

ISSN 2079-0333

**ВЕСТНИК
Камчатского
государственного
технического
университета**



**Научный
журнал**

Основан в 2002 г.

16+

ВЫПУСК

54

2020

Издательство



КамчатГТУ

Петропавловск-Камчатский

ISSN 2079-0333

ВЕСТНИК Камчатского государственного технического университета



**Научный
журнал**

Основан в 2002 г.

Bulletin of Kamchatka State Technical University

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

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

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

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

ВЫПУСК

54

2020

Петропавловск-Камчатский

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Клочкова Т.А. (главный редактор)	доктор биологических наук, доктор философии биологии (Ph.D.), проректор по научной работе и международной деятельности Камчатского государственного технического университета
Царенко С.Н. (научный редактор, технический раздел)	кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологических машин и оборудования Камчатского государственного технического университета
Ольхина О.В. (ответственный секретарь)	заведующий издательством Камчатского государственного технического университета
Белавина О.А. (технический секретарь)	кандидат химических наук, заведующий сектором патентования и научно-квалификационной деятельности отдела науки и инноваций Камчатского государственного технического университета
Богданов В.Д.	доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии продуктов питания Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета
Голохваст К.С.	доктор биологических наук, профессор РАН, член-корреспондент РАО, заместитель директора по научно-организационной работе ФИЦ «Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова»
Йотсукура Н.	доктор философии биологии (Ph.D.), профессор, директор Морской станции Ошоро, научно-исследовательский центр по изучению северной биосферы Университета Хоккайдо (Япония)
Кадникова И.А.	доктор технических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник лаборатории безопасности и качества морского растительного сырья Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра
Каленик Т.К.	доктор 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)
Клочкова Н.Г.	доктор биологических наук, научный сотрудник Камчатского государственного технического университета
Лобков Е.Г.	доктор биологических наук, профессор кафедры водных биоресурсов, рыболовства и аквакультуры Камчатского государственного технического университета
Мандрикова О.В.	доктор технических наук, доцент, заведующий лабораторией системного анализа Института космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН
Потапов В.В.	доктор технических наук, главный научный сотрудник научно-исследовательского отдела Научно-исследовательского геотехнологического центра Дальневосточного отделения Российской академии наук
Приходько Ю.В.	доктор технических наук, профессор, директор департамента пищевых наук и технологий Дальневосточного федерального университета
Седова Н.А.	доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры водных биологических ресурсов, рыболовства и аквакультуры Камчатского государственного технического университета
Сенкевич Ю.И.	доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории акустических исследований Института космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН
Усов А.И.	доктор химических наук, главный научный сотрудник лаборатории химии углеводов Института органической химии имени Н.Д. Зелинского РАН
Швецов В.А.	доктор химических наук, доцент, профессор кафедры энергетических установок и электрооборудования судов Камчатского государственного технического университета

EDITORIAL BOARD

Klochkova T.A. (Editor-in-Chief)	Doctor of Biological Sciences, Doctor of Philosophy in Biology (Ph.D.), Vice-rector for Scientific Work and International Communications, Kamchatka State Technical University
Tzarenko S.N. (Scientific Editor, technical sciences)	Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Technical Machines and Equipment Chair, Kamchatka State Technical University
Olkhina O.V. (Executive Secretary)	Head of Publishing House, Kamchatka State Technical University
Belavina O.A. (Technical Secretary)	Candidate of Chemical Sciences, Head of the Patenting and Scientific Qualification Activity Sector of Science and Innovation Department, Kamchatka State Technical University
Bogdanov V.D.	Doctor of Technical Sciences, Professor of Food Technology Chair, Far Eastern State Technical Fisheries University
Golokhvast K.S.	Doctor of Biological Sciences, Professor of Russian Academy of Sciences, Corresponding Member of Russian Academy of Education, Deputy Director for Scientific and Organizational Work of the Federal Research Center "N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources"
Yotsukura N.	Doctor of Philosophy in Biology (Ph.D.), Professor, Director of Oshoro Marine Station, Field Science Center for Northern Biosphere, Hokkaido University (Japan)
Kadnikova I.A.	Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Leading Researcher of Seaweed Raw Material Safety and Quality Laboratory, Pacific Scientific Research Fisheries Center
Kalenik T.K.	Doctor of Medical Sciences, Professor of Food Science and Technology Department, School of Biomedicine of Far Eastern Federal University
Karpenko V.I.	Doctor of Biological Sciences, Professor of Water Bioresources, Fishery and Aquaculture Chair, Kamchatka State Technical University
Kim G.H.	Doctor of Philosophy in Biology (Ph.D.), Professor, Head of Phycology Laboratory, Kongju National University (South Korea)
Klochkova N.G.	Doctor of Biological Sciences, Scientific Researcher of Kamchatka State Technical University
Lobkov E.G.	Doctor of Biological Sciences, Professor of Water Bioresources, Fishery and Aquaculture Chair, Kamchatka State Technical University
Mandrikova O.V.	Doctor of Technical Sciences, Head of System Analysis Laboratory, Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation FEB RAS
Potapov V.V.	Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher of Research Department, Research Geotechnological Center FEB RAS
Prikhodko Y.V.	Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Food Science and Technology Department, Far Eastern Federal University
Sedova N.A.	Doctor of Biological Sciences, Professor of Water Bioresources, Fishery and Aquaculture Chair, Kamchatka State Technical University
Senkevich Y.I.	Doctor of Technical Sciences, Docent, Leading Researcher of Acoustic Researches Laboratory, Institute of Cosmophysical Research and Radio Waves Propagation of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences
Usov A.I.	Doctor of Chemical Sciences, Chief Researcher of Carbohydrate Chemistry Laboratory, N.D. Zelinsky Institute of Organic Chemistry of Russian Academy of Sciences
Shvetsov V.A.	Doctor of Chemical Sciences, Docent, Professor of Power Plants and Electrical Equipment of Ships Chair, Kamchatka State Technical University

Содержание

РАЗДЕЛ I. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Ещенко Д.В., Никитин А.Т., Белов О.А.	
Практическое применение методов тепловизионного анализа и контроля	6
Сивоконь В.П.	
Высоковольтный мониторинг геомагнитно-индуцированных токов	20
Труднев С.Ю.	
Компьютерное моделирование однофазного асинхронного двигателя	29
Благонравова М.В., Самохин А.В.	
Разработка технологии хлебобулочных изделий пониженной влажности с добавлением в качестве обогатителя кальмара	36

РАЗДЕЛ II. БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Авдощенко В.Г., Климова А.В.	
Содержание тяжелых металлов в растениях города Петропавловска-Камчатского (Камчатский край) в 2017–2018 гг.	48
Карпенко В.И., Погорелов Е.А.	
Особенности питания молоди рыб в период паводка в протоке Карымайской летом 2018 года	65
Клочкова Н.Г., Клочкова Т.А., Климова А.В.	
Флора водорослей-макрофитов Командорских островов: ревизия-2020. I. Chlorophyta и Ochrophyta	82
Напрасникова Е.В., Белозерцева И.А.	
Почвы восточного побережья озера Байкал и их эколого-микробиологическая характеристика	108
Правила направления, рецензирования и опубликования рукописей статей	117
Правила оформления рукописей статей	120
Алфавитный указатель статей, опубликованных в журнале «Вестник КамчатГТУ» в 2020 году (№ 51–54)	127

Contents

SECTION I. TECHNICAL SCIENCES

Eshchenko D.V., Nikitin A.T., Belov O.A.	
Practical application of thermal-imaging analysis and control methods	6
Sivokon V.P.	
High voltage monitoring of geomagnetic induced currents	20
Trudnev S.Yu.	
Computer simulation of a single-phase asynchronous motor	29
Blagonravova M.V., Samokhin A.B.	
Development of technology of reduced moisture bakery products with addition of squid as a concentrator	36

SECTION II. BIOLOGICAL SCIENCES

Avdoshchenko V.G., Klimova A.V.	
contents of heavy metals in the plants of Petropavlovsk-Kamchatsky (Kamchatka territory) in 2017–2018	48
Karpenko V.I., Pogorelov E.A.	
Feeding peculiarities of fish juveniles during high water level in Karymai stream in summer 2018	65
Klochkova N.G., Klochkova T.A., Klimova A.V.	
Marine benthic algae from Commander islands (revision 2020). I. Chlorophyta and Ochrophyta	82
Naprasnikova E.V., Belozertseva I.A.	
Soils of eastern coast of Baikal lake and their ecologic-microbiologic characteristic	108
Regulations for manuscripts direction, reviewing and publication	117
Manuscripts guidelines	120
Author index of articles published in the journal “Bulletin of Kamchatka State Technical University” in 2020 (№ 51–54)	127

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ТЕПЛОВИЗИОННОГО АНАЛИЗА И КОНТРОЛЯ

Ещенко Д.В., Никитин А.Т., Белов О.А.

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

Процесс эксплуатации любых технических объектов неизбежно связан с изменением их технического состояния и снижением эксплуатационных характеристик. Вместе с тем постоянно возрастают требования качественного обеспечения заданных параметров надежности и безопасности различных технических систем на протяжении всего периода эксплуатации. Одним из направлений решения данной проблемы является внедрение в технологический процесс эксплуатации различных видов оборудования новых средств и методов технической диагностики [ГОСТ 20911-89; ГОСТ 13372-2013]. Одним из таких перспективных методов является термографическое исследование объектов. В статье рассматриваются основные средства тепловизионного контроля и экспериментально оцениваются методы их применения на отдельных видах оборудования*.

Ключевые слова: тепловизионный контроль, тепловизионное оборудование, техническая диагностика.

PRACTICAL APPLICATION OF THERMAL-IMAGING ANALYSIS AND CONTROL METHODS

Eshchenko D.V., Nikitin A.T., Belov O.A.

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

The process of operation of any technical objects is inevitably associated with a change in their technical condition and a decrease in operational characteristics. At the same time, the requirements for quality assurance of the specified reliability parameters and safety of various technical systems throughout the entire period of operation are constantly increasing. One of the ways to solve the given problem is integration to the technological process of various types of equipment of new means and methods of technical diagnostics [GOST (State standard) 20911-89, GOST (State standard) 13372-2013]. One of such perspective methods is the thermographic study of objects. In this paper, we experimentally evaluated the main means of thermal imaging control and methods of their application on certain types of equipment.

Key words: thermal-imaging control, thermal imaging equipment, technical diagnostics.

* В работе использованы приборы Центра коллективного использования научного оборудования КамчатГТУ, приобретенные по межправительственному российско-японскому соглашению (In this paper, we used the equipment obtained due to Russian-Japanese intergovernmental agreement and maintained in the Center for Collective Use of Scientific Equipment of Kamchatka State Technical University).

ВВЕДЕНИЕ

Рабочий процесс большинства механизмов, систем и устройств характеризуется выделением тепла. В нормальных режимах работы температура рабочих поверхностей не превышает установленных инструкцией по эксплуатации пределов. Однако при возникновении внутренних дефектов или превышении допустимых эксплуатационных параметров температура может существенно возрастать, что приводит к перегреву и нарушению работоспособности объекта [Белов 2015а, б]. Таким образом, значение температуры является важным диагностическим параметром, по величине которого можно оценить техническое состояние контролируемого объекта. С этой целью применяются специальные средства контроля температуры, наиболее функциональным из которых является термографический контроль. Последний используется во многих сферах промышленности, в том числе в системе диагностики судового оборудования [Рябинин, 1997].

Существует большое разнообразие приборов для термографической съемки. Наиболее распространенными и доступными на территории России являются средства тепловизионного контроля BALTECH и TESTO. Технические характеристики этих приборов позволяют выполнять большой объем тепловизионных измерений. Тепловизоры серии BALTECH TR-0170 являются новым уникальным решением для проведения теплового неразрушающего контроля на любом расстоянии до объекта с большой точностью. Широкий диапазон измерения и комплект сменных объективов позволяют выполнить с их помощью диагностику оборудования или энергоаудит любых объектов. Тепловизор TESTO 875 идеально подходит для профессиональной

промышленной и строительной термографии, в то же время позволяет работать легко и быстро. Он отличается легкостью и универсальностью в эксплуатации и может использоваться, например, при техническом обслуживании промышленного и механического оборудования, для выявления дефектов ограждающих конструкций зданий, а также для контроля технического состояния различного работающего электрооборудования.

Оба указанных тепловизора могут быть применены для реализации как активных методов контроля, так и для пассивных методов термографии. Первые основаны на предварительном нагреве и последующем измерении температурного поля поверхности объекта и используются для обнаружения дефектов, изменений в структуре и физико-химических свойствах объектов, связанных с анизотропией теплопроводности, теплоемкостью и величиной коэффициента поглощения. Также широко применяются в строительстве и ремонте зданий, когда с помощью тепловизоров проводится обследование стен, кровли, перекрытий на предмет выявления мест утечки тепла, накопления влаги, оценивается состояние скрытых коммуникаций.

Пассивные методы предполагают использование собственного излучения контролируемого объекта и применяются в целях обнаружения отклонений от заданных форм, геометрических размеров и теплового режима работы объектов. С их помощью проводится обследование энергосистем и инженерных сетей, оценивается состояние дымоходов, котельного оборудования, выявляется утечка хладагента, а также проводится контроль промышленных линий и оборудования. С помощью тепловизора можно точно определить уровень наполненности резервуара, установить утечку газа из трубопровода, прове-

ритель герметичность различных емкостей и цистерн [Северцев, 1989]. Проведенные контрольные замеры показали эффективность данного метода при проверке работающего электрооборудования. Путем диагностики выявляется утечка электрического тока, обрыв проводов, повреждение изоляционной оболочки, места сильного нагрева, ошибки монтажа. Это подтверждается результатами термографического анализа некоторых видов электрооборудования.

Цель настоящей работы – рассмотреть основные средства тепловизионного контроля и экспериментально оценить методы их применения на отдельных видах оборудования, в том числе используемом на рыбопромысловом флоте. Полученные авторами результаты приведены ниже.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сравнительный анализ основных рабочих характеристик тепловизоров серии BALTECH TR-0170 и TESTO 875 приведен в таблице 1. Рассматриваемые приборы обладают широким набором функций, позволяющих качественно и безопасно осу-

ществлять тепловизионный контроль различных технических объектов, зданий, сооружений и работающего электрооборудования. Несколько большими возможностями обладает тепловизор серии BALTECH TR-0170, но для контроля локальных объектов, особенно в условиях ограниченного доступа, более функциональным является тепловизор TESTO 875.

Исследования проводили на СРТМ «Ленинец» ОАО «Колхоз имени Ленина» в октябре 2020 г. с использованием тепловизора TESTO 875. В качестве программного комплекса для автоматизированной обработки данных и построения термограмм применяли штатную программу TESTO. В качестве объектов тепловизионной диагностики на СРТМ «Ленинец» использовали электроприводы судового пожарного насоса и холодильного агрегата.

Методика тепловизионного контроля с использованием тепловизора BALTECH TR-0170 отрабатывалась на термографии 12-секционного бытового радиатора отопления. Условия проведения термографического исследования представлены в таблице 2.

Таблица 1. Основные технические характеристики тепловизоров

Table 1. Technical parameters of thermal imagers

Параметр	Функция	BALTECH TR-0170	TESTO 875
Формирование изображений	Поле зрения / мин дистанция фокуса	24°×18°/ 0,4m (стандартно), 45°×33°/ 0,2m (опционально), 6°×4,5°/ 1m (опционально)	< 0,5 м
	Мгновенное поле зрения	1,3мрад (24°×18°)	42°×30°
	Чувствительность	< 65мк@30°C	60 мк
	Частота	50 Гц/60 Гц	9 Гц
	Фокусировка	Авто/Механизированная/Ручная	Ручная
	Цифровое масштабирование	1~8× продолжительное	2×; 4×
	Цифровая камера	5,0 мегапикселей	5,0 мегапикселей
Детектор	Режим изображения	Термальное, цифровое, термальное наложение, картинка в картинке, функция W-I-W	Термальное, цифровое, термальное наложение, картинка в картинке
	ИК-разрешение	388×284	320×240
	Спектральный диапазон	8–14 мкм	7,5–14 мкм

Окончание табл. 1

Параметр	Функция	BALTECH TR-0170	TESTO 875
Изображение дисплея	Дисплей	5" цветной ЖК, вращающийся на 270 градусов, 800×480 пикселей	8,9 см (3,5") TFT, QVGA 320×240 пикселей
Измерение	Диапазон температуры	-20°C...+1700°C	-30°C ...+650°C
	Точность измерения температуры	±2°C или ±2% от показаний	±2°C или ±2% от показаний
	Коррекция измерения	Автоматическая/ручная	Ручная
	Изотермический анализ	Определение высокой/низкой температуры, интервала	Определение высокой/низкой температуры, интервала
	Разность температур	Есть	Есть
	Цветовая палитра	12 цветов	10 цветов
Система питания	Продолжительность работы аккумулятора	3 часа	4 часа
Рабочие условия	Диапазон рабочей температуры	-20°C ... +50°C	-15°C ... +50°C
	Диапазон температуры хранения	-20°C ... +70°C	-30°C ... +60°C
	Влажность (эксплуатация и хранение)	≤ 95% без конденсации	+20 ... +80% без конденсации
	Класс защиты	IP54 (IEC60529)	IP54

Таблица 2. Условия проведения термографии радиатора отопления

Table 2. Conditions for thermography of the heating radiator

Параметр	Значение
Модель тепловизора	BALTECHTR-0170
Серийный номер	900039012162
Коэффициент излучения	96%
Дистанция	2,00 m
Влажность	70%
Температура	20,0°C
Точка росы	14,4°C

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Первыми в нашей работе рассматриваются исследования, проведенные с использованием тепловизора TESTO 875 на СРТМ «Ленинец». На рисунке 1, а показан общий вид электропривода судового пожарного насоса и его тепловизионное изображение (рис. 1, б), полученное с помощью тепловизора TESTO 875. На тепловизионном снимке выделена исследуемая область, охватывающая нижний подшипниковый узел и статор электродвигателя. С помощью программы TESTO исследуемая поверхность преобразована в термо-

граммы (рис. 1, в, г), наглядно отражающие распределение температурных ингредиентов в исследуемой области. Термограммы отражают количество (далее: n) точек на поверхности объекта с данной температурой и числовые значения температуры некоторой совокупности этих точек. Для анализа элементов электронасоса с более высокой температурой необходимо выделить область в районе подшипникового узла (рис. 1, б) и также построить термограмму данной области (рис. 1, в). Исследуемая область может характеризоваться не только площадью, но и набором точек, расположенных на прямой, или отдельными,

произвольно выбранными точками. На рис. 1, б обозначена прямая Р, пересекающая исследуемую область. Программа TESTO позволяет построить отдельную линейную термограмму для обозначенной прямой Р, отражающей распределение температур вдоль длины l этой прямой (рис. 1, в). На данной термограмме четко отображается пиковое значение температуры в области трения подшипника и распределение значений температуры вдоль прямой Р. В целом анализ всех рассмотренных термограмм позволяет сделать вывод, что температура подшипника в норме, оборудование работает в штатном режиме.

Для анализа технического состояния более крупных объектов, например электроприводов холодильных агрегатов (рис. 2, а), целесообразно использовать различные виды термограмм. В этом случае обеспечивается возможность контроля температурных аномалий как на заданной области, так и по отдельным осям. Например, на рисунке 2, б оси Р1 и Р2 расположены в продольном направлении в верхней и нижней части статора, ось Р3 расположена в поперечном направлении в средней части статора асинхронного двигателя. Оси Р4 и Р5 расположены в верхней и нижней части подшипникового щита. Отдельно на подшипниковом щите выделена область с более высокой температурной аномалией. Построенные программой по выбранным осям и в заданной области термограммы позволяют оценить температурный режим работы данного электропривода. Продольные линейные термограммы по осям Р1 и Р2 представлены на рисунке 2, в, г. Несмотря на их внешнее различие, температурные значения практически совпадают и имеют максимальное значение в средней части статора, в районе расположения рабочей части трехфазной обмотки. Большее среднее значение тем-

пературы по оси Р2 можно объяснить неравномерностью охлаждения статора в верхней и нижней части. Линейная термограмма по поперечной оси Р3 (рис. 2, д) позволяет оценить температурный режим в зоне максимальной температуры поверхности статора. Пиковая структура термограммы отражает конструкцию внешней поверхности статора электродвигателя и характеризует его теплоотдачу. При этом пиковые значения соответствуют внутренней части вентиляционных каналов, а минимальные значения – внешней грани ребер поверхности. Температурные аномалии в отдельных каналах могут свидетельствовать о неравномерной нагрузке фазных обмоток, неравномерном охлаждении поверхности статора или нарушении свойств изоляции в одной из секций трехфазной обмотки. В целом нагрев статора работающего электродвигателя проходит равномерно и среднее значение температуры находится в пределах нормы.

Из тепловизионного изображения (рис. 2, б) следует, что в рабочем режиме электродвигателя более интенсивному нагреву подвергается крышка переднего подшипникового щита. На изображении выделена эллипсоидная область контроля и две оси, Р4 и Р5, в верхней и нижней части. Термограмма эллипсоидной области представлена на рисунке 3, а. Учитывая, что для подшипников качения большинства асинхронных двигателей критической является температура 100°C , из данной термограммы видно, что рабочая температура не превышает предельных значений и поверхность подшипникового щита имеет равномерный нагрев. Отсутствие в исследуемой области температурных аномалий свидетельствует о нормальной работе подшипникового узла и достаточном охлаждении поверхности электродвигателя.

Линейные термограммы по осям Р4 и Р5 (рис. 3, б, в) подтверждают сделанные выше выводы, показывая равномерность нагрева поверхности и практически одинаковые температурные максимумы и средние значения по верхней и нижней оси. Линейными термограммами также удобно пользоваться при тепловом анализе линейных объектов, например контактных групп распределительных устройств. Пример их построения представлен на рисунке 4. В этом случае оси Р1 и Р2 пересекают соответственно вводную и выводную контактные группы. Линейная термограмма по оси Р1, характеризующая вводную контактную группу, представлена на рисунке 4, в. Пики термограммы показывают темпе-

ратуру в местах входных контактных соединений и характеризуют как состояние конкретных контактов, так и режим работы данной линии. Минимумы на данном графике соответствуют значениям температуры в межконтактном пространстве и характеризуют режим охлаждения автоматического выключателя. На вводной контактной группе в правой части графика пиковые значения температуры выше, чем на контактных соединениях слева. Это может быть связано с большей нагрузкой на данной группе контактов или с ослаблением и, соответственно, перегревом этих контактных соединений. В этом случае требуются дополнительные данные по режиму работы и по величине тока нагрузки в линиях.

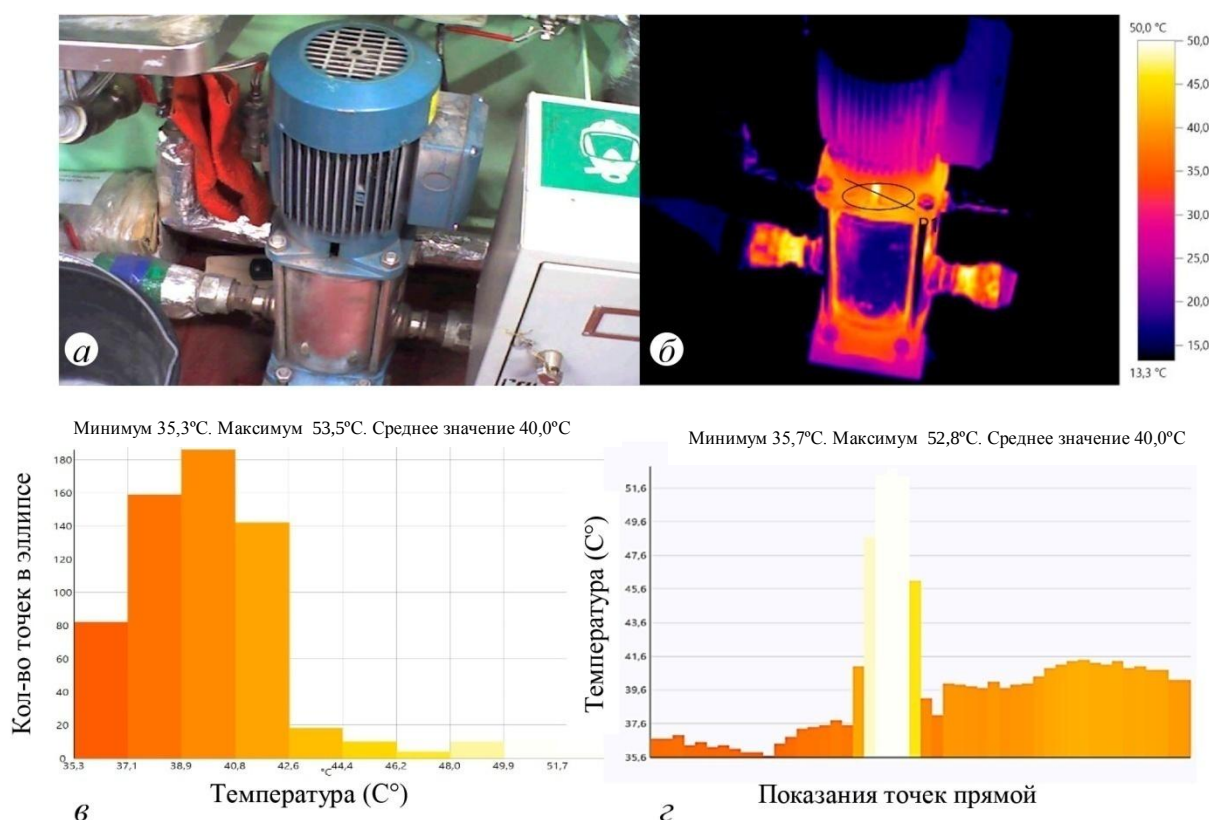


Рис. 1. Судовой электропожарный насос (а), его тепловизионное изображение (б) и термограммы, снятые при помощи тепловизора TESTO 875 (в, з): в – общая термограмма исследуемой области (эллипса); з – линейная термограмма прямой Р. Шкалой на рисунке б показан градиент температуры

Fig. 1. Marine electric fire pump (а), its thermal-imaging picture (б) and thermograms taken with TESTO 875 thermal imager (в, з): в – general thermogram of the investigated area (ellipse); з – linear thermogram of line P. Scale in figure б shows the temperature gradient

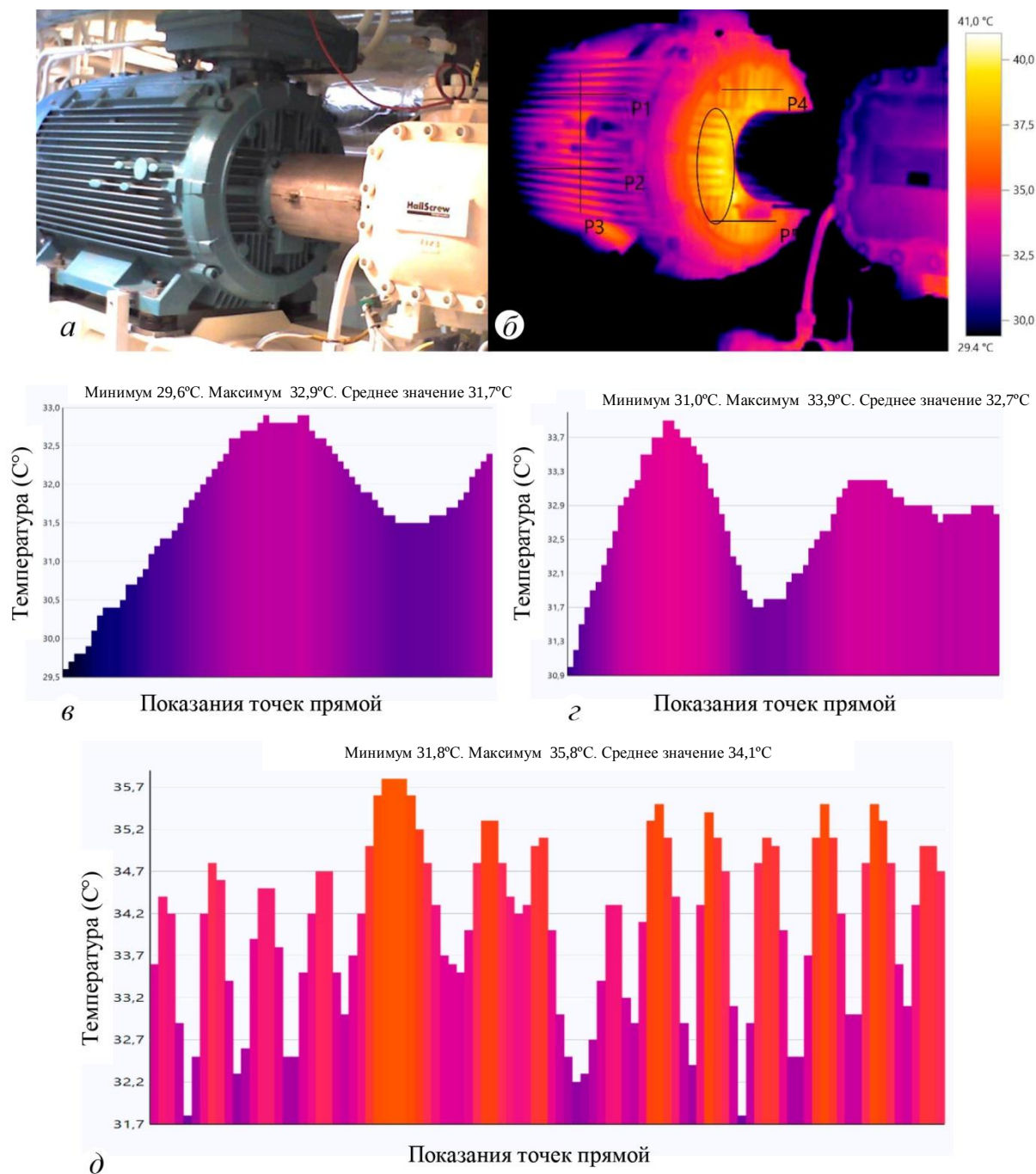


Рис. 2. Электропривод судового холодильного агрегата (а), его тепловизионное изображение (б) и термограммы, снятые при помощи тепловизора TESTO 875 (в – д); в, з – продольные линейные термограммы по осям P1 (в) и P2 (з); д – поперечная линейная термограмма по оси P3. Указанные оси P1, P2, P3 показаны на тепловизионном изображении (б). Шкалой на рисунке б показан градиент температуры

Fig. 2. Marine electric drive (а), its thermal-imaging picture (б) and thermograms taken with TESTO 875 thermal imager (в – д); в, з – longitudinal linear thermograms along P1 (в) and P2 axes (з); д – transverse linear thermogram along P3 axis. The indicated axes P1, P2, P3 are shown in the thermal image (б). Scale in figure б shows the temperature gradient

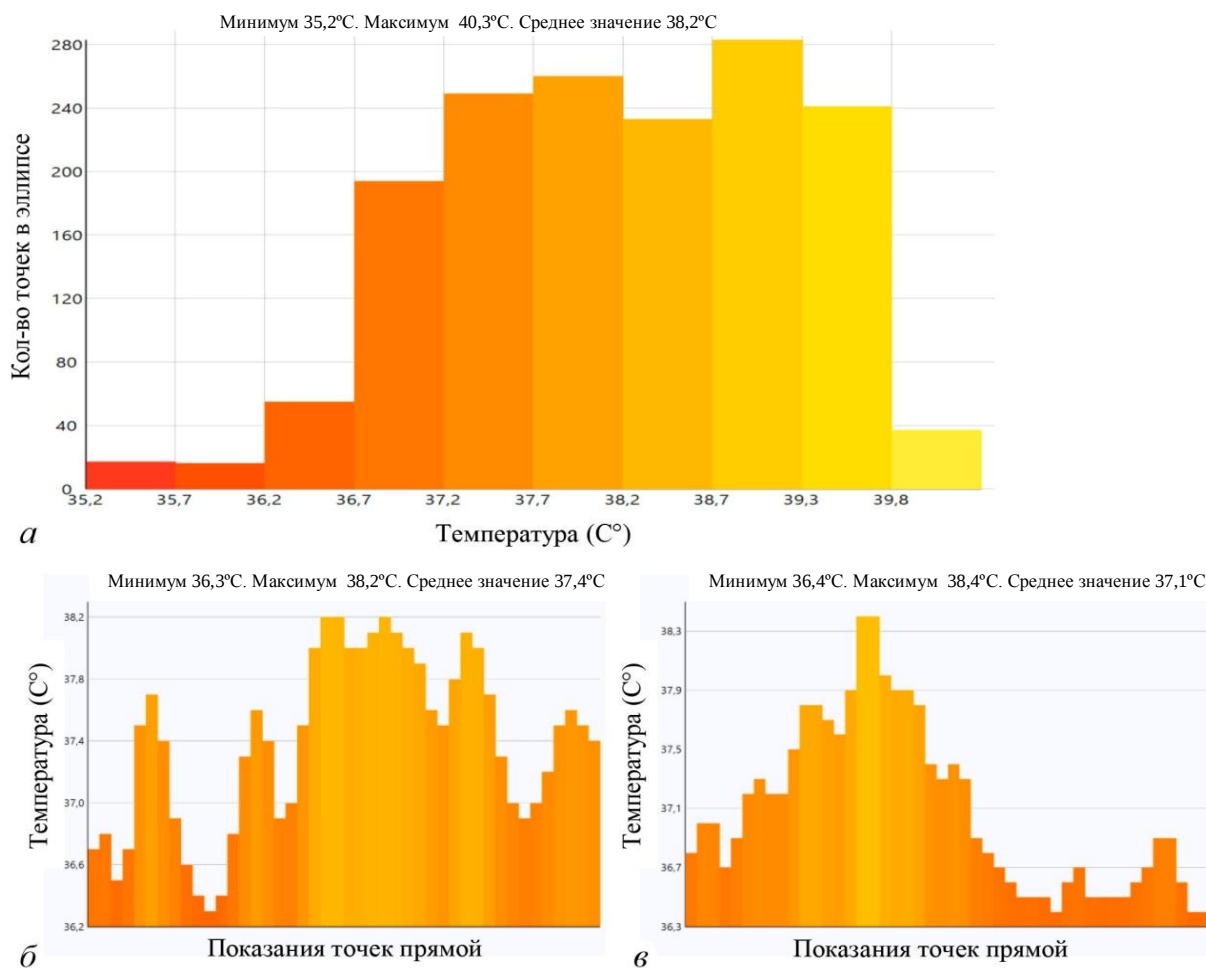


Рис. 3. Термограммы, снятые при помощи тепловизора TESTO 875 на судовом электроприводе: а – термограмма температурных показаний эллипса; б, в – линейные термограммы по осям P4 (б) и P5 (в). Указанные оси P4 и P5 показаны на тепловизионном изображении (рис. 2, б)

Fig. 3. Thermograms taken with TESTO 875 thermal imager on a marine electric drive: а – thermogram of temperature readings of an ellipse; б, в – linear thermograms along P4 (б) and P5 axes (в). The indicated axes P4 and P5 are shown in the thermal imaging image (Fig. 2, б)

Косвенно о техническом состоянии контактной группы может свидетельствовать линейная термограмма по оси P2, характеризующая температурный режим выводных контактов (рис. 4, з). Пики термограммы показывают температуру на выходе, при этом ориентируясь на предельную температуру в 100°C, среднее значение температуры находится в пределах нормы. Максимальная температура фиксируется на контактах и межконтактных соединениях в левой части термограммы. Учитывая разнонаправленность термограмм вводной контактной группы (рис. 4, в) и выводной контактной группы

(рис. 4, з) следует обратить внимание на надежность фиксации контактных соединений в этих точках, а также на состояние автоматических выключателей.

Далее рассмотрим методику тепловизионного контроля с использованием тепловизора BALTECH TR-0170, отработанную на термографии 12-секционного радиатора отопления. На рисунке 5, а, б представлен общий вид объекта исследования и его тепловизионное изображение. В программном комплексе BALTECH на тепловизионном изображении (рис. 6) построены контрольные линии L1, L2 и L3.

