распространения по отдельным элементам ландшафта, мы ни в коей мере не смешиваем названия ареалогических групп видов с их экологической приуроченностью, поскольку они могут характеризовать только предпочитаемый биом.

Говоря о принадлежности видов пауков Быстринского природного парка к определенным ландшафтно-зональным группам, мы подразумеваем определенные характеристики экологических связей видов с зональными типами среды [25]. Распределение видов по этому типу приуроченности отражалось выше в табл. 2 и графически представлено на рис. 5. Основную массу, как и в целом по региону, должны были занимать полизональные виды, что является общей структурной характеристикой для группы по северной части Голарктики [18, 21]. Однако при анализе ландшафтно-зональной приуроченности видов мы выяснили, что доля полизональных видов в конкретных исследованных фаунах составляет всего 20%, а основная масса приходится на группу «лесных/таежных» видов – бореальных, неморальных и бореально-неморальных видов, в сумме составляющих 44%. Переходными между лесным и арктическим компонентами аранеофауны являются бореально-монтанные виды. Группа условно «арктических» видов (одинаково характерных как для тундровой зоны, так и для альпийского пояса высокогорий) составляет 24%, обогащающие в целом таежный состав аранеофауны.

Таким образом, в результате проведенной обработки коллекции из различных точек Быстринского природного парка, нами было выявлено 66 видов пауков, места обитания которых связаны с почвенным ярусом. По результатам анализа структуры аранеофауны можно сделать вывод, что аранеокомплексы герпетобионтов Быстринского природного парка обладают рядом специфических особенностей, а именно – тенденцией тяготения к неарктическому сектору Субарктики (в ареалогическом отношении) и в то же время – к таежным ценозам и ценозам горных тундр (в ландшафтно-зональном отношении). Это позволяет высказать гипотезу о том, что на территории Быстринского природного парка сохранились реликтовые виды, приуроченные в настоящее время в своем распространении к Северной Америке.

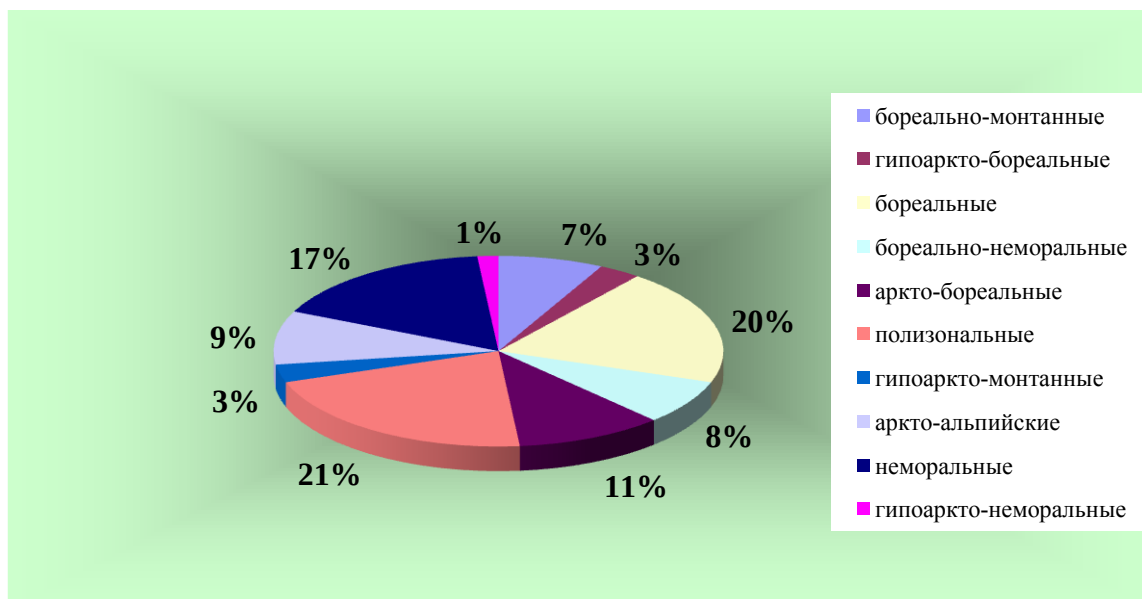


Рис. 5. Соотношение ландшафтно-зональных групп видов пауков-герпетобионтов Быстринского природного парка

Учитывая важную роль пауков в наземных экосистемах территорий Быстринского природного парка, считаем, что дальнейшие исследования в области их экологии и распространения актуальны и необходимы, поскольку фауна пауков не только природного парка, но и региона в целом нуждается в дальнейшей таксономической ревизии. Наше исследование показало, что количество видов, зарегистрированных нами для природного парка, невелико, что подтверждает недостаточную изученность аранеофауны территории.

Литература

1. Schenkel E. Die Araneiden der schwedischen Kamtschatka Expedition 1920–1922 // Ark. Zool. Bd. 21A. №. 15. – 1930. – P. 1–33.
2. Sytshevskaja V.I. Etude sur les Arachnides de la Kamtschatka // Folia Zool. Hydrobiol. – 1935. – Vol. 8, № 1. – P. 80–103.
3. Tanasevitch A.V. New genera and species of the tribe Lepthyphantini (Aranei Linyphiidae Micronetinae) from Asia (with some nomenclatorial notes on linyphiids) // Arthropoda Selecta. – Vol. 1(1). – 1992. – P. 39–50.
4. Соколов И.А. Вулканизм и почвообразование (на примере Камчатки). – М.: Наука, 1973. – 244 с.
5. Любечанский И.И., Азаркина Г.Н. Экологическая структура сообществ пауков (Arachnida: Aranei) в лесостепи юга Западной Сибири и ее сравнение со структурой населения жуков (Coleoptera, Carabidae) // Сибирский экологический журнал. – № 2. – 2017. – С. 193–209.
6. Михайлов К.Г. Каталог пауков (Arachnida: Aranei) территорий бывшего Советского Союза. – М.: Зоологический музей МГУ, 1997. – 416 с.
7. Сейфулина Р.Р., Карцев В.М. Пауки европейской части России. – М.: Фитон XXI, 2017. – 432 с.
8. Тыщенко В.П. Определитель пауков европейской части СССР. – Л.: Наука, 1971. – 281 с.
9. Almqvist S. Swedish Araneae, part 1, families Atypidae to Hahniidae // Insect Systematics and Evolution. Suppl. 62. – 2005. – P. 1–284.
10. Almqvist S. Swedish Araneae, part 2, families Dictynidae to Salticidae // Insect Systematics and Evolution. Suppl. 63. – 2006. – P. 285–603.
11. Dondale C.D., Redner J.H., Marusik Yu.M. Spiders (Araneae) of the Yukon // Insects of the Yukon. Biological survey of Canada (Terrestrial arthropods). – Ottawa, 1997. – P. 73–113.
12. Paquin P., Dupérré N. Guide d'identification des araignées de Québec // Fabriques, Supplement 11. – 2003. – P. 1–251.
13. Eskov K.Y., Marusik Y.M. New data on the taxonomy and faunistics of North Asian linyphiid spiders (Aranei Linyphiidae) // Arthropoda Selecta. – Vol. 2(4). – 1994. – P. 41–79.

14. *Eskov K.Y.* On spiders of the genus *Pero* Tanasevitch, 1985 (Aranei, Linyphiidae) // *Zoologicheskii Zhurnal*. – Vol. 65. – 1986. – P. 1738–1742.
15. *Eskov K.Y.* On the taxonomy and zoogeography of the spider genera *Maro* and *Oreonetides* (Aranei, Linyphiidae) // *Zoologicheskii Zhurnal*. – Vol. 70 (4). – 1991. – P. 45–54.
16. *Eskov K.Y.* Seven new monotypic genera of spiders of the family Linyphiidae (Aranei) from Siberia // *Zoologicheskii Zhurnal*. – Vol. 67. – 1988. – P. 678–690.
17. *Logunov D.V.* A critical review of the spider genera *Apollophanes* O. P.-Cambridge, 1898 and *Thanatus* C. L. Koch, 1837 in North Asia (Araneae, Philodromidae) // *Revue Arachnologique*. – Vol. 11. – 1996. – P. 133–202.
18. *Marusik Y.M.* A new genus of hahniid spiders from Far East Asia (Araneae: Hahniidae) // *Zootaxa*. – Vol. 2788. – 2011. – P. 57–68.
19. *Marusik Y.M., Saaristo M.I.* Review of East Palearctic species of the genus *Minicia* Thorell, 1875 with descriptions of two new genera (Aranei: Linyphiidae: Erigoninae) // *Arthropoda Selecta*. – Vol. 8. – 1999. – P. 125–130.
20. World Spider Catalog. Natural History Museum Bern, online at <http://wsc.nmbe.ch>, version 19.0
21. *Стишов М.С.* Остров Врангеля – эталон природы и природная аномалия. – Йошкар-Ола: Изд-во Марийского полиграфкомбината. – 596 с.
22. *Ненашева Е.М.* К фауне пауков-волков (Aranei: Lycosidae) горно-вулканических экосистем природного парка «Вулканы Камчатки» // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: тезисы докладов XIV междунар. науч. конф. – Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2013. – С. 337–341.
23. *Волковский Е.В., Романенко В.Н.* Население пауков (Aranei) напочвенного яруса горных котловин Алтайского региона // Вестник Томского государственного университета. Биология. – № 3 (11). – 2010. – С. 60–67.
24. *Ненашева Е.М., Зыков В.В.* Обзор фауны и биологии пауков (Arachnida: Aranei) Камчатки на примере экосистем природного парка «Вулканы Камчатки» // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: доклады XIV междунар. науч. конф. – Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2014. – С. 79–95.
25. *Nenasheva E.M.* Kamchatka as an important part of Beringian zoogeographic boundary between the Palearctic and Nearctic spider faunas (Arachnida: Aranei) // *Proceedings of the 1st International conference “Science and Society”*. – Hamilton, Canada, 2017. – P. 3–7.

Информация об авторах Information about the authors

Ненашева Елена Михайловна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; аспирант, suakoatl@gmail.com

Nenasheva Elena Mikhailovna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Postgraduate; suakoatl@gmail.com

Кириченко Вадим Евгеньевич – Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН; 68300, Россия, Петропавловск-Камчатский; научный сотрудник; vadim_kir@inbox.ru

Kirichenko Vadim Evgenevich – Kamchatka branch of Pacific Institute of Geography FEB RAS; 68300, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Researcher; vadim_kir@inbox.ru

УДК 639.2.053.7

А.М. Токранов

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ОБЪЕКТЫ ПРИБРЕЖНОГО РЫБОЛОВСТВА ПРИКАМЧАТСКИХ ВОД ОХОТСКОГО МОРЯ И ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИХ РЕСУРСОВ

Дан обзор некоторых потенциальных объектов прибрежного рыболовства прикамчатских вод Охотского моря (многоиглый керчак и керчак-яок, сахалинская камбала, широколобый окунь, пятнистый терпуг), запасы которых сегодня либо существенно недоиспользуются, либо не используются вообще. Рассмотрены проблемы, ограничивающие промышленное освоение их ресурсов.

Ключевые слова: керчаки, сахалинская камбала, широколобый окунь, пятнистый терпуг, биомасса, проблемы эксплуатации.

А.М. Tokranov

POTENTIAL OBJECTS OF COASTAL FISHERY IN THE NEAR KAMCHATKA WATERS OF SEA OF OKHOTSK AND PROBLEMS OF ITS RESOURCES EXPLOITATION

The survey of some potential objects of coastal fishery in the near Kamchatka waters of Sea of Okhotsk (great and plain sculpins, Sakhalin sole, gray rockfish and whitespotted greenling) is given. Resources of these fishes today are not used completely or are not used in general. The problems limiting the exploitation of these fish resources are analyzed.

Key words: great and plain sculpins, Sakhalin sole, gray rockfish, whitespotted greenling, biomass, problems of exploitation.

DOI: 10.17217/2079-0333-2018-44-109-113

Прикамчатские воды Охотского моря характеризуются высокой биопродуктивностью, в связи с чем являются районом широкомасштабного экспедиционного и прибрежного рыболовства. Однако наряду с такими традиционными объектами промысла, как лососи, сельдь, минтай, треска, навага и камбалы [1], по оценке специалистов рыбохозяйственных институтов, здесь достаточно велики ресурсы рыб прибрежного комплекса, которых можно отнести к категории потенциальных объектов рыболовства (в том числе керчаки – многоиглый *Myoxocephalus polyacanthocephalus* и яок *M. jaok*, сахалинская камбала *Limanda sakhalinensis*, широколобый морской окунь *Sebastes glaucus* и пятнистый терпуг *Hexagrammos stelleri*), поскольку их запасы сегодня либо существенно недоиспользуются, либо не используются вообще. При рациональной эксплуатации ресурсов этих представителей ихтиофауны в перспективе они могли бы быть заметным дополнением к уже существующему набору промысловых объектов в прикамчатских водах Охотского моря. Обобщение имеющейся на сегодняшний день информации позволяет получить представление о запасах перечисленных видов рыб в прикамчатских водах Охотского моря и рассмотреть проблемы, ограничивающие их промышленное освоение.

К числу потенциальных объектов прибрежного рыболовства в прикамчатских водах Охотского моря, безусловно, относятся рогатковые (бычки) сем. Cottidae. Из более чем 30 обитающих здесь видов этих рыб [2] промысловое значение имеют, в первую очередь, керчаки – многоиглый и яок, – постоянно встречающиеся в качестве прилова в снюрреводных, траловых и ярусных уловах. Обладая на западнокамчатском шельфе относительно высокой численностью, биомассой [3–6 и др.] и значительными размерно-весовыми показателями, они играют заметную роль в донных ихтиоценозах как хищники и потенциальные пищевые конкуренты промысловых рыб [7–14 и др.], а также, безусловно, могут быть объектами прибрежного рыболовства [15–18 и др.]. Эти рогатковые – типично донные, относительно малоподвижные представители элиторального ихтиоценоза [2, 19, 20], основная область обитания которых – воды шельфа и верхней зоны материкового склона на глубинах до 300 м, хотя для каждого из них характерен вполне определенный

интервал предпочтительных глубин: для многоиглого керчака – 40–250, для керчака-яока – 10–180 м. В пределах этих глубин постоянно отмечаются максимальные концентрации этих рыб [6]. Исследуемым видам керчаков свойственны сезонные миграции: весной в зону прибрежного мелководья (глубины 20–80 м). Там в пределах сравнительно хорошо прогретой поверхностной водной массы сезонной модификации происходит их нагул. Осенью рыбы уходят на зимовку и нерест к нижней границе шельфа и в верхнюю зону материкового склона, где имеет место влияние теплой промежуточной водной массы [4, 7, 10, 21 и др.]. В период нагула, зимовки и нереста они нередко образуют довольно плотные скопления с уловами до 3–5 тонн за часовое траление.

Многоиглый керчак – один из самых крупных представителей рогатковых в северной части Тихого океана. Его максимальные размеры достигают 90 см и более, а масса тела – 10 кг. В прикамчатских водах Охотского моря наиболее многочисленны его особи длиной 25–55 см и массой 0,5–2,5 кг. По сравнению с ним, предельные размеры керчака-яока заметно меньше – до 70 см и 5 кг, а потому основу его уловов составляют рыбы длиной 25–45 см с массой тела 0,5–1,5 кг [6]. Оба эти представителя рогатковых относятся к рыбам со средней продолжительностью жизни 15–20 лет. Основу их популяции (свыше 70–80%) формируют особи не менее четырех-пяти возрастных групп [6, 10 и др.].

По данным учетных траловых съемок, выполненных в прикамчатских водах в 1980-х годах, биомасса многоиглого керчака и керчака-яока в восточной части Охотского моря у берегов Камчатки составляла более 70 тыс. тонн [5], из которых 73,1% приходилось на многоиглого керчака. К началу 2000-х гг. она оставалась примерно на том же уровне – около 65 тыс. тонн [22], но в эти годы в уловах преобладал керчак-яок. Согласно результатам учетных съемок 2012–2015 гг., суммарная биомасса этих двух видов рогатковых на западнокамчатском шельфе в последние годы возросла более чем в два раза и в настоящее время оценивается в среднем в 160 тыс. тонн [23]. Однако доминирующую роль (около 76%), как и в 1980-е годы, играл многоиглый керчак. Исходя из коэффициента изъятия в 30%, величина их возможного вылова составляет не менее 48 тыс. тонн [6].

Несмотря на то, что многоиглый керчак и керчак-яок постоянно вылавливаются в заметных количествах в качестве прилова при траловом, ярусном и снюрреводном промысле минтая, трески, камбал и наваги, их ресурсы в прикамчатских водах Охотского моря сегодня существенно недоиспользуются [6, 10, 16 и др.], а фактическая величина вылова статистикой в большинстве случаев достоверно не отражается. Поэтому в настоящее время этих рогатковых здесь можно рассматривать в качестве потенциальных объектов прибрежного рыболовства. Это подтверждают и результаты химико-технологических исследований [24 и др.], свидетельствующие о значительном содержании в мясе данных рыб полноценных белков и липидов. Данное обстоятельство позволяет использовать керчаков для производства мороженой продукции и закусочных консервов. Богатая витамином А, их печень может служить сырьем для производства витаминов. При организации промысла обсуждаемых видов рыб необходимо учитывать то, что в летние месяцы они формируют основу прилова при добыче камбал, трески и наваги, составляя до 10–15% (в отдельных случаях до 25–30%) улова, но их «чистые» скопления встречаются довольно редко. Поэтому вылов керчаков возможен лишь совместно с традиционными объектами промысла.

Еще одним важным потенциальным объектом прибрежного рыболовства в прикамчатских водах Охотского моря является сахалинская камбала. Она широко распространена в северо-западной части Тихого океана от берегов Приморья до Анадырского залива Берингова моря [25]. В большинстве районов своего обитания сахалинская камбала довольно редка, но в северо-восточной части Охотского моря она занимает одно из лидирующих мест по численности среди других камбал. Обитает этот вид в широком диапазоне глубин от 20 до 500 м, совершая, как и большинство остальных рыб, сезонные миграции: осенью – от берега на глубину, а весной – обратно в прибрежную зону. Летом держится в основном в интервале 40–150 м, где нагуливается и размножается. Зимой отходит от берега и концентрируется в виде локальных скоплений с уловами до 5–10 тонн за траление на глубинах 150–400 м. Питаясь эвфаузидами, сахалинская камбала нередко целыми стаями поднимается в толщу воды, удаляясь от дна на десятки метров. При этом ее скопления иногда бывают настолько плотными, что хорошо фиксируются гидроакустическими приборами, а уловы достигают 20 тонн за часовое траление [17]. По оценке специалистов КамчатНИРО, в 2012 г. биомасса сахалинской камбалы в прикамчатских водах Охотского моря составляла около 238 тыс. тонн [26]. Исходя из рекомендуемой в 22,5 тыс. тонн величины изъятия в данном районе основного промыслового вида – желтоперой камбалы *Limanda aspera*, биомасса которой в 2012 г. оценена там в 73 тыс. тонн, то есть почти в три раза

меньше, чем для сахалинской, вылов последней мог бы составить не менее 60–65 тыс. тонн. Но, несмотря на сравнительно высокую численность этого вида, образование плотных скоплений (в том числе в толще воды) и хорошие вкусовые качества, запасы сахалинской камбалы на сегодняшний день практически не используются промыслом из-за ее малых размеров. Так, в уловах сахалинской камбалы в прикамчатских водах Охотского моря обычно преобладают особи длиной 20–25 см (3–4 см из них составляет хвостовой плавник) и массой тела всего 100–150 г [17].