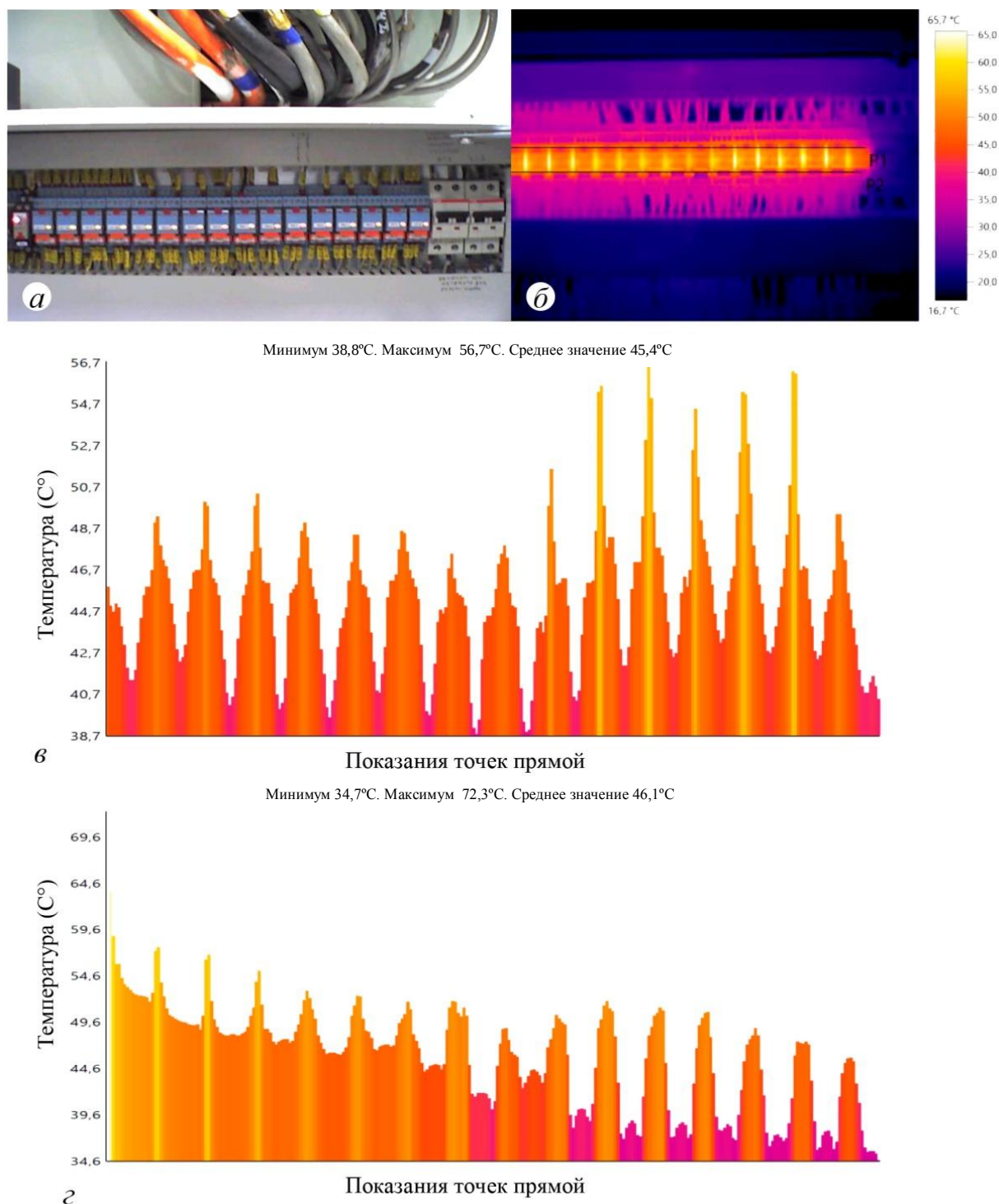


Рис. 4. Контактная группа распределительного щита (а), его тепловизионное изображение (б) и термограммы, снятые при помощи тепловизора TESTO 875 (в, г); в, г – линейная термограмма по осям P1 (в) и P2 (г). Указанные оси показаны на тепловизионном изображении (б). Шкалой на рисунке б показан градиент температуры

Fig. 4. Contact group of the switchboard (a), its thermal-imaging picture (б) and thermograms taken with TESTO 875 thermal imager (в, г); в, г – linear thermogram along the axes P1 (в) and P2 (г). These axes are shown in the thermal imaging image (б). Scale in figure б shows the temperature gradient

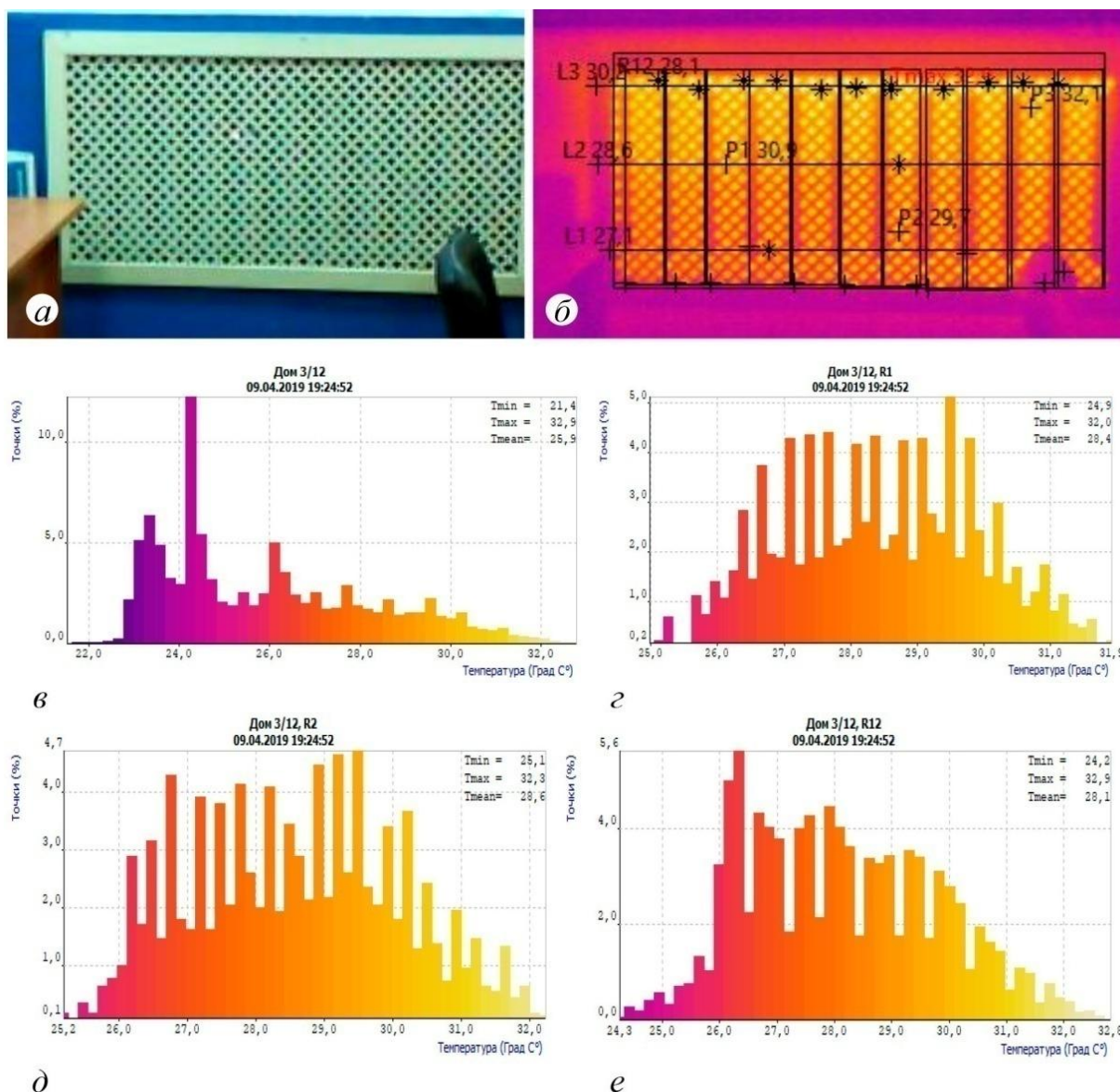


Рис. 5. Бытовой радиатор отопления (а), его тепловизионное изображение (б) и термограммы, снятые при помощи тепловизора BALTECH TR-0170 (в – е): в – е – термограммы радиатора отопления: в – общая термограмма; г – термограмма секции R1; д – термограмма секции R2; е – термограмма секции R12. Указанные секции показаны на тепловизионном изображении (рис. б)

Fig. 5. Household heating radiator (a), its thermal-imaging picture (b) and thermograms taken with BALTECH TR-0170 thermal imager (в – е): в – е – heating radiator thermograms: в – general thermogram; г – thermogram of section R1; д – thermogram of section R2; е – thermogram of section R12. These sections are shown in the thermal image (Fig. б)

Программа позволяет сразу определить среднее значение температуры по каждой из этих линий. Кроме того, она позволяет произвольно выбирать контрольные точки на усмотрение оператора, и вместе с параметрами других исследуемых элементов данные автоматически вносятся в таблицу. Имеется возможность одновременного ис-

пользования нескольких контрольных зон, что позволяет оценить работу каждой секции R1 – R12 с табличным отражением результатов измерений (табл. 3), с построением общей термограммы радиатора отопления (рис. 5, в), а также с построением термограммы для каждой отдельной секции (рис. б).

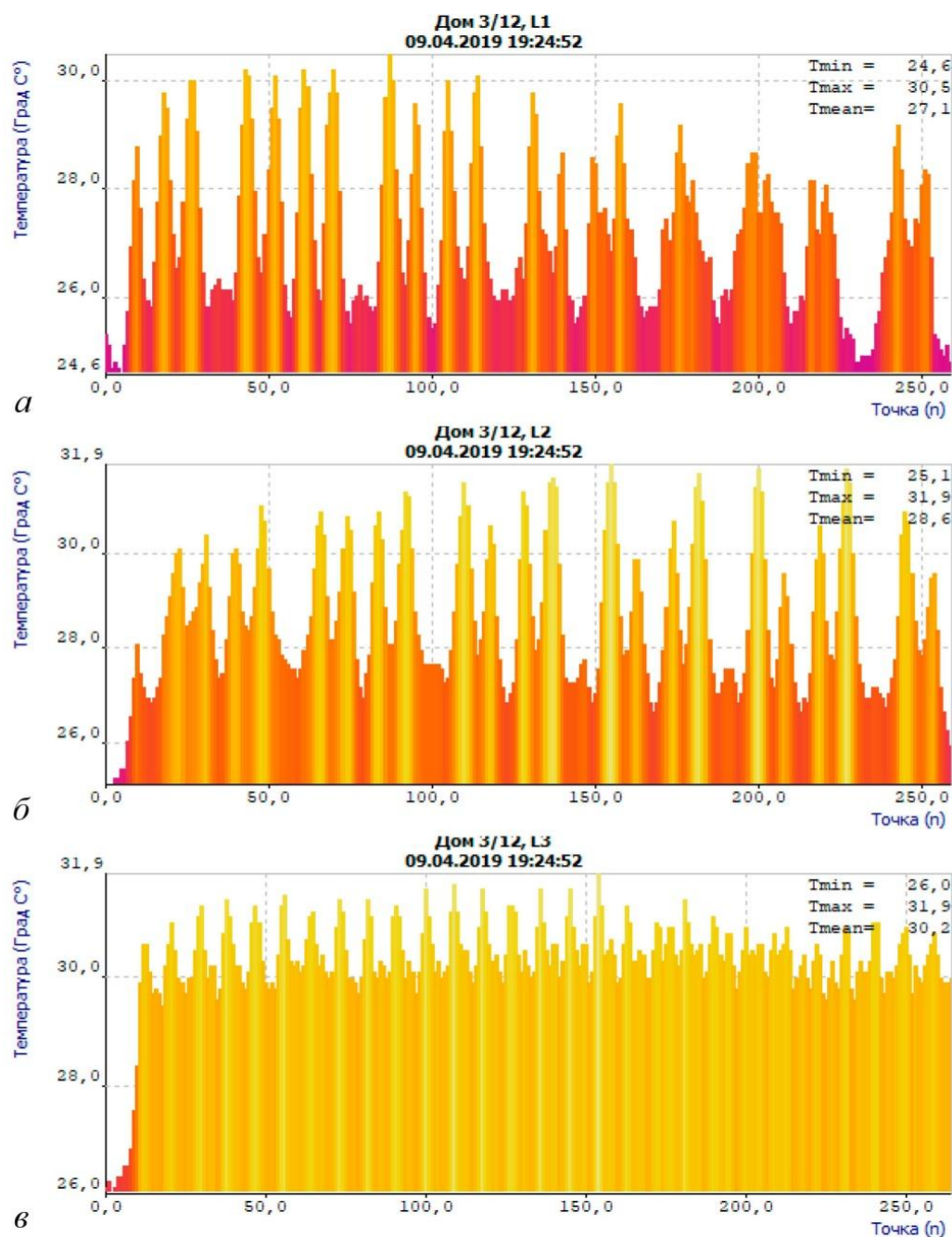


Рис. 6. Линейные термограммы радиатора отопления, снятые при помощи тепловизора BALTECH TR-0170: а – по оси L1; б – по оси L2; в – по оси L3

Fig. 6. Linear thermograms of the heating radiator taken with BALTECH TR-0170 thermal imager: а – on axis L1; б – on axis L2; в – on axis L3

Таблица 3. Числовые значения температуры по контрольным элементам термограммы

Table 3. Numerical values of temperature by control elements of the thermogram

№	Температура (°C) min	Температура (°C) max	Температура (°C) средняя
L1	24,6	30,5	27,1
L2	25,1	31,9	28,6
L3	26,0	31,9	30,2
R1	24,9	32,0	28,4
R2	25,1	32,3	28,6

Окончание табл. 3

№	Температура (°C) min	Температура (°C) max	Температура (°C) средняя
R3	24,8	32,6	28,5
R4	25,3	32,5	28,6
R5	25,3	32,5	28,4
R6	24,9	32,7	28,6
R7	25,3	32,9	28,6
R8	25,0	32,7	28,5
R9	25,2	32,8	28,4
R10	24,2	32,5	28,0
R11	24,2	32,2	27,9
R12	24,2	32,9	28,1

На термограмме кроме реквизитов съемки дублируются базовые значения температур, что облегчает проведение анализа и позволяет более точно сравнивать однотипные термограммы большого количества исследуемых объектов.

На рисунке 5, *г – е* приведены выборочно термограммы трех из двенадцати секций радиатора. Идентичность термограмм и близкое значение температур говорят о работоспособности их всех и равномерном нагреве радиатора. На термограммах также виден небольшой инградиент температур в нижней и верхней части секций. Это явление более наглядно отражено на линейных термограммах (рис. 6). На представленных термограммах визуально просматривается не только равномерная работа отдельных секций радиатора, но и общее накопление тепла в межсекционном пространстве в его верхней части. При практически одинаковой температуре самих секций, изменение значения температуры в межсекционном пространстве происходит скачкообразно. С одной стороны, это подтверждает нормальное функционирование объекта и объясняет более высокую среднюю температуру по верхней линии L3 (рис. 6, *в*), а с другой стороны – демонстрирует высокую чувствительность и точность прибора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проведенный анализ показывает высокую эффективность методов тепловизионного контроля для диагностики различных видов электрического оборудования и энергетических объектов. Особенно важным преимуществом такого контроля является то, что на период диагностирования оборудование остается в действии и полностью используется по назначению. Соответственно, можно диагностировать не только техническое состояние объекта, но и режимы его работы.

Компактность тепловизоров и их высокая функциональность позволяет проводить термографические исследования в условиях ограниченного пространства, что является важным фактором при диагностике судового оборудования. Выбор типа тепловизора при этом не имеет решающего значения, поскольку все модификации обладают высокой функциональностью и требуемой чувствительностью.

Качественное построение термограмм исследуемых объектов и их первичный анализ обеспечивается автоматизированным программным комплексом, который входит в комплектацию каждого тепловизора. Кроме того, программы являются универсальными и позволяют обрабатывать термограммы, полученные с тепловизоров других производителей. С точки

зрения функциональности и удобства пользования программа BALTECH является более предпочтительной.

Эффективная диагностика судового электрооборудования, систем и устройств требует построения и анализа большого количества термограмм различных видов, которые должны охватывать все элементы поверхности объекта как на заданной площади, так и по отдельным температурным осям. При этом дополнительно необходимо производить точечные измерения. Термограммы должны пересекаться и накладываться друг на друга, что позволит частично исключить влияние внешних факторов и повысить точность тепловизионного контроля объекта. Для повышения точности диагностических выводов целесообразно дополнять материалы тепловизионного исследования другими контрольными параметрами. Например, замерять значение силы тока в отдельных линиях или на автоматических выключателях. Это дает возможность согласовать рабочий режим диагностируемого объекта или его элементов с температурным полем, фиксируемым тепловизором.

Также для повышения качества диагностики необходима разработка специальных методик тепловизионной съемки объектов в судовых условиях. Это вызвано компактным расположением оборудования, высокой теплопроводностью материалов судовых конструкций и взаимным влиянием температурных полей смежных объектов. Кроме того, широкий диапазон рабочих режимов судового оборудования также существенно влияет на параметры термографии. Данные методики должны включать четкий алгоритм анализа термограмм, определять совокупности параметров, на основании которых возможно делать выводы о техническом состоянии объектов контроля.

Тепловизор является самым универсальным и практичным прибором для оценки технического состояния судового электрооборудования и других энергетических объектов. Широкое применение методов тепловизионного контроля позволяет качественно решить вопрос диагностики и оценки технического состояния различных промышленных объектов. Особенно важно развитие и внедрение данных методов в систему диагностики судового электрооборудования, судовых систем и устройств. Это позволит не только оптимизировать затраты на эксплуатацию судов, но и существенно повысит надежность работы оборудования и безопасность эксплуатации судна в целом.

ЛИТЕРАТУРА

- Белов О.А. 2015а. Методология оценки технического состояния электрооборудования при развитии параметрических отказов. *Вестник Астраханского государственного университета. Серия: Морская техника и технология*. № 3. С. 96–102.
- Белов О.А. 2015б. Методология анализа и контроля безопасности судна как сложной организационно-технической системы. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. № 34. С. 12–18.
- ГОСТ 20911-89. Техническая диагностика и контроль технического состояния изделия. Основные термины и определения. Москва: Стандартинформ. 2009. 11 с.
- ГОСТ 13372-2013. Контроль состояния и диагностика машин. Термины и определения. Москва: Стандартинформ. 2014. 20 с.
- Рябинин И.А. 1997. Надежность, живучесть и безопасность корабельных электро-

энергетических систем. Санкт-Петербург: ВМА. 430 с.

Северцев П.А. 1989. Надежность сложных систем в эксплуатации при наработке. Москва: Высшая школа. 428 с.

REFERENCES

- Belov O.A. 2015a. Methodology for evaluation the technical condition of electrical equipment in the development of parametric failures. *Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Morskaja tehnika i tehnologija (Bulletin of Astrakhan State University. Series: Marine Engineering and Technology)*. № 3. p. 96–102.
- Belov O.A. 2015b. Methodology for analysis and control of ship safety as a complex organizational and technical system.

Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University). № 34. p. 12–18.

- GOST (State standard) 20911-89. Technical diagnostics and control of the technical condition of the product. General Terms and Definitions. Moscow: Standardinform. 2009. 11 p.
- GOST (State standard) 13372-2013. Monitoring of state and diagnostics of machines. Terms and Definitions. Moscow: Standardinform. 2014. 20 p.
- Ryabinin I. A. 1997. Reliability, survivability and safety of shipboard electric power systems. *Saint-Petersburg: BMA*. 430 p.
- Severtsev P.A. 1989. Reliability of complex systems in operation during operating time. Moscow: Vysshaya Schola. 428 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT AUTHORS

Ещенко Дмитрий Владимирович – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский, курсант; dimitriy_10@mail.ru. SPIN-код: 3189-3914; Author ID: 1094645.

Etschenko Dmitriy Vladimirovich – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Cadet; dimitriy_10@mail.ru. SPIN-code: 3189-3914; Author ID: 1094645.

Никитин Александр Тимофеевич – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский, курсант; Sashanikitin2018@mail.ru.

Nikitin Alexandr Timofeevich – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Cadet; Sashanikitin2018@mail.ru.

Белов Олег Александрович – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат технических наук, доцент; заведующий кафедрой «Энергетические установки и электрооборудования судов»; boa-1@mail.ru. SPIN-код: 2734-0085; Author ID: 841844.

Belov Oleg Alexandrovich – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Technical Sciences, Associate professor; Head of chair Power plants and electrical equipments of vessels; boa-1@mail.ru. SPIN-code: 2734-0085; Author ID: 841844.

ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ МОНИТОРИНГ ГЕОМАГНИТНО-ИНДУЦИРОВАННЫХ ТОКОВ

Сивоконь В.П.

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

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

В рамках национального проекта «Цифровая экономика Российской Федерации» Минэнерго России реализует ведомственный проект «Единая техническая политика – надежность электроснабжения». Основные задачи ведомственного проекта направлены на внедрение риск-ориентированного управления, повышение уровня надежности энергоснабжения потребителей. Одним из факторов риска для систем энергоснабжения является природное явление, обусловленное ионосферно-магнитосферными связями – геомагнитно-индуцированные токи. Предложенный в работе метод оценки этих рисков основан на регистрации высших гармоник в высоковольтных линиях электропередач, что позволяет повысить точность диагностики геомагнитно-индуцированных токов за счет уменьшения влияния собственных гармоник сети. Теоретически показан и экспериментально подтвержден выбор оптимального для проведения диагностики номера четной гармоники. Предложен и апробирован бесконтактный способ получения информации о вариациях высших гармонических составляющих в высоковольтных линиях электропередач. Экспериментально исследована степень коррелированности 6-й гармоники в линии электропередачи 220 кВ Мутновской ГеоЭС с вариациями магнитного поля Земли, полученными в обсерватории «Паратунка» (с. Паратунка, Камчатский край).

Ключевые слова: высоковольтные линии электропередач, высшие гармоники, геомагнитно-индуцированные токи, коэффициенты Берга.

HIGH VOLTAGE MONITORING OF GEOMAGNETIC INDUCED CURRENTS

Sivokon V.P.

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

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

Within the framework of the national project “Digital economy of the Russian Federation” the Ministry of energy of the Russian Federation is implementing the departmental project “unified technical policy – reliability of power supply”. The main objectives of the departmental project are aimed at implementing risk-based management, improving the level of reliability of energy supply to consumers. One of the risk factors for power supply systems is a natural phenomenon caused by ionospheric-magnetospheric connections – geomagnetic-induced currents. The proposed method for assessing these risks is based on the registration of higher harmonics in high-voltage power lines, which makes it possible to improve the accuracy of diagnostics of geomagnetic-induced currents by reducing the influence of the network's own harmonics. The choice of the optimal even harmonic number for diagnostics is theoretically shown and experimentally confirmed. A contactless method

for obtaining information about variations of higher harmonic components in high-voltage power lines is proposed and tested. The degree of the 6th harmonics correlation in 220 kV power transmission lines of Mutnovskaya Geothermal Power Plant with the Earth's magnetic field variations obtained at the observatory "Paratunka" (Paratunka village, Kamchatsky Krai) was experimentally investigated.

Key words: high voltage power lines, higher harmonics, geomagnetic-induced currents, Berg coefficients.

ВВЕДЕНИЕ

С проблемой геомагнитно-индуцированных токов (ГИТ) человечество впервые столкнулось во второй половине XIX в. на трансатлантической кабельной линии связи. Тогдашние связисты обнаружили наличие напряжения на линии при отключенном источнике питания. Однако в силу малой развитости технологических систем этому интересному явлению должного внимания не уделили, что привело к тому, что 13 марта 1989 г. вышла из строя система энергоснабжения провинции Квебек, Канада [<https://www.spaceweather.gc.ca/tech/secab-en.php>]. Эта масштабная авария показала необходимость учитывать влияние природных процессов на надежность функционирования систем энергоснабжения. Было установлено, что причиной аварии является природное явление, получившее название *электроджет* (электро-струя), порождающее токи в проводниках, названные геомагнитно-индуцированными [<http://www.metatechcorp.com/aps/SuperStormAnimation.html>].

Для диагностики геомагнитно-индуцированных токов традиционно используются два метода:

1. Непосредственное измерение.
2. Вычисление по данным магнитометрических станций.

Оба метода по ряду причин в полной мере не могут быть реализованы в нашей стране. Непосредственное измерение ГИТ предполагает включение специального устройства в высоковольтную систему, что невозможно без получения соответствующего

разрешения эксплуатирующей организации. Устройства эти в РФ не выпускаются и не сертифицированы, что крайне затрудняет реализацию этого метода. Единственный известный случай использования в Северных электрических сетях первого метода связан с поставками электроэнергии в страны Евросоюза. В рамках программы «EURORISK» [<http://eurisgic.org/>] на Кольском полуострове на магистральной линии 330 кВ в глухозаземленной нейтрали трансформатора регистрируется квазипостоянный ток, который связан с ГИТ в ЛЭП. Второй способ предполагает построение модели электротехнической системы, которая учитывает множество факторов: конфигурацию и топологию проводников системы, электродинамические характеристики подстилающей поверхности и т. д. [Gannon J.L. et al., 2019; Lucas et al., 2020]. К сожалению, сети магнитометров, позволяющей использовать подобный подход в России, занимающей значительную территорию, не существует [Пилипенко и др., 2019].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Известно, что наиболее подвержены влиянию ГИТ силовые трансформаторы, протекание через которые квазипостоянного тока приводит к росту высших гармонических составляющих. Следовательно, вариации гармоник тока можно использовать для диагностики геомагнитно-индуцированных токов [Сивоконь и др., 2011]. Однако насыщенность электрических сетей нелинейными потребителями

приводит к высокому уровню высших гармоник, генезис которых не связан с ГИТ, что снижает эффективность предложенного нами способа. Целью исследования является изыскание возможностей повышения эффективности косвенной спектральной диагностики ГИТ.

Высшие гармоники, как правило, ассоциируются с качеством электроэнергии [Жежеленко, 1984; Жежеленко, 2007; Карташев и др., 2013; Шидловский и др., 2005; Григорьев и др., 2002; Шаров и др., 2014]. Заметим, что в рамках этой парадигмы приоритет отдается нечетным гармоникам, поскольку они по амплитуде значительно превышают четные. Длительные наблюдения в сетях 380 В на территории Камчатки [Сивоконь и др., 2011; Сивоконь, Сероветников, 2013] показали значительную (до 0,5) коррелированность вариаций уровня гармоник с изменением магнитного поля Земли. Однако насыщенность сетей нелинейными потребителями, которые находятся в сетях низкого напряжения и дают основной вклад в несинусоидальность промышленного тока, делают способ недостаточно эффективным. Результативность способа можно повысить, если измерения проводить на линиях высокого напряжения и использовать в качестве маркера ГИТ гармонику, вариации которой мало зависят от режима работы энергосистемы.

Поскольку в ходе экспериментов предполагалось использовать магнитные данные ИКИР ДВО РАН, в качестве объекта наблюдения была выбрана линия электропередачи Мутновской ГеоЭС 220 кВ. Во-первых, она проходит в непосредственной близости от места дислокации магнитометров. Во-вторых, для такого класса напряжения используется схема заземления, в которой при соответствующей геомагнитной обстановке возможно протека-

ние ГИТ. Измерения параметров линии 220 кВ требуют специального оборудования и подготовленного персонала, поэтому измерения в нашем случае проводятся косвенным способом. Известно, что линии электропередач создают электромагнитные поля достаточно большой интенсивности [Литвинова и др., 2017], возможность измерения которых определяется расстоянием от линии и чувствительностью регистрирующего прибора. На этапе экспериментальных исследований желательно исключить факторы, снижающие достоверность полученных результатов. Так, если регистрирующая аппаратура использует в качестве источника питания промышленную сеть, существует вероятность проникновения через цепи питания гармоник нелинейных потребителей. Для исключения этого фактора нами используется регистратор очень низких частот, применяющийся в ИКИР ДВО РАН для исследования естественных электромагнитных полей. Регистратор находится на расстоянии около 2,2 км от линии электропередачи и в качестве источника питания использует солнечные батареи и аккумуляторы. Антенная система состоит из двух вертикально расположенных магнитных антенн, ориентированных в направлениях север – юг и восток – запад, и горизонтально расположенной около поверхности земли рамочной антенны. Предварительные усилители расположены у нижнего основания антенн и имеют коэффициенты усиления 2 000. Рассчитав напряженность поля, создаваемой линией Мутновской ГеоТЭЦ, получили, что на указанном расстоянии линия создает напряженность поля около 4 мВ/м. Чувствительность регистратора очень низких частот позволяет уверенно регистрировать такие поля.

Стандартное моделирование нелинейной зависимости тока (напряженности маг-

нитного поля) в трансформаторе и магнитной индукции в его магнитопроводах сводится к ее аппроксимации степенным полиномом [Карташев, Нгуен Динь Дык, 2007]. Такой подход позволил показать преимущество использования четных гармоник в качестве маркеров геомагнитно-индуцированных токов [Сероветников, Сивоконь, 2015]. Однако он не позволяет определить оптимальный для решения поставленной задачи номер четной гармоники.

Рассмотрим в качестве примера модель, приведенную в публикации [Карташев, Нгуен Динь Дык, 2007]:

$$\begin{aligned} H &= 60,482 \cdot B^2 + 26,456 \cdot B + 0,2153 \\ &\text{при } 0 \leq B \leq 0,8 \text{ Тл;} \\ H &= 19\,635 \cdot B^5 - 108\,900 \cdot B^4 + \\ &+ 240\,520 \cdot B^3 - 263\,770 \cdot B^2 + \\ &+ 143\,490 \cdot B - 30\,900 \\ &\text{при } 0,8 \leq B \leq 1,8 \text{ Тл.} \end{aligned}$$

Очевидно, что в зависимости от величины магнитной индукции имеем два участка характеристики кривой намагничивания: практически линейный и явно нелинейный. Поскольку для нас важно определить не абсолютные значения гармоник, а характер их вариаций, можно допустить аппроксимацию не степенным полиномом, а кусочно-линейную. Для такого вида аппроксимации разработан подход, базирующийся на коэффициентах Берга [Гоноровский, 1986]:

$$\alpha_n(\theta) = \frac{I_n}{I_{\max}},$$

где I_n – амплитуда гармоники с номером n , $I_{\max}$ – максимальное значение тока, θ – угол, в пределах которого амплитуда тока меняется от максимального значения до нуля.

Для первой гармоники

$$\alpha_1(\theta) = \frac{\theta - \cos \theta \sin \theta}{\pi(1 - \cos \theta)}.$$

Для второй гармоники и выше коэффициенты определяются как

$$\alpha_n(\theta) = \frac{2(\sin \theta \cos \theta - n \cos n \theta \sin \theta)}{\pi n(n^2 - 1)(1 - \cos \theta)}.$$

Из анализа коэффициентов Берга следует зависимость степени нелинейности системы от величины угла отсечки. В энергетике степень нелинейности оценивается коэффициентом несинусоидальности и коэффициентом нелинейных искажений в радиотехнике. Рассчитывается этот параметр как

$$K_{\text{н}} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^N U_n^2}}{U_1},$$

где U_n – амплитуда n гармоники, а U_1 – первой.

Для корректного определения диапазона углов отсечки необходимо определить характерные для сети величины коэффициента нелинейных искажений. Из наблюдений, проведенных нами в сети 380 В, известно, что $K_{\text{н}} = 5 \div 10\%$. Измерить этот параметр в сети 220 кВ не представляется возможным, но известно, что для сетей 110 кВ и выше он не должен превышать 3% [ГОСТ Р 54149-2010]. Поэтому интервал возможных значений коэффициента несинусоидальности определим как $K_{\text{н}} = 3 \div 10\%$. Исходя из вероятных величин коэффициента нелинейных искажений и используя коэффициенты Берга, можно определить пределы изменения угла отсечки, который в этом случае равен 138–154 градуса. Величины углов получились большими, что подтверждается малым искажением формы синусоидальности наблюдавшихся напряжений. Результаты расчета коэффициентов Берга 2-й, 4-й, 6-й, 8-й гармоник тока в пределах названных углов отсечки показаны на рисунке 1.

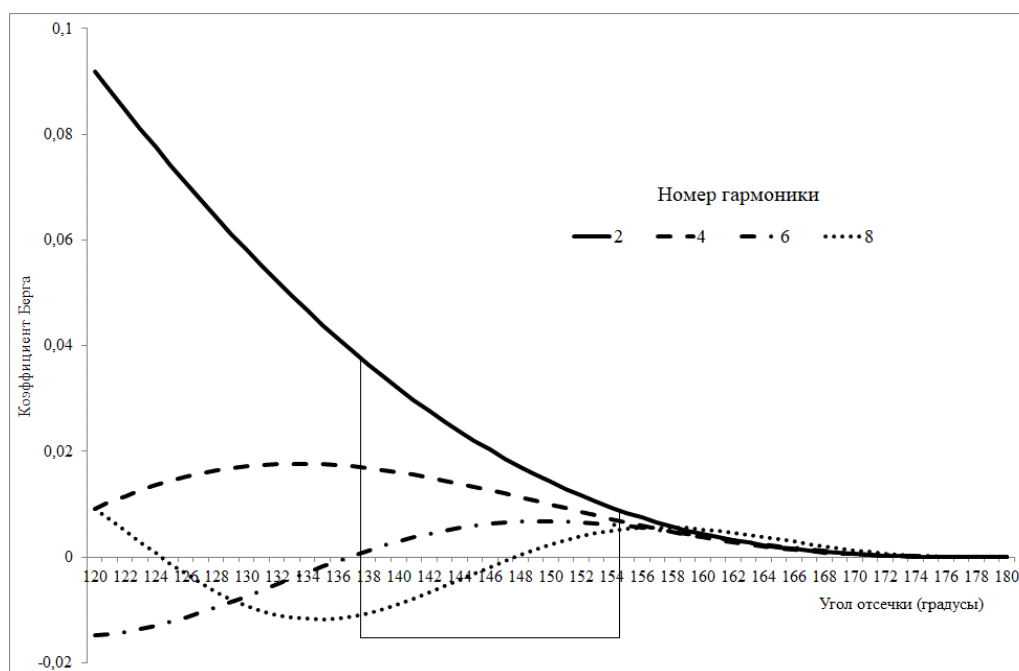


Рис. 1. Расчетные значения коэффициентов Берга

Fig. 1. The calculated values of Berg coefficients

Из графика видна сильная зависимость коэффициента Берга второй гармоники от угла отсечки, т. е. от режима нелинейного элемента, что не позволяет использовать эту гармонику в качестве маркера ГИТ. Возможно, что с учетом значительной по сравнению с остальными гармониками амплитуды второй гармоники эта особенность функции объясняет относительно невысокое значение коэффициента корреляции суммы четных гармоник с вариациями магнитного поля Земли [Сивоконь, Сероветников, 2013]. Четвертая и восьмая гармоники имеют схожий характер изменения, но восьмая гармоника имеет малую амплитуду, что препятствует ее использованию. С учетом того, что коэффициент Берга шестой гармоники в нижней части выбранных углов отсечки стремится к нулю, ее мы будем использовать в дальнейшем в качестве маркера ГИТ.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Используя архив магнитных данных университета Kyoto ([http://wdc.kugi.kyoto-u.](http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/wdc/Sec3.html)

[ac.jp/wdc/Sec3.html](http://wdc/Sec3.html)), мы определили временные параметры магнитных бурь, происходивших в 2018 г., которые затем были использованы для работы с магнитными данными обсерватории ИКИР. Полученные с ОНЧ-регистратора данные обрабатываются таким образом, чтобы получить минутные вариации гармонических составляющих. Для сопоставления этих вариаций с состоянием магнитного поля Земли использовались минутные вариации горизонтальных: север, восток – и вертикальной компонент магнитного поля Земли, полученные магнитной обсерваторией ИКИР ДВО РАН. Коэффициенты корреляции вычислялись для промежутков времени, когда наблюдалось возмущение магнитного поля Земли, на предшествующих ему участках и после него. Например, в анализируемый период (24–28 августа 2018 г.) возмущение магнитного поля Земли наблюдались с 10:30 25 августа по 11:30 26 августа. Время указано мировое. Результаты обработки приведены на рисунке 2.

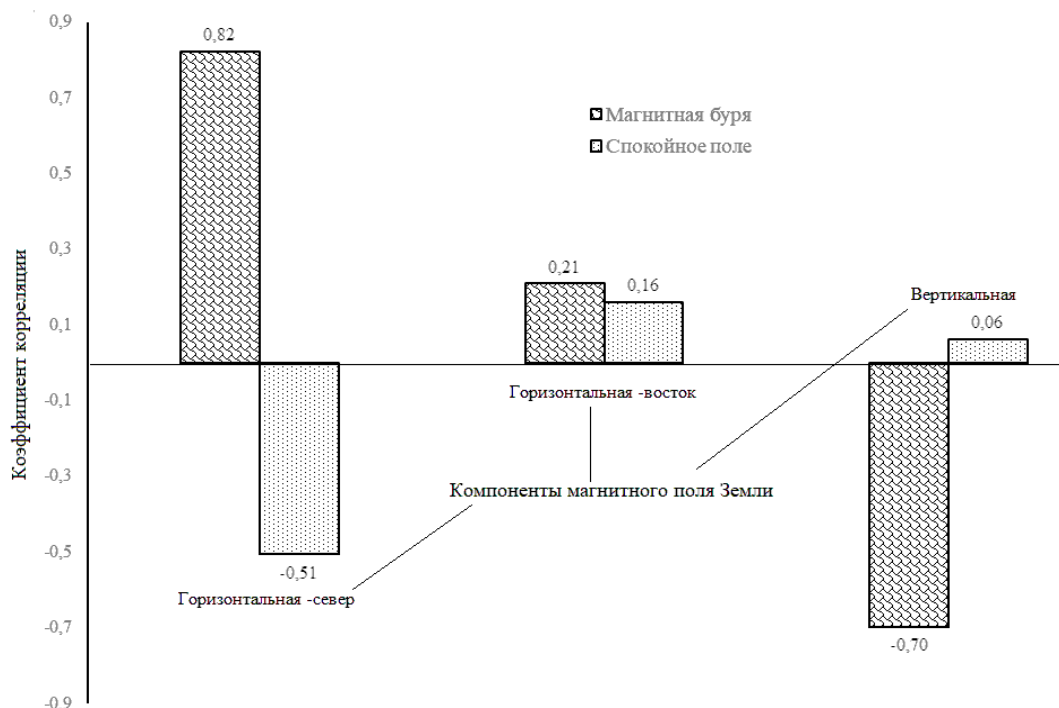


Рис. 2. Корреляция шестой гармоники с вариациями магнитного поля Земли

Fig. 2. The sixth harmonic correlation with the Earth's magnetic field variations

Из рисунка 2 видно, что вариации 6-й гармоники тока имеют высокое значение корреляции с северной горизонтальной компонентой возмущенного магнитного поля Земли. Если отследить ориентацию линии электропередачи Мутновской ГеоЭС, большая ее часть проложена с юга на север. Таким образом, подтверждается сделанный нами вывод [Сивоконь и др., 2013] о необходимости учета конфигурации линии электропередачи и топологии локального магнитного поля.

В исследованиях, проводимых в научных целях, использование ОНЧ-регистратора оправдано, но для практического использования такой подход малоприменим. Для получения необходимых данных можно использовать наличие мощных полей вблизи линий электропередач. Напряженность поля, создаваемого высоковольтной линией, например 110 кВ на расстоянии 50 м и высоте измерения 1 м, составляет несколько десятков В/м [Литвинова и др., 2017]. Если датчик располо-

жить в непосредственной близости от линии, то в качестве его можно использовать обычную катушку индуктивности, намотанную на ферромагнитном стержне и подключенную, например, ко входу звуковой карты ноутбука. Анализ записей, проведенных таким образом на линии 110 кВ в окрестностях г. Петропавловска-Камчатского, показал принципиальную возможность реализации подобной схемы устройства регистрации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Теоретический анализ и экспериментальные наблюдения позволили:

1. Разработать и апробировать метод диагностики геомагнитно-индуцированных токов в высоковольтных линиях электропередач.

2. Показать, что четные гармоники напряжения, за исключением второй, могут использоваться для мониторинга геомагнитно-индуцированных токов.

3. Установить, что оптимальным номером гармоники, используемой в качестве маркера геомагнитно-индуцированных токов, является шестой.

4. Утверждать, что реализация метода целесообразна на линии электропередачи Мутновской ГЭС, что повысит надежность электроснабжения Камчатского края.

ЛИТЕРАТУРА

- Гоноровский И.С. 1986. Радиотехнические цепи и сигналы. Москва: Радио и связь. 515 с.
- ГОСТ Р 54149-2010. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Актуализированная редакция. ГОСТ 32144-2013. <http://docs.cntd.ru/document/1200104301> (дата обращения: 15.04.2020).
- Григорьев О.А., Петухов В.С., Соколов В.А., Красилов И.А. 2002. Высшие гармоники в сетях электроснабжения 0,4 кВ. *Новости электротехники*. № 6 (18). С. 54–57.
- Жежеленко И.В. 1984. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий. Москва: Энергоатомиздат. 160 с.
- Жежеленко И.В. 2007. Избранные вопросы несинусоидальных режимов в электрических сетях предприятий. Москва: Энергоатомиздат. 296 с.
- Карташев И.И., Насыров Р.Р., Олексюк Б.В., Симуткин М.Г., Тульский В.Н., Шамонов Р.Г. 2013. Исследование влияния источников высших гармоник на качество электроэнергии в электроэнергетических системах 220–500 кВ. *Электричество*. № 1. С. 13–18.
- Карташев И.И., Нгуен Динь Дык. 2007. Влияние характеристик намагничивания трансформатора на спектр генерируемых им высших гармоник. *Вестник МЭИ*. № 1. С. 56–63.
- Литвинова Н.А., Литвинов Д.О., Брюханова Р.Я. 2017. Исследование напряженности электрического и магнитного полей по высоте зданий от линий электропередач. *Успехи современного естествознания*. № 4. С. 97–102.
- Пилипенко В.А., Красноперов Р.И., Соловьев А.А. 2019. Проблемы и перспективы геомагнитных исследований в России. *Вестник отделения наук о Земле РАН*. Т. 11. № NZ1103.
- Сероветников А.С., Сивоконь В.П. 2015. Вариации спектра тока трансформатора, подверженного воздействию геомагнитно-индуцированных токов. *Электро. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность*. № 1. С. 15–18.
- Сивоконь В.П., Сероветников А.С. 2013. Геомагнитно-индуцированные токи в электрических сетях Камчатки. *Электро. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность*. № 3. С. 19–22.
- Сивоконь В.П., Сероветников А.С., Писарев А.В. 2011. Высшие гармоники как индикатор геомагнитно-индуцированных токов. *Электро. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность*. № 3. С. 30–34.
- Шаров Ю.В., Насыров Р.Р., Олексюк Б.В., Симуткин М.Г., Тульский В.Н., Шамонов Р.Г. 2014. Влияние режимов работы автотрансформаторов на качество электроэнергии. *Электричество*. № 6. С. 10–18.
- Шидловский А.К., Жаркин А.Ф. 2005. Высшие гармоники в низковольтных сетях. Киев: Наукова думка. 210 с.
- EURISGIC project. <http://eurisgic.org/> (дата обращения: 18.02.2020).