Наряду с керчаками и сахалинской камбалой, к числу потенциальных объектов прибрежного рыболовства в прикамчатских водах Охотского моря, несомненно, можно отнести широколобого морского окуня и пятнистого терпуга, которые в качестве прилова постоянно отмечаются в траловых и снюрреводных уловах на западнокамчатском шельфе. Преобладающее большинство особей этих видов в период с мая по сентябрь держатся на глубинах менее 30–40 м в пределах теплой поверхностной водной массы сезонной модификации при значениях придонной температуры 6–10°C на галечно-каменистых и каменистых участках дна со сложным рельефом [27, 28]. Глубже обычно встречаются лишь единичные экземпляры. По данным многолетних учетных траловых съемок, наибольшие скопления широколобого окуня на западнокамчатском шельфе встречаются в районах, расположенных между 56°00 и 57°00 с. ш., а пятнистого терпуга – севернее 53°00 с. ш. Отдельные уловы первого из указанных видов достигают более 1–2, а второго – 2–2,5 тонн за часовое траление. В траловых уловах в прикамчатских водах Охотского моря широколобый окунь представлен особями длиной 12–52 (в среднем – 25,5) см с массой тела 0,1–2,0 кг, но чаще всего встречаются рыбы размером 14–22 и 36–38 см. Причем с увеличением глубины обитания хорошо прослеживается тенденция к возрастанию размерных показателей широколобого морского окуня. В связи с этим наиболее крупные экземпляры со средним размером 35,5 см держатся, как правило, на глубинах свыше 40 м у границы холодной промежуточной водной массы или даже в ее пределах [28]. Максимальная длина пятнистого терпуга составляет 48 см, а масса тела – 1050 г [20, 27, 29]. Однако в уловах на западнокамчатском шельфе обычно доминируют его особи размером 20–30 см.

Биомассы широколобого окуня и пятнистого терпуга в 1980–2000-е гг. на западнокамчатском шельфе, по данным учетных траловых съемок, колебались в пределах 1–8 и 1–5 тыс. тонн, соответственно [22, 26, 27]. Столь существенные различия в ежегодных оценках, на наш взгляд, обусловлены в большинстве случаев значительным недоучетом их численности из-за обитания данных видов рыб на малых глубинах (как правило, менее 30–40 м) на участках дна с каменистыми грунтами и сложным рельефом, то есть там, где выполнение донных тралений не всегда возможно и результативно. Принимая во внимание этот факт и исходя из имеющихся данных, мы можем предположить, что биомасса как широколобого окуня, так и пятнистого терпуга на западнокамчатском шельфе может составлять не менее 5 тыс. тонн. С учетом коэффициента изъятия в 20%, ежегодный вылов каждого из них может достигать 1 тыс. тонн.

Однако на сегодняшний день ресурсы широколобого морского окуня и пятнистого терпуга на западнокамчатском шельфе практически не используются, хотя эти виды рыб являются постоянным компонентом прилова при промысле камбал, трески и наваги снюрреводами в зоне прибрежного мелководья. Несмотря на сравнительно небольшие размеры, широколобый окунь и пятнистый терпуг обладают хорошим вкусом и пригодны для изготовления первых, вторых блюд, кулинарных изделий и копченой продукции [30]. На наш взгляд, они заслуживают внимания, и их можно считать потенциальными объектами прибрежного промысла и перспективными объектами спортивно-любительского рыболовства.

Вовлечение многоиглого керчака и керчака-яока, сахалинской камбалы, широколобого морского окуня и пятнистого терпуга в полный объем в сферу хозяйственной деятельности, наряду с получением дополнительной пищевой рыбной продукции, позволило бы более комплексно и рационально использовать водные биологические ресурсы западнокамчатского шельфа и обеспечить за счет их вылова ежегодное увеличение объема рыбного промысла в прикамчатских водах Охотского моря более чем на 100 тыс. тонн. Не следует также забывать, что изъятие керчаков, безусловно, окажет определенное мелиоративное воздействие, поскольку позволит снизить их хищнический пресс на популяции камбал, являющихся важными объектами прибрежного рыболовства. По оценке Л.А. Николотовой [31], объемы потребления камбал (в первую очередь желтоперой и сахалинской) на западнокамчатском шельфе многоиглым керчаком и керчаком-яоком в течение года соизмеримы с величиной их изъятия маломерным флотом. Промысловая эксплуатация ресурсов сахалинской камбалы, кроме того, позволит несколько сократить промысловый пресс на другие виды западнокамчатских камбал.

Литература

1. Антонов Н.П. Промысловые рыбы Камчатского края: биология, запасы, промысел. – М.: Изд-во ВНИРО, 2011. – 244 с.
2. Шейко Б.А., Федоров В.В. Класс Cephalaspidomorphi – Миноги. Класс Chondrichthyes – Хрящевые рыбы. Класс Holosephali – Цельноголовые. Класс Osteichthyes – Костные рыбы // Каталог позвоночных животных Камчатки и сопредельных морских акваторий. – Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор, 2000. – С. 7–69.
3. Шунтов В.П. Биологические ресурсы Охотского моря. – М.: Агропромиздат, 1985. – 224 с.
4. Борец Л.А. Донные ихтиоцены российского шельфа дальневосточных морей: состав, структура, элементы функционирования и промысловое значение. – Владивосток: ТИНРО-Центр, 1997. – 217 с.
5. Токранов А.М. Видовой состав и биомасса рогатковых (Pisces: Cottidae) в прибрежных водах Камчатки // Бюл. МОИП. – Отд. биол. – 1988. – Т. 93, вып. 4. – С. 61–69.
6. Токранов А.М. Рогатковые рыбы рода *Myoxocephalus* (Cottidae) прикамчатских вод и проблемы использования их ресурсов // V Междунар. Балтийский морской форум. Всерос. науч. конф. «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов»: труды (Калининград, 23–24 мая 2017 г.). – Калининград: ФГБОУ ВО «Калининградский гос. техн. университет», 2017. – С. 75–80.
7. Токранов А.М. Биология массовых видов рогатковых (семейство Cottidae) прикамчатских вод: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Владивосток, 1985. – 22 с.
8. Токранов А.М. Питание многоиглового керчака *Myoxocephalus polyacanthocephalus* Pallas и керчака-яока *M. jaok* (Cuvier) (Cottidae) в прибрежных водах Камчатки // Вопросы ихтиологии. – 1986. – Т. 26, вып. 6. – С. 980–989.
9. Токранов А.М. Особенности питания донных хищных рыб на западно-камчатском шельфе // Вопросы ихтиологии. – 1992. – Т. 32, вып. 2. – С. 119–128.
10. Токранов А.М. Особенности биологии донных и придонных рыб различных семейств в прикамчатских водах: дис. в виде науч. докл. ... д-ра биол. наук. – Владивосток, 2009. – 83 с.
11. Токранов А.М. Трофические группировки рогатковых рыб (Cottidae) в прикамчатских водах // Морские биологические исследования: достижения и перспективы: в 3-х т.: сб. матер. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, приуроченной к 145-летию Севастопольской биол. станции (Севастополь, 19–24 сентября 2016 г.). – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2016. – Т. 2. – С. 182–185.
12. Tokranov A.M., Orlov A.M. Feeding Pattern of the Great Sculpin *Myoxocephalus polyacanthocephalus* (Cottidae) and Its Position in the Trophic System of Near-Kamchatka Waters // Journal of Ichthyology. – 2013. – V. 53, № 11. – P. 969–981.
13. Чучукало В.И. Питание и пищевые отношения nekтона и nekтобентоса в дальневосточных морях. – Владивосток: ТИНРО-Центр, 2006. – 484 с.
14. Напазаков В.В. Трофический статус и пищевые отношения массовых хищных рыб западнокамчатского шельфа // Вопросы ихтиологии. – 2015. – Т. 55, № 1. – С. 63–73.
15. Токранов А.М. Бычки – перспективный объект прибрежного лова // Рыбное хозяйство. – 1985. – № 5. – С. 28–31.
16. Токранов А.М. Рогатковые рыбы (Cottidae) прикамчатских вод и проблемы использования их ресурсов // Всерос. конф. «Водные и экологические проблемы, преобразование экосистем в условиях глобального изменения климата»: сб. докл. (Хабаровск, 29.09–03.10.2014 г.). – Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 2014. – С. 162–165.
17. Токранов А.М. Потенциальные объекты рыболовства прикамчатских вод и проблемы использования их ресурсов // Актуальные пробл. освоения биол. ресурсов Мирового океана: Материалы III Междунар. науч.-техн. конф.: в 2 ч. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2014. – Ч. I. – С. 261–265.
18. Фадеев Н.С. Справочник по биологии и промыслу рыб северной части Тихого океана. – Владивосток: ТИНРО-Центр, 2005. – 366 с.
19. Каталог морских и пресноводных рыб северной части Охотского моря: моногр. / В.В. Федоров, И.А. Черешнев, М.В. Назаркин, А.В. Шестаков, В.В. Волобуев. – Владивосток: Дальнаука, 2003. – 204 с.
20. Тупоногов В.Н., Кодолов Л.С. Полевой определитель промысловых и массовых видов рыб дальневосточных морей России. – Владивосток: Русский Остров, 2014. – 336 с.: ил.

21. Токранов А.М. Распределение керчаковых (Cottidae, Pisces) на западнокамчатском шельфе в летний период // Зоологический журнал. – 1981. – Т.60, вып. 2. – С. 229–237.
22. Четвергов А.В., Архандеев М.В., Ильинский Е.Н. Состав, распределение и состояние запасов донных рыб у Западной Камчатки в 2000 г. // Тр. КФ ТИГ ДВО РАН. – Петропавловск-Камчатский: Камч. печатный двор. Книжн. изд-во, 2003. – Вып. IV. – С. 227–256.
23. Матвеев А.А., Терентьев Д.А. Промысел, многолетняя динамика биомассы, распределение и размерный состав массовых видов рогатковых Cottidae у западного побережья Камчатки // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. – Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2016. – Вып. 41. – С.17–42.
24. Диденко А.П., Боровская Г.А., Дроздова Л.И., Лаврова Н.А. Технологическая характеристика и рекомендации по рациональному использованию бычков // Изв. ТИНРО. – 1983. – Т. 108. – С. 13–19.
25. Дьяков Ю.П. Камбалообразные дальневосточных морей России (организация фауны, сезоны и продолжительность нереста, популяционная структура вида, динамика популяций). – Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2011. – 428 с.
26. Терентьев Д.А., Михалютин Е.А., Матвеев А.А. Современное состояние запасов, многолетняя динамика распределения и размерной структуры массовых промысловых видов рыб на шельфе западного побережья Камчатки в летний период // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. – Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2013. – Вып. 30. – С. 5–27.
27. Четвергов А.В. Состояние запасов пятнистого терпуга *Hexagrammos stelleri* на западнокамчатском шельфе // Проблемы охраны и рац. использ. биоресурсов Камчатки: тез. докл. II обл. науч.-практ. конф. (Петропавловск-Камчатский, 3–6 октября 2000 г.). – Петропавловск-Камчатский: Камчатрыбвод, 2000. – С. 109–110.
28. Токранов А.М. Особенности распределения и размерный состав широколобого морского окуня *Sebastes glaucus* (Sebastidae) в прикамчатских водах Охотского моря // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2017. – Вып. 40. – С. 86–93.
29. Тупоногов В.Н., Явнов С.В. Атлас рыб дальневосточных морей России (окуни, терпуги, бычки, лисички). – Владивосток: Русский Остров, 2015. – 264 с.: ил.
30. Тупоногов В.Н., Снытко В.А. Атлас промысловых видов рыб дальневосточных морей России. – Владивосток: ТИНРО-Центр, 2014. – 206 с.
31. Николотова Л.А. Питание и пищевые взаимоотношения донных рыб западнокамчатского шельфа: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Владивосток, 1977. – 21 с.

Информация об авторе Information about the author

Токранов Алексей Михайлович – Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН, 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский; доктор биологических наук, старший научный сотрудник, директор, заведующий лабораторией гидробиологии; tok_50@mail.ru

Tokranov Alexey Mikhailovich – Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute FEB RAS; 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Biological Sciences, Senior Researcher, Director, Head of Hydrobiology Laboratory; tok_50@mail.ru

УДК [597.552.511:591.543.43](265.53+265.54)"2001-2017"

В.А. Царева, Г.П. Ванюшин, М.Ю. Кружалов, Е.В. Сапунова**ТЕМПЕРАТУРНЫЕ УСЛОВИЯ В ПРИБРЕЖНЫХ АКВАТОРИЯХ ВОСТОЧНОГО
САХАЛИНА И ОСТРОВА ИТУРУП В ПЕРИОД ПОДХОДА ГОРБУШИ И КЕТЫ
НА НЕРЕСТ В 2001–2017 ГГ. (НЕЧЕТНЫЕ ГОДЫ)**

В работе представлены результаты анализа значений температуры поверхности океана (ТПО) в акваториях Охотского моря у побережий северо-восточного Сахалина, юго-восточного Сахалина и острова Итуруп (Южные Курильские острова) в период основного подхода горбуши (*Oncorhynchus gorbuscha*) и кеты (*Oncorhynchus keta*) на нерест с июля по сентябрь в 2001–2017 гг. (нечетные годы) на основе спутниковой информации и квазисинхронных судовых данных «in situ». Выполнено сравнение температурных условий поверхностного слоя воды в указанных акваториях 2017 г. с климатическими данными и с аналогичными по времени значениями температуры в нечетные годы периода 2001–2015 гг.

Ключевые слова: спутниковые данные, температура поверхности океана, аномалии ТПО, Охотское море, прибрежные акватории восточного Сахалина и острова Итуруп, период нереста горбуши и кеты.

V.A. Tsareva, G.P. Vanyushin, M.Y. Kruzhlov, E.V. Sapunova**TEMPERATURE CONDITIONS IN THE COASTAL WATERS OF EASTERN SAKHALIN
AND ITURUP ISLAND DURING THE APPROACH OF PINK SALMON AND CHUM
SALMON FOR SPAWNING IN 2001–2017 YEARS (ODD YEARS)**

The paper presents the results of the analysis values of SST in the waters of the Okhotsk sea off the coasts of northeastern and southeastern Sakhalin and Iturup island during the approach of pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) and chum salmon (*Oncorhynchus keta*) for spawning from July to September, 2001–2017, odd years on the basis of satellite information and SST data "in situ". Comparative analysis of the temperature conditions of the surface water obtained in 2017 with climate data and the values of SST other odd years for the same months of the period 2001–2015.

Key words: satellite data, sea surface temperature (SST), anomalies of SST, the Okhotsk sea, coastal waters of Eastern Sakhalin and Iturup island, the spawning of pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) and chum salmon (*Oncorhynchus keta*).

DOI: 10.17217/2079-0333-2018-44-114-119

Введение

Горбуша и кета – основные промысловые виды лососей в Охотском море. На динамику численности их подходов к прибрежным акваториям Восточного Сахалина и о. Итуруп влияет много факторов (гидрологические, синоптические, антропогенные), которые необходимо учитывать и непрерывно мониторить. Одними из этих факторов являются температурные условия поверхности океана (ТПО): реальные значения ТПО, их межгодовые и климатические отличия в сезон нереста могут влиять на начало или задержку, а также продление сроков подходов на нерест горбуши и кеты [1, 2]. Спутниковые данные помогают получать непрерывную информацию об этих температурных условиях поверхностного слоя воды, служащего естественной средой обитания лососей в преднерестовый период (при этом в слое 0–20 м концентрируется около 70–80% рыб) [1, 3].

В данной статье проведен анализ температурных условий в прибрежных акваториях северо-восточного Сахалина, юго-восточного Сахалина и о. Итуруп (южные Курильские острова) в 2001–2017 гг., с июля по сентябрь, в период массового подхода горбуши и кеты на нерест [4–6]. Произведено сравнение полученных сезонных значений ТПО в выбранных акваториях (обозначенных как реперные зоны (РЗ)) в 2017 г. с климатическими данными и с аналогичными по времени температурными условиями нечетных лет периода 2001–2015 гг. с учетом того, что рассмотренные температурные условия относятся к поколениям горбуши нечетных лет [3].

Целью данной работы является показать возможность использования оперативных данных спутникового мониторинга ТПО для оценки температурного режима в прибрежных акваториях восточного Сахалина и о. Итуруп для уточнения сроков подхода на нерест горбуши и кеты и продолжительности этих подходов. В основе оценки лежит комплексный анализ значений ТПО: недельной, месячной, сезонной дискретности; их межгодовой разницы для каждой данной промысловой акватории.

Материалы и методика

При выполнении данной работы использовался собственный банк карт среднемесячных значений ТПО и аномалий ТПО, созданный на базе материалов спутникового мониторинга [7] СЗТО, включая акватории реперных зон (1, 2, 3), с разрешением $1^\circ \times 1^\circ$ в аналоговом и цифровом видах о температурных условиях за 2001–2017 гг. (нечетные годы) и климатические данные за период (1971–2000 гг.) (рис. 1).