Gannon J.L., Swidinsky A., Xu Z. 2019. Geomagnetically induced currents from the sun to the power grid. John Wiley & Sons. 256 p.

Geomagnetic Data Service. <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/wdc/Sec3.html> (дата обращения: 18.02.2020).

Lucas G., Love J.J., Kelbert A., Bedrosian P.A. and Rigler E.J. 2020. Vol. 18, issue 2. <https://doi.org/10.1029/2019SW002329>.

Metatech Corporation. <http://www.metatechcorp.com/aps/SuperStormAnimation.html> (дата обращения: 18.02.2020).

Space Weather Canada. <http://eurisgic.org/> (дата обращения: 18.02.2020).

REFERENCES

Gonorovsky I.S. 1986. Radio engineering circuits and signals. Moscow: Radio and communications. 515 p.

GOST R 54149-2010 Electric energy. Electromagnetic compatibility of technical means. Standards of quality of electric energy in general-purpose power supply systems. Updated version. GOST 32144-2013. <http://docs.cntd.ru/document/1200104301> (date of appeal: 15.04.2020).

Grigoriev O.A., Petukhov B.C., Sokolov V.A., Krasilov I.A. 2002. Higher harmonics in 0.4 kV power supply networks. *Novosti elektrotekhniki (Electrical engineering news)*. № 6 (18). P. 54–57.

Zhezhelenko I.V. 1984. Higher harmonics in power supply systems of industrial enterprises. Moscow: Energoatomizdat. 160 p.

Zhezhelenko I.V. 2007. Selected issues of non-sinusoidal modes in electric networks of enterprises. Moscow: Energoatomizdat. 296 p.

Kartashev I.I., Nasyrov R.R., Oleksiuk B.V., Simutkin M.G., Tul'sky V.N., Shamonov R.G. 2013. Investigation of the influ-

ence of sources of higher harmonics on the quality of electricity in 220–500 kV power systems. *Electrichestvo (Electricity)*. № 1. P. 13–18.

Kartashev I.I., Nguyen Dinh Duc. 2007. Influence of the transformer's magnetization characteristics on the spectrum of higher harmonics generated by it. *Vestnik MEI*. № 1. P. 56–63.

Litvinova N.A., Litvinov D.O., Bryukhanova R.Ya. 2017. A study of the strength of the electric and magnetic fields on the height of buildings from power lines. *Uspehi sovremennogo estestvoznaniya (Success of modern natural science)*. № 4. P. 97–102.

Pilipenko V.A., Krasnoperov R.I., Soloviev A.A. 2019. Problems and prospects of geomagnetic research in Russia. *Vestnik otdelenia nauk o Zemle RAN (Bulletin of the Earth Sciences Department of the Russian Academy of Sciences)*. Vol. 11. № NZ1103.

Serovetnikov A.S., Sivokon V.P. 2015. Variations in the current spectrum of a transformer exposed to geomagnetic-induced currents. *Elektro. Elektrotehnika, elektroenergetika, elektrotekhnicheskaya promyshlennost' (Electro. Electrical engineering, power engineering, electrical industry)*. № 1. P. 15–18.

Sivokon V.P., Serovetnikov A.S. 2013. Geomagnetic-induced currents in the electrical networks of Kamchatka. *Elektro. Elektrotehnika, elektroenergetika, elektrotekhnicheskaya promyshlennost' (Electro. Electrical engineering, power engineering, electrical industry)*. № 3 P. 19–22.

Sivokon V.P., Serovetnikov A.S., Pisarev A.V. 2011. Higher harmonics as an indicator of geomagnetic-induced currents. *Elektro. Elektrotehnika, elektroenergetika, elektrotekhnicheskaya promyshlennost' (Electro. Electrical engineering, power*

- engineering, electrical industry*). № 3. P. 30–34.
- Sharov Yu.V., Nasyrov R.R., Oleksiuk B.V., Simutkin M.G., Tulsy V.N., Shamonov R.G. 2014. Influence of autotransformer operating modes on the quality of electricity. *Electrichestvo (Electricity)*. № 6. P. 10–18.
- Shidlovsky A.K., Zharkin A.F. 2005. Higher harmonics in low-voltage networks. Kiev: Naukova Dumka. 210 p.
- EURISGIC project. <http://eurisgic.org/> (date of appeal: 18.02.2020).
- Gannon J.L., Swidinsky A., Xu Z. 2019. Geomagnetically induced currents from the sun to the power grid. John Wiley & Sons. 256 p.
- Geomagnetic Data Service. <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/wdc/Sec3.html> (date of appeal: 18.02.2020).
- Lucas G., Love J.J., Kelbert A., Bedrosian P.A. and Rigler E.J. 2020. Vol. 18, issue 2. <https://doi.org/10.1029/2019SW002329>.
- Metatech Corporation. <http://www.metatechcorp.com/aps/SuperStormAnimation.html> (date of appeal: 18.02.2020).
- Space Weather Canada. <http://eurisgic.org/> (date of appeal: 18.02.2020).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

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

Sivokon Vladimir Pavlovich – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Technical Sciences, Professor of Power Installations and Electrical Equipment of Ships Chair; Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation of the Feb RAS, Chief Researcher of the Electromagnetic Radiation Laboratory; vsivokon@mail.ru; SPIN-code: 8755-5892; Author ID: 243393; Scopus ID: 57194558775.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОДНОФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Труднев С.Ю.

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

В статье описаны наиболее широко применяемые однофазные асинхронные двигатели. Произведен обзор принципиальных схем замещения, векторных диаграмм. Дано теоретическое и математическое описание процессов управления и включения асинхронных режимов работы, на основании которых в программе *Matlab* созданы компьютерные модели работы однофазного асинхронного двигателя в статическом и динамическом режимах. Проведен ряд экспериментов на реальной и виртуальной моделях, выполнена обработка и сравнение полученных данных, подтверждающих адекватность разработанной виртуальной модели.

Ключевые слова: компьютерная модель, конденсатор, напряжение, однофазный асинхронный двигатель.

COMPUTER SIMULATION OF A SINGLE-PHASE ASYNCHRONOUS MOTOR

Trudnev S.Yu.

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

The most widely used single-phase asynchronous motors are described and also substitution and vector diagrams are reviewed. Theoretical and mathematical descriptions of processes of controlling and enabling asynchronous modes of operation were provided, on the basis of which computer models of a single-phase asynchronous motor in static and dynamic modes was created in the *Matlab* program. Experiments were performed on the real and virtual models, and the data obtained were processed and compared to confirm the adequacy of the developed virtual model.

Key words: computer model, capacitor, voltage, single-phase asynchronous motor.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день однофазный асинхронный двигатель нашел широкое применение в системах электроприводов стиральных машин, компрессоров холодильных установок, насосов полумоечных машин, вентиляторов и во многих других бытовых и промышленных установках

небольшой мощности, в которых требуется высокая частота вращения [Марченко и др., 2015].

Для работы на однофазном токе выпускаются асинхронные двигатели в однофазном исполнении, обычно это машины малой мощности. Принцип двигателя переменного тока основан на создании вращающегося электромагнитного поля. Для

создания электромагнитного момента для вращения ротора двигателя необходимы минимум три проекции, в трехфазных сетях переменного тока эти проекции создают фазы А, В и С. В каждой обмотке трехфазного двигателя ЭДС каждой из фаз создают магнитное поле со сдвигом 120° , благодаря которому возникает равномерный электромагнитный момент, приводящий во вращение короткозамкнутый ротор. В однофазном асинхронном двигателе располагаются две обмотки: основная и вспомогательная (рабочая и пусковая), создающие две проекции. Для создания третьей проекции в схемах включения применяют среднюю точку и конденсатор. В связи с этим создается неравномерный электромагнитный момент, как следствие этого – пониженный КПД.

В настоящей работе с целью углубленного исследования качества работы и определения основных параметров схемы замещения предложено разработать компьютерную модель однофазного асинхронного двигателя. Полученные автором результаты приведены ниже.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Широкое применение в научных трудах ведущих ученых в области электротехники [Алексеев, 2006; Черных, 2008; Герман-Галкин, 2008] получила среда компьютерного моделирования *Matlab*. Для создания электротехнических объектов и систем в программе *Matlab* используется пакет *Sim Power Systems* совместно с универсальным блоком *Simulink*. Удобство использования программы *Matlab* достигается тем, что в состав библиотек пакета *Sim Power Systems* входят готовые модели большого количества объектов и составных частей электроэнергетической системы, например, *IGBT*, основные типы электрических машин, элек-

трических сопротивлений, источников электрической энергии и много другое.

В большинстве случаев при моделировании электрических машин в качестве готовых блоков и источников можно использовать элементы библиотек *Sim Power Systems*, расположенных в *Control Blocks*. В случае если необходимо создать специализированную электрическую машину с набором специальных блоков и параметров, складывают систему из элементов пакета *Simulink* на основе математических связей в виде линейных или дифференциальных уравнений физических законов, описывающих работу моделируемого электротехнического объекта.

Перед разработкой виртуальной модели асинхронного двигателя необходимо изучить принципиальные электрические схемы замещения электрических обмоток однофазного двигателя и вспомогательных элементов, участвующих в динамических и статических режимах работы электродвигателя.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для работы на однофазном токе выпускаются асинхронные двигатели в однофазном исполнении, обычно это машины малой мощности. Однофазный двигатель имеет на статоре рабочую обмотку и вспомогательную обмотку, включаемую на период пуска машины. Обмотка ротора – короткозамкнутая клетка (рис. 1, а). Емкость в цепи вспомогательной обмотки обуславливает фазовый сдвиг токов в обмотках статора и позволяет получить вращающееся магнитное поле в двигателе.

Получили распространение также однофазные двигатели с постоянно включенной вспомогательной обмоткой и емкостью, их называют конденсаторными двигателями.

Однофазный двигатель, работающий при нагрузке с обмоткой на статоре, не от-

личается от трехфазного двигателя с отключенной фазной обмоткой. Так, в однофазном двигателе обмотка статора занимает $2/3$ полюсного деления, однако точно такое же расположение имеют две фазные обмотки трехфазного статора, соединенные последовательно по схеме на рисунке 1, а. Ток в пазах сравниваемых обмоток распределен одинаково (рис. 1, б):

$$I_{11} = U_1 \frac{z_2 + \varepsilon_0}{(z_1 + \varepsilon_0)(z_2 + \varepsilon_0) - \varepsilon_1 \varepsilon_2}; \quad (1)$$

$$I_{12} = -U_1 \frac{z_2 + \varepsilon_0}{(z_1 + \varepsilon_0)(z_2 + \varepsilon_0) - \varepsilon_1 \varepsilon_2}, \quad (2)$$

$$U_{11} = I_{11} z_1, \\ U_{12} = I_{12} z_2.$$

Учитывая, что при обрыве фазы $z_a = \infty$, $z_b = z_c = 0$; $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon_0 = \frac{z_a}{3} = \infty$, тогда

$$I_{11} = \frac{U_1}{(z_1 + z_2)}, \quad I_{12} = -\frac{U_1}{(z_1 + z_2)}; \quad (3)$$

$$U_{11} = U_1 \frac{z_1}{(z_1 + z_2)}, \quad U_{12} = -U_1 \frac{z_1}{(z_1 + z_2)}. \quad (4)$$

При этом напряжения в каждой фазе на зажимах статора двигателя равны:

$$U_{11} = U_1 \frac{z_2 + \varepsilon_0}{(z_1 + \varepsilon_0)(z_2 + \varepsilon_0) - \varepsilon_1 \varepsilon_2}; \quad (5)$$

$$\dot{U}_{ad} = \dot{U}_{11} + \dot{U}_{12} = \dot{U}_1 + 2\dot{U}_{12}; \quad (6)$$

$$\dot{U}_{bd} = a\dot{U}_{11} + a\dot{U}_{12} = a^2(\dot{U}_1 + \dot{U}_{12}) + a\dot{U}_{12} = a^2\dot{U}_1 - \dot{U}_{12}; \quad (7)$$

$$\dot{U}_{cd} = a\dot{U}_{11} + a^2\dot{U}_{12} = a(\dot{U}_1 + \dot{U}_{12}) + a^2\dot{U}_{12} = a\dot{U}_1 - \dot{U}_{12}, \quad (8)$$

где U – фазное напряжение,
 I – фазный ток,
 z – сопротивление обмотки,

a – коэффициент, учитывающий параметры схемы замещения.

Таким образом, математическая модель (1)–(8) для трехфазного двигателя с отключенной фазой справедлива и для однофазного двигателя. Следует лишь иметь в виду, что фазные обмотки трехфазной машины, заменяющей машину однофазную, должны иметь число витков в два раза меньше, чем обмотка статора реальной однофазной машины. Поэтому параметры эквивалентной трехфазной машины должны быть определены с учетом этого обстоятельства. Например, активное сопротивление фазы статора эквивалентной трехфазной машины в два раза меньше сопротивления обмотки статора реальной однофазной машины [Важнов, 1969].

При включении на статоре однофазного двигателя только одной рабочей обмотки, как отмечалось выше, электромагнитный момент у неподвижной машины равен нулю. При вращении машины в любую сторону появляется момент, определяемый механической характеристикой (рис. 1, в). Поэтому такой однофазный двигатель не может иметь режима электромагнитного тормоза. Генераторный режим получается обычным образом при отрицательном скольжении $s < 0$.

Характерной особенностью однофазного двигателя, работающего при отключенной вспомогательной обмотке на статоре, является зависимость величины максимального электромагнитного момента от активного сопротивления обмотки ротора r'_2 .

Максимум электромагнитного момента от токов прямой последовательности несколько уменьшается с увеличением r'_2 и смещается, как и в нормальном трехфазном двигателе, в сторону больших скольжений, то есть в область, где момент от токов обратной последовательности $M_{эм2}$ составляет более значимую долю от момента $M_{эм1}$. В итоге результирующий максимальный момент уменьшается.

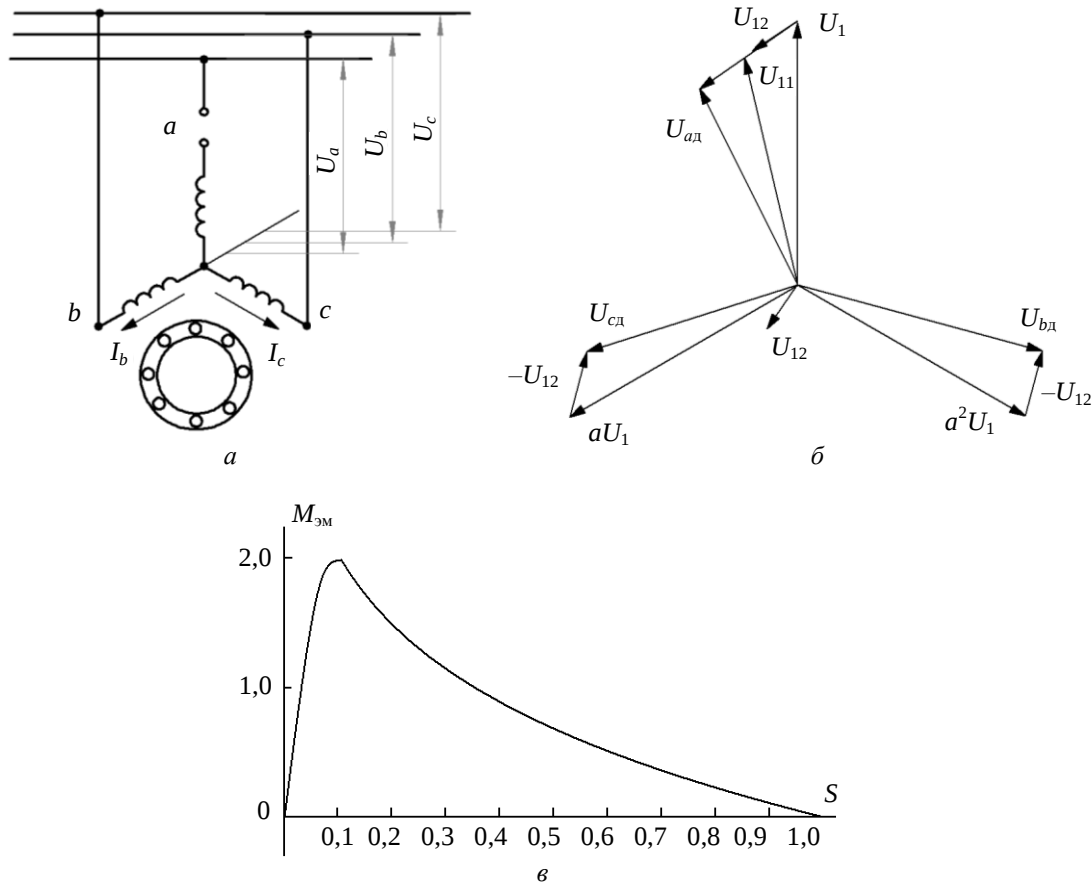


Рис. 1. Обрыв фазы на асинхронном двигателе: а – схема замещения; б – векторная диаграмма напряжений; в – механическая характеристика

Fig. 1. Phase break on an asynchronous motor: а – replacement circuit; б – vector diagram of stresses; в – mechanical characteristic

Коэффициент мощности у однофазного двигателя ниже, чем у трехфазного, так как ток холостого хода у первого примерно в $\sqrt{3}$ раз больше, чем у второго [Важнов, 1969].

На основании вышеизложенного, учитывая схожесть режимов работы однофазного двигателя и трехфазного двигателя с обрывом фазы, получим:

$$Z_{0w} = \frac{U_{0w}}{I_{0w}}; r_{0w} = \frac{P_{0w}}{I_{0w}^2}; x_{0w} = \sqrt{Z_{0w}^2 - r_{0w}^2};$$

$$Z_{kw} = \frac{U_{kw}}{I_{kw}}; r_{kw} = \frac{P_{kw}}{I_{kw}^2}; x_{kw} = \sqrt{Z_{kw}^2 - r_{kw}^2};$$

$$x_{0w} = x_{m[w]} + x_{sw}; x_{kw} = x_{sw} + x_{r\sigma[w]};$$

$$r_{0w} = r_{m[w]} + x_{sw}; r_{kw} = r_{sw} + r_{r[w]};$$

$$x_{sw} = x_{r\sigma[w]}; r_{sw} = r_{r[w]}; x_{ss} = x_{r\sigma[s]}; r_{ss} = r_{r[s]}; (9)$$

$$Z_{0s} = \frac{U_{0s}}{I_{0s}}; r_{0s} = \frac{P_{0s}}{I_{0s}^2}; x_{0s} = \sqrt{Z_{0s}^2 - r_{0s}^2};$$

$$Z_{ks} = \frac{U_{ks}}{I_{ks}}; r_{ks} = \frac{P_{ks}}{I_{ks}^2}; x_{ks} = \sqrt{Z_{ks}^2 - r_{ks}^2};$$

$$x_{0s} = x_{m[s]} + x_{ss}; x_{ks} = x_{ss} + x_{r\sigma[s]};$$

$$r_{0s} = r_{m[s]} + r_{ss}; r_{ks} = r_{ss} + r_{r[s]},$$

где U – фазное напряжение,

I – фазный ток,

z – полное сопротивление обмотки,

r, x – активное и индуктивное сопротивление соответственно (индексы указывают участок цепи и разрыв).

Полученные уравнения позволяют создать математическую модель однофазного асинхронного двигателя в статическом и динамическом режимах машины [Важнов, 1969; Марченко и др., 2015]. На рисунке 2, б представлена схема компьютерной модели однофазного асинхронного двигателя, разработанная в *Simulink* и *Sim Power Systems* согласно математической модели (9) и электрической схеме (рис. 2, а). Исследования любой компьютерной моде-

ли нецелесообразны без подтверждения ее адекватности. Виртуальная модель прошла проверку на адекватность путем сопоставления результатов виртуальной и реальной моделей и настройки номинальной частоты вращения и номинальной токовой нагрузки в статическом режиме (рис. 2, в – д). Параметры проверки однофазного асинхронного двигателя: $P_H = 170$ Вт; $n = 1350$ об/мин; $U_H = 220$ В; КПД = 63%; $I_H = 0,8$ А.

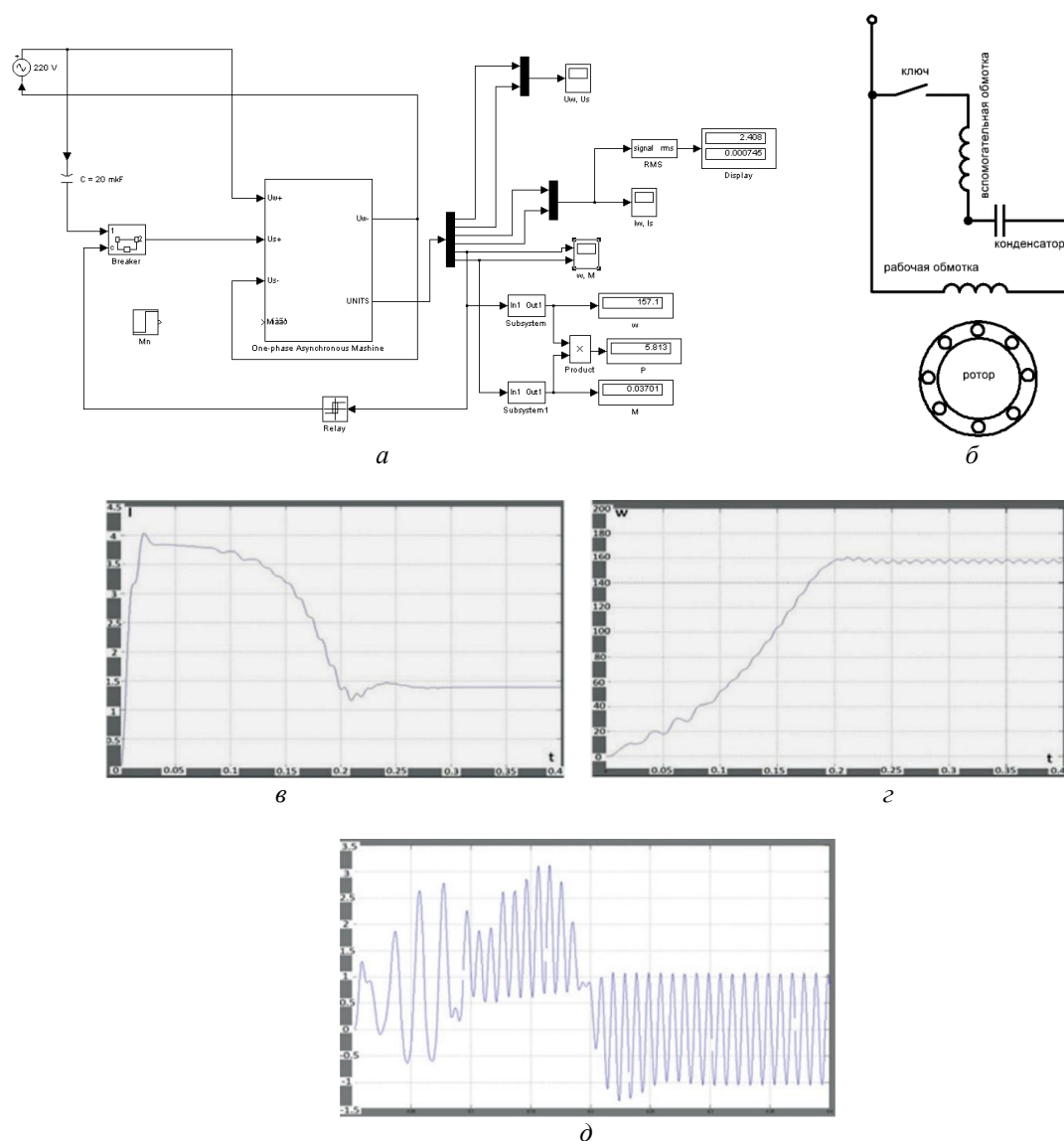


Рис. 2. Статический и динамический режимы работы однофазного асинхронного двигателя: а – принципиальная схема включения; б – компьютерная модель в программе *Matlab*; в – выходная характеристика угловой скорости вращения; г – ток статора; д – выходная характеристика момента

Fig. 2. Static and dynamic modes of operation of a single-phase asynchronous motor: а – circuit diagram of switching-on; б – computer model in *Matlab* program; в – output characteristic of the angular speed of rotation; г – stator current; д – output characteristic of the moment

На рисунке 3 приведены результаты моделирования однофазного асинхронного двигателя в программе *Matlab*. При сопоставлении выходных характеристик виртуальной и реальной моделей видно, что мгновенные значения частоты вращения, токов статора и электромагнитного момента отличаются незначительно в пределах 4%. Результаты проведенных исследований подтверждают соответствие компьютерной модели однофазного асинхронного двигателя реальной.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проведенное исследование показывает, что современные средства моделирования позволяют создать компьютерную модель электротехнического устройства [Труднев, 2020]. Ре-

зультаты экспериментов полностью подтверждают адекватность работы созданных моделей в программе *Matlab*. Представленные теоретические и математические выкладки позволяют разработать компьютерные модели асинхронного двигателя в программе *Matlab* при помощи пакетов *Sim Power Systems*. На основе разработанных виртуальных моделей возможно провести имитацию основных неисправностей, продиагностировать и дать алгоритм действий при неисправности однофазного асинхронного двигателя в составе любого электропривода. Компьютерные модели позволяют изучить принципы работы асинхронного двигателя и получить навыки преждевременной диагностики однофазных асинхронных двигателей.

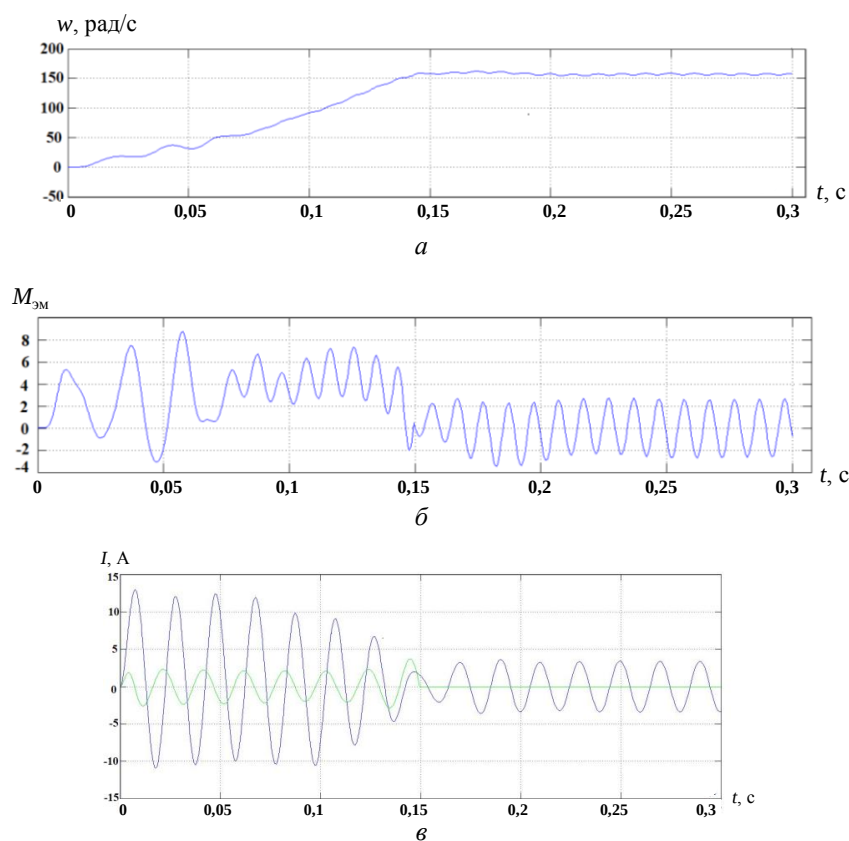


Рис. 3. Результаты моделирования: *a* – выходная характеристика угловой скорости вращения; *б* – ток статора; *в* – выходная характеристика момента

Fig. 3. Simulation results: *a* – output characteristic of the angular velocity of rotation; *б* – stator current; *в* – output characteristic of the moment

ЛИТЕРАТУРА

- Алексеев В.В. 2006. Моделирование электрических машин приводов горного оборудования. Санкт-Петербург. 58 с.
- Важнов А.И. 1969. Электрические машины. Ленинград: Энергия. 768 с.
- Герман-Галкин С.Г. 2008. Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. Москва: Корона-Век. 368 с.
- Марченко А.А., Родимов Н.В., Труднев С.Ю. 2015. Моделирование процесса искусственного нагружения однофазного асинхронного двигателя. *Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова*. Выпуск 6. № 34. С. 179–186.
- Труднев С.Ю. 2020. Компьютерное моделирование полупроводниковых преобразователей. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. № 52. С. 18–26.
- Черных И.В. 2008. Моделирование электротехнических устройств в Matlab, Sim Power Systems и Simulink. Санкт-Петербург. 288 с.

REFERENCES

- Alekseev V.V. 2006. Modeling of electric machines of mining equipment drives. Saint-Petersburg. 58 p.
- Vazhnov A.I. 1969. Electrical machines. Leningrad: Energy. 768 p.
- German-Galkin S.G. 2008. Matlab & Simulink. Design of mechatronic systems on PC. Moscow: Korona-Vek. 368 p.
- Marchenko A.A., Rodimov N.V., Trudnev S.Yu. 2015. Simulation of the process of artificial loading of a single-phase asynchronous motor. *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova (Bulletin of Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping)*. Issue 6. № 34. P. 179–186.
- Trudnev S.Yu. 2015. Computer modeling of semiconductor converters. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 52. P. 18–26.
- Chernykh I.V. 2008. Modeling of electrical devices in Matlab, Sim Power Systems and Simulink. Saint-Petersburg. 288 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ
INFORMATION ABOUT AUTHOR

Труднев Сергей Юрьевич – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат технических наук, декан мореходного факультета, доцент кафедры «Энергетические установки и электрооборудование судов»; trudnev@mail.ru. SPIN-код: 7609-8447; Author ID: 914012.

Trudnev Sergey Yurievich – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Technical Sciences, Dean of Naval Faculty; Associate Professor of Power Plants and Electrical Equipment of Ships Chair; trudnev@mail.ru. SPIN-code: 7609-8447; Author ID: 914012.

УДК 664.64:594.55

DOI: 10.17217/2079-0333-2020-54-36-47

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПОНИЖЕННОЙ ВЛАЖНОСТИ С ДОБАВЛЕНИЕМ В КАЧЕСТВЕ ОБОГАТИТЕЛЯ КАЛЬМАРА

Благонравова М.В., Самохин А.В.

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

В статье приведены результаты исследований по разработке технологии хлебобулочных изделий пониженной влажности (хлебцев хрустящих) с добавлением кальмара в качестве обогатителя. Обоснованы технологические параметры производства: продолжительность выпечки – 30 минут при температуре 130°C, сушка – 35 минут при температуре 60°C, дозировка измельченного кальмара – 20% от массы муки. Разработаны рецептура и технологическая схема производства хлебцев хрустящих. Изучены физико-химические показатели качества готовой продукции. Установлено соответствие хлебцев, изготовленных по разработанной технологии, требованиям нормативной документации по органолептическим и физико-химическим показателям: влажности, кислотности и хрупкости. Проведено сравнение пищевой и биологической ценности хлебцев, произведенных с добавлением кальмара, и контрольного образца (без добавки). Установлено, что введение кальмара в рецептуру теста для хлебцев позволяет увеличить массовую долю белка на 43%, а также повысить суточную степень потребности в белке.

Ключевые слова: биологическая ценность, кальмар, массовая доля жира, минеральные вещества, органолептические показатели, пищевая ценность, хлебцы хрустящие.

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF REDUCED MOISTURE BAKERY PRODUCTS WITH ADDITION OF SQUID AS A CONCENTRATOR

Blagonravova M.V., Samokhin A.B.

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

Results of research on the development of the technology of bakery products in terms of low humidity (crisp breads) with the addition of squid as an enriching agent are presented. The technological parameters of production were as follows: baking for 30 minutes at 130°C followed by drying for 35 minutes at 60°C, dosage of crushed squid was 20% of flour weight. The recipe and production flow chart were developed and physical and chemical parameters of complete product quality were studied. The conformity of produced crisp breads for organoleptic and physicochemical indicators, including moisture, acidity and fragility, to the requirements of regulatory documents was established. The food and biological values of crisp breads and control sample (without additive) were compared. As found, introduction of squid to the bread dough allows increasing the mass fraction of protein by 43% and also the daily protein requirement.

Key words: biological value, squid, fat mass fraction, minerals, organoleptic characteristics, nutritional value, crisp breads.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из важнейших факторов в организации питания населения, обеспечении достойного уровня жизни и долголетия является производство продуктов, содержащих все необходимые для организма человека нутриенты. Актуальным направлением развития технологии производства хлебобулочных изделий является их обогащение различными биологически активными ингредиентами, витаминами и минеральными веществами [Забодалова, 2015; Матвеева, Корякина, 2012; Степычева, 2012].

Хлебобулочные изделия всегда занимали лидирующие позиции по продажам на рынке, что выгодно отличает их от других продуктов. Продукция хлебопекарного производства относится к товарам стратегической значимости, массового ежедневного потребления, первой необходимости и неотлагаемого спроса, поэтому, оптимизируя ее состав в соответствии с формулой сбалансированного питания, можно добиться улучшения состава рациона питания и качества жизни населения. Основное сырье для производства хлебобулочных изделий обладает пониженной биологической ценностью, так как оно в большей степени содержит легкоусвояемые жиры и углеводы, имеет несбалансированный аминокислотный состав, а также низкое содержание минералов и витаминов [Березина, 2012; Жаринов и др., 2007; Оттавей, 2010; Садыгова, 2016; Сарычев, 1959; Спиричев и др., 2014; Тимофеева, 2005]. Использование нетрадиционных видов сырья, отличающихся высокой биологической ценностью, позволит не только расширить ассортимент хлебобулочных изделий, но и создать новый продукт, обладающий сбалансированным химическим составом. Вышесказанное определяет необходимость коррекции химического

состава хлебобулочных изделий за счет обогащения биологически активными веществами путем введения в рецептуру продукции обогатителя в виде натуральных добавок из гидробионтов, богатых животным белком, минеральными веществами и витаминами, например кальмаров.

Кальмар является перспективным источником биологически активных веществ, сравнительно недорогим и достаточно распространенным в водах Тихого океана. Промысловые уловы кальмаров в дальневосточных морях составляют 180–200 тыс. тонн в год [Лищенко, Лищенко, 2016; Мокрин, 2006]. Основной улов приходится на кальмара командорского *Beryteuthis magister*. В дальневосточных водах это единственный вид кальмара, который добывается в значительных количествах. Мясо кальмара содержит значительное количество полноценного белка, дефицитного в растительных продуктах [Федорец, 2006], а также фосфор и магний, большое количество микроэлементов: йода, железа и др., витамины В₁, В₂, В₁₂. Внесение кальмара, обладающего ценным химическим составом, в качестве обогатителя в рецептуру хлебобулочных изделий, в частности хлебцев хрустящих, позволит повысить пищевую и биологическую ценность готовых изделий. В связи с изложенными выше факторами перспективной представляется разработка технологии хлебобулочных изделий пониженной влажности (хлебцев) с добавлением кальмара.

Цель работы – разработка технологии хлебобулочных изделий пониженной влажности (хлебцев хрустящих) с добавкой кальмара в качестве источника ценных нутриентов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве компонента при приготовлении хлебцев хрустящих использовали

кальмар командорский *Berryteuthis magister* мороженный, по качеству соответствующий требованиям ГОСТ 20414 «Кальмар и каракатица мороженые. Технические условия». Отбор проб и определение органолептических и физико-химических показателей хлебцев проводили согласно ГОСТ 5667 «Хлеб и хлебобулочные изделия. Правила приемки, методы отбора образцов, методы определения органолептических показателей и массы изделий». Влажность в готовых изделиях определяли согласно ГОСТ 21094 «Хлеб и хлебобулочные изделия. Метод определения влажности» высушиванием в сушильном шкафу. Массовую долю минеральных веществ выявляли методом сжигания по ГОСТ 27494 «Мука и отруби. Методы определения зольности». Определение содержания белка проводили макрометодом Кьельдаля. Для определения массовой доли жира использовали экстракционный метод с предварительным гидролизом навески согласно ГОСТ 5668 «Хлеб и хлебобулочные изделия. Методы определения массовой доли жира». Кислотность готовых изделий устанавливали согласно ГОСТ 5670 «Хлебобулочные изделия. Методы определения кислотности» нейтрализацией кислоты, содержащейся в навеске, гидроокисью натрия в присутствии фенолфталеина до появления розовой окраски. Хрупкость хлебцев определяли на приборе структурометр СТ-1М.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение представленного на рынке г. Петропавловска-Камчатского ассортимента хлебцев хрустящих с добавками показало, что при значительном разнообразии применяемых в изделиях добавок, добавки из гидробионтов, в том числе из кальмара, в них не используются, что для

Камчатского края не вполне оправданно, поскольку основной отраслью экономики здесь является добыча и переработка водных биоресурсов.

В процессе разработки технологии хлебцев проводили обоснование выбора рецептуры теста для хлебцев. Как известно, в ржаной муке содержание дефицитных в растительных белках незаменимых аминокислот лизина и треонина значительно выше, чем в пшеничной. Так как основной целью данной работы является разработка продукта повышенной биологической ценности, при обосновании рецептуры теста для хлебцев принято решение использовать в производстве ржаную муку.

Для производства хлебцев проводили замес теста из ржаной муки. Ржаную обдирную муку просеивали через сито для отделения посторонних примесей. Для замеса использовали муку температурой не ниже 10°C, а также питьевую воду, соответствующую требованиям нормативной документации, без посторонних запахов и привкусов. В тесто также вносили соль в сухом виде в количестве 3,5% от массы муки.