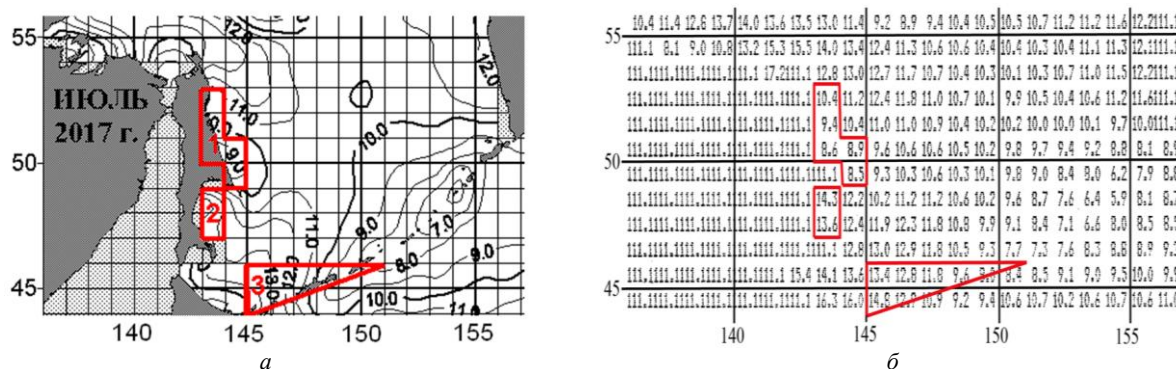


Рис. 1. Пример карты среднемесячных значений ТПО за июль 2017 г. с обозначенными реперными зонами (1, 2, 3):

а – аналоговый вид, б – цифровой вид

(1 – акватория у северо-восточного побережья о. Сахалин,

2 – акватория у юго-восточного побережья о. Сахалин,

3 – охотоморская акватория о. Итуруп)

Среднемесячные карты ТПО и аномалий ТПО СЗТО исследуемых акваторий строились на основе недельных карт ТПО с использованием ежедневных данных, полученных при ИК-съемке с геостационарных ИСЗ серий «Himawari» (Япония) и GOES-W (США) и квазисинхронных судовых и буйковых измерений температуры воды «in situ», поступающие из Центра Мировых данных (г. Москва) [7, 8]. Расчеты месячных и сезонных значений ТПО и аномалий ТПО проводились для реперных зон: северо-восточного Сахалина (РЗ № 1), юго-восточного Сахалина (РЗ № 2) и охотоморской акватории о. Итуруп (РЗ № 3) (рис. 1). Эти акватории являются важными промысловыми акваториями Сахалино-Курильского региона [9].

Результаты и обсуждение

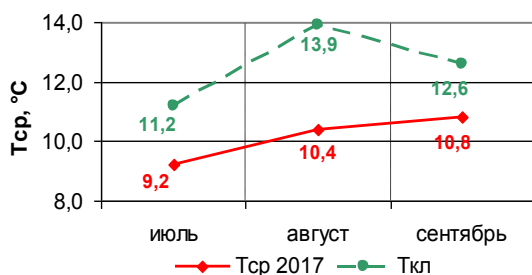


Рис. 2. Ход среднемесячных значений ТПО ($T_{ср}$) в 2017 г. и климатических значений ТПО ($T_{кл}$) в РЗ № 1 у северо-восточного побережья о. Сахалин в июле – сентябре

Температурные условия в акватории у северо-восточного побережья о. Сахалин (в РЗ № 1)

Результаты анализа среднемесячных значений ТПО с июля по сентябрь 2017 г. в данной РЗ показали, что значение ТПО за летний сезон было ниже значения климатических данных, при этом средняя сезонная аномалия ТПО в 2017 г. получилась отрицательной $T_{ан} = -2,4^\circ\text{C}$ (табл. 1, рис. 2).

Сравнение температурных условий в летний сезон 2017 г. со среднемесячными и сезонными анало-

гичными значениями ТПО нечетных лет периода 2001–2015 гг. показывает, что температурная обстановка в 2017 г. в данной акватории была относительно холодной.

Так, холоднее данного летнего сезона 2017 г. было лишь в 2003 г. ($T_{\text{ср}} = 9,4^{\circ}\text{C}$; $T_{\text{ан}} = -3,0^{\circ}\text{C}$) и в 2009 г. ($T_{\text{ср}} = 9,3^{\circ}\text{C}$; $T_{\text{ан}} = -3,2^{\circ}\text{C}$). В остальных нечетных годах ТПО (среднемесячные и сезонные) были теплее, со значениями сезонных аномалий ТПО в пределах $-0,6 \dots -2,1^{\circ}\text{C}$, тогда как в 2017 г. отрицательное значение сезонной аномалии ТПО было $T_{\text{ан}} = -2,4^{\circ}\text{C}$ (табл. 1).

Таблица 1

**Среднемесячные и сезонные значения ТПО и аномалий ТПО
у северо-восточного побережья острова Сахалин (в РЗ № 1) в июле – сентябре 2001–2017 гг.**

Годы	$T(^{\circ}\text{C})$ июль	$T(^{\circ}\text{C})$ август	$T(^{\circ}\text{C})$ сентябрь	$T(^{\circ}\text{C})$ сезон	$T_{\text{ан}}(^{\circ}\text{C})$ июль	$T_{\text{ан}}(^{\circ}\text{C})$ август	$T_{\text{ан}}(^{\circ}\text{C})$ сентябрь	$T_{\text{ан}}(^{\circ}\text{C})$ сезон
2001	9,6	12,6	9,5	10,6	-1,4	-1,2	-3,0	-1,9
2003	8,1	9,7	10,5	9,4	-3,0	-4,1	-2,0	-3,0
2005	9,3	13,2	12,4	11,6	-1,8	-0,6	-0,1	-0,8
2007	9,6	10,5	11,3	10,5	-1,6	-3,4	-1,3	-2,1
2009	8,0	10,5	9,3	9,3	-3,2	-3,3	-3,2	-3,2
2011	11,3	12,3	11,7	11,8	0,0	-1,5	-0,9	-0,8
2013	10,1	11,8	12,4	11,4	-1,2	-2,1	-0,2	-1,2
2015	11,2	12,8	12,0	12,0	0,0	-1,1	-0,6	-0,6
2017	9,2	10,4	10,8	10,1	-2,1	-3,4	-1,7	-2,4

Примечание. На голубом и розовом фоне показаны сезонные значения ТПО; на розовом фоне показаны сезонные значения аномалий ТПО.

*Температурные условия в акватории у юго-восточного побережья о. Сахалин,
включая часть зал. Терпения (в РЗ № 2)*

Анализ материалов ТПО за основной нерестовый период (июль – сентябрь) показал, что среднемесячные значения ТПО в 2017 г. в РЗ № 2 были выше климатических значений (разность между их значениями за летний сезон составила $+1,4^{\circ}\text{C}$) (табл. 2, рис. 3).

Сравнительный анализ температурных условий в летний сезон 2017 г. с такими же условиями аналогичных сезонов нечетных лет в период 2001–2015 гг. в РЗ № 2, выявил, что в 2017 г. они были самыми теплыми (наряду с 2013 г.) и были выше их среднемесячных значений ТПО на $+0,2 \dots +1,9^{\circ}\text{C}$ (табл. 2).

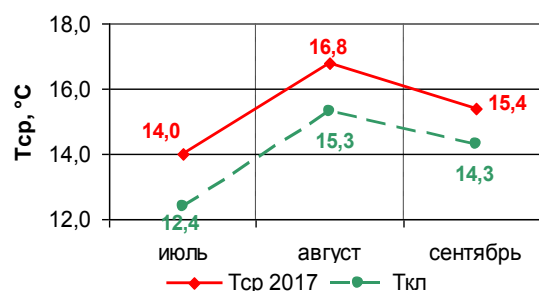


Рис. 3. Ход среднемесячных значений ТПО ($T_{\text{ср}}$) в 2017 г. и климатических значений ТПО ($T_{\text{кл}}$) в РЗ № 2 у юго-восточного побережья о. Сахалин в июле – сентябре

Таблица 2

**Среднемесячные и сезонные значения ТПО и аномалий ТПО
у юго-восточного побережья острова Сахалин (в РЗ № 2) в июле – сентябре 2001–2017 гг.**

Годы	$T(^{\circ}\text{C})$ июль	$T(^{\circ}\text{C})$ август	$T(^{\circ}\text{C})$ сентябрь	$T(^{\circ}\text{C})$ сезон	$T_{\text{ан}}(^{\circ}\text{C})$ июль	$T_{\text{ан}}(^{\circ}\text{C})$ август	$T_{\text{ан}}(^{\circ}\text{C})$ сентябрь	$T_{\text{ан}}(^{\circ}\text{C})$ сезон
2001	13,0	16,2	13,4	14,2	0,5	0,7	-1,1	0,0
2003	13,0	14,4	13,2	13,5	0,6	-0,9	-1,1	-0,5
2005	13,2	17,0	15,3	15,2	0,9	1,8	1,0	1,2
2007	13,7	15,4	14,7	14,6	1,4	0,2	0,4	0,7
2009	12,2	15,7	14,4	14,1	-0,2	0,4	0,2	0,1
2011	13,2	17,3	14,8	15,1	0,8	2,0	0,6	1,1
2013	14,8	16,9	15,0	15,6	2,4	1,6	0,8	1,6
2015	12,8	16,8	15,4	15,0	0,4	1,5	1,2	1,0
2017	14,0	16,8	15,4	15,4	1,6	1,6	1,1	1,4

Примечание. На голубом фоне показаны сезонные значения ТПО; на розовом фоне показаны сезонные значения аномалий ТПО.

Температурные условия в охотоморской акватории о. Итуруп (в РЗ № 3)

Следует отметить, что в данной РЗ на протяжении всего летнего сезона с июля по сентябрь 2017 г. среднемесячные значения ТПО были близки к климатическим данным, то есть $T_{ан} = -0,3^{\circ}\text{C}$ (табл. 3, рис. 4).

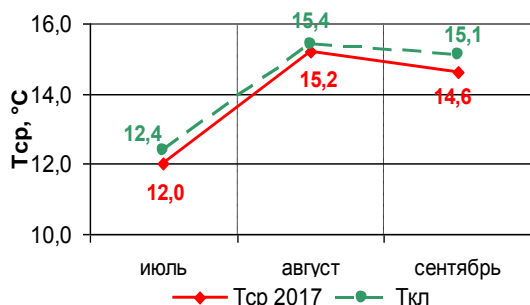


Рис. 4. Ход среднемесячных значений ТПО ($T_{ср}$) в 2017 г. и климатических значений ТПО ($T_{кл}$) в РЗ № 3 у побережья о. Итуруп в июле – сентябре

Сравнение температурной обстановки лета 2017 г. в РЗ № 3 с аналогичными данными нечетных лет за период 2001–2015 гг. показало, что если температура в 2017 г. была выше, чем в 2001–2009 гг., то по сравнению с 2011–2015 гг. летний сезон 2017 г. по температурным условиям оказался холоднее. Межгодовая разница сезонных значений аномалий ТПО 2017 г. со значениями нечетных лет 2001–2015 гг. находилась в пределах, не превышающих $\pm 0,6^{\circ}\text{C}$, за исключением наибольшей разницы с 2003 г. ($-1,3^{\circ}\text{C}$) (табл. 3).

Таблица 3

Среднемесячные и сезонные значения ТПО и аномалии ТПО у охотоморского побережья острова Итуруп (в РЗ № 3) в июле – сентябре 2001–2017 г.

Годы	$T(^{\circ}\text{C})$ июль	$T(^{\circ}\text{C})$ август	$T(^{\circ}\text{C})$ сентябрь	$T(^{\circ}\text{C})$ сезон	$T_{ан} (^{\circ}\text{C})$ июль	$T_{ан} (^{\circ}\text{C})$ август	$T_{ан} (^{\circ}\text{C})$ сентябрь	$T_{ан} (^{\circ}\text{C})$ сезон
2001	12,0	14,6	13,6	13,4	-0,3	-0,7	-1,4	-0,8
2003	11,1	13,3	13,6	12,7	-1,3	-2,1	-1,5	-1,6
2005	11,8	15,4	14,3	13,8	-0,5	0,0	-0,8	-0,4
2007	11,6	14,6	14,5	13,6	-0,8	-0,8	-0,6	-0,7
2009	11,9	14,6	14,7	13,7	-0,4	-0,8	-0,4	-0,5
2011	12,5	15,9	16,0	14,8	0,1	0,5	0,9	0,5
2013	13,6	16,1	15,7	15,1	1,2	0,7	0,7	0,9
2015	12,4	16,2	14,9	14,5	0,0	0,8	-0,2	0,2
2017	12,0	15,2	14,6	13,9	-0,3	-0,2	-0,5	-0,3

Примечание. На голубом фоне показаны сезонные значения ТПО; на розовом фоне показаны сезонные значения аномалий ТПО.

Пространственное распределение среднемесячных аномалий ТПО в акватории Охотского моря и соответственно в трех РЗ (1, 2, 3) в период июль – сентябрь 2017 г. представлено в виде аналоговых карт на рис. 5. На них хорошо видно, что на протяжении всего основного нерестового периода в РЗ № 1 были только холодные температурные условия, а в РЗ № 2 наоборот только теплые.

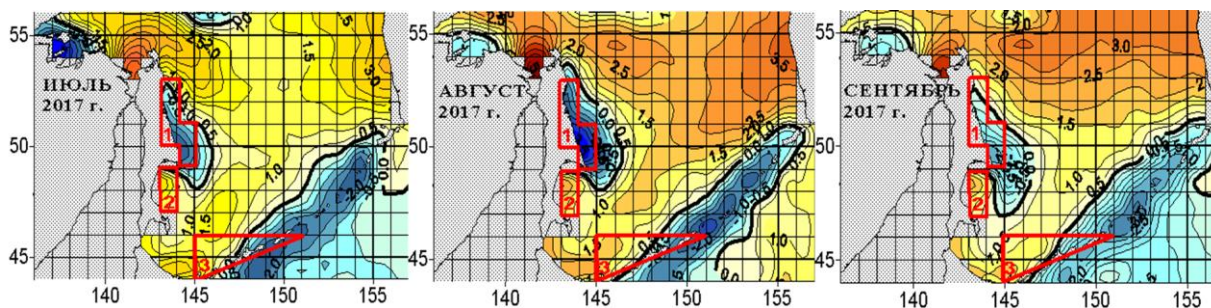


Рис. 5. Карты распределения среднемесячных аномалий ТПО в акватории Охотского моря, включая РЗ (1,2,3) в июле – сентябре 2017 г.

Примеры пространственного распределения среднемесячных аномалий ТПО в прибрежных акваториях Охотского моря (РЗ 1, 2, 3), отображающие холодные и теплые температурные условия (по данным табл. 1–3) на протяжении всего периода (июль – сентябрь), показаны в виде картографических материалов на рис. 6 (а, б) для 2003 г. и 2011 г. соответственно.

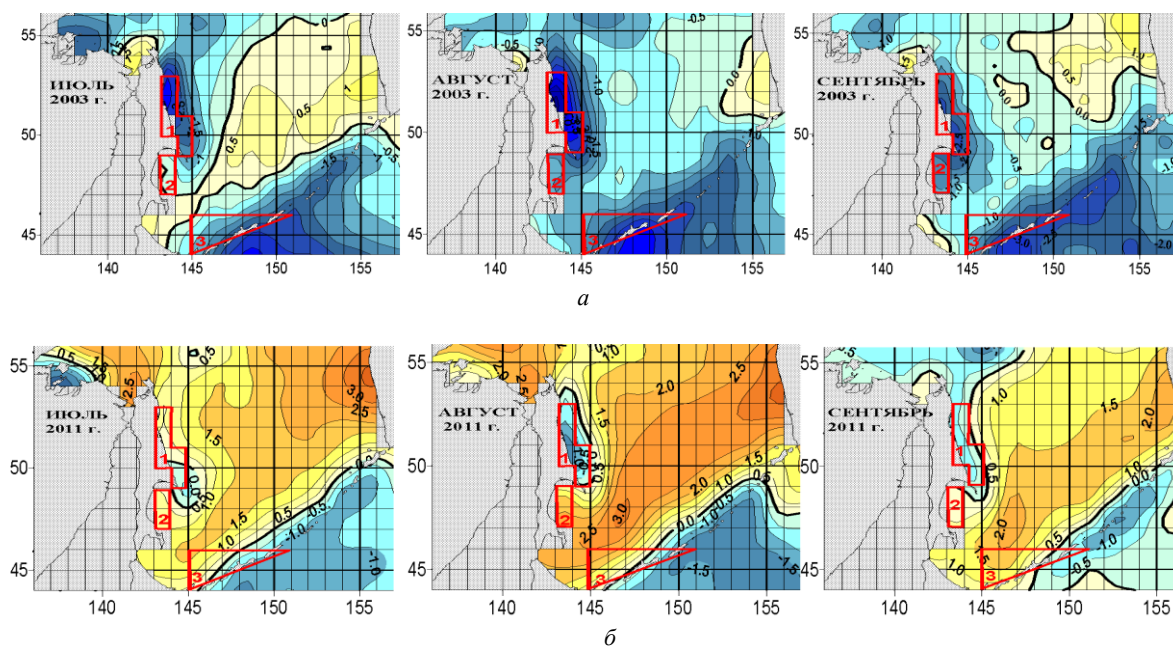


Рис. 6. Карты распределения среднемесячных аномалий ТПО в акватории Охотского моря, включая РЗ (1,2,3) с июля по сентябрь:
а – холодные температурные условия в 2003 г.;
б – теплые температурные условия в 2011 г.

Заключение

Результаты сравнительного анализа температурных условий в 2017 г. за период основного подхода на нерест (июль – сентябрь) горбуши и кеты с климатическими данными (1971–2000 гг.) и с аналогичными по времени температурными условиями нечетных лет периода 2001–2015 гг. показали следующие особенности температурного режима в прибрежных акваториях восточного Сахалина и о. Итуруп (Южные Курильские острова):

1. Акватория у северо-восточного побережья о. Сахалин (РЗ № 1)

– температурные условия в РЗ №1 в 2017 г. оказались холодными: сезонное значение ТПО ниже климатических данных, при этом сезонная аномалия $T_{ан} = -2,4^{\circ}\text{C}$ (холоднее были лишь 2003 г. и 2009 г.);

– сезонные значения аномалий ТПО в РЗ № 1 за весь период наблюдений 2001–2017 гг. всегда были только отрицательные.

2. Акватория у юго-восточного побережья о. Сахалин, включая часть зал. Терпения (РЗ № 2)

– температурные условия в РЗ № 2 в 2017 г. оказались почти самыми теплыми за данный период нечетных лет: сезонное значение ТПО выше климатических данных, при этом сезонная аномалия $T_{ан} = +1,4^{\circ}\text{C}$ (теплее было только в 2013 г.);

– сезонные значения аномалий ТПО в РЗ № 2 за весь период наблюдений 2001–2017 гг. почти всегда были только положительные, за исключением 2003 г. ($T_{ан} = -0,5^{\circ}\text{C}$).

3. Охотоморская акватория острова Итуруп (РЗ № 3)

– температурные условия в РЗ №3 в 2017 г. за период июль – сентябрь были близки к климатической норме: сезонная аномалия $T_{ан} = -0,3^{\circ}\text{C}$, при этом они были выше аналогичных значений за период 2001–2009 гг., но ниже значений периода 2011–2015 гг.

– сезонные значения аномалий ТПО в РЗ № 3 в 2001–2017 гг. почти всегда были только отрицательные, за исключением 2011 г., 2013 г., 2015 г.