В данной технологической схеме применяли замес теста бездрожжевым однофазным способом, чтобы избежать длительного процесса брожения, поскольку в качестве добавки используется особо скоропортящийся полуфабрикат – измельченный кальмар, сроки хранения которого зависят от температуры. Добавление при замесе в тесто дрожжей значительно увеличивает время операции замеса теста. Полученное вышеуказанным способом тесто существенно отличается от других видов тестовых масс, не подвергается брожению или искусственному разрыхлению. Замес теста до однородной массы осуществляли в течение 5–7 минут. Начальная температура теста для ржаных

хлебцев составляла 23–25°C. Смешивание компонентов осуществляли при равномерном увлажнении.

В образцы теста в различных пропорциях вносили размороженный и измельченный кальмар. После мойки и стекания операцию обесшкуривания не проводили, тушки измельчали целиком с кожей. Данный технологический прием обусловлен высокой пищевой ценностью кожи кальмаров, являющейся ценным белковым сырьем. Использование кожи кальмара также позволяет более рационально использовать сырье, увеличив выход готового продукта. Измельчение проводили до пастообразного состояния при температуре не выше 10°C. Свежий фарш хранился при температуре от 2 до 0°C не более 6–8 часов, так как данный полуфабрикат является особо скоропортящимся продуктом.

Кальмар вносили в количествах 10, 20, 30, 40 и 50% от массы вносимой муки. Контрольный образец замешивали без до-

бавления кальмара. Фотографии образцов ржаного теста для хлебцев хрустящих представлены на рисунке 1.

С целью обоснования оптимальных технологических параметров проводили выпечку хлебцев при температурах 100 и 130°C в течение 30, 40 и 50 минут. В готовых изделиях определяли органолептические показатели, влажность и хрупкость. Результаты исследований представлены в таблице 1. Исследования показали, что требуемых органолептических показателей (достаточной хрупкости и светло-коричневого цвета), а также необходимой влажности (не более 9%) достигли образцы, выпекаемые при температуре 100°C в течение 50 минут, а образцы, выпекаемые при температуре 130°C, – в течение 30 минут. Исходя из целесообразности сокращения продолжительности технологического процесса, оптимальным выбрано ведение процесса при температуре 130°C в течение 30 минут.



Рис. 1. Образцы ржаного теста. Индексами обозначено количество вносимого кальмара в процентах по отношению к массе вносимой ржаной муки

Fig. 1. Samples of rye dough. Indexes indicate the amount (%) of squid introduced to the rye flour

Таблица 1. Органолептические и физико-химические показатели хрустящих хлебцев при различных режимах выпечки

Table 1. Organoleptic and physico-chemical parameters of crisp breads baked under various modes

Наименование показателей	Режим выпечки					
	Температура выпечки 100°C			Температура выпечки 130°C		
	Продолжительность 30 мин	Продолжительность 40 мин	Продолжительность 50 мин	Продолжительность 30 мин	Продолжительность 40 мин	Продолжительность 50 мин
Органолептические показатели	Мягкие, нехрупкие, цвет светлый	Мягкие, нехрупкие, цвет светло-коричневый	Хрупкие, цвет светло-коричневый	Хрупкие, цвет светло-коричневый	Хрупкие, цвет светло-коричневый	Излишне хрупкие, цвет темно-коричневый
Массовая доля влаги, %	9,8	9,6	7,2	8,9	8,3	7,3
Хрупкость, кг/см ²	3,0	3,5	4,0	3,6	4,0	4,6

Далее хлебцы направляли на сушку – постепенное снижение температуры изделий, в процессе которого происходит частичное уменьшение влажности и распределение ее в продукте. От правильности проведения сушки зависят такие показатели качества готового продукта, как прочность и хрупкость. Сушку изделий проводили при температуре 60°C в течение часа. С целью недопущения пересушивания в изделиях определяли хрупкость с периодичностью 5 минут. Результаты исследований, представленные в таблице 2, показывают, что максимально допустимой хрупкости, отвечающей требованиям нормативной документации (4,0 кг/см²), продукция достигает спустя 35 минут высушивания. Именно эта продолжительность сушки признана наиболее обоснованной.

Таким образом, исходя из представленных выше результатов исследований, выпечку экспериментальных образцов хлебцев хрустящих из ржаной муки с добавкой кальмара в различной дозировке проводили при температуре 130°C, продолжительность выпечки составляла 30 мин. Продолжительность сушки составила 35 минут при температуре воздушной среды 60°C. Последующее охлаждение хлебцев до температуры окружающей сре-

ды осуществляли в течение 1 часа. Влажность хлебцев после высушивания достигла требуемых нормативной документацией значений (не более 9%). После охлаждения плитки готовых хлебцев распиливали на плитки размером 12×5,5 см.

Так как основным критерием выбора рецептуры теста являлась органолептическая оценка ржанных хлебцев с добавлением кальмара, приемлемость количества вносимой добавки из кальмара определяли по органолептическим показателям. Результаты органолептических исследований представлены в таблице 3.

Определение органолептических показателей проводили на дегустационном совещании. Все образцы имели правильную форму прямоугольных плиток, светло-коричневый цвет. Наиболее высокие оценки получили образцы с добавлением кальмара в количестве 10% (К-10) и 20% (К-20) от массы муки. Данные образцы отличались приятным вкусом и запахом. В образце К-10 вкус и запах кальмара не ощущались, в образце К-20 присутствовал приятный привкус и запах кальмара. Дегустаторами была отмечена сбалансированность вкуса и запаха при внесении фарша кальмара в количестве 20%. Изделия с более высоким содержанием кальмара отли-

чались выраженным привкусом и запахом кальмара, отрицательно влияющими на общее впечатление.

Также изучали физико-химические показатели исследуемых образцов. С этой целью в опытных экземплярах определяли массовую долю влаги, хрупкость и кислотность. Результаты исследований пред-

ставлены в таблице 4. Как видно, все образцы по показателям влажности (не более 9%) и кислотности (не более 8 град.) соответствовали требованиям ГОСТ 9846 «Хлебцы хрустящие. Технические условия». Хрупкость изделий соответствовала верхней границе, допускаемой стандартом (4 кг/см²).

Таблица 2. Хрупкость образцов хрустящих хлебцев в зависимости от продолжительности высушивания при температуре 60°C

Table 2. Brittleness of crisp breads depending on the duration of drying under temperature 60°C

Наименование показателя	Продолжительность высушивания, мин					
	10	15	20	25	30	35
Хрупкость, кг/см ²	2,0	3,0	3,5	3,6	3,8	4,0

Таблица 3. Сравнительные органолептические показатели образцов ржанных хлебцев хрустящих с добавлением кальмара

Table 3. Comparative organoleptic characteristics of crisp breads with addition of squid

Наименование показателя	Образец ржанных хлебцев хрустящих с кальмаром					
	К	К-10	К-20	К-30	К-40	К-50
Цвет	Светло-коричневый					
Форма	Прямоугольные плитки					
Вкус	Свойственный данному изделию, без постороннего привкуса	Свойственный данному изделию, без постороннего привкуса	Свойственный данному изделию, с едва уловимым привкусом кальмара	Свойственный данному изделию, с привкусом кальмара	Свойственный данному изделию, с выраженным привкусом кальмара	Свойственный данному изделию, с сильно выраженным привкусом кальмара
Запах	Свойственный данному изделию, без постороннего запаха	Свойственный данному изделию, без постороннего запаха	Свойственный данному изделию, с едва уловимым запахом кальмара	Свойственный данному изделию, с запахом кальмара	Свойственный данному изделию, с выраженным запахом кальмара	Свойственный данному изделию, с сильно выраженным запахом кальмара

Таблица 4. Физико-химические показатели образцов ржанных хлебцев хрустящих с добавлением кальмара

Table 4. Physico-chemical characteristics of crisp breads with addition of squid

Наименование показателя	Образцы хрустящих хлебцев					
	К	К-10	К-20	К-30	К-40	К-50
Массовая доля влаги, %	7,8	7,4	7,9	7,2	7,1	7,9
Кислотность изделий, град.	5,92	5,53	5,53	5,53	5,52	4,74
Хрупкость, кг/см ²	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0

Для более точной органолептической оценки был также использован профильный метод. Профилограммы качества хлебцев хрустящих представлены на рисунке 2. Как видно, наиболее высокие органолептические показатели были установлены у образца К-20 с добавлением кальмара в количестве 20% от массы муки. Дегустаторы охарактеризовали вкус и запах в хлебцах с внесением кальмара в количестве 20% как наиболее приятный из представленных изделий. Этот образец был выбран в качестве оптимального по количеству добавляемого кальмара.

Разработанная рецептура ржаных хрустящих хлебцев с добавлением кальмара представлена в таблице 5. Технологическая схема производства приведена на рисунке 3. Разработанная схема предполагает использование ржаной муки, внесение измельченного до пастообразного состояния кальмара (тушка с кожей) на стадии замеса теста, приготовление бездрожжевого теста, выпечку изделий в течение 30 минут при температуре 130°C и последующую сушку 35 минут при температуре 60°C.

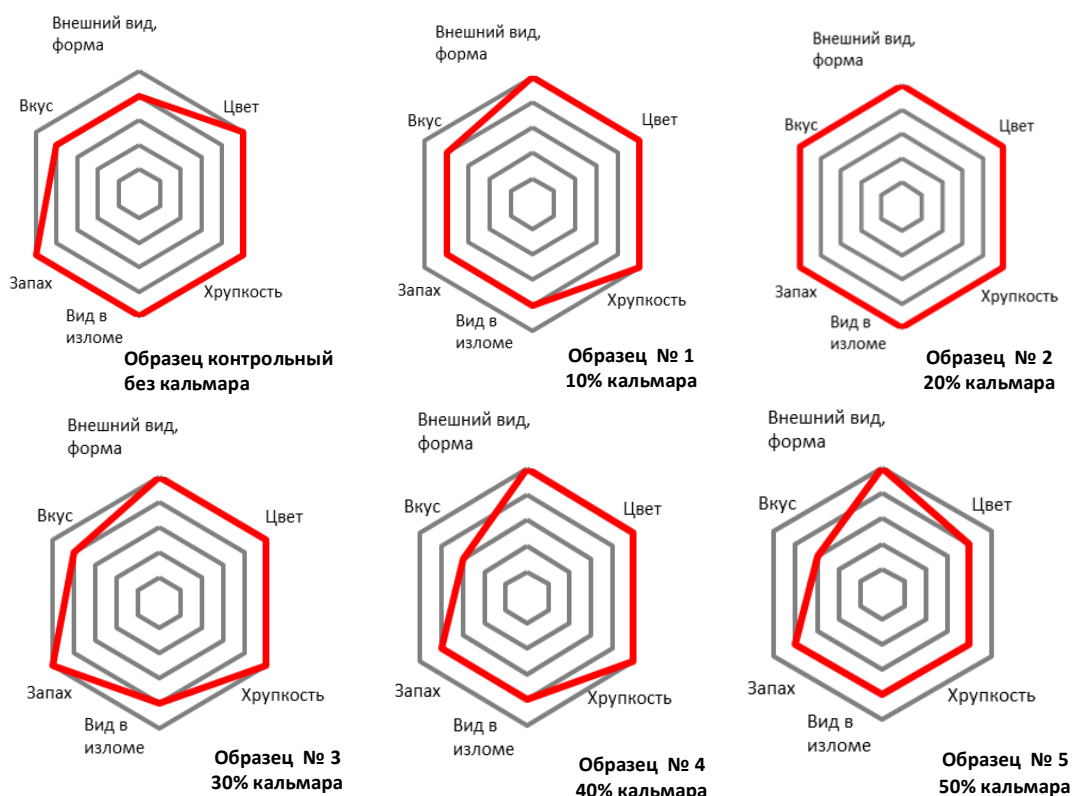


Рис. 2. Профилограммы качества образцов готовых ржаных хлебцев хрустящих с добавлением кальмара

Fig. 2. Quality profilograms of the baked crisp breads with addition of squid

Таблица 5. Рецептура ржаных хлебцев хрустящих с добавлением кальмара

Table 5. Recipe of crisp breads with addition of squid

Сырье	Расход сырья, кг	Влажность, %, не более	Нормативный документ
Мука ржаная хлебопекарная обдирная	100,0	15	ГОСТ 7045
Соль поваренная	3,5	0,7	ГОСТ Р 51574
Масло растительное для смазки листов	0,5	0,1–0,2	ГОСТ Р 1129
Кальмар мороженый тушка с кожицей	20,0	75	ГОСТ 20414
Итого	124,0		

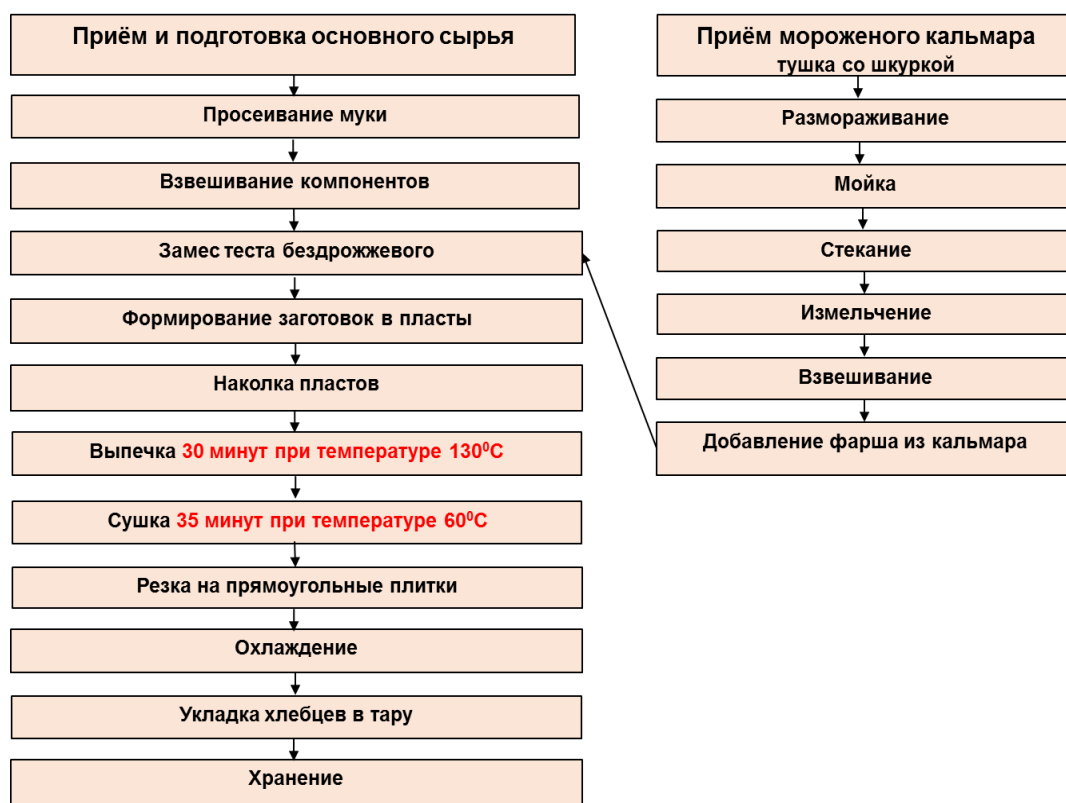


Рис. 3. Технологическая схема производства ржанных хлебцев хрустящих с добавлением кальмара

Fig. 3. Technological scheme for the production of crisp breads with addition of squid

На следующем этапе исследований проводили сравнение химического состава, пищевой и биологической ценности разработанного продукта с контрольным образцом (приготовленным без внесения кальмара) (табл. 6). При сравнении химических показателей установлено, что внесение кальмара приводит к снижению кислотности изделий, повышению массовой доли жира с 4,0 до 4,6%, увеличению доли белка, некоторому росту содержания минеральных веществ с 1,0 до 1,2%. Важным фактом является довольно значительное повышение содержания белка в хлебцах с кальмаром, увеличение по сравнению с контрольным образцом составило 3,9% (9,0% белка – в хлебцах без кальмара и 12,9% – в разработанной продукции). Таким образом, внесение кальмара в рецептуру хлебцев хрустящих позволяет увеличить массовую долю белка в хлебобулочных изделиях на 43% от его первоначального

количества. Надо отметить, что обогащение происходит за счет полноценных белков кальмара, содержащих все незаменимые аминокислоты, в том числе дефицитные в хлебобулочных изделиях.

При сравнении пищевой ценности готового продукта и контрольного образца содержание углеводов определяли косвенным методом. Пищевую ценность хрустящих хлебцев устанавливали по химическому составу с учетом их потребления в общепринятых количествах.

Данные об энергетической ценности исследуемых образцов приведены в таблице 7. На основании проведенных расчетов определено, что внесение кальмара несколько увеличивает энергетическую ценность изделий с 380 ккал в контрольном образце до 394 ккал – в опытном.

Установленная степень удовлетворения в основных веществах и энергии при употреблении 100 г хлебцев представлена

в таблице 8 [Покровский, 1975; Покровский, Позняковский, 2002]. На основании исследований можно сделать вывод, что ржаные хлебцы хрустящие с кальмаром содержат все основные нутриенты. Проведенные расчеты показывают, что введение кальмара в количестве 20% от массы муки в состав хлебцев хрустящих позволяет увеличить степень удовлетворения в белке на 4,8% (с 11,3 в контрольном образце до 16,1 в опытном).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, на основе проведенного нами анализа ассортимента и техноло-

гий производства хлебобулочных изделий с добавками установлено, что при всем многообразии обогатительных добавок растительного и животного происхождения кальмар не используется в качестве добавки при производстве хлебцев. Кальмар является ценным и сравнительно недорогим источником полноценного белка, ценных витаминов, микро- и макроэлементов, кроме того, он относится к массовым промышленным объектам. Использование мантии кальмара с кожей повышает выход готового продукта, дополнительно увеличивая биологическую ценность, затраты производства при этом сокращаются.

Таблица 6. Сравнительные химические показатели ржаных хлебцев хрустящих с добавлением кальмара

Table 6. Comparative chemical characteristics of crisp breads with addition of squid

Наименование показателя	Контрольный образец	Образец с содержанием белка в количестве 20%	Норма по ГОСТ 9846
Массовая доля минеральных веществ, %	1,0	1,2	—
Кислотность изделий, град.	5,92	5,53	Не более 8,0
Массовая доля жира, %	4,0	4,6	—
Массовая доля белка, %	9,0	12,9	—

Таблица 7. Энергетическая ценность образцов ржаных хлебцев хрустящих с добавлением кальмара на 100 г продукта

Table 7. Energy value of crisp breads per 100 g of product

Образцы хлебцев	Энергетическая ценность, ккал
К (без кальмара)	380
К-20 (с добавлением кальмара в количестве 20% от массы муки)	394

Таблица 8. Степень удовлетворения в основных веществах и энергии при употреблении 100 г ржаных хлебцев хрустящих с добавлением кальмара

Table 8. The degree of satisfaction in basic substances and energy when using 100 g crisp breads with addition of squid

Наименование образца	Степень удовлетворения, %			
	в белке	в липидах	в углеводах	в энергии
К (контрольный)	11,3	5,0	18,3	13,3
К-20 (с содержанием 20% кальмара от массы муки)	16,1	5,7	17,3	13,8

Мы исследовали органолептические показатели качества хлебцев, кислотность, массовые доли в них воды, жира, белка, хрупкость. Показано, что по органолептическим и физико-химическим показателям продукция соответствует стандарту на хлебцы хрустящие. Степень удовлетворения суточной потребности при употреблении 100 г продукта составляет: в белке – 16,1%; в липидах – 5,7%; в углеводах – 18,3%; энергии – 13,8%, а по значению энергетической ценности данный продукт можно отнести к среднекалорийному. Содержание белка увеличилось на 43% по сравнению с контрольным образцом. Технология производства хлебобулочных изделий с новой добавкой позволяет обогатить традиционную продукцию ценными нутриентами.

ЛИТЕРАТУРА

- Березина Н.А. 2012. Расширение ассортимента и повышение качества ржано-пшеничных хлебобулочных изделий с сахаросодержащими добавками. Орел: Госуниверситет – УНПК. 232 с.
- Жаринов А.И., Горлов И.Ф., Нелепов Ю.Н., Соколова Н.А. 2007. Пищевая биотехнология: научно-практические решения в АПК. Москва. *Вестник РАСХН*. 476 с.
- Забодалова Л.А. 2015. Научные основы создания продуктов функционального назначения. Санкт-Петербург: Университет ИТМО. 86 с.
- Лищенко Ф.В., Лищенко А.В. 2016. Состав промысловых скоплений командорского кальмара *Berryteuthis magister* (Berry, 1913) в районе северных Курильских островов и юго-восточной Камчатки в летне-осенний период 2015 года. *Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана*. Вып. 40. С. 57–60.
- Матвеева Т.В., Корячкина С.Я. 2012. Физиологически функциональные пищевые ингредиенты для хлебобулочных и кондитерских изделий. Монография. Орел: Госуниверситет – УНПК. 947 с.
- Мокрин Н.М. 2006. Экология и перспективы промысла тихоокеанского кальмара *Todarodes pacificus* в Японском море. *Диссертация ... канд. биол. наук*. Владивосток. 186 с.
- Оттавей П.Б. 2010. Обогащение пищевых продуктов и биологически активные добавки: технология, безопасность и нормативная база. Санкт-Петербург: Профессия. 312 с.
- Покровский А.А. 1975. О биологической и пищевой ценности продуктов. *Вопросы питания*. № 3. С. 25–40.
- Покровский В.И., Позняковский В.М. 2002. Политика здорового питания. Федеральный и региональный уровни. Новосибирск: Изд-во Сибирского университета. 344 с.
- Садыгова М.К. 2016. Производство хлебобулочных и мучных кондитерских изделий функционального назначения. Краткий курс лекций для студентов 4-го курса специальности (направление подготовки) 19.03.02 «Продукты питания из растительного сырья». Саратов: Саратовский ГАУ. 63 с.
- Сарычев Г.С. 1959. Технология и биохимия ржаного хлеба. Москва: Пищепромиздат. 186 с.
- Спиричев В.Б., Шатнюк Л.Н., Позняковский В.М. 2014. Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами. *Наука и технология*. Саратов: Вузовское образование. 547 с.
- Степычева Н.В. 2012. Разработка функциональных продуктов питания. Ч. 1.

Научные основы создания продуктов функционального питания. Учебное пособие. Иваново: Ивановский государственный химико-технологический университет. 80 с.

Тимофеева В.А. 2005. Товароведение продовольственных товаров. Ростов-на-Дону: Феникс. 416 с.

Федорец Ю.А. 2006. Командорский кальмар *Berryteuthis magister* (Berry, 1913) Берингова и Охотского морей: распределение, биология, промысел. *Диссертация ... канд. биол. наук*. Владивосток. 283 с.

REFERENCES

- Berezina N.A. 2012. Expanding the range and improving the quality of rye-wheat bakery products with sugar-containing additives. Orel: State University. 232 p.
- Zharinov A.I., Gorlov I.F., Nelepov Yu.N., Sokolova N.A. 2007. Food biotechnology: scientific-practical solutions in the agro-industrial complex. Moscow. *Vestnik RASKHN*. 476 p.
- Zabodalova L.A. 2015. Scientific bases for creating functional products. St. Petersburg: ITMO University. 86 p.
- Lisichenko F.V., Lisichenko A.V. 2016. Composition of commercial clusters of the Commander squid *Berryteuthis magister* (Berry, 1913) in the area of the Northern Kuril Islands and south-eastern Kamchatka in the summer-autumn period of 2015. *Issledovaniya vodnykh biologicheskikh resursov Kamchatki i severo-zapadnoj chasti Tihogo okeana (Research of aquatic biological resources of Kamchatka and the North-Western part of the Pacific Ocean)*. Issue 40. P. 57–60.
- Matveeva T. V., Korochkina S. Y. 2012. Physiologically functional food ingredients for bakery and confectionery products. Monograph. Orel: State University. 947 p.
- Mokrin N.M. 2006. Ecology and prospects of fishing for the Pacific squid *Todarodes pacificus* in the Sea of Japan. *Dissertation, Candidacy Degree for Biological Sciences*. Vladivostok. 186 p.
- Ottaway P.B. 2010. Food fortification and biologically active additives: technology, safety and regulatory framework. St. Petersburg: Professiya. 312 p.
- Pokrovsky A.A. 1975. On the biological and nutritional value of products. *Voprosy pitaniya (Questions of nutrition)*. № 3. 25–40 p.
- Pokrovsky V.I., Poznyakovsky V.M. 2002. Healthy food policy. Federal and regional levels. Novosibirsk: Siberian University press. 344 p.
- Sadygova M.K. 2016. Production of bakery and flour confectionery products for functional purposes: A short course of lectures for students of the 4th year of the specialty 19.03.02 – Food products from vegetable raw materials. Saratov State Agrarian University press. 63 p.
- Sarychev G.S. 1959. Technology and biochemistry of rye bread. Moscow: Pishchepromizdat. 186 p.
- Spirichev V.B. Shatnyuk L.N., Poznyakovsky V.M. 2014. Fortification of food products with vitamins and minerals. *Nauka i tehnologiya (Science and technology)*. Saratov: Vuzovskoe obrazovanie. 547 p.
- Stepycheva N.V. 2012. Development of functional food products. Part 1. Scientific basis for creating functional food products (Textbook). Ivanovo: Ivanovo State Chemical-technological University press. 80 p.
- Timofeeva V.A. 2005. Commodity science of food products. Rostov-on-Don: Fenix press. 416 p.
- Fedorets Yu.A. 2006. Commander squid *Berryteuthis magister* (Berry, 1913) of the Bering and Okhotsk seas: distribution, biology, and fisheries. *Candidacy dissertation for biological sciences* Vladivostok. 283 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ
INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

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

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

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

Samokhin Alexander Viktorovich – Kamchatka state technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; postgraduate student of Food Production Technologies Chair; alexandersamohin123@gmail.com.

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РАСТЕНИЯХ ГОРОДА ПЕТРОПАВЛОВСКА-КАМЧАТСКОГО (КАМЧАТСКИЙ КРАЙ) В 2017–2018 гг.

Авдощенко В.Г., Климова А.В.

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

В работе представлены результаты определения содержания цинка, меди, свинца и кадмия в листьях растений *Alnus hirsuta*, *Artemisia vulgaris kamtschatica*, *Betula ermanii*, *Rosa amblyotis*, *Salix udensis*, собранных в г. Петропавловске-Камчатском в летний период 2017–2018 гг. В 2017 г. в растениях исследуемых районов содержание меди варьировало от 5,5 до 22,5 мг/кг, в 2018 г. – от 7,7 до 36,6 мг/кг. Наибольшее ее содержание в 2017 г. и в 2018 г. выявлено в *A. vulgaris*, наименьшее – в *R. amblyotis*. В 2017 г. концентрация цинка изменялась в пределах от 12,9 до 281 мг/кг, в 2018 – от 20,8 до 246 мг/кг, наибольшая концентрация в 2017 г. и 2018 г. отмечена у *S. udensis*, наименьшая – у *R. amblyotis*. В 2017 г. диапазон содержания свинца в растительных образцах составлял 0,3–3,0 мг/кг, в 2018 – 1,2–3,8 мг/кг. В летний период 2017 г. в растительных пробах исследованных растений содержание кадмия варьировало от 0,2 до 2,7 мг/кг, в 2018 – от 0,1 до 3,6 мг/кг. Его наименьшая концентрация выявлена в 2017 году у *R. amblyotis*, в 2018 – у *B. ermanii*, наибольшая – в листьях *S. udensis* в 2017 и 2018 г. Проведенные исследования позволяют выделить для территорий г. Петропавловска-Камчатского виды – индикаторы металлического загрязнения из представителей травянисто-кустарничкового яруса – *A. vulgaris kamtschatica*, из древесного яруса – *S. udensis*.

Ключевые слова: кадмий, медь, металлическое загрязнение, Петропавловск-Камчатский, свинец, тяжелые металлы, урбанизированные территории, фитоценоз, цинк, *Artemisia vulgaris kamtschatica*, *Salix udensis*.

CONTENTS OF HEAVY METALS IN THE PLANTS OF PETROPAVLOVSK-KAMCHATSKY (KAMCHATKA TERRITORY) IN 2017–2018

Avdoshchenko V.G., Klimova A.V.

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

Results of determining the content of zinc, copper, lead and cadmium in the leaves of *Alnus hirsuta*, *Artemisia vulgaris kamtschatica*, *Betula ermanii*, *Rosa amblyotis*, *Salix udensis* collected from the territories of Petropavlovsk-Kamchatsky in 2017–2018 summer period are discussed. In the summer of 2017, the copper content in the plants from studied areas varied in the range from 5.5 to 22.5 mg/kg, in 2018 – from 7.7 to 36.6 mg/kg. Its highest content in 2017 and 2018 was found in *A. vulgaris*, and the lowest in *R. amblyotis*. In 2017, the concentration of zinc varied from 12.9 to 281 mg/kg, in 2018 – from 20.8 to 246 mg/kg, the highest concentration in 2017 and 2018 is typical for *S. udensis*, the lowest for *R. amblyotis*. In 2017, the range of lead content in plant samples was from 0.3 to 3.0 mg/kg, in 2018 – from 1.2 to 3.8 mg/kg. In the summer of 2017, the cadmium content in studied plant samples varied in the range from 0.2 to 2.7 mg/kg, in 2018 – from 0.1 to 3.6 mg/kg. The lowest concentration of cadmium was found in 2017 in *R. amblyotis*, in 2018 – *B. ermanii*, the highest in the leaves of *S. udensis* in 2017 and 2018. Our results allowed identifying species

– indicators of metal pollution for the territories of Petropavlovsk-Kamchatsky: *A. vulgaris kamtschatica* from the representatives of the herbaceous-shrub layer and *S. udensis* from the tree layer.

Key words: cadmium, copper, metal pollution, Petropavlovsk-Kamchatsky, lead, heavy metals, urbanized territories, phytocoenosis, zinc, *Artemisia vulgaris kamtschatica*, *Salix udensis*.

ВВЕДЕНИЕ

Тяжелые металлы (ТМ) постоянно присутствуют в различных компонентах экосистем: в почвах, донных отложениях, водных объектах и живых организмах. Несмотря на то что многие из тяжелых металлов относятся к группе необходимых микроэлементов для нормального протекания физиологических процессов у растений и животных, в современных условиях они часто выступают как токсиканты. В экологических исследованиях ТМ относят к приоритетным неорганическим загрязнителям [Sharma, Singh, 2015; Коновалова, 2018]. Это связано с их постоянным избыточным поступлением с выбросами, отходами, сбросами, и они представляют серьезную угрозу для биоценозов. Проблема металлического загрязнения актуальна практически для всех урбанизированных территорий [Davydova, 2005]. В городской среде количественное содержание и элементный состав металлов в среде зависят главным образом от антропогенного воздействия, однако для отдельных районов существенную роль в их поступление в окружающую среду могут играть естественные источники [Медведев, Деревягин, 2017; Захарихина, Литвиненко, 2019а, 2019б].

Содержание тяжелых металлов в живых организмах урбоэкосистем напрямую зависит от их концентрации в различных компонентах окружающей среды. Часто их допустимая норма определяется чувствительностью и устойчивостью представителей биоценоза к определенной концентрации, а сами живые организмы могут выступать в качестве биоиндикаторов [Кабата-Пендиас,

Пендиас, 1989]. Для отражения экологической ситуации городской зоны, в том числе загрязнение тяжелыми металлами, часто используют растения, так как это прикрепленные организмы, элементный состав которых определяется средой обитания.

Проникая в избытке в растительные организмы, металлы могут подавлять ход их метаболических процессов, тормозить развитие, снижать продуктивность [Эвембе, 2002]. Фитотоксичность ТМ и устойчивость к ним растений зависят от многих условий, существенное значение имеют вид и количество металла, находящегося в почвенном растворе. Растительные организмы проявляют видоспецифическую реакцию на присутствие в среде загрязнителя – некоторые виды устойчивы, другие накапливают его в высоких концентрациях. Благодаря исследованию закономерностей накопления и поглощения металлов, возможно выявить растения-индикаторы, позволяющие оценить содержание металлов в почве и воздухе. Сложно выделить универсальный вид-индикатор для любых территорий, так как показатели накопления и поглощения загрязнителей зависят от экологических факторов мест произрастания и вида растительного организма. По этой же причине не выделено универсальных значений допустимых концентраций определенных элементов в растениях.

Медь является одним из важнейших незаменимых биоэлементов, участвует в различных физиологических процессах: фотосинтезе, дыхании, фиксации азота и т. д. Ее природный избыток в растениях практически невозможен, но в зонах антропогенного влияния может накапливаться

в них в высоких концентрациях [Ильин, Сысо, 2001]. По абсолютному содержанию в растениях медь относится к группе средней концентрации [Ильин, 1991], а по показателям биоаккумуляции – к элементу средней степени поглощения [Панин, 1999]. Оптимальное содержание меди для растений – от 1 до 10 мг/кг, концентрация выше 20 мг/кг – токсичная [Алексеев, 1987].

Цинк также является необходимым микроэлементом растений [Войтюк, 2011]. Между цинком и другими микроэлементами существует антагонизм, при его избытке – тормозится поступление меди, железа и фосфора. Природный избыток цинка в растениях встречается редко [Ильин, Сысо, 2001]. Он относится к элементам повышенной концентрации [Ильин, 1991] и к элементу средней степени поглощения [Панин, 1999]. Оптимальная для жизнедеятельности концентрация цинка в растениях составляет 20–150 мг/кг, токсическая – 150–400 мг/кг [Серегина, 2017].

Свинец не является жизненно необходимым элементом для растений, его избыток ингибирует процессы дыхания и фотосинтеза. По содержанию в растениях свинец относится к группе средней концентрации [Ильин, 1991] и является элементом средней степени поглощения [Панин, 1999]. Оптимальный уровень содержания свинца для растений составляет 1,5–10,0 мг/кг, фитотоксический – от 60 и более мг/кг [Кабата-Пендис, Пендис, 1989].

Кадмий представляет собой один из наиболее токсичных неорганических загрязнителей окружающей среды. Он относится к I-му классу опасности, его избыток в растениях тормозит фотосинтез, нарушает транспирацию и газообмен. Фитотоксичность кадмия выражается в создании барьера для поступления в растения таких важных элементов питания, как Zn, Mn, Cu, Ca, Mg и P [Ильин, Сысо, 2001]. Этот металл

является элементом низкой концентрации [Ильин, 1991] и относится к группе интенсивного поглощения [Панин, 1999]. Верхний предел нормальной концентрации кадмия в растениях, не оказывающий влияния на их функционирование, составляет 0,35 мг/кг [Кабата-Пендис, Пендис, 1989]. Его предельно допустимая концентрация в зависимости от вида растения определяется как 0,05–0,1 мг/кг для северных территорий [Лукина, Никонов, 1993], 0,3 мг/кг – для растительных кормов в животноводстве [Методические указания..., 1992].

Петропавловск-Камчатский (ПКГО) – город линейного типа со сложным рельефом местности и неравномерным распределением антропогенной нагрузки. Эти обстоятельства приводят к появлению зон с различными эдафическими и климатическими условиями и в конечном счете влияют на распределение поллютантов в среде, включая тяжелые металлы. Важной особенностью города является то, что существенный вклад в элементный состав среды вносит естественный источник поступления загрязнителей – вулканическая деятельность. Антропогенное привнесение металлов в основном связано с выбросами предприятий теплоэнергетики, автотранспорта и размещением металлических отходов.

Настоящая работа была направлена на выявление видов – индикаторов металлического загрязнения среди представителей древесного и травянисто-кустарникового ярусов растительного покрова г. Петропавловска-Камчатского и определение у них диапазонов содержания цинка, меди, свинца и кадмия в летний период 2017–2018 гг.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Отбор растительных образцов проводили в 2017 и 2018 гг. в летний период в сле-

дующих районах г. Петропавловска-Камчатского: «Автостанция 10-й км» (53°04'13.1"N, 158°35'34.5"E), «Краевая библиотека» (53°03'58.0"N, 158°37'18.8"E), «Ботанический переулок» (53°02'59.6"N, 158°39'21.2"E), «Стадион "Спартак"» (53°01'54.1"N, 158°39'06.4"E), «Госпиталь» (52°58'29.5"N, 158°41'42.7"E) (рис. 1). Дополнительно за пределами города, близ озера Синичкино, был выделен условно фоновый участок (53°04'39.1"N, 158°41'24.9"E).



Рис. 1. Карта-схема районов отбора растительных образцов в г. Петропавловске-Камчатском в 2017–2018 гг.: 1 – фоновый участок, 2 – район «Автостанция 10-й км», 3 – район «Краевая библиотека», 4 – район «Ботанический переулок», 5 – район «Стадион "Спартак"», 6 – район «Госпиталь»

Fig. 1. Plant sampling stations in Petropavlovsk-Kamchatsky in 2017–2018: 1 – background site, 2 – Bus terminal 10 km, 3 – Regional library, 4 – Botanic lane, 5 – Spartak Stadium, 6 – Hospital

Для определения содержания тяжелых металлов в растениях использовали только их листовые пластины. Среди представителей древесного яруса были отобраны листья ольхи волосистой (*Alnus hirsuta*), березы Эрмана (*Betula ermanii*) и ивы удской (*Salix udensis*), из представителей травяни-

сто-кустарникового яруса – полыни пышной (*Artemisia vulgaris kamtschatica*) и шиповника тупоушкового (*Rosa amblyotis*). Экологические факторы районов, влияющие на среду обитания растений, различны, что, как следствие, отражается на видовом разнообразии фитоценозов. Так, в районах «Автостанция 10-й км», «Краевая библиотека» и «Госпиталь» отсутствовала ольха волосистая, на участках «Ботанический переулок» и «Госпиталь» не произрастал шиповник тупоушковый. В 2017 г. сбор образцов березы Эрмана был ограничен только фоновым участком и районом «Госпиталь». В растительных сообществах всех территорий исследования были собраны пробы листьев ивы удской и полыни пышной.

Каждая проба растений формировалась как объединенный образец массой 0,5–1 кг, собранный из 8–10 точечных проб [Методические указания ..., 1992]. Отобранный растительный материал высушивали до воздушно-сухого состояния и просеивали через сито с диаметром отверстий 2 мм. Кислотное озоление листьев растений проводили в системе разложения проб Milestone Ethos UP. Химический анализ выполняли с помощью атомно-эмиссионного спектрометра с микроволновой плазмой Agilent MP-AES 4200. Вычисление концентраций элементов (Cu, Zn, Pb и Cd) в пробах и предварительную обработку полученных данных проводили в программе MP Expert (Agilent Technologies, США). Конечное значение концентрации каждого элемента в анализируемой пробе определяли как среднее арифметическое значение концентрации пяти параллельных измерений. Контроль точности определения концентраций всех металлов проводился по анализу стандартных образцов (ЛБ-1, ЭК-1, «ИГХ СО РАН»). Все значения концентрации приведены в мг/кг сухой массы.

Для сравнения накопления тяжелых металлов растениями из фонового участка и районов города было рассчитано их суммарное содержание, представляющее собой среднюю сумму всех концентраций в каждом виде растения за весь период исследования.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Медь. В летний период 2017 г. в растениях исследуемых районов содержание меди варьировало в диапазоне от 5,5 до 22,5 мг/кг. Наибольшее содержание металла выявлено в листьях *A. vulgaris kamtschatica*, произраставшей на фоновом участке, наименьшее – в пробах *R. amblyotis* также из фонового участка (рис. 2, 1).

Все исследованные растения, кроме *Rosa*, с наибольшей концентрацией меди произрастали на фоновом участке. Здесь же выявлена наименьшая концентрация этого металла в листьях шиповника. Концентрация меди в листьях полыни пышной больше, чем в других растениях. Во всех образцах этого вида, за исключением собранных в районе «Госпиталь», содержание меди было токсичным (рис. 2, 1; табл. 1).

Летом 2018 г. в городской среде концентрация меди у исследуемых растений изменялась в диапазоне от 7,7 мг/кг до 36,6 мг/кг (рис. 2, 2). Наименьшие показатели характерны для шиповника. Как и в 2017 г., наибольшее содержание меди обнаружено в листьях полыни. В районе «Стадион “Спартак”» были отобраны образцы ольхи и березы с наибольшей концентрацией этого металла. Пробы других растений с наибольшим содержанием меди были взяты на разных участках исследования (ива – на фоновом участке, шиповник – в районе «Автостанция 10-й км» и полынь – в районе «Госпиталь»). На фоновом участке концентрация меди в исследуемых растениях была достаточно высокой в сравнении с другими районами города. Аналогичная

ситуация наблюдалась в 2017 г. Кроме того, выявлено, что в районах «Госпиталь», «Стадион “Спартак”», «Автостанция 10-й км» и на фоновом участке содержание меди в листьях *Artemisia* превышало оптимальный для обеспечения жизнедеятельности растений уровень (рис. 2; табл. 1).

Цинк. Летом 2017 г. наибольшее содержание цинка в листьях исследованных растений было выявлено в районе «Автостанция 10-й км», наименьшее – на участке «Стадион “Спартак”» (рис. 3, 1). Концентрация этого металла во всех видах фонового участка, за исключением ивы, была ниже, чем в аналогичных пробах растений других районов исследования. Представители *Salix* характеризуются наибольшей степенью аккумуляции цинка. Его концентрация в пробах всех районов, кроме участка «Краевая библиотека», соответствовала токсической для растений. Содержание цинка в листьях других видов из всех районов исследования идентично нормальному уровню. Концентрация этого металла у представителей *Salix* из городской среды уменьшалась в следующей последовательности: «Автостанция 10-й км» > «Стадион “Спартак”» > «Ботанический переулок» > «Госпиталь» > «Краевая библиотека» (рис. 3, 1; табл. 2).

В летний период 2018 г. во всех растительных пробах фонового участка содержание цинка было ниже, чем в аналогичных пробах из других районов. Наибольшее содержание металла в листьях исследованных видов, как и в 2017 г., выявлено в районе «Автостанция 10-й км». На данной территории значение цинка у представителей древесного яруса – *Salix* и *Betula*, составляло 246,1 и 203,7 мг/кг соответственно и являлось токсической концентрацией для растений. Однако в том же районе в листьях шиповника концентрация цинка соответствовала оптимальному уровню – 31,5 мг/кг (рис. 3, 2; табл. 2).

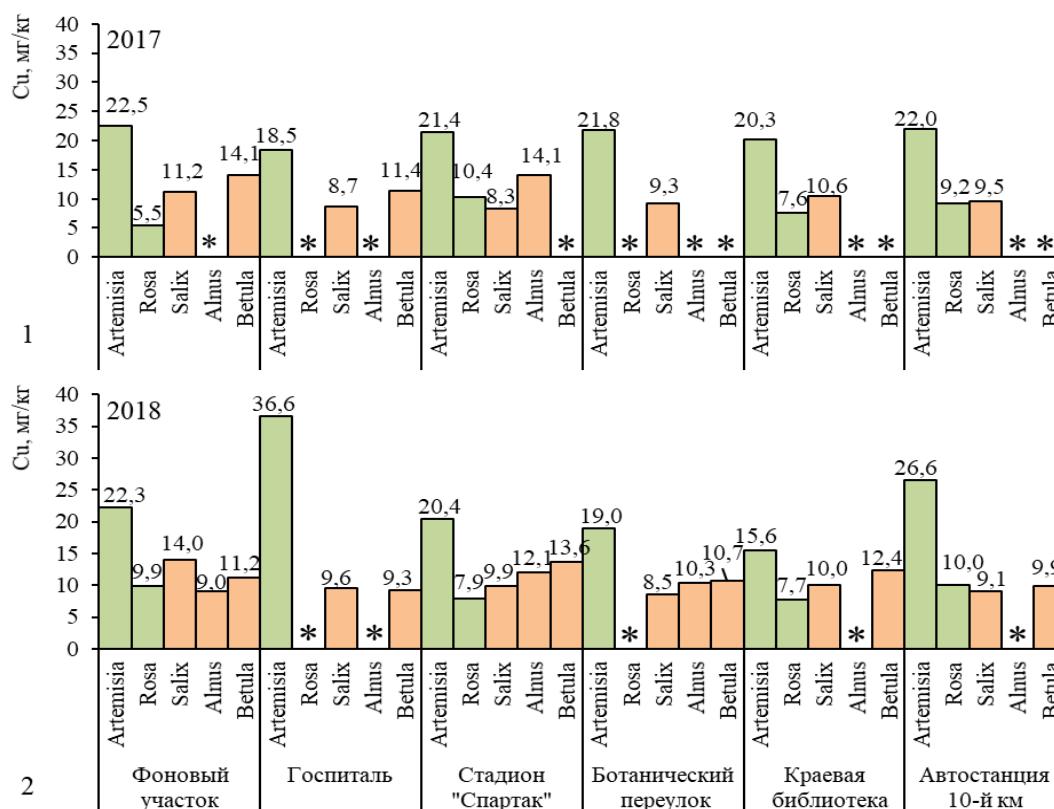


Рис. 2. Содержание меди в листьях растений, собранных в исследованных районах г. Петропавловска-Камчатского в летний период 2017 г. (1) и 2018 г. (2). Травянисто-кустарниковый ярус выделен зеленой заливкой ячейки, древесный – оранжевой заливкой. «*» – растения данного вида не произрастали в исследуемом районе

Fig. 2. Copper contents of plant samples in Petropavlovsk-Kamchatsky in the summer season of 2017 (1) and 2018 (2). The herbaceous-shrub layer highlighted by green cell fill, and the woody layer highlighted by orange cell fill. Asterisks “*” – indicate that species of plants did not grow in the study area

Таблица 1. Уровни содержания и ряды накопления меди в растениях исследованных районов г. Петропавловска-Камчатского

Table 1. Ranges of concentrations (mg/kg) and accumulation sequences of copper in plants of the studied areas of Petropavlovsk-Kamchatsky

Вид	Уровни содержания меди, мг/кг		Ряд уменьшения содержания меди в растениях исследуемых районов
<i>Artemisia vulgaris</i>	2017	18,5–22,0	Автостанция 10-й км > Ботанический переулок > Стадион «Спартак» > Краевая библиотека > Госпиталь
	2018	15,6–36,6	Госпиталь > Автостанция 10-й км > Стадион «Спартак» > Ботанический переулок > Краевая библиотека
<i>Rosa amblyotis</i>	2017	7,6–10,4	Стадион «Спартак» > Автостанция 10-й км > Краевая библиотека
	2018	7,7–10,0	Автостанция 10-й км > Стадион «Спартак» > Краевая библиотека
<i>Salix udensis</i>	2017	8,3–10,6	Краевая библиотека > Автостанция 10-й км > Ботанический переулок > Госпиталь > Стадион «Спартак»
	2018	8,5–10,0	Краевая библиотека > Стадион «Спартак» > Госпиталь > Автостанция 10-й км > Ботанический переулок
<i>Alnus hirsuta</i>	2017	14,1	Стадион «Спартак»
	2018	10,3–12,1	Стадион «Спартак» > Ботанический переулок
<i>Betula ermanii</i>	2017	11,4	Госпиталь
	2018	9,3–13,6	Стадион «Спартак» > Краевая библиотека > Ботанический переулок > Автостанция 10-й км > Госпиталь

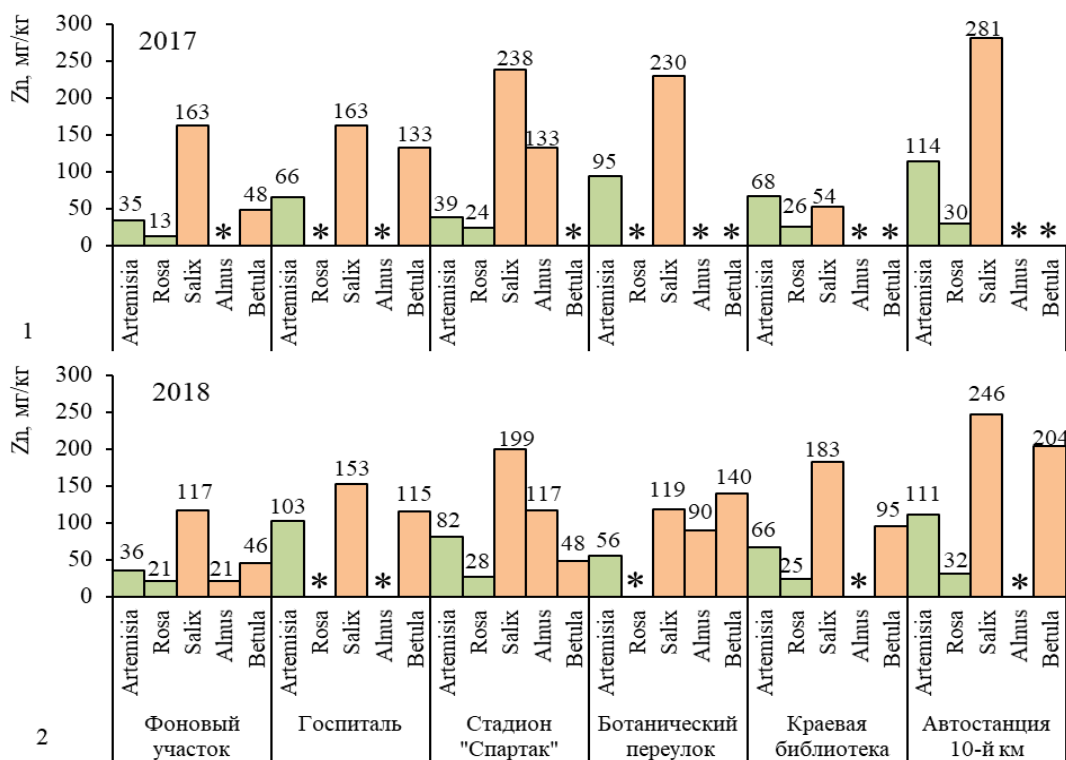


Рис. 3. Содержание цинка в листьях растений, собранных в исследованных районах г. Петропавловска-Камчатского в летний период 2017 г. (1) и 2018 г. (2). Травянисто-кустарниковый ярус выделен зеленой заливкой ячейки, древесный – оранжевой заливкой. «*» – растения данного вида не произрастали в исследуемом районе

Fig. 3. Zinc contents of plant samples in Petropavlovsk-Kamchatsky in the summer season of 2017 (1) and 2018 (2). The herbaceous-shrub layer highlighted by green cell fill, and the woody layer highlighted by orange cell fill. Asterisks “*” – indicate that species of plants did not grow in the study area

Таблица 2. Уровни содержания и ряды накопления цинка в растениях исследованных районов г. Петропавловска-Камчатского

Table 2. Ranges of concentrations (mg/kg) and accumulation sequences of zinc in plants of the studied areas of Petropavlovsk-Kamchatsky

Вид	Уровни содержания цинка, мг/кг		Ряд уменьшения содержания цинка в растениях исследуемых районов
<i>Artemisia vulgaris</i>	2017	38,5–114,2	Автостанция 10-й км > Ботанический переулок > Краевая библиотека > Госпиталь > Стадион «Спартак»
	2018	55,5–111	Автостанция 10-й км > Госпиталь > Стадион «Спартак» > Краевая библиотека > Ботанический переулок
<i>Rosa amblyotis</i>	2017	24,4–30,1	Автостанция 10-й км > Краевая библиотека > Стадион «Спартак»
	2018	24,5–31,5	Автостанция 10-й км > Стадион «Спартак» > Краевая библиотека
<i>Salix udensis</i>	2017	53,7–281,3	Автостанция 10-й км > Стадион «Спартак» > Ботанический переулок > Госпиталь > Краевая библиотека
	2018	118,7–246,1	Автостанция 10-й км > Стадион «Спартак» > Краевая библиотека > Госпиталь > Ботанический переулок
<i>Alnus hirsuta</i>	2017	133,15	Стадион «Спартак»
	2018	90–116,6	Стадион «Спартак» > Ботанический переулок
<i>Betula ermanii</i>	2017	132,6	Госпиталь
	2018	48–203,7	Автостанция 10-й км > Ботанический переулок > Госпиталь > Краевая библиотека > «Стадион Спартак»

Свинец. В 2017 г. диапазон содержания свинца в растительных образцах изменялся от 0,3 до 3,0 мг/кг (рис. 4, 1). Разница между его концентрациями у разных видов невелика, однако наибольшая была выявлена у полыни, наименьшая – у ольхи. В районе «Госпиталь» обнаружено наибольшее содержание свинца в образцах *A. vulgaris kamtschatica* и *B. ermanii*. Максимальные значения концентрации свинца у видов *R. amblyotis* и *S. udensis* зарегистрированы в районах «Автостанция 10-й км» и «Краевая библиотека» соответственно. Следует отметить, что в городской среде его содержание у растений одного и того же вида отличается незначительно (рис. 4, 1; табл. 3).

В 2018 г. содержание свинца в исследованных пробах растений варьировало от 1,2 до 3,8 мг/кг (рис. 4, 2; табл. 3). Наименьшая и наибольшая концентрация определены в листьях ивы, собранной в разных районах: «Автостанция 10-й км» и «Стадион “Спартак”». *R. amblyotis* и *A. vulgaris* с наибольшей концентрацией свинца произрастали на участке «Автостанция 10-й км». В целом для двух сезонов исследования разница в содержании свинца незначительна. Его концентрация во всех образцах не являлась токсичной (рис. 4, 2; табл. 3).

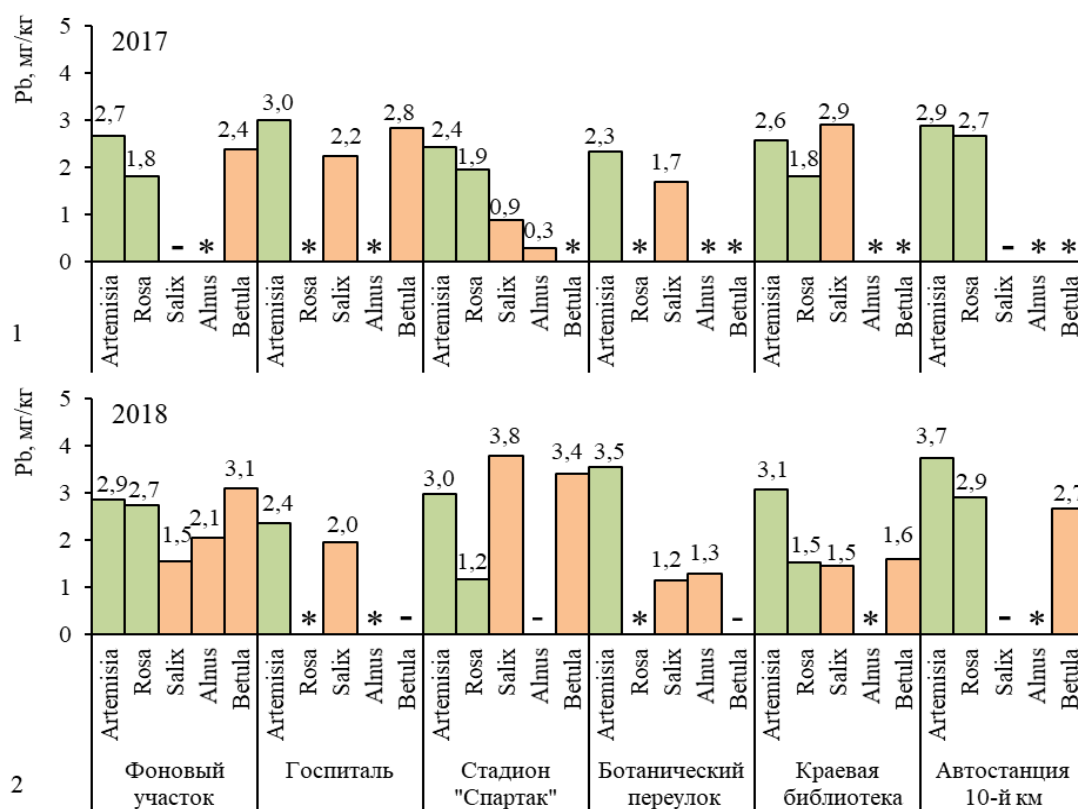


Рис. 4. Содержание свинца в листьях растений, собранных в исследованных районах г. Петропавловска-Камчатского в летний период 2017 г. (1) и 2018 г. (2). Травянисто-кустарниковый ярус выделен зеленой заливкой ячейки, древесный – оранжевой заливкой. «*» – растения данного вида не произрастали в исследуемом районе. «—» – содержание ниже 0,01 мг/кг

Fig. 4. Lead contents of plant samples in Petropavlovsk-Kamchatsky in the summer season of 2017 (1) and 2018 (2). The herbaceous-shrub layer highlighted by green cell fill, and the woody layer highlighted by orange cell fill. Asterisks “*” indicate that species of plants did not grow in the study area. Dashes “—” indicate that metal contents below 0,01 mg/kg

Таблица 3. Уровни содержания и ряды накопления свинца в растениях исследованных районов г. Петропавловска-Камчатского

Table 3. Ranges of concentrations (mg/kg) and accumulation sequences of lead in plants of the studied areas of Petropavlovsk-Kamchatsky

Вид	Уровни содержания свинца, мг/кг		Ряд уменьшения содержания свинца в растениях исследуемых районов
<i>Artemisia vulgaris</i>	2017	2,3–3,0	Госпиталь > Автостанция 10-й км > Краевая библиотека > Стадион «Спартак» > Ботанический переулок
	2018	2,4–3,7	Автостанция 10-й км > Ботанический переулок > Краевая библиотека > Стадион «Спартак» > Госпиталь
<i>Rosa amblyotis</i>	2017	1,8–2,7	Автостанция 10-й км > Стадион «Спартак» > Краевая библиотека
	2018	1,2–2,9	Автостанция 10-й км > Краевая библиотека > Стадион «Спартак»
<i>Salix udensis</i>	2017	0,9–2,9	Краевая библиотека > Госпиталь > Ботанический переулок > Стадион «Спартак»
	2018	1,2–3,8	Стадион «Спартак» > Госпиталь > Краевая библиотека > Ботанический переулок
<i>Alnus hirsuta</i>	2017	0,3	Стадион «Спартак»
	2018	1,3	Ботанический переулок
<i>Betula ermanii</i>	2017	2,83	Госпиталь
	2018	1,59–3,40	Стадион «Спартак» > Автостанция 10-й км > Краевая библиотека

Кадмий. В летний период 2017 г. в пробах исследованных растений содержание кадмия изменялось в диапазоне от 0,2 до 2,7 мг/кг (рис. 5, 1), при этом наименьшая концентрация была определена в листьях шиповника из района «Стадион «Спартак»», а наибольшая – в листьях ивы из участка «Госпиталь». В пробах растений из фонового участка содержание кадмия было сопоставимым с таковыми из городской среды. Район с наибольшим содержанием этого металла в растениях выделить сложно. Так, наибольшая концентрация кадмия в листьях *A. vulgaris kamtschatica* выявлена в районе «Ботанический переулок», в листьях *Rosa* – на участке «Краевая библиотека» и в листьях *Salix* – территория района «Госпиталь». Возможно, это связано с физиологическими особенностями исследованных растений, а также с локальными особенностями исследованных районов. Отметим, что в городе Петропавловске-Камчатском концентрация металла в растениях более 1 мг/кг была обнаружена в листьях полыни на участках «Госпиталь»,

«Ботанический переулок» и «Автостанция 10-й км». В пробах ивы такое превышение выявлено на всех участках, кроме участка «Краевая библиотека» (рис. 5, 1; табл. 4).

Летом 2018 г. концентрация кадмия в листьях растений изменялась в диапазоне от 0,1 до 3,6 мг/кг (рис. 5, 2), при этом наименьшая концентрация была определена в образцах *B. ermanii* из района «Ботанический переулок», наибольшая – в образцах *S. udensis* с того же участка (табл. 4).

ОБСУЖДЕНИЕ

Для территории Камчатского края характерна высокая концентрация меди в почве [Захарихина, Литвиненко, 2019а; 2019б], что, вероятно, влияет на концентрацию этого элемента в растениях фоновой зоны, в других же урбанизированных районах исследования возможна ситуация с созданием барьеров другими загрязнителями-антагонистами, что затрудняет поступление меди в растительный покров.

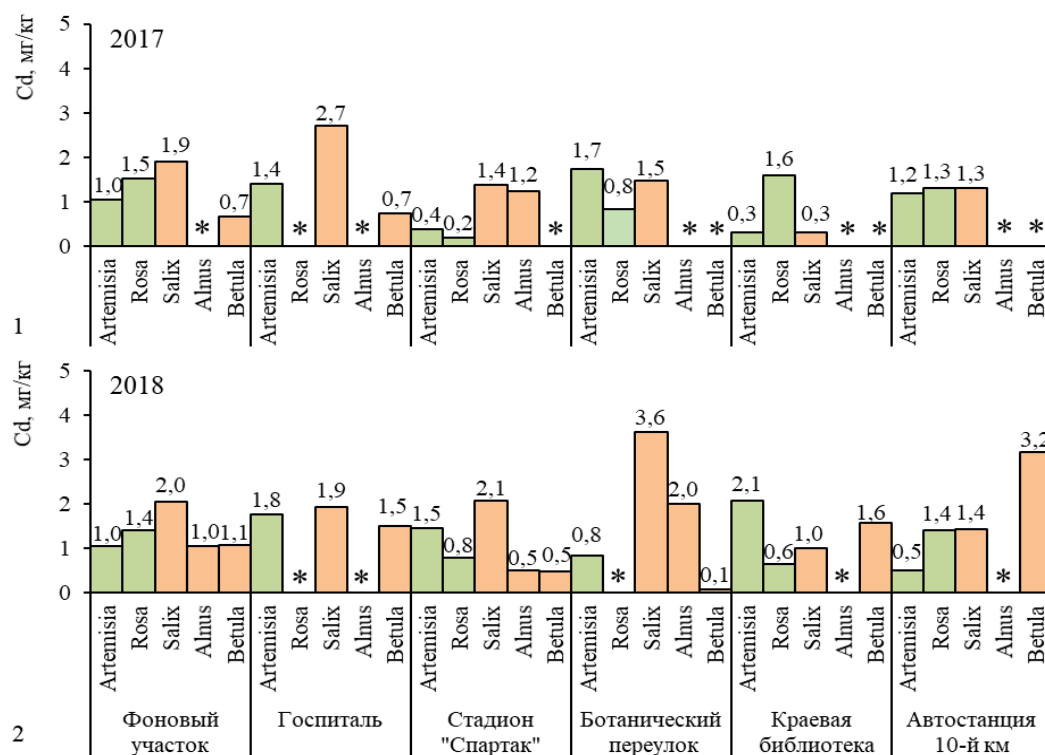


Рис. 5. Содержание кадмия в листьях растений, собранных в исследованных районах г. Петропавловска-Камчатского в летний период 2017 г. (1) и 2018 г. (2). Травянисто-кустарниковый ярус выделен зеленой заливкой ячейки, древесный – оранжевой заливкой. «*» – растения данного вида не произрастали в исследуемом районе

Fig. 5. Cadmium contents of plant samples in Petropavlovsk-Kamchatsky in the summer season of 2017 (1) and 2018 (2). The herbaceous-shrub layer highlighted by green cell fill, and the woody layer highlighted by orange cell fill. Asterisks “*” – indicate that species of plants did not grow in the study area

Таблица 4. Уровни содержания и ряды накопления кадмия в растениях исследованных районов г. Петропавловска-Камчатского

Table 4. Ranges of concentrations (mg/kg) and accumulation sequences of cadmium in plants of the studied areas of Petropavlovsk-Kamchatsky

Вид	Уровни содержания кадмия, мг/кг		Ряд уменьшения содержания кадмия в растениях исследуемых районов
<i>Artemisia vulgaris</i>	2017	0,3–1,7	Ботанический переулок > Госпиталь > Автостанция 10-й км > Стадион «Спартак» > Краевая библиотека
	2018	0,5–2,1	Краевая библиотека > Госпиталь > Стадион «Спартак» > Ботанический переулок > Автостанция 10-й км
<i>Rosa amblyotis</i>	2017	0,2–1,6	Краевая библиотека > Автостанция 10-й км > Стадион «Спартак»
	2018	0,6–1,4	Автостанция 10-й км > Стадион «Спартак» > Краевая библиотека
<i>Salix udensis</i>	2017	0,3–2,7	Госпиталь > Ботанический переулок > Стадион «Спартак» > Автостанция 10-й км > Краевая библиотека
	2018	0,99–3,6	Ботанический переулок > Стадион «Спартак» > Госпиталь > Автостанция 10-й км > Краевая библиотека
<i>Alnus hirsuta</i>	2017	1,2	Стадион «Спартак»
	2018	0,5–2,0	Ботанический переулок > Стадион «Спартак»
<i>Betula ermanii</i>	2017	0,7	Госпиталь
	2018	0,1–3,2	Автостанция 10-й км > Краевая библиотека > Госпиталь > Стадион «Спартак» > Ботанический переулок

Содержание цинка у представителей ивы, ольхи и березы выше, чем у растений травянисто-кустарникового яруса во всех исследованных районах. Наиболее высокой степенью его биоаккумуляции отличались представители рода *Salix*. Во всех районах города концентрация цинка в пробах ивы изменялась в пределах 53,7–246,14 мг/кг и в большинстве случаев соответствовала токсической (табл. 2). Максимальный показатель этого металла выявлен для растений, собранных в районе «Автостанция 10-й км», наименьший – для района «Ботанический переулок». Во всех пробах листьев ивы, собранных в городской среде, содержание цинка было выше, чем в почвах мест их произрастания [Авдощенко, Климова, 2020]. Его концентрация в листьях *Salix* уменьшалась в следующей последовательности: «Автостанция 10-й км» > «Стадион “Спартак”» > «Краевая библиотека» > «Госпиталь» > «Ботанический переулок» > фоновый участок (табл. 2). В целом показатели двух сезонов исследования схожи: практически во всех случаях в районе «Автостанция 10-й км» наблюдалась наибольшая концентрация цинка в пробах растений. Ива может быть использована в качестве биоиндикатора цинкового загрязнения, поскольку активно его накапливает в токсических концентрациях (рис. 3; табл. 2).

Согласно нашим исследованиям, валовое содержание свинца в почвах г. Петропавловска-Камчатского в летний период 2017–2018 гг. превышало 8 мг/кг [Авдощенко, Климова, 2020], что существенно выше, чем выявлено в растениях. Следует отметить, что большая часть видов может относиться к растениям-исключателям, т. е. содержание свинца в побеге может быть намного ниже, чем в почве и атмосферном воздухе [Шихова, 2012].

Значения концентрации кадмия в растениях одного и того же вида за весь период

исследования весьма изменчивы (табл. 4). В то же время в почвенном покрове г. Петропавловска-Камчатского в аналогичный период и в тех же районах кадмий был выявлен в следовых количествах [Авдощенко, Климова, 2020]. Вероятно, это связано с аэральным поступлением металла в растительный покров и активным его накоплением некоторыми видами растений.

Тяжелые металлы в разной степени аккумулируются растениями. По результатам исследования, для древесного и травянисто-кустарникового ярусов можно выделить растения-индикаторы, которые в наибольшей степени среди других исследованных растений накапливают определенные металлы. Так, было выявлено, что *Salix* и *Artemisia* могут выступать биоиндикаторами цинкового загрязнения окружающей среды. В наибольшей степени накапливали кадмий *S. udensis* и *A. vulgaris kamtschatica*, в других растениях его концентрация изменялась незначительно. Медь и свинец в наиболее высоких концентрациях среди других растений содержались в *B. ermanii*, *S. udensis* и *A. vulgaris kamtschatica*. Таким образом, в качестве индикаторов содержания тяжелых металлов в среде могут быть использованы ива и полынь.

Для сравнения суммарного содержания металлов в листьях исследуемых растений были использованы данные о валовом содержании ТМ в вейнике Лангсдорфа (*Calamagrostis langsdorffii*), произраставшем вне городской среды [Захарихина, Литвиненко, 2019б]. Суммарные показатели содержания тяжелых металлов в растениях фонового участка и всех районов урбанизированной территории представлены на рисунке 6. У представителей травянисто-кустарникового яруса общее содержание металлов (Zn, Cu, Pb и Cd) ниже, чем у видов древесных пород. Максимальное

значение суммарного содержания ТМ было выявлено в иве, собранной в фоновой и городской зонах. В наибольшей степени растениями накапливался цинк. Ряд уменьшения суммарного содержания тяжелых металлов в растениях фоновой участка имеет следующий вид: *Salix* > *Betula* > *Alnus* > *Artemisia* > *Rosa*. Аналогичный ряд для городской среды: *Salix* > *Betula* > *Artemisia* > *Alnus* > *Rosa* (рис. 6).

В работах разных авторов информация о способности некоторых видов поглощать или накапливать ТМ различается. Так, различные виды березы проявляют специфическую реакцию на присутствие металлов в окружающей среде. Береза бородавчатая (*Betula verrucosa*) обладает низкой металлоаккумулирующей способностью и де-

концентрирует ТМ ниже фонового уровня [Неверова, Позняковский, 2005]. Согласно исследованиям И.Я. Григорьевой [2015], береза повислая (*B. pendula*) является индикатором загрязнения среды цинком. Однако по другим данным этот вид наименее устойчив к высокому загрязнению цинком и активно концентрирует медь [Ларионов, 2014]. Также *B. pendula* отмечается как устойчивая к промышленным загрязнениям [Franiel, Babczynska, 2011]. Исследования листьев березы повислой и березы пушистой (*B. pubescens*) показали, что эти виды обладают значительной способностью к аккумуляции тяжелых металлов, особенно наиболее токсичных, таких как кадмий, свинец и никель [Ветчинникова и др., 2013].

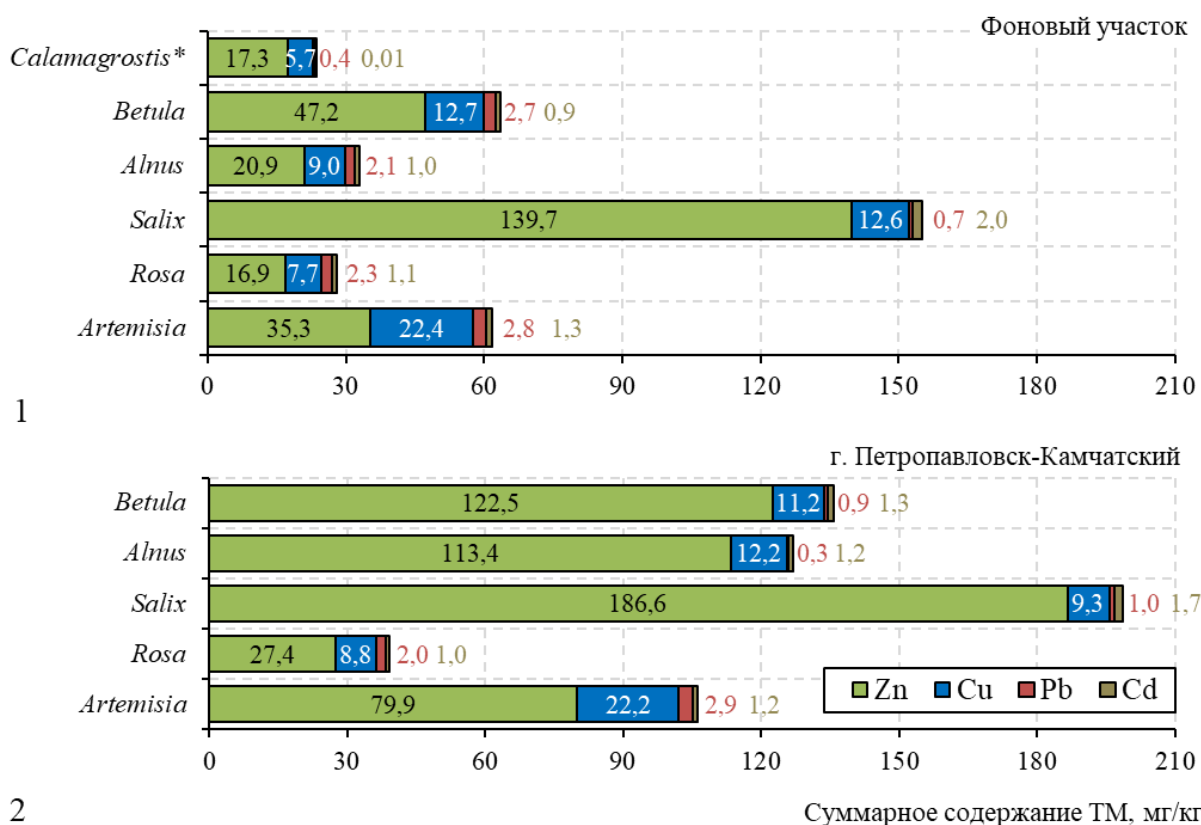


Рис. 6. Суммарное содержание тяжелых металлов в растениях г. Петропавловска-Камчатского и фонового участка в 2017–2018 гг. «*» – усредненное содержание элементов в надземной части вейника Лангсдорфа для юго-восточной Камчатки [Захарихина, Литвиненко, 2019б]

Fig. 6. Total heavy metal contents in plant samples of Petropavlovsk-Kamchatsky and background environmental conditions in 2017-2018. Asterisks “*” – indicate averaged content of elements in the aboveground part of *Calamagrostis langsdorffii* for southeastern Kamchatka [Zakharikhina, Litvinenko, 2019b]

Среди других представителей древесного яруса непальская ольха (*Alnus nepalensis*) является накопителем высоких концентраций Zn, Pb и Cd [Jing et al., 2014]. Ольха серая (*A. incana*), напротив, может выступать как исключитель Zn, Cd и Cu [Mertens et al., 2004]. Ива пурпурная (*S. purpurea*) является гипераккумулятором тяжелых металлов [Mleczeek et al., 2009].

К числу видов-индикаторов из травянисто-кустарникового яруса относят полынь австрийскую (*Artemisia austriaca*), отличающуюся наиболее высокой способностью к концентрации Cu, Zn и Mn [Сомов, 2018]. Полынь горькая (*A. absinthium*) в условиях антропогенного влияния накапливает повышенное количество ТМ, превышающее ПДК [Кудряшова, 2003]. Полынь полевая (*A. campestris*) имеет высокую аккумуляционную способность в отношении Al, As, Cr, Ni, Pb, Sr, а полынь метельчатая (*A. scoparia*) – Al, As, Pb, V.

Плоды шиповника майского (*Rosa majalis*) способны накапливать Pb, Cd и Co выше предельно допустимых концентраций [Русанов, Турлибекова, 2011]. *R. rugosa* является видом, активно накапливающим цинк [Масленников и др., 2015]. Приведенные примеры наглядно демонстрируют видоспецифичность в накоплении ТМ у представителей одних и тех же родов. Поэтому при выборе видов растений для фитоиндикации металлического загрязнения в первую очередь необходимо тщательно изучить их индивидуальные особенности аккумуляции загрязнителей в районе исследования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Содержание тяжелых металлов (Zn, Cu, Pb и Cd) в травянистых и древесных растениях Петропавловска-Камчатского городского округа зависит от экологических фак-

торов мест их произрастания. У некоторых исследованных видов показатели содержания металлов фонового участка превышали значения городской среды, что, вероятно, отражает геохимическую специализацию этого района и наличие антагонизма в их поглощении в условиях загрязнения. Для дифференциации различных районов города по содержанию ТМ целесообразно использовать виды растений *Salix udensis* и *Artemisia vulgaris kamtschatica*. Максимальное суммарное содержание металлов в видах-индикаторах за весь период исследования выявлено в районе «Автостанция 10 км». В целом в 2018 г. загрязнение растительного покрова г. Петропавловска-Камчатского токсичными металлами (Pb и Cd) по сравнению с предшествующим годом возросло.

ЛИТЕРАТУРА

- Авдошенко В.Г., Климова А.В. 2020. Содержание тяжелых металлов в почвах Петропавловска-Камчатского (Камчатский край) в 2017–2018 гг. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. № 52. С. 50–63.
- Алексеев Ю.В. 1987. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Ленинград: Агропромиздат. 142 с.
- Ветчинникова Л.В., Кузнецова Т.Ю., Титов А.Ф. 2013. Особенности накопления тяжелых металлов в листьях древесных растений на урбанизированных территориях в условиях севера. *Труды Карельского научного центра РАН. Серия Экспериментальная биология*. № 3. С. 68–73.
- Войтюк Е.А. 2011. Аккумуляция тяжелых металлов в почве и растениях в условиях городской среды (на примере г. Чита). *Диссертация ... канд. биол. наук*. Чита. 140 с.

- Григорьева И.Я. 2015. Изучение биоиндикационных свойств древесных растений на тяжелые металлы. *Инновационная наука*. Т. 3. № 4. С. 26–29.
- Захарихина Л.В., Литвиненко Ю.С. 2019а. Вулканизм и геохимия почвенно-растительного покрова Камчатки. Специфика формирования элементного состава вулканических почв в холодных гумидных условиях. *Вулканология и сейсмология*. № 3. С. 25–33.
- Захарихина Л.В., Литвиненко Ю.С. 2019б. Вулканизм и геохимия почвенно-растительного покрова Камчатки. Элементный состав растительности вулканических экосистем. *Вулканология и сейсмология*. № 4. С. 40–51.
- Ильин В.Б. 1991. Тяжелые металлы в системе почва – растение. Новосибирск: Наука. 151 с.
- Ильин В.Б., Сысо А.И. 2001. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. Новосибирск: Издательство СО РАН. 229 с.
- Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. 1989. Микроэлементы в почвах и растениях. Москва: Мир. 439 с.
- Коновалова О.Н. 2018. Формы нахождения тяжелых металлов в почвенно-растительном покрове г. Архангельска. *Диссертация ... канд. хим. наук*. Архангельск. 202 с.
- Кудряшова В.И. 2003. Аккумуляция тяжелых металлов дикорастущими растениями. *Автореферат диссертации ... канд. биол. наук*. Саранск. 19 с.
- Ларионов М.В. 2014. Накопление древесными растениями тяжелых металлов в зависимости от автотранспортной нагрузки. *Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского*. № 4 (1). С. 228–232.
- Лукина Н.В., Никонов В.В. 1993. Поглощение аэротехногенных загрязнителей растениями сосняков на северо-западе Кольского полуострова. *Лесоведение*. № 6. С. 34–41.
- Масленников П.В., Дедков В.П., Куркина М.В. и др. 2015. Аккумуляция металлов в растениях урбоэкосистем. *Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки*. № 7. С. 57–69.
- Медведев И.Ф., Деревягин С.С. 2017. Тяжелые металлы в экосистемах. Саратов: Ракурс. 178 с.
- Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. 1992. Москва: ЦИНАО. 57 с.
- Неверова О.А., Позняковский В.М. 2005. Фитоиндикация загрязнения городской среды тяжелыми металлами (на примере г. Кемерово). *Лесной журнал*. № 4. С. 92–95.
- Панин М.С. 1999. Аккумуляция тяжелых металлов растениями Семипалатинского Прииртышья. Семипалатинск: ГУ «Семей». 308 с.
- Русанов А.М., Турлибекова Д.М. 2011. Тяжелые металлы в плодах шиповника парков города Орска. *Вестник Оренбургского государственного университета*. № 12 (131). С. 299–300.
- Серегина И.И. 2017. Цинк, селен и регуляторы роста в агроценозе. Москва: ООО «Перспект». 208 с.
- Сомов В.В. 2018. Миграция и аккумуляция тяжелых металлов в природных и антропогенно преобразованных ландшафтах башкирского Зауралья. *Автореферат диссертации ... канд. геогр. наук*. Санкт-Петербург. 131 с.
- Шихова Н.С. 2012. Некоторые закономерности в накоплении свинца растениями в условиях урбанизации (на примере г. Владивостока). *Сибирский экологический журнал*. № 2. С. 285–294.