Литература

1. Бугаев А.В. Преднерестовые миграции тихоокеанских лососей в экономической зоне России. – Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2015. – 416 с.
2. Мороз И.Ф. Межгодовые различия океанологических условий и особенности анадромных миграций лососей Сахалино-Курильского региона (на примере 1991 и 1993 гг.) // Изв. ТИНРО. – 1997. – Т. 122. – С. 451–462.

3. *Каев А.М.* Временная структура миграционного потока горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* в Охотское море // Изв. ТИНРО. – 2002. – Т. 130. – С. 904–920.
4. *Гриценко О.Ф.* Проходные рыбы острова Сахалин (систематика, экология, промысел). – М.: Изд-во ВНИРО, 2002. – 248 с.
5. *Иванков В.Н.* Внутривидовая дифференциация и популяционная организация горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* в различных частях ареала // Изв. ТИНРО. – 2011. – Т. 167. – С. 64–73.
6. *Кловач Н.В.* Смежные поколения горбуши // Материалы международной конференции «Лососевые рыбы: биология, охрана и воспроизводство» 18–22 сентября 2017 г., Петрозаводск, Карелия, Россия). – Петрозаводск, 2017. – С. 83.
7. Спутниковый мониторинг температурных условий промысловых районов Мирового океана / *Г.П. Ванюшин, Б.Н. Котенёв, М.Ю. Кружалов, А.А. Трошков, Т.Б. Барканова, Т.В. Булатова, В.А. Царева, А.А. Коробочка, С.Н. Марков* // Программа ВНИРО. – М.: Изд-во ВНИРО. – 2005. – 48 с.
8. Сравнительная оценка результатов промысла горбуши и температурных условий морской среды, определяемых по спутниковым данным в районе южных Курильских островов / *Г.П. Ванюшин, В.А. Царева, Т.Ю. Углова, М.Ю. Кружалов* // Труды ВНИРО. – 2015. – Т. 158. – С. 112–120.
9. *Каев А.М.* Оценка эффективности прогнозирования и управления промыслом горбуши в Сахалино-Курильском регионе // Изв. ТИНРО. – 2011. – Т. 167. – С. 32–53.

Информация об авторах
Information about the authors

Царева Вера Анатольевна – Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии; 107140, Россия, Москва; научный сотрудник; ladimon@mail.ru

Tsareva Vera Anatolevna – Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO); 107140; Russia, Moscow; Researcher; ladimon@mail.ru

Ванюшин Георгий Петрович – Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии; 107140, Россия, Москва; кандидат географических наук, руководитель группы мониторинга параметров водной среды

Vanyushin Georgy Petrovich – Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO); 107140; Russia, Moscow; Group Leader

Кружалов Михаил Юрьевич – Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии; 107140, Россия, Москва; старший научный сотрудник

Kruzhlov Mikhail Yurevich – Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO); 107140; Russia, Moscow; Senior Researcher

Сапунова Елена Васильевна – Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии; 107140, Россия, Москва; старший инженер

Sapunova Elena Vasilevna – Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO); 107140; Russia, Moscow; Senior Engineer

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:

03.02.00 – Общая биология

05.11.00 – Приборостроение, метрология и информационно-измерительные приборы и системы

05.18.00 – Технология продовольственных продуктов

В рамках общих направлений предпочтение отдается следующим профилям:

– научно-информационное обеспечение развития технических систем, контроля природной среды и использования природных ресурсов;

– аквакультура и охрана водных биологических ресурсов и среды их обитания, воздействие природных и антропогенных факторов на состояние водных экосистем;

– пищевые технологии и рыбоперерабатывающая техника.

Редакция оставляет за собой право отклонять статьи, не соответствующие профилю журнала

В журнале печатаются результаты, ранее не опубликованные и не предназначенные к одновременной публикации в других изданиях.

Работа должна соответствовать указанным выше направлениям, обладать несомненной новизной, иметь теоретическую и практическую значимость. Рукописи статей должны быть подготовлены на высоком научном уровне и содержать результаты исследований по соответствующей проблематике. Материалы исследований, присланные в журнал, не должны содержать заимствований из работ, принадлежащих другим ученым. Ссылки на исследования других специалистов даются в порядке, определенном традициями научного сообщества.

Рукописи должны быть оформлены в соответствии с правилами оформления, принятыми в журнале. Журнал публикует статьи на русском языке.

Направление рукописей

Рукописи статей в электронном виде направляются в редакцию журнала по адресу: vestnik@kamchatgtu.ru. Название файла должно содержать фамилию автора статьи.

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

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

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

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

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

Рецензирование рукописей

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

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

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

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

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

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

Оригиналы рецензий хранятся в редакции журнала в течение пяти лет.

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

Опубликование рукописей

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

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

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

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

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

Печатная версия журнала высылается по всем обязательным адресам рассылки.

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

Приложение 1

Анкета-заявка

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

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

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РУКОПИСЕЙ СТАТЕЙ

Объем

Объем рукописи статьи не менее 5 страниц в печатном формате журнала и не более 24 страниц, включая рисунки, таблицы, формулы, список литературы, информацию об авторах.

Рекомендуемая структура

Статья должна быть структурирована в соответствии с основными исследовательскими позициями (цель, методы, результаты исследования, выводы, список литературы). Структура статьи может незначительно варьироваться с учетом специфики содержания статей по конкретному направлению. В статьях технической, технологической и биологической направленности рекомендовано озаглавливать структурные разделы.

Правила набора

Текстовый редактор Microsoft Word, шрифт Times New Roman, размер шрифта 11, абзацный отступ – 0,7 см; междустрочный интервал – 1,0. Поля: верхнее – 23 мм, нижнее – 22 мм, правое – 20 мм, левое – 28 мм.

НАЧАЛО СТАТЬИ

Через один межстрочный интервал последовательно приводятся следующие сведения:

- индекс универсальной десятичной классификации (УДК), выровненный влево (шрифт 11);
на русском языке указываются инициалы, фамилии авторов последовательно с выравниванием по центру (полужирными буквами, шрифт 11);
- название статьи прописными (заглавными) полужирными буквами, без переносов, выровненное по центру (шрифт 11);
- текст краткой аннотации (≈150 слов), выровненный по ширине полосы (шрифт 10); **аннотация** должна содержать краткое изложение проблемы, указание на технологию или методы исследования, результаты исследования с акцентом на их новизну;
- ключевые слова (не более 10 слов) на русском языке, выровненные по ширине полосы (шрифт 10);
на английском языке указываются инициалы, фамилии авторов последовательно с выравниванием по центру (полужирными буквами, шрифт 11);
- название статьи прописными (заглавными) полужирными буквами, без переносов, выровненное по центру (шрифт 11);
- текст краткой аннотации (≈150 слов), выровненный по ширине полосы (шрифт 10);
- ключевые слова (не более 10 слов), выровненные по ширине полосы (шрифт 10).

Образец оформления начала статьи

УДК 519.6:550.38

О.В. Мандрикова, И.С. Соловьёв

МЕТОД ВЫДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРНОЙ СУТОЧНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ И ЛОКАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ В ГЕОМАГНИТНОМ СИГНАЛЕ

Предложенный в работе метод, основанный на конструкции вейвлет-пакетов, позволяет в автоматическом режиме выделить в геомагнитном сигнале характерную составляющую и разномасштабные локальные особенности, формирующиеся в периоды магнитных бурь. Локальные особенности несут информацию об интенсивности и характере развития магнитной бури, и их динамический анализ дает возможность проследить изменения энергетических параметров поля и фиксировать момент предстоящей бури. Выделенная характерная суточная составляющая геомагнитного сигнала описывает вариации поля в спокойные периоды времени и их существенное изменение в периоды возрастания геомагнитной активности. Апробация метода выполнена на модельных сигналах и данных магнитного поля Земли, полученных на обсерватории «Паратунка» (с. Паратунка, Камчатский край).

Ключевые слова: вейвлет-преобразование, магнитные бури, геомагнитные данные.

CHARACTERISTIC DIURNAL CONSTITUENT AND LOCAL FEATURES IN GEOMAGNETIC SIGNAL EXTRACTION METHOD

The article proposes a new wavelet-based method, which allows to distinguish characteristic constituent and local features during magnetic storms in geomagnetic signal in an automatic mode. The local features carry substantial information about the intensity and the dynamic of the development of the geomagnetic perturbations; it allows us to detect sudden commencement because it could be an indicator of onset of the geomagnetic storm. The distinguished characteristic diurnal constituent of the geomagnetic signal describes the field variations in quiet time and its essential changes in periods of increasing geomagnetic activity. The method has been successfully tested on the model signals and the Earth's magnetic field data obtained at the observatory «Paratunka» (village Paratunka, Kamchatka region, Far East of Russia).

Key words: wavelet transform, magnetic storm, geomagnetic data.

ТЕКСТ СТАТЬИ

Основной размер шрифта текста статьи – 11. Таблицы, подрисуночные подписи – 9.

Рисунки. Все рисунки, кроме единственного, нумеруются, и на них делаются ссылки в тексте. Рисунки небольшого формата могут быть сверстаны в виде «форточек» (т. е. обтекаемые текстом). При этом расстояние между текстом и контуром рисунка должно быть равно 0,9 см. Рисунки, вставленные в текст, должны правиться средствами Microsoft Word, быть четкими, обозначения и надписи читаемыми. Номер рисунка и подпись к нему печатаются ниже 9 кеглем и выносятся отдельно от рисунка для возможности редактирования.