- Эвембе Д. 2002. Изучение транслокации тяжелых металлов и приемов их детоксикации в черноземной и дерново-подзолистой почвах. *Диссертация ... канд. сельск.-хоз. наук*. Москва. 103 с.
- Davydova S. 2005. Heavy metals as toxicants in big cities. *Microchemical Journal*. Vol. 79. P. 133–136.
- Franiel I., Badczynska A. 2011. The growth and reproductive effort of *Betula pendula* Roth in a heavy-metals polluted area. *Polish Journal of Environmental Studies*. № 20 (4). P. 1097–1101.
- Jing Y., Cui H., Li T., Zhao Z. 2014. Heavy metal accumulation characteristics of Nepalese alder (*Alnus nepalensis*) growing in a lead-zinc spoil heap, Yunnan, Southwestern China. *IForest*. № 7 (4). P. 204–208.
- Mertens J., Vervaeke P., De Schrijver A., Luyssaert S. 2004. Metal uptake by young trees from dredged brackish sediment: limitations and possibilities for phytoextraction and phytostabilisation. *Science of the Total Environment*. Vol. 326. P. 209–215.
- Mleczek M., Rissmann I., Rutkowski P., Kaczmarek Z., Golinski P. 2009. Accumulation of selected heavy metals by different genotypes of *Salix*. *Environmental and Experimental Botany*. Vol. 66 (2). P. 289–296.
- Sharma V., Singh P. 2015. Heavy metals pollution and its effects on environment and human health. *International Journal of Recent Scientific Research*. Vol. 6, issue 12. P. 7752–7755.
- chatskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta (*Bulletin of Kamchatka State Technical University*). № 52. P. 50–63. (DOI: 10.17217/2079-0333-2020-52-50-63).
- Alekseev Yu.V. 1987. Heavy metals in soils and plants. Leningrad: Agropromizdat. 142 p.
- Vetchinnikova L.V., Kuznetsova T.Yu., Titov A.F. 2013. Patterns of heavy metal accumulation in leaves of trees in urban areas in the north. *Trudy Karel'skogo nauchnogo centra RAN. Seriya Eksperimental'naya biologiya. Trudy Karel'skogo nauchnogo centra RAN. Seriya Eksperimental'naya biologiya (Transactions of Karelian Research Centre of Russian Academy of Science. № 3. Experimental Biology)*. № 3. P. 68–73.
- Vojtyuk E.A. 2011. Accumulation of heavy metals in soil and plants in an urban environment (Chita). *Candidacy dissertation for biological sciences*. Chita. 140 p.
- Grigoreva I.Ya. 2015. Study of the bioindication properties of woody plants for heavy metals. *Innovacionnaya nauka (Innovative Science)*. Vol. 3. № 4. P. 26–29.
- Zakharikhina L.V., Litvinenko Yu.S. 2019a. Volcanism and geochemistry of soil and vegetation cover of Kamchatka. Communication 2. Specificity of forming the elemental composition of volcanic soil in cold and humid conditions. *Vulkanologia i seismologia (Journal of Volcanology and Seismology)*. № 3. P. 25–33.
- Zakharikhina L.V., Litvinenko Yu.S. 2019b. Volcanism and geochemistry of soil and vegetation cover of Kamchatka. Communication 3. Elemental composition of vegetation of volcanic ecosystems. *Vulkanologia i seismologia (Journal of Volcanology and Seismology)*. № 4. P. 40–51.
- Ilyin V.B. 1991. Heavy metals in the system “soil-plants”. Novosibirsk: Nauka. 151 p.

REFERENCES

Avdoshchenko V.G., Klimova A.V. 2020. Contents of heavy metals in the soils of Petropavlovsk-Kamchatsky (Kamchatka territory) in 2017–2018. *Vestnik Kam-*

- Ilyin V.B., Syso A.I. 2001. Trace elements and heavy metals in soils and plants of the Novosibirsk region. Novosibirsk: Publisher SB RAS. 229 p.
- Kabata-Pendias A., Pendias H. 1989. Microelements in soils and plants. Moscow: Mir. 439 p.
- Konovalova O.N. 2018. Forms of finding heavy metals in the soil and vegetation cover of Arkhangelsk. *Candidacy dissertation for chemical sciences*. Arkhangelsk. 202 p.
- Kudriashova V.I. 2003. Accumulation of heavy metals by wild plants. *Abstract of candidacy dissertation for biological sciences*. Saransk. 19 p.
- Larionov M.V. 2014. Accumulation of heavy metals in woody plants as dependent on motor transport load. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo (Vestnik of Lobachevsky University of Nizhni Novgorod)*. № 4 (1). P. 228–232.
- Lukina N.V., Nikonov V.V. 1993. Absorption of aerotechnogenic pollutants by pine plants in the North-West of the Kola Peninsula. *Lesovedeniye (Russian Journal of Forest Science)* № 6. P. 34–41.
- Maslennikov P.V., Dedkov V.P., Kurkina M.V. et al. 2015. Accumulation of metals in plants of urban ecosystems. *Vestnik Baltijskogo federal'nogo universiteta im. I. Kanta. Serija: Estestvennye i medicinskie nauk (Bulletin of Immanuel Kant Baltic Federal University)*. № 7. P. 57–69.
- Medvedev I.F., Derevyagin S.S. 2017. Heavy metals in ecosystems. Saratov: Rakurs. 178 p.
- Guidance document on the determination of heavy metals in farmland soils and crop production. 1992. Moscow: CINA0. 57 p.
- Neverova O.A., Pozniakovskij V.M. 2005. Phytoindication of urban pollution by heavy metals (on the example of Kemerovo). *Lesnoy Zhurnal (Russian Forestry Journal)*. № 4. P. 92–95.
- Panin M.S. 1999. Accumulation of heavy metals by plants of the Semipalatinsk Irtysh region. Semipalatinsk: GU "Senej". 308 p.
- Rusanov A.M., Turlibekova D.M. 2011. Heavy metals in rose hips of the town parks of Orsk. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta (Vestnik of Orenburg State University)*. № 12 (131). P. 299–300.
- Seregina I.I. 2017. Zinc, selenium and growth regulators in agrocenosis. Moscow: OOO "Prospect". 208 p.
- Somov V.V. 2018. Migration and accumulation of heavy metals in natural and anthropogenically transformed landscapes of the Bashkirian Transurals. *Abstract of candidacy dissertation for geographical sciences*. Saint-Petersburg. 131 p.
- Shihova N.S. 2012. Some features of lead accumulation in plants under the urban conditions (on the example of Vladivostok). *Sibirskij jeologicheskij zhurnal. (Contemporary Problems of Ecology)*. № 2. P. 285–294.
- Evembe D. 2002. Study of translocation of heavy metals and methods of their detoxification in Chernozem and sod-podzolic soils. *Candidacy dissertation for agricultural science*. Moscow. 103 p.
- Davydova S. 2005. Heavy metals as toxicants in big cities. *Microchemical Journal*. Vol. 79. P. 133–136.
- Franiel I., Badczynska A. 2011. The growth and reproductive effort of *Betula pendula* Roth in a heavy-metals polluted area. *Polish Journal of Environmental Studies*. № 20 (4). P. 1097–1101.
- Jing Y., Cui H., Li T., Zhao Z. 2014. Heavy metal accumulation characteristics of Nepalese alder (*Alnus nepalensis*) growing in a lead-zinc spoil heap, Yunnan, Southwestern China. *IForest*. № 7 (4). P. 204–208.

- Mertens J., Vervaeke P., De Schrijver A., Luyssaert S. 2004. Metal uptake by young trees from dredged brackish sediment: limitations and possibilities for phytoextraction and phytostabilisation. *Science of the Total Environment*. Vol. 326. P. 209–215.
- Mleczezek M., Rissmann I., Rutkowski P., Kaczmarek Z., Golinski P. 2009. Accumulation of selected heavy metals by different genotypes of *Salix*. *Environmental and Experimental Botany*. Vol. 66 (2). P. 289–296.
- Sharma V., Singh P. 2015. Heavy metals pollution and its effects on environment and human health. *International Journal of Recent Scientific Research*. Vol. 6, issue 12. P. 7752–7755.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Авдошенко Виктория Геннадьевна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; заведующий отделом подготовки кадров высшей квалификации; vikaav91@mail.ru. SPIN-код: 2784-7863; Author ID: 926402.

Avdoshchenko Viktoria Gennadeevna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Head of the Department of training of highly qualified personnel; vikaav91@mail.ru. SPIN-code: 2784-7863; Author ID: 926402.

Климова Анна Валерьевна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат биологических наук; заведующий сектором коллективного использования научного оборудования; annaklimovae@mail.ru. SPIN-код: 3188-5428; Author ID: 732623; Scopus ID: 56711736100.

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

ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ МОЛОДИ РЫБ В ПЕРИОД ПАВОДКА В ПРОТОКЕ КАРЫМАЙСКОЙ ЛЕТОМ 2018 ГОДА

Карпенко В.И., Погорелов Е.А.

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

Представлены результаты исследования состава пищи молоди рыб в период аномального паводка в протоке Карымайской летом 2018 г. Обсуждается проблема возникновения аномально низкой обеспеченности молоди большинства лососевых рыб и использования максимального количества компонентов для выживания видов в таких условиях. Рассмотрены возможные направления формирования межвидовых пищевых отношений в пресных водах.

Ключевые слова: молодь рыб, паводок, пищевые отношения, состав пищи.

FEEDING PECULIARITIES OF FISH JUVENILES DURING HIGH WATER LEVEL IN KARYMAI STREAM IN SUMMER 2018

Karpenko V.I., Pogorelov E.A.

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

The results of study on the food composition of juvenile fish during an anomalous flood in Karymai stream in summer 2018 are presented. The problem of the occurrence of an abnormally low supply of juveniles of most salmonids and the use of the maximum number of components for species survival under such conditions are discussed. Possible directions of the formation of interspecific food relations in fresh waters are considered.

Key words: juvenile fish, flood, food relations, food composition.

ВВЕДЕНИЕ

Регулярные исследования ихтиофауны водотоков и водоемов Камчатского полуострова были начаты в конце 1920-х годов, когда почти все прибрежные рыбные ресурсы стали усиленно подвергаться беспощадной эксплуатации японскими концессионерами, в частности стада лососевых. Для оценки их состояния организовывались научно-исследовательские стационары (пункты – НИП), одним из которых был «Карымайский», открытый в 1941 г. на притоке крупнейшей западно-камчатской реки

Быстрой. Первым руководителем стал известный камчатский ученый Р.С. Семко, начавший изучение тихоокеанских лососей на этой реке еще в 1930-е годы и опубликовавший всемирно известные работы по западно-камчатской горбуше и другим лососям [Семко, 1939, 1954]. В основном на этом НИПе проводились работы по взрослым лососям [Чебанов, 1983], и крайне редко собиралась информация об условиях обитания их молоди. Полный комплекс полевых работ на пункте производился практически ежегодно, вплоть до 1990 г., затем с небольшими перерывами – до конца 2010 г.

За весь период существования пункта «Карымайский» были выполнены значительные исследования как по отдельным видам тихоокеанских лососей, так и по экологии молоди некоторых видов в пресных водах. Однако сборы трофологических материалов были редки, а их обработка в основном включала лишь использование полевых методов, без последующего камерального и статистического анализа. Кроме того, каких-то многолетних непрерывных наблюдений не было, а результаты представлялись как дополнительная информация к традиционным ихтиологическим исследованиям и почти не публиковались. Хотя следует признать, что оценка состояния кормовой базы рыб и их молоди в этом и ближайших водотоках всегда была под пристальным вниманием некоторых ученых, чему посвящен ряд публикаций, в том числе разделы в монографиях [Чебанова, 2009; Есин и др., 2009].

С 2015 г. пункт фактически был на консервации. В 2017–2018 гг. по согласованию с КамчатНИРО кафедры «Водные биоресурсы, рыболовство и аквакультура» КамчатГТУ начала первые сезонные полевые исследования тихоокеанских лососей, их молоди и других представителей ихтиофауны на этом пункте и трех участках реки Быстрой. Основной задачей этих работ было изучение состава ихтиофауны и сбор данных об условиях обитания ее представителей, в том числе трофологических материалов, для последующей разработки и детализации этого направления исследований кафедры «Водные биоресурсы, рыболовство и аквакультура». Работы отличались комплексностью исследований, включающей характеристику вод, состояния кормовых ресурсов и основных ее потребителей, а также воздействие различных факторов среды на выживаемость поколений лососей.

В течение двух сезонов при выполнении полевых работ отмечено значительное различие в водности Карымайской протоки, где собирали молодь рыб. Выделялось лето 2018 г., которое отличалось очень высоким уровнем паводковых вод и отсюда – аномальными условиями обитания молоди. Уровень воды в протоке Карымайской был настолько высоким, что не позволил производить сбор материалов по кормовой базе молоди лососей, осуществлять традиционными орудиями лов рыб, что крайне редко встречается на таких малых водотоках. Именно такие аномальные условия обитания молоди лососей в камчатских водотоках пока практически не описаны. Проведение таких необычных сборов молоди некоторых рыб в протоке Карымайской позволило исследовать их питание в условиях высоких паводковых вод, чему посвящена настоящая статья.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

ФГБНУ «КамчатНИРО» с 19 июня по 5 августа 2018 г. проводило работы на наблюдательном пункте «Карымайский», расположенном вблизи р. Быстрой на ключе Карымайский.

Лов молоди рыб в протоке Карымайской производили мальковым закидным неводом. Вследствие очень высокого уровня воды, при обычной глубине в местах лова 40–60 см заметы выполняли при быстром течении на глубинах более 120 см, с трудом выдерживая напор речного потока, «уносящего» ловцов. Кроме того, в таких условиях не удалось собрать материалы, характеризующие состояние кормовой базы – бентоса и дрифта, так как орудия их лова сносились потоком воды. Поэтому о состоянии кормовой базы в какой-то мере можно судить по составу пищи, представленному в данной статье. Следует от-

метить, что наиболее высокий уровень воды в период лова молоди рыб наблюдался в первой половине июля. Материал преимущественно собирали в месте, известном под названием Трифоновка. Причем значительную часть сравнения пищевых спектров рыб производили из одних и тех же уловов именно в этом месте.

Пойманную молодь рыб этикетировали и доставляли в лаборатории кафедры «Водные биоресурсы, рыболовство и аквакультура», где производили ее биологический анализ, а также исследовали содержимое желудков. Методика сбора и обработки трофологических материалов была единой в течение всего периода исследований [Методическое..., 1974]. Содержимое пищеварительного тракта анализировали индивидуально-весовым методом. Таксономическую принадлежность кормовых организмов по возможности определяли до вида.

В июне – августе 2018 г. в протоке реки Карымай было выловлено около 550 рыб, из них камеральной обработке подвергнуты желудки 359 экз. молоди лососей, мальмы и трехиглой колюшки (объем исследованного материала представлен в соответствующих таблицах). Остальные рыбы использованы для уточнения размерно-возрастной структуры, в основном это была молодь кижуча.

Статистическая обработка полученных данных выполнена общепринятыми методами [Лакин, 1980]. В работе была использована электронная реляционная база данных лаборатории динамики численности лососей (ДЧЛ) КамчатНИРО по численности, распределению и условиям обитания лососей за прежние годы. Кроме того, использован пакет программ Excel, Microsoft Word и Statistica.

В сборе и первичной обработке материалов принимали участие преподаватели

и студенты кафедры «Водные биоресурсы, рыболовство и аквакультура», за что авторы выражают им глубокую благодарность.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Состав пищи молоди лососевых и других рыб летом 2018 г. Состав пищи молоди тихоокеанских лососей, мальмы и трехиглой колюшки (пищевые конкуренты) в бассейне р. Карымай включал как донную фауну водотока, так и планктонные, нейстонные организмы и беспозвоночных, для которых вода не является средой обитания, – наземных насекомых на всех стадиях метаморфоза и имаго амфибиотических насекомых. Кроме того, встречалась икра лососевых рыб.

Летом 2018 г. в желудках молоди рыб также были обнаружены в большом количестве непищевые компоненты как естественного происхождения – камни (видимо, захваченные попутно при поедании организмов непосредственно со дна водотока), так и антропогенного – кусочки проволоки, пластмассы, веревки. Они встречались наиболее часто в июле и были исключены из состава пищевого комка. Также отмечено, что в период исследований состав пищи лососей, мальмы и колюшек существенно различался, что, вероятно, напрямую зависело от концентрации кормовых объектов в данном биотопе, а также и от пищевой избирательности отдельных видов потребителей.

Кета. В последнюю декаду июня молодь кеты имела довольно крупные размеры – около 4 см, начиная миграцию в море, тогда как в начале июля из-за паводковых вод из протоки выносились лишь более мелкие рыбы – преимущественно меньше 3,5 см. В начале августа, спустя практически месяц, они в среднем были уже на 2 см крупнее и включали очень крупных маль-

ков кеты, завершающих скат данного вида в морские воды. Эти изменения размерных показателей молоди отразились на спектре ее питания и накормленности рыб.

Молодь кеты потребляла различных животных: личинок и куколок хирономид, личинок мух, веснянок и плавунцов, а также имаго насекомых, дождевых червей, икру лососей и гарпактицид (табл. 1). В июне из девяти компонентов доминировали хирономиды (72,9% массы пищи), в августе из шести – поденки *Ephemeroptera* (84,7%), а в июле пища была самой разнообразной и включала более 10 компонентов, причем ни один не занимал более 20% массы пищевого комка. Кроме того, в июле у 2/3 рыб в желудках не было пищи, тогда как в августе таких рыб оказалась половина, а в июне – лишь 15,8%. Это отразилось на их накормленности, ко-

торая в июле была самой низкой – 40,5‰, тогда как в августе почти в четыре раза больше – 156,2‰, а в июне даже на порядок выше – 422,4‰.

Кижуч. В конце июня среди молоди кижуча доминировали годовики, имеющие относительно крупные размеры: длину более 9 см и массу тела около 10 г. Тогда как в начале июля большую часть занимали сеголетки – менее 6 см и около 3 г. Последние составляли значительную долю молоди кижуча и в начале августа, хотя большая часть годовиков уже покинула Карымайскую протоку. Тем не менее большое количество двухлетних рыб еще населяли данный приток реки Большой, что подтверждается значительными уловами именно такой молоди в течение июля – августа в районе НИП «Карымайский».

Таблица 1. Состав пищи молоди кеты в протоке реки Карымай; в основном Трифоновка, %

Table 1. Food spectrum of chum salmon juveniles in the Karymai stream; mainly Trifonovka, %

Компоненты пищи	Июнь	Июль	Август
Haplotaxida	–	6,4	–
Nematoda	0,1	–	–
Chironomidae	69,6	5,0	6,8
<i>Chironomus plumosus</i>	3,3	16,2	2,1
<i>Pagastia orientalis</i>	–	–	0,2
<i>Ephemeroptera</i>	9,9	–	84,7
<i>Plecoptera</i>	14,4	7,3	–
<i>Trichoptera</i>	0,8	–	2,0
Dytiscidae	–	10,1	–
Simuliidae	1,3	–	–
<i>Artus muscas</i>	–	1,9	–
Insecta imago	–	17,2	–
Diptera imago	–	–	4,1
Muscidae	–	19,4	–
<i>Aranea artus</i>	0,2	–	–
Ostracoda	0,4	–	–
Harpacticoidae	–	5,7	–
OVA Salmonidae	–	2,4	–
<i>Varia</i>	–	8,4	0,1
Накормленность, ‰	422,4	40,5	156,2
Количество рыб, экз.	38	21	22
Пустые желудки, %	15,8	66,7	50,0
Средняя длина рыб, см	4,01 (2,19–6,59)*	3,12 (2,70–4,71)	6,18 (3,48–7,45)
Средняя масса тела рыб, г	0,45 (0,18–2,54)*	0,42 (0,21–1,17)	2,32 (0,45–3,86)

Примечание. * здесь и ниже в скобках: размах колебаний.

Молодь кижуча поедала значительное количество различных животных, начиная от личинок и куколок хирономид, личинок мух, веснянок, имаго насекомых, до иных представителей фауны водотока и даже икру лососей и их молодь (табл. 2). В июне из 14 компонентов доминировали бабочки (гусеницы) *Lepidoptera* (54,6% массы пищи), в августе из восьми – имаго двукрылых (54,4%). В июле пища была самой разнообразной и включала более 20

компонентов, причем ни один из них не занимал более 20% массы пищевого комка. В течение двух месяцев в желудках не оказалось пищи лишь у менее 10% рыб. Однако это не отразилось на накормленности рыб. В частности, как и у молоди кеты, в июле у кижуча накормленность была самой низкой – 41‰, тогда как в августе она была почти в 4,5 раза выше – 180‰, а в июне даже в семь раз – 285‰.

Таблица 2. Состав пищи молоди кижуча в протоке реки Карымай; в основном Трифоновка, %

Table 2. Food spectrum of coho salmon juveniles in the Karymai stream, mainly Trifonovka, %

Компоненты пищи	Июнь	Июль	Август
<i>Haplotaxida</i>	–	1,3	–
<i>Lumbricina</i>	10,2	–	–
<i>Nematoda</i>	–	1,3	–
<i>Annelida</i>	–	1,6	–
<i>Chironomidae</i>	8,2	4,7	–
<i>Orthocladus frigitus</i>	0,1	–	–
<i>Chironomus plumosus</i>	1,0	7,6	0,2
<i>Pagastia orientalis</i>	2,4	–	–
<i>Trombidiidae</i>	–	1,7	–
<i>Psyllidae</i>	1,6	–	–
<i>Suwallia</i> sp.	2,2	–	–
<i>Tipuliidae</i>	1,7	–	–
<i>Ephemeroptera</i>	–	5,1	–
<i>Plecoptera</i>	–	–	3,3
<i>Trichoptera</i>	–	5,3	2,0
<i>Artus muscas</i>	–	2,1	–
Insecta imago	0,4	20,0	–
Diptera imago	5,2	–	54,4
Muscidae	–	20,4	–
<i>Ceratopogonidae</i>	–	3,3	–
Misidae imago	2,8	–	–
<i>Hydrachnidia</i>	–	1,3	–
<i>Lepidoptera</i> larvae	54,6	–	–
<i>Coleoptera</i>	4,2	–	5,4
<i>Aranea artus</i>	4,8	1,5	4,2
<i>Harpacticoidae</i>	–	1,4	–
<i>Gammarus</i>	–	1,5	2,5
Mysidae	–	1,0	–
Pisces	–	4,9	–
OVA Salmonidae	–	4,6	28,0
<i>Ascaridiidae</i>	–	2,1	–
<i>Varia</i>	0,6	7,3	–
Накормленность, ‰	285,7	41,6	180
Количество рыб, экз.	15	23	30
Пустые желудки, %	6,7	21,7	10,0
Средняя длина рыб, см	10,13 (3,74–12,26)	8,21 (2,80–10,81)	7,46 (3,00–9,621)
Средняя масса тела рыб, г	8,65 (0,58–21,56)	8,57 (0,22–17,09)	6,23 (0,29–12,35)

Нерка. Среди молоди нерки четко различались периоды нагула в протоке Карымайской разновозрастных рыб. В конце июля доминировали годовики и двухлетки длиной более 8 см, готовые к скату в море, а в июле и начале августа преобладали сеголетки – менее 5 см, хотя отдельные, более старые особи еще встречались в уловах. Это сказалось как на величине уловов молоди этого вида, так и на особенностях ее питания в эти три месяца. В частности, самым широким пищевым спектром и низкой накормленностью отличилась молодь нерки в июне, тогда как позднее эти показатели изменились значительно.

Молодь нерки, как и кижуча, поедала очень большое количество различных животных: от личинок и куколок хирономид,

личинок мух, веснянок, имаго насекомых до иных представителей фауны водотока, включая олигохет, гарпактицид (табл. 3). Так, в июне отмечено максимальное количество компонентов (14), среди которых доля хирономид была высокой (39,0% массы пищи). В июле и августе их число примерно сравнялось – восемь и семь соответственно. При этом в июле доминировали хирономиды (56,9%), а в августе – поденки *Ephemeroptera* (71,3%). Высокое разнообразие пищевого комка нерки в июне выразилось в низкой накормленности рыб – 29‰, которую обусловила высокая доля рыб с пустыми желудками – 55,9%. В августе она была более чем в шесть раз больше – 187‰, а в июле была очень высокой – 490‰, но пища имела в желудке только одной рыбы.

Таблица 3. Состав пищи молоди нерки в протоке реки Карымай; в основном Трифоновка, %

Table 3. Food spectrum of sockeye salmon juveniles in the Karymai stream; mainly Trifonovka, %

Компоненты пищи	Июнь	Июль	Август
Nematoda	3,1	–	–
Annelida	–	8,6	–
Oligochaeta	–	4,9	–
Ablates	2,6	–	–
Chironomidae	30,7	29,3	22,8
<i>Orthocladus</i> sp. juv.	3,8	–	0,3
<i>Chironomus plumosus</i>	8,3	27,6	0,6
<i>Pagastia orientalis</i>	1,9	–	–
<i>Micropsectra</i>	3,2	–	–
Monodiamesa	2,8	–	–
Acari	–	–	2,6
Simuliidae	3,3	–	–
Polypedil	3,5	–	–
<i>Ephemeroptera</i>	12,7	–	71,3
<i>Plecoptera</i>	13,6	–	–
<i>Trichoptera</i>	5,4	–	0,1
Insecta imago	–	4,4	–
Diptera imago	1,2	–	1,8
Limoniidae	–	9,9	–
<i>Aranea artus</i>	–	8,1	–
Haracticoidae	–	5,3	–
<i>Varia</i>	3,9	1,9	0,5
Накормленность, ‰	29,4	490,8	187,7
Количество рыб, экз.	34	2	31
Пустые желудки, %	55,9	50,0	16,1
Средняя длина рыб, см	8,04 (4,15–10,20)	5,21 (4,31–5,81)	4,35 (3,65–5,92)
Средняя масса тела рыб, г	4,03 (0,89–8,85)	2,25 (0,78–3,61)	1,24 (0,58–3,56)

Сима. Разновозрастная молодь этого вида в течение исследований встречалась в разном количестве: в июне доминировали годовики и двухлетки длиной более 9 см с массой тела свыше 10 г, доля которых снижалась в июле и августе, когда преобладали сеголетки длиной менее 5 см и массой до 1,5 г. Тем не менее еще встречались и отдельные годовики, не покинувшие протоку. Состав пищи разновозрастной молоди симы различался значительно, в частности наиболее широким пищевым спектром характеризовались сеголетки.

Молодь симы питалась значительным количеством различных животных только в июле – 15 компонентов, среди которых лишь доля хирономид превышала треть массы пищи – 33,9% (табл. 4). В июне из

четырёх компонентов доминировали *Ephemeroptera* (98,5% массы пищи), которые преобладали и в августе (из трех компонентов) – 66,4% массы пищи. Пустые желудки были в июле у 12,5% и в июне – у 9,1% рыб. Накормленность молоди симы оказалась самой высокой в июне – 254‰, тогда как в июле и августе она была в два раза ниже – 120‰ и 118‰ соответственно.

Чавыча. В течение всего периода исследований в уловах встречалась молодь чавычи, прожившая в пресных водах один год – годовики и двухлетки. Лишь в июле зарегистрировано несколько сеголеток чавычи, желудок одной из которых был исследован. Поэтому возрастные изменения в питании молоди этого вида проследить невозможно.

Таблица 4. Состав пищи молоди симы в протоке реки Карымай; в основном Трифоновка, %

Table 4. Food spectrum of masu salmon juveniles in the Karymai stream; mainly Trifonovka, %

Компоненты пищи	Июнь	Июль	Август
<i>Daphnia</i>	–	3,7	–
Cyclopidae	–	1,9	–
Oligochaeta	–	1,8	–
Annelida	–	10,4	–
Amphipoda	–	6,9	–
Chironomidae	–	9,2	–
<i>Chironomus plumosus</i>	0,1	23,5	1,0
Trematodiidae	–	1,1	–
<i>Ephemeroptera</i>	1,1	–	66,4
<i>Plecoptera</i>	0,2	–	–
Limoniidae	–	2,7	–
<i>Trichoptera</i>	98,5	–	–
<i>Artus muscas</i>	–	1,4	–
Insecta imago	–	23,8	–
<i>Diptera imago</i>	–	–	32,6
Ceratopogonidae	–	2,4	–
<i>Aranea artus</i>	–	3,4	–
Chydoridae	–	1,8	–
Harpacticoidae	–	5,3	–
<i>Varia</i>	0,1	0,7	–
Накормленность, ‰	254,2	120,4	118,9
Количество рыб, экз.	22	8	2
Пустые желудки, %	9,1	12,5	–
Средняя длина рыб, см	10,12 (4,85–13,15)	4,08 (2,74–5,22)	7,95 (3,26–9,98)
Средняя масса тела рыб, г	17,64 (1,21–20,85)	0,72 (0,13–1,68)	8,89 (0,47–13,16)

Молодь чавычи поедала значительное количество различных животных: от личинок и куколок хирономид, личинок мух, веснянок, имаго насекомых до иных представителей фауны водотока, а также икру лососей и их молодь (табл. 5).

В июне из 14 компонентов, как и у молоди кижуча, доминировали только *Ephemeroptera* (54,6% массы пищи), *Trichoptera* (37,3%) и хирономиды (11,5%), тогда как остальные представители были редки.

В июле пища также оказалась разнообразной и включала более 12 компонентов, причем только один (молодь рыб) занимал 24,1% массы пищевого комка, а остальные – от 1,7 до 16,3% массы пищи.

В августе доминировали имаго двукрылых (82,5%). В июне и июле у четверти рыб в желудке не обнаружено пищи. Однако это не отразилось на накормленности рыб в июне – 288‰, но в июле и августе она была более чем в четыре раза ниже – 80‰ и 71‰ соответственно.

Мальма. Для исследования питания мальмы были использованы желудки только молодых рыб в возрасте от 1+ до 3+, которые могли быть пищевыми конкурентами молоди тихоокеанских лососей. Тем не менее даже такие небольшие рыбки могут быть и хищниками, что подтвердили ниже приведенные данные.

Таблица 5. Состав пищи молоди чавычи в протоке реки Карымай; в основном Трифионовка, %

Table 5. Food spectrum of chinook salmon juveniles in the Karymai stream; mainly Trifonovka, %

Компоненты пищи	Июнь	Июль	Август
<i>Daphnia</i>	–	3,2	–
Cyclopidae	–	4,8	–
Nematoda	0,1	2,0	–
Chironomidae	10,8	10,5	–
<i>Orthocladus frigitus</i>	0,1	–	–
<i>Chironomus plumosus</i>	0,7	15,1	0,5
<i>Pagastia orientalis</i>	+	–	–
Odonata larvae	–	6,1	–
<i>Ephemeroptera</i>	41,1	–	–
<i>Plecoptera</i>	5,6	–	–
<i>Trichoptera</i>	37,3	–	–
Insecta imago	–	16,3	–
<i>Diptera imago</i>	–	–	82,5
<i>Chelifera</i> sp.	0,1	–	–
Tipuliidae	0,7	–	–
<i>Coleoptera</i>	0,3	–	17,0
<i>Aranea artus</i>	–	1,7	–
<i>Gammarus</i>	1,1	10,1	–
<i>Pisces</i>	–	24,1	–
OVA Salmonidae	–	3,7	–
<i>Varia</i>	2,1	2,4	–
Накормленность, ‰	288,2	80,1	71,8
Количество рыб, экз.	33	4	2
Пустые желудки, %	24,2	25,0	–
Средняя длина рыб, см	9,94 (3,57–10,80)	6,56 (4,27–10,05)	9,13 (4,82–9,24)
Средняя масса тела рыб, г	11,86 (5,78–15,81)	7,22 (1,02–15,17)	10,95 (1,45–12,40)

Примечание. «+» менее 0,1%.

Очень разнообразным оказался пищевой спектр мальмы. Так, в июне и августе он включал семь и шесть компонентов соответственно, но его структура различалась значительно (табл. 6). В июне основными были *Plecoptera* (68,9% массы пищи) и *Trichoptera* (20,6%), а в августе – хирономиды (28,4%) и *Trichoptera* (22,8%), доли других представителей также различались. Наиболее широкий пищевой спектр мальма имела в июле; он включал 13 компонентов, однако только доля хирономид и молоди рыб превышала 15% массы пищевого комка.

Как и у всех остальных рыб, накормленность мальмы максимальной была в июне 165‰, а в июле и августе она составляла около 60‰ и 68‰ соответ-

ственно. Рыб с пустыми желудками меньше всего встречено в июне – 23,1% и в июле – 20%, а в августе – 40%.

Трехиглая колюшка. Для анализа использованы рыбы в возрасте 1+ – 3+. Пищевой спектр этой колюшки был относительно разнообразным и включал от девяти до 12 компонентов (табл. 7). В течение всего периода исследований основными пищевыми компонентами служили хирономиды, составляя от 64,7% массы пищи в июне до 31% – в августе. В июне второе место занимали имаго двукрылых (16,5%), которые сохранили это место и в июле (19,5%). Доли других представителей различались незначительно, лишь мизиды в августе заняли 19,6% массы пищевого комка.

Таблица 6. Состав пищи молоди мальмы в протоке реки Карымай; в основном Трифоновка, %

Table 6. Food spectrum of Dolly Varden char juveniles in the Karymai stream; mainly Trifonovka, %

Компоненты пищи	Июнь	Июль	Август
<i>Haplotaxida</i>	–	8,0	–
<i>Nepomorpha</i>	–	5,5	–
Chironomidae	2,6	–	24,2
<i>Chironomus plumosus</i>	2,3	19,3	4,2
<i>Pagastia orientalis</i>	0,8	–	7,1
<i>Orthocladus frigitus</i>	–	–	10,7
Odonata larvae	–	2,3	–
Dytiscidae	–	8,4	–
Ephemeroptera	2,3	–	17,7
<i>Plecoptera</i>	68,9	9,0	–
<i>Trichoptera</i>	20,6	–	22,8
<i>Artus muscas</i>	–	1,2	–
Insecta imago	–	7,3	–
<i>Chelifera</i> sp.	1,4	–	–
<i>Aranea artus</i>	–	0,5	–
Muscidae	–	4,4	–
Pisces	–	16,1	–
OVA Salmonidae	–	2,8	–
Ascaridiidae	–	1,9	–
<i>Varia</i>	1,1	13,3	13,3
Накормленность, ‰	165,5	60,8	68,4
Количество рыб, экз.	13	10	5
Пустые желудки, %	23,1	40,0	20,0
Средняя длина рыб, см	11,17 (6,80–13,05)	8,26 (4,81–11,70)	9,95 (6,67–10,30)
Средняя масса тела рыб, г	19,34 (3,18–24,10)	7,52 (0,85–19,15)	12,51 (3,22–12,48)

Таблица 7. Состав пищи трехиглой колюшки в протоке реки Карымай; в основном Трифоновка, %

Table 7. Food spectrum of three-spine stickleback in the Karymai stream; mainly Trifonovka, %

Компоненты пищи	Июнь	Июль	Август
<i>Haplotaxida</i>	0,3	13,2	4,5
<i>Lumbricina</i>	0,5	–	–
<i>Annelida</i>	–	1,8	–
Chironomidae	57,7	–	–
<i>Chironomus plumosus</i>	7,0	38,8	31,0
<i>Orthocladus yagosh</i>	9,2	–	–
<i>Tenemman</i>	0,9	–	–
<i>Polypedil</i>	1,7	–	–
Ephemeroptera	–	2,2	–
Trichoptera	5,7	–	4,3
<i>Artus muscas</i>	–	1,1	–
Ceratopogonidae	–	1,4	5,0
Insecta imago	–	19,5	–
Diptera imago	16,5	–	–
<i>Aranea artus</i>	–	3,9	–
Muscidae	–	1,6	11,0
Ostracoda	0,2	–	–
<i>Gammarus</i>	–	2,2	11,0
Harpacticoidae	0,3	2,8	7,7
Mysidae	–	–	19,6
OVA Salmonidae	–	2,3	5,9
<i>Varia</i>	–	9,2	–
Накормленность, ‰	118,4	69,5	69,5
Количество рыб, экз.	7	16	21
Пустые желудки, %	15,7	31,2	42,8
Средняя длина рыб, см	4,28 (2,82–5,65)	4,42 (3,51–5,50)	7,63 (3,24–6,91)
Средняя масса тела рыб, г	1,71 (0,27–1,88)	1,38 (0,53–2,83)	5,57 (0,42–4,22)

Как и у всех остальных видов рыб, накормленность трехиглой колюшки была максимальной в июне – 118‰, а в июле и августе одинаковой – 69‰. Для рыб с пустыми желудками увеличилась от июня – 15,7%, июля – 31,2% к августу – 42,8%.

Значение компонентов. Имея представленное выше значение отдельных компонентов в пище молоди рыб летом 2018 г., значительный интерес представляет оценка их встречаемости в отдельные периоды нагула в протоке Карымайской по месяцам (табл. 8). Обычными практически у всех видов рыб являлись представители хирономид, встречаемость которых была выше у более 50% исследованных особей, достигая даже 100%. Однако из этих высоких значений необ-

ходимо исключить данные для нерки в июле и таковые для симы и чавычи в августе из-за небольшого количества исследованных желудков (только два желудка).

Близкими по частоте встречаемости были взрослые насекомые и *Ephemeroptera*, причем высокие их значения отмечены в основном для июня и августа. Кроме того, необходимо отметить, что встречаемость личинок хирономид и других насекомых, а также взрослых их представителей была всегда высокой у молоди всех тихоокеанских лососей. У мальмы и трехиглой колюшки они были обычными в конце июня и июле, часто даже превышая таковую других компонентов, тогда как в начале августа эти животные уже не встречались.

Таблица 8. Наиболее высокая встречаемость (более 50%) компонентов пищи у молоди рыб в июне – августе 2018 г.

Table 8. Higher frequency (more than 50%) food components of fish juveniles in June – August 2018

Компоненты пищи	Кета *	Кижуч *	Нерка ^(**)	Сима ^(**)	Чавыча ^(**)	Мальма *	Трехиглая колюшка *
Amphipoda	–	–	–	–/57/–	–	–	–
<i>Chironomus plumosus</i>	54/39/40	–/48/51	66/100/32	9/86/50	75/11/85	72/50/63	52/50/–
Chironomidae	90/–/59	18/–/–	43/–/78	–/71/–	–/–/78	68/–/40	38/50/–
Ephemeroptera	63/–/50	–	–/–/22	66/–/100	–	24/–/33	85/–/–
Plecoptera	54/28/–	–	24/–/1	–	–	79/20/–	–
Trichoptera	–	–	–	98/–/–	–	65/–/20	78/–/–
Insecta imago	–/72/27	–/83/96	–/100/–	–/86/–	–/54/–	–/60/–	–/75/–
Diptera imago	–	–	–/–/36	–/–/50	–	–	–/–/100
Lepidoptera larvae	–	20/–/–	–	–	–	–	–
Coleoptera	–	–/–/62	–	–	–	–	–/–/50
Muscidae	–	–/52/–	–	–	–	–	–
<i>Aranea artus</i>	–	–/–/60	–/100/–	–/71/–	–	–	–/75/–
<i>Gammarus</i>	–	–	–	–	35/–/–	–	–/75/–
Mysidae	–	–	–	–	61/–/–	–	–
Pisces	–	–	–	–	–	–/40/–	–/25/–
OVA Salmonidae	–	–	–	–	–	–/50/–	–/50/–

Примечание. * значения встречаемости в июне, июле и августе (соответственно);

** состав пищи только двух желудков (нерка – в июле, сима и чавыча – в августе);

«–» отсутствие в пищевом комке.

Встречаемость остальных компонентов из 15 рассмотренных была высокой только у некоторых видов рыб в отдельные периоды нагула. Из последних выделяется присутствие молоди рыб и икры лососевых в желудках мальмы и трехиглой колюшки в начале июня – встречаемость от 25 до 50%. По-видимому, такое доминирование тех или иных компонентов объясняет низкую накормленность (в 2–5 и более раз) всех видов рыб и высокую долю рыб с пустыми желудками в первой половине июля (от 40 до 120‰) по сравнению с июнем (до 422‰), в частности в период максимального паводка. Тем не менее при анализе состава пищи всех исследованных рыб можно утверждать, что в начале обитания в пресных водах, особенно сразу после перехода личинок и мальков лососей на внешнее питание, основную роль в пищевом спектре играют различные жизненные стадии насе-

комых, включая взрослых особей (табл. 9). Причем это явление наблюдается в течение всего летнего периода, частично сохраняя свое значение весной и осенью, хотя и в меньшей степени [Чебанова, 2009; Есин и др., 2009; Материалы..., 2016; и др.].

Пищевые отношения. В ихтиоценозах таких небольших водотоков, как Карымайский ключ и его окрестности, могут возникать разные взаимоотношения, среди которых в жизни рыб немалую роль играет пищевой фактор [Чебанова, 2009; Есин и др., 2009]. При относительно небольшом и постоянном количестве кормовых организмов, чем больше потенциальных потребителей одной и той же пищи, тем меньше ее приходится в расчете на одну особь. Условия нормального питания обитателей здесь видов напрямую зависят от изменений состояния кормовой базы [Грауман, 1970; Ковцова, 1983].

Таблица 9. Значение (доля) отдельных наиболее важных компонентов в желудках, % (личинки хирономид/личинки других насекомых/взрослые насекомые)

Table 9. Significance (Percentage) of some impotent food components in stomach, % (chironomidae larvae/larvae of the other insecta/insecta adult)

Вид	Месяц		
	Июнь	Июль	Август
Кета	72,9/25,1/–	21,2/7,3/17,2	8,9/86,7/4,1
Кижуч	9,2/–/5,6	12,3/10,4/20,0	0,2/5,3/54,4
Нерка	39,0/31,7/1,2	56,9/–/4,4	23,4/71,4/1,8
Сима	–/99,8/–	32,7/–/23,8	1,0/66,4/32,6
Чавыча	11,5/84,0/–	25,6/–/16,3	0,5/17,0/82,5
Мальма	4,9/91,8/–	19,3/9,0/7,3	28,4/40,5/–
Трехиглая колюшка	64,7/5,7/16,5	38,8/2,2/19,5	31,0/4,3/–

Полученные нами данные свидетельствуют о значительном сходстве спектров питания молоди лососей и колюшек на обследованных участках речной системы р. Карымай в мае – августе 2018 г. Поэтому при использовании одних и тех же видов кормовых организмов может возникать так называемая эксплуатационная конкуренция за пищевые ресурсы водоема. Из-за невозможности получения данных по состоянию кормовых ресурсов водотока вследствие аномального паводка летом 2018 г. для оценки напряженности внутривидовых и межвидовых отношений был использован относительно простой показатель индекса пищевого сходства – СП-коэффициент [Шорыгин, 1952], который в какой-то мере позволяет судить о пищевых отношениях видов (табл. 10–12).

Основу пищи молоди лососевых (включая мальму) и трехиглой колюшки составляли преимущественно личинки, куколки и взрослые стадии хирономид, имаго насекомых, икра лососей и зоопланктон (циклопы и дафнии). В результате наибольшее сходство пищи наблюдалось в июле во время максимальных паводковых вод. Так, СП-коэффициенты между ними в июле изменялись от 35,6 (кета – колюшка) до 54,2% (сима – колюшка). Еще более высокий СП-коэффициент отмечен между некоторыми лососевыми: кета – кижуч, кета – мальма и нерка – сима – более 62% (табл. 10).

В конце июня и начале августа таких высоких значений СП-коэффициента между лососевыми и колюшкой уже не наблюдалось, особенно низким он был в августе – менее 10%. Однако в конце июня этот показатель между кетой и колюшкой составлял 61,8%, что свидетельствует о высоком сходстве их пищевых спектров и может допускать возможность напряженности пищевых отношений, учитывая высокую численность в этот период покатников кеты.

Кстати, в этот период было высокое сходство состава пищи молоди кеты с некоторыми лососевыми: в июне с неркой (65,1%), а в августе с неркой (80,7%) и симой (71,5%). Между последними видами в августе также отмечено высокое сходство пищи – 68,8%; которое наблюдалось также между кижучем и чавычей – 54,6% (табл. 10 и 12). Изменчивость состава пищи по месяцам практически всех видов была очень высокой, лишь в некоторых случаях сходство пищи превышало треть – только у молоди нерки СП-коэффициент был более 37% (в июне – июле и июне – августе).

Исходя из полученных результатов, в летний период 2018 г. в реке Карымай, по нашему мнению, не обнаружено напряженных пищевых отношений между молодью лососей и колюшек. В данном водоеме у этих рыб выражено разное террито-

риальное поведение с наименьшими плотностями молоди и относительно низкими показателями накормленности.

По мнению К.В. Кузицина с авторами [2015] о сезонной динамике питания и пищевых отношениях молоди лососей установлено: «наименьшее пищевое сходство

между видами почти повсеместно наблюдается в июле». Поэтому СП-коэффициент и степень наполнения желудков у всех рыб в этот период обычно низкие. Так, у молоди кеты она была минимальной – 40‰, и, кроме того, 2/3 особей не питались вовсе (см. табл. 1).

Таблица 10. Сходство состава пищи молоди рыб в июне и июле (СП-коэффициенты)

Table 10. Similarity of fish juveniles' food spectrum in June and July; (SP-coefficient)

Вид	Июнь						
	Кета	Кижуч	Нерка	Сима	Чавыча	Мальма	Трехиглая колюшка
Кета	15,6	9,4	65,1	2,2	16,1	22,4	61,8
Кижуч	63,2	7,6	12,2	0,2	10,6	5,0	14,9
Нерка	32,8	18,6	37,6	6,9	36,4	27,3	44,8
Сима	45,8	39,3	62,3	0,1	1,5	22,0	5,8
Чавыча	41,2	42,1	29,2	43,0	12,4	33,0	18,4
Мальма	62,0	31,9	26,1	29,0	46,0	11,3	10,6
Трехиглая колюшка	35,6	48,1	37,8	54,2	38,3	49,3	7,6
Июль							

Примечание. Количество рыб:

июнь: кета – 38; кижуч – 15; нерка – 34; сима – 22; чавыча – 33; мальма – 13; трехиглая колюшка – 7; всего – 162 экз.;

июль: кета – 21; кижуч – 23; нерка – 2; сима – 8; чавыча – 4; мальма – 10; трехиглая колюшка – 16; всего – 84 экз.

Жирным шрифтом – здесь и далее выделено сходство состава пищи в разные месяцы.

Таблица 11. Сходство состава пищи молоди рыб в июле и августе (СП-коэффициенты)

Table 11. Similarity of fish juveniles' food spectrum in July and August (SP-coefficient)

Вид	Июль						
	Кета	Кижуч	Нерка	Сима	Чавыча	Мальма	Трехиглая колюшка
Кета	7,1	63,2	32,8	45,8	41,2	62,0	35,6
Кижуч	6,3	9,8	18,6	39,3	42,1	31,9	48,1
Нерка	80,7	0,3	23,4	62,3	29,2	26,1	37,8
Сима	71,5	32,8	68,8	1,0	43,0	29,0	54,2
Чавыча	4,6	54,6	2,3	33,1	0,5	46,0	38,3
Мальма	28,7	2,2	18,7	18,7	0,5	4,2	49,3
Трехиглая колюшка	4,1	10,6	0,7	1,0	0,5	4,2	23,0
Август							

Примечание. Количество рыб:

июль: кета – 21; кижуч – 23; нерка – 2; сима – 8; чавыча – 4; мальма – 10; трехиглая колюшка – 16; всего – 84 экз.;

август: кета – 22; кижуч – 30; нерка – 31; сима – 2; чавыча – 2; мальма – 5; трехиглая колюшка – 21; всего – 113 экз.

Таблица 12. Сходство состава пищи молоди рыб в июне и августе (СП-коэффициенты)

Table 12. Similarity of fish juveniles' food spectrum in June and August (SP-coefficient)

Вид	Июнь						
	Кета	Кижуч	Нерка	Сима	Чавыча	Мальма	Трехиглая колюшка
Кета	19,6	9,4	65,1	2,2	16,1	22,4	61,8
Кижуч	6,3	13,8	12,2	0,2	10,6	5,0	14,9
Нерка	80,7	0,3	37,7	6,9	36,4	27,3	44,8
Сима	71,5	32,8	68,8	1,2	1,5	22,0	5,8
Чавыча	4,6	54,6	2,3	33,1	0,8	33,0	18,4
Мальма	28,7	2,2	18,7	18,7	0,5	28,6	10,6
Трехиглая колюшка	4,1	10,6	0,7	1,0	0,5	4,2	11,9
Август							

Примечание. Количество рыб:

июнь: кета – 38; кижуч – 15; нерка – 34; сима – 22; чавыча – 33; мальма – 13; трехиглая колюшка – 7; всего – 162 экз.;

август: кета – 22; кижуч – 30; нерка – 31; сима – 2; чавыча – 2; мальма – 5; трехиглая колюшка – 21; всего – 113 экз.

В это время года (июнь – август) молодь разных видов и разных размерно-возрастных группировок питается множеством кормовых объектов: личинками и куколками хирономид, веснянками, плавунцами, гаммарусами, имаго насекомых, дафниями, поденками, кольчатыми червями и пр. Однако к концу лета – началу осени при сравнении спектров питания в большинстве случаев пищевое сходство молоди возрастает во всех участках речной системы [Павлов и др., 2009; Карпенко, Погорелова, 2016]. Причем переход молоди разных видов на одни и те же кормовые организмы происходит одновременно с возрастанием плотности и биомассы молоди в период перехода некоторых видов от территориального поведения к стайному и формированием многовидовых стай, состоящих из разных по размеру особей, приводящих к резкому повышению накормленности рыб [Кузищин и др., 2015].

Необходимо отметить, что изучение конкуренции предполагает анализ как экологических условий, так и влияния различных факторов среды на развитие кормовой базы, состав ее представителей и количест-

во потребителей. Основной характеристикой любой продуктивной среды обитания в водотоке является ее разнообразие. Однако именно в летний период 2018 г. собрать данные о состоянии кормовой базы молоди лососей и других рыб было невозможно из-за аномально высокого паводка в водотоке. Тем не менее состав пищи рыб и их накормленность могут в полной мере свидетельствовать о таковой, так как именно потребители – рыбы являются самым лучшим «орудием» их лова. Поэтому полученное заключение можно считать достаточно аргументированным.

Хотя выполненные исследования свидетельствуют об отсутствии напряженных пищевых отношений в ихтиоценозе р. Карымай, но исключить возможность их обострения между массовыми видами, например, кижучем, мальмой и кетой, нельзя, поскольку одни (кижуч и мальма) задерживаются в этой части реки на длительный период, а другие (кета, иногда мальма) имеют в некоторые годы высокую численность. Пищевые отношения «хищник – жертва» между молодью рыб отмечены лишь в единичных случаях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Летом 2018 г. гидрологическая обстановка в водотоках вблизи НИП «Карымайский» в течение периода наблюдений была близка к среднемноголетней. Однако массовое таяние снежного покрова и дожди во второй половине лета привели к обычным, хотя и повышенным, паводкам, что вызвало понижение температуры воды в водотоках и изменение гидрохимических характеристик. Это привело к значительным изменениям распределения молоди рыб в водотоках исследуемого района и разреженности подходов взрослых лососей на нерестилища.

Высокие паводки в 2018 г. вызвали высокую миграционную активность молоди рыб, особенно молоди тихоокеанских лососей. В частности, в р. Быстрой встречена более мелкая молодь кеты, нерки и кижуча, тогда как крупные рыбы продолжали нагул в водотоках с относительно низкой скоростью течения. Сходное поведение отмечено и у молоди мальмы, которая также занимала водотоки только с малыми скоростями течения, избегая стремительного потока реки, что характерно практически для всех камчатских водоемов.

Такое поведение молоди рыб приводило к разреженности ее скоплений, обеспечивающих хорошие условия нагула и выживаемость поколений видов в целом. Несомненно, для выяснения роли последнего фактора необходимы исследования других компонентов экосистемы данного района, в частности воздействия наземных зверей и птиц, способных поедать молодь лососевых.

Выполненные исследования трофики и пищевых отношений молоди разных видов свидетельствуют о возможном отсутствии напряженных пищевых отношений в ихтиоценозе р. Карымай в 2018 г. Однако исключить их обострение между массовы-

ми видами (молодь кижуча, мальмы и кеты) нельзя, поскольку одни из них (кижуч и мальма) задерживаются в этой части реки на длительный период, а вторые (кета) в отдельные годы весьма многочисленны. Пищевые отношения «хищник – жертва» между молодь рыб отмечены в единичных случаях.

ЛИТЕРАТУРА

- Грауман Г.Б. 1970. Причины, обуславливающие колебания численности трески и кильки в Балтийском море. *Тез. докл. Всес. совещ. по закономерностям динамики численности и пром. прогнозам*. Москва. С. 12–13.
- Есин Е.В., Чебанова В.В., Леман В.Н. 2009. Экосистема малой лососевой реки Западной Камчатки (среда обитания, донное население и ихтиофауна). Москва: Т-во науч. изд. КМК. 176 с.
- Карпенко В.И., Погорелова Д.П. 2016. Кормовая база и питание молоди некоторых рыб в низовье р. Коль. *Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана*. Вып. 43. С. 24–40.
- Ковцова М.В. 1983. Факторы, определяющие численность отдельных поколений морской камбалы в Баренцево море. *Тез. докл. Всес. совещ. по проблемам раннего онтогенеза рыб*. Калининград. С. 192–193.
- Кузищин К.В., Малютина А.М., Груздева М.А. 2015. Сезонная динамика питания и пищевые отношения молоди лососевых рыб (Salmonidae) в бассейне реки Коль (Западная Камчатка). *Вопросы ихтиологии*. Т. 55. № 3. С. 323–350.
- Лакин Г.Ф. 1980. Биометрия. Москва: Высшая школа. 352 с.
- Материалы по биоразнообразию бассейна реки Коль (Западная Камчатка). 2016.

- Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатГТУ; Камчатпресс. 220 с.
- Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях. 1974. Наука. 254с.
- Павлов Д.С., Савваитова К.А., Кузисчин К.В., Груздева М.А., Стенфорд Д.А. 2009. Состояние и мониторинг биоразнообразия лососевых рыб и среды их обитания на Камчатке (на примере территории заказника «Река Коль»). Москва: Т-во науч. изданий КМК. 152 с.
- Семко Р.С. 1939. Камчатская горбуша. *Известия ТИНРО*. Т. 16. 111 с.
- Семко Р.С. 1954. Запасы западнокамчатских лососей и их промысловое использование. *Известия ТИНРО*. Т. 41. С. 3–109.
- Чебанов Н.А. 1983. Репродуктивное поведение и ассортативное скрещивание – как факторы, регулирующие численность и биологическую структуру популяций тихоокеанских лососей. *Автореферат диссертации ... канд. биол. наук*. Владивосток. 22 с.
- Чебанова В.В. 2009. Бентос лососевых рек Камчатки. Москва: Изд-во ВНИРО. 172 с.
- Шорыгин А.А. 1952. Питание и пищевые взаимоотношения рыб Каспийского моря. Москва: Наука. 252 с.
- the downstream of the Kol river. *Researches of aquatic biological resources of Kamchatka and of the northwest part of Pacific Ocean*. Vol. 43. P. 24–40.
- Kovtsova M.V. 1983. Factors determining the number of individual generations of flounder in the Barents Sea. *Thesis of All-Russian conference on the problems of early fish ontogenesis*. Kaliningrad. P. 192–193.
- Kuzischin K.V., Malyutina A.M., Gruzdeva M.A. 2015. Season dynamic of feeding and food competition of salmon juveniles (Salmonidae) in basin of the Kol river (Western Kamchatka). *Voprosy Ichthyology (Journal of Ichthyology)*. Vol. 55. № 3. P. 323–350.
- Lakin G.F. 1980. Biometry. Moscow: High School. 352 p.
- Materials of biovariability of the Kol river basin (Western Kamchatka). 2016. Petro-pavlovsk-Kamchatsky. KamchatGTU-press. 220 p.
- Methodic guide of investigation of feeding and food competition of fish in the nature. 1974. Science Press. 254 p.
- Pavlov D.S., Savvaitova K.S., Kuzischin K.V., Gruzdeva M.A., Stanford D.A. 2009. State and monitoring of salmon biovariability and nature habit on the Kamchatka (in the reservoir “Kol river”). Moscow: KMK Scientific Press Ltd. 152 p.
- Semko R.S. 1939. Kamchatka pink salmon. *Izvestiya TINRO*. Vol. 16. 111 p.
- Semko R.S. 1954. Salmon stocks of the Western Kamchatka and their commercial use. *Izvestiya TINRO*. Vol. 41. P. 3–109.
- Chebanov N.A. 1983. Reproductive behavior and assortative replacement, as factors regulating abundance and biological structure of the Pacific salmon populations. *Abstract of the candidacy dissertation for biological sciences*. Vladivostok. 22 p.

REFERENCES

- Grouman G.B. 1970. Reasons influencing the dynamics of cod and sprattus in the Baltic Sea. *Thesis of All-Russian conference of dynamic rules and forecast*. Moscow. P. 12–13.
- Esin E.V., Chebanova V.V., Leman V.N. 2009. Ecosystem of small salmon river on the Western Kamchatka (nature of habit, bottom life and ichthyofauna). Moscow: KMK Scientific Press Ltd. 176 p.
- Karpenko V.I., Pogorelova D.P. 2016. Food base and feeding of some fish juveniles in

Chebanova V.V. 2009. Benthos of the salmon rivers of the Kamchatka. Moscow: VNIRO-press. 172 p.

Shorygin A.A. 1952. Feeding and food competition of fish in the Caspian Sea. 1952. Moscow: Science-press. 252 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Карпенко Владимир Илларионович – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; доктор биологических наук; профессор; karpenko_vi@kamchatgtu.ru. Author ID: 338865.

Karpenko Vladimir Illarionovich – Kamchatka State Technical University; 683603, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Biological Sciences; Professor; karpenko_v.i.@kamchatgtu.ru. Author ID: 338865.

Погорелов Евгений Александрович – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; магистрант; pogorelovevgeny123@gmail.ru.

Pogorelov Evgeny Alexandrovich – Kamchatka State Technical University; 683603, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Master course student; pogorelovevgeny123@gmail.ru.

ФЛОРА ВОДОРΟΣЛЕЙ-МАКРОФИТОВ КОМАНДОРСКИХ ОСТРОВОВ: РЕВИЗИЯ-2020. I. CHLOROPHYTA И OCHROPHYTA

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

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

Своеобразное географическое положение Командорских островов, особенности их гидрологии и геоморфологии способствовали развитию здесь своеобразного альгофлористического комплекса. Первые научные сведения о его составе появились еще в позапрошлом веке. Авторы настоящей ревизии критически проанализировали основные научные публикации, содержащие альгофлористическую информацию по этому району, и составили общий список видов, указывавшихся здесь за период 1889–2020 гг. В работе приводится информация о нахождении у Командорских островов 52 видов зеленых и 55 видов бурых водорослей. Особо обсуждается информация, касающаяся представителей порядка Laminariales, составляющих основу подводной растительности островов. Представленный список видов включает цитирование работ, содержащих их упоминание в альгофлоре Командор и краткую характеристику их эколого-биологических и морфологических признаков. Отмечено, что Командорские острова относятся к числу немногих районов российского Дальнего Востока с высоким уровнем альгофлористической изученности*.

Ключевые слова: видовой состав, водоросли-макрофиты, Командорские острова, Chlorophyta, *Hedophyllum sessile*, Ochrophyta.

MARINE BENTHIC ALGAE FROM COMMANDER ISLANDS (REVISION 2020). I. CHLOROPHYTA AND OCHROPHYTA

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

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

In Commander Islands, the peculiar geographic location, hydrology and geomorphology contributed to development of a very peculiar algal floristic complex. First scientific information on species composition in this region appeared in XIX century. In this revision, we analyzed scientific publications containing algal floristic information from this region and composed list of species recorded during 1889–2020. We provided information about 52 green and 55 brown algal species recorded from the Commander Islands. The information concerning representatives of Laminariales is discussed in details, as they form basis of the underwater vegetation. Our species list includes citations of references containing records from the Commander Islands and brief description of their biological and morphological characteristics. As we noted, in Russian Far East, Commander Islands belong to one of the few regions with highly examined algal flora.

Key words: species composition, seaweeds, biodiversity, Commander Islands, Chlorophyta, *Hedophyllum sessile*, Ochrophyta.

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

ВВЕДЕНИЕ

Командорские острова являются окраинными в Алеутской гряде, протянувшейся между Азиатским и Американским континентами. Длительное историческое время они находятся в условиях высокой географической изоляции, поэтому альгофлора этих удаленных от материковых побережий островов весьма интересна для изучения и понимания процессов миграции видов и формирования региональных альгофлористических комплексов в Северной Пацифике. Развитию водорослей вокруг Командорских островов способствует их геоморфология: существование вдоль их берегов многочисленных скалистых пологих платформ с множеством литоральных ванн, разнообразие других типов жестких грунтов. Биоразнообразие водорослей обусловлено разнообразием условий прибойности. Это отмечали в своих работах Е.А. Кардакова-Преженцова [1938], Е.С. Зинова [1940], Т.Ф. Тараканова [1978], В.В. Ошурков с соавторами [1991], Е.А. Иванюшина с соавторами [1991] и другие исследователи.

История изучения водорослей в обсуждаемом районе в позапрошлом и первой половине прошлого веков достаточно подробно описана в работе Е.С. Зиновой [1940]. Во второй половине XX в. макрофиты Командорских островов изучали специалисты Ботанического института РАН им В.К. Комарова, проводившие инвентаризацию альгофлоры дальневосточных морей России. При этом они активно использовали альгологические коллекции, накопленные в БИН РАН. Их диссертации и публикации [Виноградова, 1974, 1979; Петров, 1975; Перестенко, 1996; и др.], посвященные разным таксономическим группам водорослей, содержат результаты ревизии гербария, обработанного Е.С. Зи-

новой [1940]. В начале 70-х гг. экспедиционные исследования у Командорских островов вели также гидробиологи Института биологии моря ДВНЦ АН СССР (ныне ДВО РАН). Данные по видовому составу и распределению водорослей, полученные в ходе обработки собранного материала, были опубликованы в ряде работ [Виноградова, Перестенко, 1978; Тараканова, 1978; Виноградова и др. 1978; Кусакин, Иванова, 1995; Перестенко, 1996, 2001; и др.]. В последующие годы активные флоро-фаунистические исследования у Командорских островов велись гидробиологами Камчатского филиала Института биологии моря (ныне Тихоокеанского института географии).

Первая ревизия альгофлоры обсуждаемого района была выполнена в конце 90-х гг. прошлого века как часть общей работы по изучению альгофлоры дальневосточных морей России [Н. Ключкова, 1998]. Командоры в этом исследовании были одним из 40 участков побережья, выделенных в пределах этой обширной акватории. В их флоре к тому времени было известно 38 видов зеленых и 42 вида бурых водорослей. В опубликованной следом аннотированной библиографии по водорослям Берингова моря и юго-восточной Камчатки Н.Г. Ключкова [N. Klochko, 1998] привела не только валидные виды, их гомотипические и гетеротипические синонимы, но также сомнительные и неправильно определенные виды. Повторно «голым» списком информация по альгофлоре прикамчатских вод, в том числе Командорских островов, была дана в нашей монографии [Ключкова, Березовская, 1997]. Пять видов в этом списке указывались как новые для альгофлоры этого района.

Многолетние альгологические исследования у Командорских островов провели О.Н. Селиванова и Г.Г. Жигадлова [Селиванова, Жигадлова, 2000, 2003, 2015;

Selivanova, Zhigadlova, 1993, 1997a, 1997b, 1999, 2013; и др.]. В своих публикациях авторы указали новые для альгофлоры района виды, предложили новые номенклатурные комбинации. Данные этих исследователей расширили список видов командорской альгофлоры обширным перечнем водорослей, имеющих микроскопические размеры. Отметим, что зеленые и бурые микзоэпифиты и микроэндофиты являются одними из наиболее сложных для таксономической обработки групп водорослей. В практике современных альгологических исследований для их идентификации широко используют методы лабораторного культивирования в чистых культурах и секвенирования.

В ходе подготовки настоящей работы был составлен полный список видов, ныне известных для альгофлоры Командорских островов. В нем отражены современные представления о систематике зеленых и бурых водорослей, их родовой принадлежности, учтены произошедшие за последнее десятилетие номенклатурные изменения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В настоящей работе представлен список зеленых и бурых водорослей. Он составлен на основе критического анализа научной литературы, содержащей указания на их нахождение у Командорских островов. В настоящее время это несколько кандидатских и докторских диссертаций, монографий, статьи в научных сборниках, российских и зарубежных журналах, материалы и тезисы конференций. Из этого обширного перечня в таблице 1 указаны публикации, основанные на результатах оригинальных исследований. В ней не цитируются материалы нескольких диссертаций с упоминанием водорослей Командорских островов, упомянутая выше анноти-

рованная библиография [Klochkova, 1998], компилятивные альгофлористические сводки [Гусарова, Семкин, 1986; Кусакин и др. 1997; Ушаков, 1953], ряд статей и тезисов, дублирующие флористическую информацию, опубликованную в более ранних работах тех же авторов.

В работе были также использованы водорослевые сборы А.В. Климовой у о. Беринга в августе 2013, июле 2016 и 2019 гг. а также Н.Г. Клочковой и А.В. Климовой в сентябре 2020 г. Экспедиционные исследования в 2020 г. были выполнены при поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-04-00285 А, направленного на изучение ламинариевых водорослей российского Дальнего Востока. Виды, собранные нами у о. Беринга в сентябре 2020 г., в таблице 1 отмечены звездочками.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Ниже в таблице 1 приводятся результаты обобщения альгофлористических и альготаксономических данных по водорослям-макрофитам Командорских островов, опубликованных с 1889 по 2020 гг. в разрозненных литературных источниках. Они дополнены данными собственных исследований. В указанной таблице для каждого вида наряду с цитированием работ, содержащих упоминание о его нахождении у Командорских островов, дана его краткая характеристика: частота встречаемости, продолжительность жизни, зона произрастания, образ жизни и морфотип. По частоте встречаемости виды разделены на пять групп: массовые, часто встречающиеся, редко встречающиеся, единично встречающиеся и единичные находки; по образу жизни – на четыре группы: эпифиты, эпифиты, эндофиты, эпизоиды; по зоне произрастания – на произрастающие только на литорали, на литорали и в сублито-

ральной кайме; в широком диапазоне глубин – на литорали и в сублиторали, только в сублиторали. По продолжительности жизни они разделены на эфемеры, одно-

летники, ложные однолетники, многолетники. Все многообразие их морфотипов сведено к нескольким группам, выделенным в нашей работе [Клочкова, 1998].

Таблица 1. Список видов зеленых и бурых водорослей Командорских островов и характеризующие их признаки

Table 1. List of green and brown seaweeds from Commander Islands and their characteristics

№	Вид	Характеристика вида	Ссылки на литературные данные с указанием синонимов
Отдел CHLOROPHYTA			
1.	<i>Codium ritteri</i> Setchell et Gardner	Редкий. Нижняя сублитораль. Многолетний. Эпилит. Мягкая корка	Setchell, Gardner, 1920, p. 169. Зинова, 1940, с. 185, как <i>C. adhaerens</i> , цит. по: Виноградова, 1979. Виноградова, 1979, с. 22. Перестенко, 1996, с. 94. Клочкова, Березовская, 1997, с. 145. Selivanova, Zhigadlova, 1997a, p. 3; 2013, p. 3. Селиванова, Жигадлова, 2000, с. 73; 2003, с. 177; 2015, с. 791
2.	<i>Derbesia marina</i> (Lyngbye) Solier	Единичная находка. Нижняя литораль. Эфемер. Эпилит. Пузыревидный	Selivanova, Zhigadlova, 1997a, p. 3, как <i>Halicystis ovalis</i> . Клочкова, Березовская, 1997, с. 145, как <i>H. ovalis</i> . Селиванова, Жигадлова, 2000, с. 73. Клочкова и др., 2009, с. 18, как <i>H. ovalis</i>
3.	<i>Chaetomorpha linum</i> (Müller) Kützinger	Часто. Литораль. Неразветвленные нити. Эфемер. Часто не прикрепленный	Зинова, 1940, как <i>Chaetomorpha spiralis</i> f. <i>recta</i> , цит. по: Виноградова, 1979. Клочкова, Березовская, 1997, с. 145. Selivanova, Zhigadlova, 1997a, p. 3. Селиванова, Жигадлова, 2003, с. 177
4.	<i>Chaetomorpha melagonium</i> * (Weber et Mohr) Kützinger	Редкий. Литораль. Неразветвленные нити. Ложный однолетник. Эпилит	Kjellman, 1889, p. 8. Кардакова-Преженцова, 1938, с. 99. Зинова, 1940, с. 183, как <i>C. melagonium</i> , как <i>C. spiralis</i> и как <i>C. torta</i> f. <i>moniliformis</i> , цит. по: Виноградова, 1979. Виноградова, 1979, с. 45. Клочкова, Березовская, 1997, с. 145. Селиванова, Жигадлова, 2003, с. 177. Клочкова и др., 2009, с. 24
5.	<i>Chaetomorpha cannabina</i> * (Areschoug) Kjellman	Часто. Литораль. Неразветвленные нити. Эфемер. Часто не прикрепленный	Зинова, 1940, с. 183. Selivanova, Zhigadlova, 1997a, p. 3, как <i>Chaetomorpha ligustica</i> . Селиванова, Жигадлова, 2003, с. 177; 2015, с. 79, как <i>Chaetomorpha ligustica</i>
6.	<i>Cladophora speciosa</i> Sakai	Редкий. Литораль, верхняя сублитораль. Нитчатый кустик. Эфемер. Эпилит	Зинова, 1940, с. 182, как <i>C. crispata</i> var. <i>virescens</i> цит. по: Виноградова, 1979, с. 34. Клочкова, Березовская, 1997, с. 145. Selivanova, Zhigadlova, 1997a, p. 3. Селиванова, Жигадлова, 2003, с. 178
7.	<i>Rhizoclonium riparium</i> (Roth) Harvey	Редкий. Обычно супралитораль. Слабо ветвящиеся нити. Эфемер. Эпилит	Зинова, 1940, с. 185. Виноградова, 1979, с. 40. Клочкова, Березовская, 1997, с. 145. Selivanova, Zhigadlova, 1997a, p. 3. Селиванова, Жигадлова, 2003, с. 178
8.	<i>Rhizoclonium tortuosum</i> (Dillwyn) Kützinger	Часто. Литораль. Нити. Эфемер. Эпилит	Kjellman, 1889, p. 55. Зинова, 1940, с. 183. Виноградова и др., 1978, с. 151. Тараканова, 1978, с. 67
9.	<i>Ulothrix flacca</i> (Dillwyn) Thuret	Часто. Литораль. Нити. Эфемер. Эпилит	Клочкова, Березовская, 1997, с. 145. Selivanova, Zhigadlova, 1993, p. 68; 1997a, p. 4; 1999, p. 96. Селиванова, Жигадлова, 2003, с. 178
10.	<i>Ulothrix pseudoflacca</i> Wille	Часто. Литораль. Нити. Эфемер. Эпилит	Selivanova, Zhigadlova, 1993, p. 68; 1997a, p. 4; 1999, p. 96
11.	<i>Endophyton ramosum</i> Gardner	Редкий. Эфемер. Микроэндофит	Селиванова, Жигадлова, 2013, с. 3

Продолжение таблицы 1

№	Вид	Характеристика вида	Ссылки на литературные данные с указанием синонимов
12.	<i>Epicladia flustrae</i> Reinke	Часто. Микроэпифит или микроэндозоид. Эфемер	Клочкова, Березовская, 1997, с. 146, как <i>Entocladia flustrae</i> . Selivanova, Zhigadlova, 1993, p. 68; 1997a, p. 4; 1999, p. 96, во всех случаях как <i>E. flustrae</i> . Селиванова, Жигadlova, 2003, с. 179; 2015, с. 791
13.	<i>Entocladia viridis</i> Reinke	Часто. Эфемер. Микроэпифит	Клочкова, Березовская, 1997, с. 146. Selivanova, Zhigadlova, 1993, p. 68; 1997a, p. 4; 1999, p. 96. Селиванова, Жигadlova, 2000, с. 74; 2003, с. 178
14.	<i>Acrochaete apiculata</i> (Setchell et Gardner) O'Kelly	Единичная находка. Эфемер. Микроэндофит	Selivanova, Zhigadlova, 2013, p. 2
15.	<i>Acrochaete geniculata</i> (Gardner) O'Kelly	Единичная находка. Эфемер. Микроэндофит	Selivanova, Zhigadlova, 2013, p. 2
16.	<i>Ulvella lens*</i> P.Crouan et H.Crouan	Единичная находка. Эфемер. Микроэпифит или эпизоид	Selivanova, Zhigadlova, 2013, p. 3
17.	<i>Ulvella geniculata</i> (Gardner) Nielsen et al.	Редко. Эфемер. Микроскопический эпифит или эндофит	Selivanova, Zhigadlova, 2013, p. 2, как <i>Acrochaete geniculata</i> . Селиванова, Жигadlova, 2015, с. 791
18.	<i>Ulvella ramosa</i> (Gardner) Nielsen et al.	Редко. Эфемер. Микроэндофит	Selivanova, Zhigadlova, 2013, p. 2, как <i>Acrochaete ramosa</i> . Селиванова, Жигadlova, 2015, с. 791
19.	<i>Ulvella repens</i> (Pringsheim) Nielsen et al.	Редко. Эфемер. Микроэндофит	Selivanova, Zhigadlova, 2013, p. 3, как <i>Acrochaete repens</i>
20.	<i>Ulvella scutata</i> (Reinke) Nielsen et al.	Редко. Эфемер. Микроэпифит	Selivanova, Zhigadlova, 2013, p. 3, как <i>Pringsheimiella scutata</i>
21.	<i>Ulvella prostrata</i> Gardner	Единичная находка. Микроэпифит	Selivanova, Zhigadlova, 2013, p. 3. Селиванова, Жигadlova, 2015, с. 791
22.	<i>Ulvella pterosiphoniae</i> (Nagai) Selivanova et Zhigadlova	Частый. Микроэпифит или эпизоид	Виноградова и др., 1978, с. 150. Виноградова, 1979, с. 67. Клочкова, Березовская, 1997, с. 146, как <i>Entocladia pterosiphoniae</i> . Selivanova, Zhigadlova, 2013, p. 3. Селиванова, Жигadlova, 2015, с. 791, во всех случаях как <i>Entocladia pterosiphonia</i>
23.	<i>Zygomitus reticulatus</i> Bornet et Flahault	Единичная находка. Эфемер. Микроэндофит	Selivanova, Zhigadlova, 2013, p. 2
24.	<i>Acrosiphonia arcta</i> (Dillwyn) J. Agardh	Редко. Литораль, сублиторальная кайма. Ложный однолетник. Эпилит. Нитчатый кустик	Kjellman, 1889, p. 8, как <i>Spongomorpha arcta</i> . Кардакова-Преженцова, 1938, с. 99, как <i>S. arcta</i> и как <i>S. hystrix</i> . Клочкова, Березовская, 1997, с. 146. Selivanova, Zhigadlova, 1997a, p. 4. Селиванова, Жигadlova, 2000, с. 74. Перестенко, 2001, с. 59
25.	<i>Acrosiphonia duriuscula*</i> (Ruprecht) Yendo	Массовый. Литораль. Эпилит. Ложный однолетник. Нитчатый кустик	Зинова, 1940, с. 182, как <i>Spongomorpha spinescens</i> pr. p., цит. по: Виноградова, 1979. Тараканова, 1978, как <i>Acrosiphonia sonderi</i> . Виноградова и др., 1978, как <i>A. sonderi</i> . Клочкова, Березовская, 1997, с. 146. Selivanova, Zhigadlova, 1997a, p. 4. Селиванова, Жигadlova, 2000, с. 74; 2003, с. 179, во всех случаях как <i>Spongomorpha duriuscula</i> . Перестенко, 2001, с. 59, как <i>A. sonderi</i>
26.	<i>Acrosiphonia ochotensis</i> (Tokida) Vinogradova	Редко. Литораль, сублиторальная кайма. Эфемер. Нитчатый кустик. Эпилит или эпифит	Зинова, 1940, с. 182, как <i>Spongomorpha spinescens</i> pr. p. и как <i>S. Lanosa</i> , цит. по: Виноградова, 1979. Виноградова, 1979, с. 93. Клочкова, Березовская, 1997, с. 146. Selivanova, Zhigadlova, 1997a, p. 4. Селиванова, Жигadlova, 2003, с. 179