Образец оформления рисунков

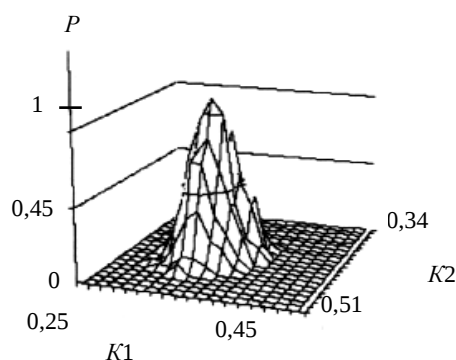


Рис. 3. Функция $P(K1, K2)$ вероятности работоспособности трехфазового мостового выпрямителя

Очевидно, что вид функции $p(K1, K2)$ зависит от топологии элементов объекта диагностирования и их свойств. Если вероятности возникновения кратных дефектов невелики, функция $p(K1, K2)$ близка к константе на всей области (рис. 3), если велика вероятность возникновения кратных дефектов, вид функции $p(K1, K2)$ зависит от топологии соединения элементов объекта диагностирования. Для определения области работоспособности в пространстве $K1, K2$ в каждой его точке необходимо вычислить значение P – вероятности нахождения объекта в работоспособном состоянии, вычислив отношение значения функции $p(K1, K2)$ к сумме значений $p(K1, K2)$ и $p_n(K1, K2)$.

Определив таким образом функцию $P(K1, K2)$ и задавшись требуемым пороговым значением величины вероятности (например, $P > 0,95$), получим область работоспособности объекта в пространстве выделенных параметров $K1, K2$. Аналитическое решение рассматриваемой задачи не найдено, так как нахождение функций $p(K1, K2)$ и $p_n(K1, K2)$ в общем случае затруднено из-за высокой размерности системы уравнений, определяющих $K1$ и $K2$ как функции u_j .

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

Образец оформления формул

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

$$\begin{aligned} -1 \leq K1(y_j) \leq 1, \\ -1 \leq K2(y_j) \leq 1. \end{aligned} \quad (8)$$

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

$$\begin{aligned} K1(y_j \min) \leq K1(y_j) \leq K1(y_j \max), \\ K1(y_j \min) \leq K1(y_j) \leq K1(y_j \max). \end{aligned} \quad (9)$$

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

Таблицы. Все таблицы, кроме единственной, нумеруются. Текст таблиц набираются курсивом, 9 кеглем, через 1,0 интервал. Таблицу, в зависимости от ее размера, помещают под текстом, в котором впервые дана ссылка на нее, или на следующей странице. Допускается помещать таблицу вдоль длинной стороны листа. При делении таблицы на части допускается заменять ее головку или боковик соответственно номером граф и строк. При этом нумеруют арабскими цифрами графы и строки первой части таблицы. Слово «Таблица» указывают один раз над первой частью таблицы курсивом, над другими частями пишут слова «Продолжение табл.» или «Окончание табл.» с указанием номера таблицы.

Образец оформления таблиц

В исходной флоре Авачинской губы, включающей 165 видов, преобладали массовые и поясообразующие (табл. 1).

Таблица 1

Соотношение массовых, часто, редко и единично встречающихся видов
во флоре Авачинской губы в различные периоды

Группы видов	1970 г.		1991 г.		1999 г.	
	Количество видов	%	Количество видов	%	Количество видов	%
Массовые	54	32,7	35	22,15	24	23,3
Частые	46	27,9	36	22,8	6	5,8
Редкие	38	23,0	35	22,15	33	32,1
Единичные	27	16,4	52	32,9	40	38,8
Всего	165	100	158	100	103	100

За двадцатилетний период сильного загрязнения (1970–1991 гг.) видовой состав сократился незначительно.

Ссылки. Все ссылки на используемые источники нумеруются. Номера ссылок в тексте должны идти по порядку и быть заключены в квадратные скобки. Примеры: [1–7] или [1, с. 20] – при ссылке на конкретный фрагмент документа или при использовании прямой цитаты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Список используемых источников приводится под заголовком **Литература** в конце текста статьи и составляется в порядке упоминания источника в статье. Оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка».

Книга одного, двух, трех авторов:

Гришаева Л.И., Цурикова Л.В. Введение в теорию межкультурной коммуникации: учеб. пособие для вузов. 3-е изд. – М.: Academia, 2006. – 123 с. (Высшее профессиональное образование. Языкознание).

Книга, имеющая более трех авторов:

Методы анализа и обработки сложных геофизических сигналов: моногр. / О.В. Мандрикова, В.В. Геппенер, Д.М. Клионский, А.В. Экало. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2010. – 258 с.

Сборники трудов:

Россия и мир: гуманитар. проблемы: межвуз. сб. науч. тр. / С.-Петерб. гос. ун-т вод. коммуникаций. – 2004. – Вып. 8. – С. 145.

Археология: история и перспективы: сб. ст. Первой межрегион. конф., Ярославль, 2003. – 350 с.

Материалы конференций:

Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: материалы III Всерос. науч.-техн. конф. (20–22 марта 2012 г.). – Петропавловск-Камчатский, 2012. – 230 с.

Статьи из журналов, сборников, материалов конференций:

Ефимова Т.Н., Кусакин А.В. Охрана и рациональное использование болот в Республике Марий Эл // Проблемы региональной экологии. – 2007. – № 1. – С. 80–86.

Бугаев В.Ф. Многовидовой промысел лососей бассейна р. Камчатка // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: материалы V науч. конф. (22–24 ноября 2004 г.) – Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2004. – С. 168–172.

Авторефераты, диссертации:

Горова О.Ю. Экологические особенности гольцов рода *Salvelinus* (*Salmoniformes: Salmonidae*) Камчатки: анализ фауны и сообществ паразитов: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Владивосток, 2008. – 25 с.

Фенухин В.И. Этнополитические конфликты в современной России: на примере Северо-Кавказского региона: дис. ... канд. полит. наук. – М., 2002. – С. 54–55.

Аналитические обзоры:

Экономика и политика России и государств ближнего зарубежья: аналит. обзор, апр. 2007 / Рос. акад. наук, Ин-т мировой экономики и междунар. отношений. – М.: ИМЭМО, 2007. – 39 с.

Официальные документы:

О противодействии терроризму: федер. закон Рос. Федерации от 6 марта 2006 г. № 35-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 26 февр. 2006 г.: одобр. Советом Федерации Федер. Собр. Рос. Федерации 1 марта 2006 г. // Рос. газ. – 2006. – 10 марта.

Патенты:

Приемопередающее устройство: пат. 2187888 Рос. Федерация. № 2000131736/09; заявл. 18.12.00; опубл. 20.08.02, Бюл. № 23 (II ч.). – 3 с.

Архивные документы:

Гребенчиков Я.П. К небольшому курсу по библиографии: материалы и заметки, 26 февр. – 10 марта 1924 г. // ОР РНБ. – Ф. 41. – Ед. хр. 45. – Л. 1–10.

Электронные ресурсы:

О введении надбавок за сложность, напряженность и высокое качество работы [Электронный ресурс]: указание М-ва соц. защиты Рос. Федерации от 14 июля 1992 г. № 1-49-У. Документ опубликован не был. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

Жилищное право: актуальные вопросы законодательства: электрон. журн. – 2007. – № 1. – URL: <http://www.gilpravo.ru> (дата обращения: 20.08.2007).

Паринов С.И., Ляпунов В.М., Пузырев Р.Л. Система Соционет как платформа для разработки научных информационных ресурсов и онлайн-сервисов // Электрон. б-ки. – 2003. – Т. 6, вып. 1. – URL: <http://www.elbib.ru/index.phtml?page=elbib/rus/journal/2003/part1/PLP/> (дата обращения: 25.11.2006).

Авилова Л.И. Развитие металлопроизводства в эпоху раннего металла (энеолит – поздний бронзовый век) [Электронный ресурс]: состояние проблемы и перспективы исследований // Вести. РФФИ. – 1997. – № 2. – URL: <http://www.rfbr.ru/pics/22394ref/file.pdf> (дата обращения: 19.09.2007).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Информация обо всех авторах статьи приводится последовательно на русском и английском языках по схеме: фамилия, имя, отчество автора; название организации, индекс, страна, город; степень, звание, должность; электронный адрес (шрифт 10) и размещается в конце статьи.

Образец оформления информации об авторах

Информация об авторах Information about the authors

Белавина Ольга Александровна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; специалист по научно-технической информации отдела науки и инноваций; oni@kamchatgtu.ru

Belavina Olga Aleksandrovna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Specialist in Technical and Scientific Information of Science and Innovation Department; oni@kamchatgtu.ru

Токарева Галина Альбертовна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; доктор филологических наук; доцент; профессор кафедры истории и философии; Петропавловск-Камчатский филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ; 683002, Россия, Петропавловск-Камчатский; профессор кафедры экономических и социально-гуманитарных наук; tga41@yandex.ru

Tokareva Galina Albertovna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Philological Sciences; Associate Professor; Professor of History and Philosophy Chair; Petropavlovsk-Kamchatsky Branch of Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Professor of Economic, Social and Human Sciences Chair; tga41@yandex.ru

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 Г.А. Токарева

Редактор О.В. Ольхина
Технический редактор О.А. Лыгина
Верстка, оригинал-макет О.А. Лыгина

Адрес редакции, издателя, типографии:

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

Дата выхода в свет 29.06.2018 г.
Формат 60*84/8. Печать цифровая. Гарнитура Times New Roman
Авт. л. 14,4. Уч.-изд. л. 14,88. Усл. печ. л. 15,11
Тираж 500 экз. Заказ № 7

Подписной индекс в каталоге «Пресса России» 81288

Цена свободная

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