Продолжение таблицы 1

№	Вид	Характеристика вида	Ссылки на литературные данные с указанием синонимов
27.	<i>Acrosiphonia saxatilis</i> * (Ruprecht) Vinogradova	Массовый. Литораль. Эфемер. Эпилит. Нитчатый кустик	Зинова, 1940, с. 182, как <i>Spongomorpha saxatilis</i> . Клочкова, Березовская, 1997, с. 146
28.	<i>Urospora penicilliformis</i> (Roth) Areschoug	Массовый. Литораль, супралитораль. Эфемер. Эпилит. Однорядные неразветвленные нити	Кардакова-Преженцова, 1938, с. 99. Зинова, 1940, с. 185. Виноградова, Перестенко, 1978, с. 73. Виноградова, 1979, с. 78. Тараканова, 1978, с. 64. Клочкова, Березовская, 1997, с. 146. Selivanova, Zhigadlova, 1997a, p. 4. Перестенко, 2001, с. 60. Селиванова, Жигadlova, 2003, с. 179. Клочкова и др., 2009, с. 36
29.	<i>Urospora vancouveriana</i> (Tilden) Scagel	Редко. Литораль. Весенний эфемер. Однорядные неразветвленные нити. Эпилит	Зинова, 1940, с. 184, как <i>Chaetomorpha torta</i> f. <i>moniliformis</i> и как <i>C. spiralis</i> f. <i>recta</i> , цит. по: Виноградова, 1979. Виноградова, 1979, с. 81. Клочкова, 1993, с. 54. Клочкова, Березовская, 1997, с. 146. Selivanova, Zhigadlova, 1997a, p. 4. Селиванова, Жигadlova, 2003, с. 180
30.	<i>Urospora wormsjoeldii</i> * (Mertens) Rosenvinge	Массовый. Литораль, супралитораль. Эфемер. Эпилит. Неразветвленные нити	Виноградова и др., 1978, с. 151. Кусякин, Иванова, 1995, с. 101. Клочкова, Березовская, 1997, с. 146. Selivanova, Zhigadlova, 1997a, p. 4. Селиванова, Жигadlova, 2003, с. 180. Клочкова и др., 2009, с. 32
31.	<i>Chlorochytrium inclusum</i> * Kjellman	Частый. Одноклеточный эндофит. Эфемер	Кардакова-Преженцова, 1938, с. 99. Виноградова, 1979, с. 92. Selivanova, Zhigadlova, 1997a, p. 4. Селиванова, Жигadlova, 2000, с. 73; 2015, с. 91
32.	<i>Chlorochytrium schmitzii</i> Rosenvinge	Единичная находка. Одноклеточный эндофит. Эфемер	Виноградова, 1979, с. 53. Клочкова, Березовская, 1997, с. 146
33.	<i>Codiolum cylindraceum</i> Foslie	Единичная находка. Литораль. Эфемер. Эпилит. Ценоцитный, одноклеточный	Кардакова-Преженцова, 1938, с. 98. Зинова, 1940, с. 186. Клочкова, Березовская, 1997, с. 146
34.	<i>Codiolum gregarium</i> * Braun	Частый. Литораль. Эфемер. Эпилит. Ценоцитный, одноклеточный	Кардакова-Преженцова, 1938, с. 98. Зинова, 1940, с. 187. Виноградова, 1979, с. 50. Клочкова, Березовская, 1997, с. 146. Selivanova, Zhigadlova, 1997a, p. 3. Перестенко, 2001, с. 63
35.	<i>Pseudothrix borealis</i> Hanic et Lindstrom	Массовый. Литораль. Эфемер. Эпилит. Образует заросли. Неразветвленные полые трубки	Виноградова, 1969, с. 1351; 1973, с. 34; 1974, с. 60. Клочкова, Березовская, 1997, с. 146. Selivanova, Zhigadlova, 1997a, p. 4. Селиванова, Жигadlova, 2000, с. 76; 2003, с. 181. Перестенко, 2001, с. 62. Во всех цитированных выше случаях указывался как <i>Capsosiphon groenlandicum</i>
36.	<i>Blidingia minima</i> * (Nägeli ex Kützing) Kylin	Массовый. Литораль. Эфемер. Эпилит. Образует заросли. Неразветвленные полые трубки	Кардакова-Преженцова, 1938, с. 99, как <i>Enteromorpha compressa</i> , цит. по: Виноградова, 1974. Зинова, 1940, с. 152, как <i>Monostroma groenlandicum</i> , цит. по: Виноградова, 1974. Виноградова, 1974, с. 60; 1979, с. 106. Виноградова, Перестенко, 1978, с. 73. Виноградова и др., 1978, с. 150. Клочкова, Березовская, 1997, с. 146. Selivanova, Zhigadlova, 1997a, p. 4. Селиванова, Жигadlova, 2000, с. 75; 2003, с. 180. Перестенко, 2001, с. 58
37.	<i>Blidingia subsalsa</i> (Kjellman) Kornmann et Sahling ex Scagel et al.	Редкий. Литораль. Эфемер. Трубчатый, разветвленный. Эпилит или не прикрепленный	Виноградова, 1974, с. 62. Виноградова и др., 1978, с. 150. Клочкова, Березовская, 1997, с. 146. Во всех случаях как <i>Blidingia minima</i> f. <i>subsalsa</i> . Selivanova, Zhigadlova, 1997a, p. 4. Селиванова, Жигadlova, 2000, с. 75; 2003, с. 180

Продолжение таблицы 1

№	Вид	Характеристика вида	Ссылки на литературные данные с указанием синонимов
38.	<i>Monostroma grevillei</i> * (Thuret) Wittrock	Массовый. Литораль, эпицит, часто как эпифит. Эфемер. Вначале пузырь, затем однослойная пластина	Кардакова-Преженцова, 1938, с. 98. Зинова, 1940, с. 179, как <i>M. grevillei</i> и как <i>M. crispatum</i> . Виноградова, 1974, с. 39; 1979, с. 97. Тараканова, 1978, с. 70. Клочкова, Березовская, 1997, с. 146. Selivanova, Zhigadlova, 1997a, p. 5. Селиванова, Жигадлова, 2000, с. 75; 2003, с. 180. Перестенко, 2001, с. 58
39.	<i>Kornmannia zostericola</i> (Tilden) Bliding	Частый. Литораль, часто как эпифит. Эфемер. Однослойная пластина	Виноградова, Перестенко, 1978, с. 74. Виноградова и др., 1978, с. 150. Клочкова, Березовская, 1997, с. 146. Selivanova, Zhigadlova, 1997a, p. 5, как <i>K. leptoderma</i> . Перестенко, 2001, с. 58. Селиванова, Жигадлова, 2003, с. 181, как <i>K. leptoderma</i> . Клочкова и др., 2009, с. 52
40.	<i>Protomonostroma undulatum</i> (Wittrock) Vinogradova	Редкий. Литораль, часто как эпифит. Однослойная пластина. Эфемер	Виноградова, Перестенко, 1978, с. 74. Виноградова и др., 1978, с. 150. Клочкова, Березовская, 1997, с. 146. Перестенко, 2001, с. 58. Клочкова и др., 2009, с. 48
41.	<i>Ulva clathrata</i> * (Roth) C. Agardh	Массовый. Литораль. Часто образует заросли. Эфемер. Разветвленные трубчатые кустики	Зинова, 1940, с. 178. Nagai, 1940, с. 14. Виноградова и др., 1978, с. 151. Selivanova, Zhigadlova, 1993, p. 68; 1997a, p. 5; 1999, p. 96. Клочкова, Березовская, 1997, с. 146. Селиванова, Жигадлова, 2003, с. 181. Во всех случаях указывалась как <i>Enteromorpha clathrata</i>
42.	<i>Ulva linza</i> * Linnaeus	Массовый, в зарослях или куртинами. Эфемер. Литораль. Эпилит. Вытянутые двухслойные пластинки	Kjellman, 1889, p. 52. Кардакова-Преженцова, 1938, с. 98. Зинова, 1940, с. 177. Виноградова, 1974, с. 90. Тараканова, 1978, с. 73. Клочкова, Березовская, 1997, с. 146. Selivanova, Zhigadlova, 1997a, p. 5. Перестенко, 2001, с. 62. Селиванова, Жигадлова, 2003, с. 181. Во всех случаях указывалась как <i>Enteromorpha linza</i>
43.	<i>Ulva flexuosa</i> (Wulfen ex Roth) J. Agardh	Редкий. Литораль. Эпилит. Эфемер. Трубчатый кустик	Selivanova, Zhigadlova, 1993, p. 69; 1997a, p. 5; 1999, p. 96. Селиванова, Жигадлова, 2003, с. 181. Во всех случаях как <i>Enteromorpha flexuosa</i>
44.	<i>Ulva procera</i> (Ahlnern) Hayden et al.	Редкий. Литораль. Эпилит. Эфемер. Разветвленные трубчатые кустики	Клочкова, Березовская, 1997, с. 146, как <i>Enteromorpha procera</i> . Selivanova, Zhigadlova, 1993, p. 68; 1997a, p. 5; 1999, p. 96. Селиванова, Жигадлова, 2003, с. 181. Во всех случаях как <i>E. ahlnerniana</i>
45.	<i>Ulva prolifera</i> * Müller	Литораль. Часто образует заросли. Эфемер. Разветвленные трубчатые кустики	Кардакова-Преженцова, 1938, с. 98, как <i>Enteromorpha compressa</i> . Зинова, 1940, с. 178, как <i>E. fascia</i> , цит. по: Виноградова, 1974. В последующих случаях указывалась как <i>Enteromorpha prolifera</i> : Виноградова, 1974, с. 94. Клочкова, Березовская, 1997, с. 146. Selivanova, Zhigadlova, 1997a, p. 5. Селиванова, Жигадлова, 2003, с. 181
46.	<i>Ulva prolifera</i> f. <i>simplex</i> (Vinogradova) Vinogradova	Часто. Литораль. Как типовая форма	Виноградова, 1979, с. 112, как <i>Enteromorpha prolifera</i> f. <i>simplex</i>
47.	<i>Ulva fenestrata</i> Postels et Ruprecht	Массовый. Литораль, сублитораль. Эпилит, Редко как эпифит. Двуслойная пластина	Kjellman, 1889, p. 53, как <i>U. rigida</i> . Кардакова-Преженцова, 1938, с. 98, как <i>U. lactuca</i> . Зинова, 1940, с. 178, как <i>U. fenestrata</i> и как <i>U. lactuca</i> . Виноградова, 1974, с. 148. Куракин, Иванова, 1995, с. 101. Тараканова, 1978, с. 67. Клочкова, Березовская, 1997, с. 146. Selivanova, Zhigadlova, 1997a, p. 5. Селиванова, Жигадлова, 2000, с. 76; 2003, с. 182; 2015, с. 791, как <i>Ulva lactuca</i> Перестенко, 2001, с. 58

Продолжение таблицы 1

№	Вид	Характеристика вида	Ссылки на литературные данные с указанием синонимов
48.	<i>Percursaria percura</i> (C.Agardh) Rosenvinge	Редкий. Литораль, сублитораль. Эпилит. Эфемер. Двурядные нити	Виноградова, 1979, с. 108. Виноградова и др., 1978, с. 151. Клочкова, Березовская, 1997, с. 146. Selivanova, Zhigadlova, 1997a, p. 4. Селиванова, Жигадлова, 2003, с. 182
49.	<i>Ulvaria splendens*</i> Ruprecht	Массовый. Литораль, сублитораль. Эпилит. Эфемер. Однослойная пластина	Kjellman, 1889, p. 54, как <i>Monostroma splendens</i> и как <i>M. fuscum</i> . Кардакова-Преженцова, 1938, с. 98, как <i>M. crepidium</i> , цит. по: Е.Зинова, 1941. Виноградова, 1974, с. 77. Тараканова, 1978, с. 68. Перестенко, 1996, с. 94; 2001, с. 58. Клочкова, Березовская, 1997, с. 146. Кусакин, Иванова, 1995, с. 101. Selivanova, Zhigadlova, 1997a, p. 5. Селиванова, Жигадлова, 2000, с. 77; 2003, с. 182
50.	<i>Prasiola borealis*</i> Reed	Массовый в районе птичьих базаров и местах их обитания. Супралитораль. Ложный однолетник. Однослойные пластинки	Гурьянова, 1935, с. 68. Кардакова-Преженцова, 1938, с. 99, как <i>P. borealis</i> и как <i>P. crispa</i> . Зинова, 1940, с. 180, как <i>P. borealis</i> и как <i>P. crispa</i> , цит. по: Виноградова, 1979. Виноградова, Перестенко, 1978, с. 74. Виноградова и др., 1978, с. 151. Кусакин, Иванова, 1995, с. 101. Клочкова, Березовская, 1997, с. 146. Selivanova, Zhigadlova, 1997a, p. 4. Перестенко, 2001, с. 63. Селиванова, Жигадлова, 2003, с. 182
51.	<i>Rosenvingiella polyrhiza</i> (Rosenvinge) Silva	Редкий. Эпифит или эпилит. Эфемер. Супралитораль. Многорядные нити	Клочкова и др., 2009, с. 78. Selivanova, Zhigadlova, 2013, p. 3. Селиванова, Жигадлова, 2015, с. 791
52.	<i>Schizogonium murale</i> Kützting	Единичная находка. Супралитораль. Эфемер	Виноградова, 1979, с. 123. Клочкова, Березовская, 1997, с. 147
Отдел OCHROPHYTA			
53.	<i>Ectocarpus siliculosus</i> (Dillwyn) Lyngbye	Массовый. Формирует заросли. Литораль. Эфемер. Эпифит или эпилит. Кустики	Клочкова, Березовская, 1997. Selivanova, Zhigadlova, 1993, p. 69, как <i>E. confervoides</i> ; 1997b, p. 9, как <i>E. arctus</i> . Селиванова, Жигадлова, 2003, с. 183, как <i>E. arctus</i> .
54.	<i>Laminariocolax tomentosum*</i> (Farlow) Kylin	Частый. Эпифит. Эфемер. Литораль, сублитораль. Кустики до 3 мм высоты	Вид, новый для альгофлоры Командорских островов
55.	<i>Pylaiella littoralis*</i> (Linnaeus) Kjellman	Массовый. Формирует заросли Литораль. Эфемер. Эпифит или эпилит. Кустики	Kjellman, 1889, p. 8. Зинова, 1940, с. 187. Виноградова и др., 1978, с. 151. Тараканова, 1978, с. 68. Клочкова, Березовская, 1997, с. 147. Selivanova, Zhigadlova, 1997b, p. 9. Перестенко, 2001, с. 59. Селиванова, Жигадлова, 2003, с. 183
56.	<i>Compsonema serpens</i> Setchell et Gardner	Единичная находка. Микроскопический эпифит или эндофит	Selivanova, Zhigadlova, 2013. с. 4
57.	<i>Hecatonema primum</i> (Setchell et Gardner) Loiseaux	Единичная находка. Микроскопический эпифит или эндофит	Selivanova, Zhigadlova, 2013. p. 4
58.	<i>Myrionema balticum</i> (Reinke) Foslie	Единичная находка. Микроскопический эпифит или эндофит	Selivanova, Zhigadlova, 2013, p. 4. Селиванова, Жигадлова, 2015, с. 791
59.	<i>Myrionema magnusii</i> (Sauvageau) Loiseaux	Единичная находка. Микроэпифит	Selivanova, Zhigadlova, 2013. p. 4. Селиванова, Жигадлова, 2015, с. 791

Продолжение таблицы 1

№	Вид	Характеристика вида	Ссылки на литературные данные с указанием синонимов
60.	<i>Streblonema corymbiferum</i> Setchell et Gardner	Единичная находка. Микроэпифит	Клочкова, Березовская, 1997, с. 147
61.	<i>Streblonema evagatum</i> Setchell et Gardner	Единичная находка. Микроэндофит	Selivanova, Zhigadlova, 2013. p. 4. Селиванова, Жигадлова, 2015, с. 791
62.	<i>Streblonema myrionematoides</i> Setchell Gardner	Единичная находка. Микроэндофит	Selivanova, Zhigadlova, 2013. p. 5. Селиванова, Жигадлова, 2015, с. 791
63.	<i>Streblonema scabiosum</i> Setchell et Gardner	Единичная находка. Микроэндофит	Selivanova, Zhigadlova, 2013. p. 5
64.	<i>Leathesia marina</i> * (Lyngbye) Decaisne	Частый. Литораль. Эпифит. Однолетний. Хрящеватый сморщенный пузырь	Клочкова, Березовская, 1997, с. 147. Selivanova, Zhigadlova, 1993, p. 69; 1997b, p. 9; 1999, p. 97. Перестенко, 2001, с. 62. Селиванова, Жигадлова, 2003, с. 183. Во всех указанных выше случаях как <i>Leathesia difformis</i>
65.	<i>Petrospongium rugosum</i> * (Okamura) Setchell et Gardner	Редко. Эпилит. Однолетний. Хрящеватая сморщенная корка	Е. Зинова, 1940, с. 192. Клочкова, Березовская, 1997, с. 147
66.	<i>Leptonematella fasciculata</i> (Reinke) Silva	Единичная находка Литораль. Эфемер	Selivanova, Zhigadlova, 1993, p. 68; 1997b, p. 9; 1999, p. 97. Клочкова, Березовская, 1997, с. 147. Селиванова, Жигадлова, 2003, с. 183
67.	<i>Elachista tenuis</i> Yamada	Редкий. Литораль. Эфемер. Эпифит. Пучки нитей	Клочкова, Березовская, 1997, с. 147. Selivanova, Zhigadlova, 1993, p. 69; 1997b, p. 9; 1999, p. 97. Селиванова, Жигадлова, 2003, с. 183
68.	<i>Chordaria okhotskensis</i> * N. Klochkova et G.H. Kim	Единичная находка. Литораль. Эпилит. Шнуровидные кустики	Новый для альгофлоры Командорских островов
69.	<i>Chordaria flagelliformis</i> * (Müller) C. Agardh	Массовый. Литораль. Однолетний. Эпилит. Шнуровидные кустики	Кардакова-Преженцова, 1938, с. 101. Зинова, 1940, с. 191. Виноградова и др., 1978, с. 152. Тараканова, 1978, с. 67. Клочкова, Березовская, 1997, с. 147. Selivanova, Zhigadlova, 1997b, p. 9. Селиванова, Жигадлова, 2000, с. 77; 2003, с. 183. Перестенко, 2001, с. 58
70.	<i>Saundersella simplex</i> (Saunders) Kylin	Редкий. Литораль, Облигатный эпифит. Эфемер. Неразветвленные шнуры	Виноградова и др., 1978, с. 152. Клочкова, Березовская, 1997, с. 147. Перестенко, 2001, с. 58
71.	<i>Lithoderma fatiscens</i> * Areschoug	Редкий. Литораль. Эпилит. Многолетний. Корки	Зинова, 1940, с. 192. Клочкова, Березовская, 1997, с. 147
72.	<i>Analipus filiformis</i> * (Ruprecht) Wynne	Массовый. Литораль. Ложный многолетник. Лопастные корки	Kjellman, 1889, p. 7, как <i>A. fusiformis</i> , цит. по: Wynne, 1971. Setchell, 1899, p. 591, как <i>A. fusiformis</i> , цит. по: Lindstrom, 1977. Зинова, 1940, с. 191, как <i>Chordaria abietina</i> pr. p. и как <i>A. fusiformis</i> . Клочкова, Березовская, 1997, с. 147
73.	<i>Analipus japonicus</i> (Harvey) Wynne	Массовый. Литораль. Эпилит. Однолетний. Кустик с ветвями первого порядка	Кардакова-Преженцова, 1938, с. 101, как <i>Chordaria abietina</i> . Виноградова и др., 1978, с. 151. Клочкова, Березовская, 1997, с. 147. Selivanova, Zhigadlova, 1997b, p. 11. Перестенко, 2001, с. 58. Селиванова, Жигадлова, 2003, с. 183

Продолжение таблицы 1

№	Вид	Характеристика вида	Ссылки на литературные данные с указанием синонимов
74.	<i>Ralfsia fungiformis</i> * (Gunnerus) Setchell et Gardner	Частый. Литораль, сублитораль. Эпилит. Многолетний. Веерообразные налегающие корки	Kjellman, 1889, p. 7, как <i>R. deusta</i> , цит. по: Lindstrom, 1977. Кардакова-Преженцова, 1938, с. 101, как <i>R. deusta</i> и как <i>R. clavata</i> , цит. по: Зинова, 1941. Зинова, 1940, с. 202. Виноградова и др., 1978, с. 151. Кусакин, Иванова, 1995, с. 101. Клочкова, Березовская, 1997, с. 147. Selivanova, Zhigadlova, 1997b, p. 10. Селиванова, Жигadlova, 2000, с. 78; 2003, с. 184. Перестенко, 2001, с. 58
75.	<i>Ralfsia verrucosa</i> (Areschoug) J. Agardh	Частый. Литораль. Однолетний. Эпилит. Коркообразный	Виноградова и др., 1978, с. 151. Клочкова, Березовская, 1997, с. 147. Селиванова, Жигadlova, 2003, с. 184
76.	<i>Ruprechtella filiformis</i> * (Ruprecht) Yendo	Часто. Литораль. Эпилит. Ложный однолетник. Трубки	Клочкова, Березовская, 1997, с. 147, как <i>Melanosiphon intestinalis</i> , цит. по: Перестенко, 2007
77.	<i>Delamarea attenuata</i> (Kjellman) Rosenving	Редко. Литораль. Эфемер. Эпилит	Selivanova, Zhigadlova, 1993, p. 69; 1997b, p. 9; 1999, p. 97
78.	<i>Stictyosiphon tortilis</i> (Ruprecht) Reinke	Единичная находка	Виноградова, Перестенко, 1978, с. 72. Клочкова, Березовская, 1997, с. 148
79.	<i>Coilodesme bulligera</i> Strömfelt	Редкий. Литораль. Эфемер. Однолетний. Полый тонкостенный мешок	Кардакова-Преженцова, 1938, с. 100. Зинова, 1940, с. 188. Виноградова и др., 1978, с. 152. Кусакин, Иванова, 1995, с. 101. Клочкова, Березовская, 1997, с. 148. Selivanova, Zhigadlova, 1997b, p. 10. Селиванова, Жигadlova, 2003, с. 184. Lindeberg, Lindstrom, 2010, p. 48. Перестенко, 2001, с. 57
80.	<i>Coilodesme fucicola</i> (Yendo) Nagai	Редкий. Сублитораль. Облигатный эпифит. Эфемер. Уплощенный тонкостенный мешок	Nagai, 1940, p. 63. Tokida, 1954, с. 110, как <i>C. bulligera</i> f. <i>fucicola</i> . Клочкова, 1993, с. 156. Клочкова, Березовская, 1997, с. 148. Selivanova, Zhigadlova, 1997b, p. 10. Клочкова и др., 2009, с. 128. Селиванова, Жигadlova, 2003, с. 184, как <i>Coilodesme californica</i>
81.	<i>Dictyosiphon foeniculaceus</i> * (Hudson) Greville	Массовый. Литораль, сублитораль. Однолетний. Разветвленный кустик	Kjellman, 1889, p. 48. Зинова, 1940, с. 190. Кардакова-Преженцова, 1938, с. 100. Виноградова и др., 1978, с. 152. Клочкова, Березовская, 1997, с. 148. Selivanova, Zhigadlova, 1997b, p. 10. Перестенко, 2001, с. 62. Селиванова, Жигadlova, 2003, с. 185
82.	<i>Dictyosiphon hippuroides</i> (Lyngbye) Kützting	Частый. Литораль, сублиторальная кайма. Однолетний. Эпилит. Кустик	Kjellman, 1889, p. 50. Setchell, 1899, p. 59. Клочкова, Березовская, 1997, с. 148. Selivanova, Zhigadlova, 1997b, p. 10. Селиванова, Жигadlova, 2000, с. 78; 2003, с. 185
83.	<i>Petalonia fascia</i> (Müller) Kuntze	Массовый. Литораль. Эпилит. Однолетний. Многослойные пластинки	Зинова, 1940, с. 188, как <i>Phyllitis fascia</i> . Кардакова-Преженцова, 1938, с. 100, как <i>P. fascia</i> . Клочкова, Березовская, 1997, с. 148. Selivanova, Zhigadlova, 1997b, p. 10. Селиванова, Жигadlova, 2003, с. 185
84.	<i>Petalonia zosterifolia</i> (Reinke) Kuntze	Единичное указание. Эпилит. Литораль. Узкие пластинки	Гусарова, Семкин, 1986, с. 786. Клочкова, Березовская, 1997, с. 148
85.	<i>Scytosiphon lomentaria</i> * (Lyngbye) Link	Массовый. Литораль. Эпилит. Ложный однолетник. Полые перегнутые трубки	Kjellman, 1889, p. 7. Setchell, 1899, p. 591. Кардакова-Преженцова, 1938, с. 100. Зинова, 1940, с. 189. Виноградова и др., 1978, с. 152. Тараканова, 1978, с. 67. Клочкова, Березовская, 1997, с. 145. Selivanova, Zhigadlova, 1997b, p. 10, как <i>S. simplicissimus</i> . Селиванова, Жигadlova, 2000, с. 79; 2003, с. 185. Перестенко, 2001, с. 59
86.	<i>Scytosiphon dotyi</i> * Wynne	Редко. Литораль. Эпилит. Полые неперегнутые трубки	Selivanova, Zhigadlova, 2013, p. 5

Продолжение таблицы 1

№	Вид	Характеристика вида	Ссылки на литературные данные с указанием синонимов
87.	<i>Soranthera ulvoidea</i> * Postels et Ruprecht	Редкий. Литораль. Облигатный эпифит. Эфемер. Тонкостенные пузыри	Kjellman, 1889, p. 7. Кардакова-Преженцова, 1938, с. 100, как <i>Colpomenia sinuosa</i> . Зинова, 1940, с. 189. Nagai, 1940, p. 57. Виноградова и др., 1978, с. 152. Виноградова, Перестенко, 1978, с. 74. Клочкова, Березовская, 1997. Selivanova, Zhigadlova, 1997b, p. 10. Перестенко, 2001, с. 58. Селиванова, Жигадлова, 2003, с. 184. Lindeberg, Lindstrom, 2010, p. 50
88.	<i>Compsonema serpens</i> Setchell et Gardner	Единичная находка. Микроэпифит	Selivanova, Zhigadlova, 2013. p. 5
89.	<i>Desmarestia intermedia</i> * Postels et Ruprecht	Частый. Эпилит. Сублитораль. Многолетний. Крупные кусты	Гайл, 1936, с. 31. Кардакова-Преженцова, 1938, с. 100. Зинова, 1940, с. 190. Selivanova, Zhigadlova, 1997b, p. 10; 2013, p. 7. Во всех случаях вид указывался как <i>Desmarestia aculeata</i> . Виноградова и др., 1978, с. 152. Иванюшина и др., 1991, с. 158. Клочкова, Березовская, 1997, с. 148. Селиванова, Жигадлова, 2000, с. 79; 2003, с. 186, 2015, с. 791, во всех случаях как <i>D. aculeata</i>
90.	<i>Desmarestia kurilensis</i> Yamada	Редкий. Сублитораль. Многолетний. Крупные кусты	Клочкова, Березовская, 1997, с. 148, как <i>Desmarestia latifrons</i> . Selivanova, Zhigadlova, 1997b, p. 10, как <i>D. ligulata</i> . Селиванова, Жигадлова, 2000, с. 79 и 2003, с. 186, как <i>D. ligulata</i> . Перестенко, Заходнова, 2008, с. 1121, как <i>D. latifrons</i> . Клочкова и др., 2009, с. 146
91.	<i>Desmarestia viridis</i> (Müller) Greville	Частый. Эпилит. Сублитораль. Многолетний. Крупные кусты	Зинова, 1940, с. 190. Oshurkov, Ivanjushina, 1993, p. 98. Клочкова, Березовская, 1997, с. 148, как <i>Dichloria viridis</i> . Selivanova, Zhigadlova, 1997b, p. 10. Селиванова, Жигадлова, 2003, с. 186
92.	<i>Agarum clathratum</i> Dumortier	Массовый. Нижняя сублитораль. Многолетний. Сложнодифференцированный: пластина, черешок, ризоиды. Эпилит	Кардакова-Преженцова, 1938, с. 102, как <i>A. turneri</i> . Зинова, 1940, с. 195, как <i>A. turneri</i> и как <i>A. pertusum</i> . Петров, 1975, с. 46. Петров, 1975, с. 45, как <i>A. cribrosum</i> . Селиванова, 1987, с. 116, как <i>A. cribrosum</i> . Иванюшина и др., 1991, с. 158, как <i>A. cribrosum</i> . Ошурков и др., 1991, с. 180, как <i>A. cribrosum</i> . Перестенко, 1996, с. 95. Клочкова, Березовская, 1997, с. 148. Selivanova, Zhigadlova, 1997b, p. 11; 2013, p. 2. Селиванова, Жигадлова, 2003, с. 187; 2015, с. 791
93.	<i>Agarum turneri</i> * Postels et Ruprecht	Частый. Нижняя сублитораль. Много- летний. Сложнодиф- ференцированный	Петров, 1975, с. 45, как <i>A. cribrosum</i> . Клочкова, Березовская, 1997, с. 148. Селиванова, Жигадлова, 2015, с. 791. Selivanova, Zhigadlova, 2013, p. 3
94.	<i>Cymathaere triplicata</i> (Postels et Ruprecht) J. Agardh	Редкий. Эпилит. Сублитораль. Многолетний. Сложнодифференцированный: пластина, черешок, подошва	Kjellman, 1889, p. 7. Гайл, 1936, с. 31. Кардакова-Преженцова, 1938, с. 102. Зинова, 1940, с. 199. Nagai, 1940, с. 86. Петров, 1973а, с. 124; 1975, с. 45. Виноградова и др., 1978, с. 152. Иванюшина и др., 1991. Клочкова, 1993, с. 162. Куракин, Иванова, 1995, с. 101. Селиванова, Жигадлова, 2000, с. 81; 2003, с. 187. Selivanova, Zhigadlova, 1997b, p. 11. Перестенко, 2001, с. 57. Клочкова и др., 2009, с. 158
95.	<i>Hedophyllum bongardianum</i> * (Postels et Ruprecht) Yendo	Массовый. Эпилит. Сублитораль. Многолетний. Сложнодифференцированный: пластина, черешок, ризоиды	Kjellman, 1889, p. 7, как <i>Laminaria bongardiana</i> , как <i>L. bullata</i> и как <i>L. nigripes</i> , цит. по: Петров, 1972. Кардакова-Преженцова, 1938, с. 101, как <i>L. bongardiana</i> . Зинова, 1940, с. 195, 198, как <i>L. bongardiana</i> и как <i>L. bullata</i> . Nagai, 1940, p. 80, как <i>L. taeniata</i> и как <i>Streptophyllum spirale</i> . Алфимов, Петров, 1972, с. 697, как <i>L. bongardiana</i> f. <i>taeniata</i> ,

Продолжение таблицы 1

№	Вид	Характеристика вида	Ссылки на литературные данные с указанием синонимов
			<i>L. bongardiana f. bifurcata</i> , <i>L. bongardiana f. sub-simplex</i> . Далее во всех случаях указывалась как <i>Laminaria bongardiana</i> : Петров, 1972, с. 55; 1975, с. 45. Виноградова, Перестенко, 1978, с. 72. Иванюшина, Ошурков, 1991, с. 103. Иванюшина, Жигадлова, 1994, с. 374. Кусакин, Иванова, 1995, с. 101. Перестенко, 1996, с. 95; 2001, с. 57. Клочкова, Березовская, 1997, с. 148. Selivanova, Zhigadlova, 1997b, p. 11; 2013, p. 4. Селиванова, Жигадлова, 2000, с. 82; 2003, с. 188; 2015, с. 791, как <i>Saccharina bongardiana</i> . Клочкова и др., 2009, с. 160, как <i>S. bongardiana</i> . Селиванова, 2020, с. 272
96.	<i>Hedophyllum subsessile*</i> (Areschoug) Setchell	Массовый. Литораль. Эпилит. Многолетний. Сложнодифференцированный: пластина, черешок, ризоиды	Кардакова-Преженцова, 1938, с. 101. Зинова, 1940, с. 198. Петров, 1972, с. 55; 1973а, с. 124, как <i>L. bongardiana f. subsessilis</i> . Selivanova, Zhigadlova, 1997b, p. 11, как <i>L. bongardiana f. subsessilis</i> . Клочкова и др., 2009, с. 162, как <i>S. bongardiana f. subsessilis</i> . Климова и др., 2020, с. 211. Перестенко, 2001, с. 57, как <i>L. bongardiana f. subsessilis</i>
97.	<i>Hedophyllum sessile*</i> (C. Agardh) Setchell	Эпилит. Сублитораль. Многолетний. Сложнодифференцированный: пластина, ризоиды	Зинова, 1940, с. 195. Тараканова, 1978, с. 68. Selivanova, Zhigadlova, 1997b, p. 11. Lindeberg, Lindstrom, 2010, p. 74, как <i>Saccharina sessilis</i>
98.	<i>Hedophyllum dentigerum *</i> (Kjellman) Starko, S.C. Lindstrom et Martone	Массовый. Литораль. Эпилит. Многолетний. Сложнодифференцированный: пластина, черешок, ризоиды	Зинова, 1940, с. 195, как <i>Laminaria dentigera</i> и как <i>L. digitata</i> . Гурьянова, 1935, с. 69. Кардакова-Преженцова, 1938, с. 101. Nagai, 1940, p. 82. Tokida, 1954, p. 120. Алфимов, Петров, 1972, с. 697. Петров, 1973а, с. 124; 1975, с. 45. Виноградова и др., 1978, с. 152. Клочкова, Березовская, 1997, с. 148. Selivanova, Zhigadlova, 1997b, p. 11; 2013, p. 2, как <i>L. dentigera</i> . Селиванова, Жигадлова, 2000, с. 82; 2003, с. 188. Во всех случаях указывалась как <i>L. dentigera</i> . Селиванова, Жигадлова, 2015, с. 791. Селиванова 2020, с. 272
99.	<i>Laminaria longipes *</i> Bory	Массовый. Литораль, сублитораль. Эпилит. Многолетний. Сложнодифференцированный: пластина, черешок, ризоиды	Kjellman, 1889, p. 7. Setchell, 1899, p. 591. Гурьянова, 1935, с. 69. Гайл, 1936, с. 3. Кардакова-Преженцова, 1938, с. 101. Зинова, 1940, с. 196. Nagai, 1940, p. 67. Алфимов, Петров, 1972, с. 697. Петров, 1973а, с. 124; 1975, с. 45. Виноградова и др., 1978, с. 152. Виноградова, Перестенко, 1978, с. 73. Кусакин, Иванова, 1995, с. 101. Тараканова, 1978, с. 72. Иванюшина и др., 1991, с. 158. Ошурков и др., 1991, с. 181, как <i>L. longipes (sinclarii?)</i> . Клочкова, Березовская, 1997, с. 148. Selivanova, Zhigadlova, 1997b, p. 11. Селиванова, Жигадлова, 2000, с. 83; 2003, с. 189; 2015, с. 791. Перестенко, 2001, с. 57. Клочкова и др., 2009, с. 168
100.	<i>Laminaria yezoensis*</i> Miyabe	Частый. Эпилит. Сублитораль. Многолетний. Сложнодифференцированный: пластина, черешок, подошва	Кардакова-Преженцова, 1938, с. 101, как <i>L. palmaeformis</i> . Петров, 1973а, с. 124; 1975, с. 44. Виноградова и др., 1978, с. 152. Иванюшина и др., 1991, с. 158. Кусакин, Иванова, 1995, с. 101. Клочкова, Березовская, 1997, с. 148. Selivanova, Zhigadlova, 1997b, p. 11. Перестенко, 2001, с. 57. Селиванова, Жигадлова, 2003, с. 189. Клочкова и др., 2009, с. 170

Окончание таблицы 1

№	Вид	Характеристика вида	Ссылки на литературные данные с указанием синонимов
101.	<i>Thalassiophyllum clathrus</i> * (Gmelin) Postels et Ruprecht	Массовый. Эпилит. Литораль, сублитораль. Многолетний. Сложнодифференцированный: пластина, черешок, ризоиды	Kjellman, 1889, p. 7. Setchell, 1899, p. 591. Зинова, 1940, с. 202. Гурьянова, 1935, с. 69. Гайл, 1936, с. 31. Кардакова-Преженцова, 1938, с. 102. Nagai, 1940, с. 103. Петров, 1973а, с. 124; 1975, с. 46. Ошурков и др., 1991, с. 180. Иванюшина и др., 1991, с. 159. Перестенко, 1996, с. 94; 2001, с. 57. Клочкова, Березовская, 1997, с. 148. Selivanova, Zhigadlova, 1997b, p. 11. Селиванова, Жигадлова, 2000, с. 83; 2003, с. 189
102.	<i>Nereocystis luetkeana</i> * (Mertens) Postels et Ruprecht	Мигрант, практически всегда без пластинчатой части. Достаточно часто в летний период. В выбросах	Гайл, 1936, с. 31. Кардакова-Преженцова, 1938, с. 102. Зинова, 1940, с. 201. Петров, 1975, с. 47. Кусякин, Иванова, 1995, с. 101. Selivanova, Zhigadlova, 1997b, p. 11; 2013, p. 5. Селиванова, Жигадлова, 2000, с. 84; 2003, с. 189. Клочкова и др., 2009, с. 191
103.	<i>Eualaria fistulosa</i> * (Postels et Ruprecht) Wynne	Массовый. Нижняя сублитораль. Многолетний. Сложнодифференцированный: пластина с септированной жилкой, черешок, спорофиллы, ризоиды. Эпилит	Kjellman, 1889, p. 7. Зинова, 1940, с. 194. Гурьянова, 1935, с. 68. Гайл, 1936, с. 31. Кардакова-Преженцова, 1938, с. 102. Nagai, 1940, p. 105. Петров, 1975, с. 46. Виноградова и др., 1978, с. 153. Тараканова, 1978, с. 65. Кусякин, Иванова, 1995, с. 101. Перестенко, 1996, с. 95; 2001, с. 57. Клочкова, Березовская, 1997, с. 148. Selivanova, Zhigadlova, 1997b, p. 10. Селиванова, Жигадлова, 2000, с. 80; 2003, с. 187; 2015, с. 791. Во всех случаях указывалась как <i>Alaria fistulosa</i> . Селиванова, 2020, с. 272
104.	<i>Alaria esculenta</i> * (Linnaeus) Greville <i>sensu lato</i>	Массовый. Литораль, верхняя сублитораль. Эпилит. Многолетний. Сложнодифференцированный: пластина с несептированной жилкой, черешок, спорофиллы, ризоиды	Kjellman, 1889, p. 36, 39, 40, как <i>Alaria angusta</i> , как <i>A. taeniata</i> , как <i>A. crispa</i> , как <i>A. lanceolata</i> и как <i>A. laticosta</i> , цит. по: Петров, 1973б, с. 124. Зинова, 1940, с. 193, как <i>A. angusta</i> . Nagai, 1940, с. 114, как <i>A. angusta</i> . Widdowson, 1971, p. 25, как <i>A. angusta</i> . Алфимов, Петров, 1972, с. 697, как <i>Alaria marginata</i> . Петров, 1973а, с. 124; 1973б, с. 56; 1975, с. 46. Во всех случаях указывалась как <i>A. angusta</i> и как <i>A. marginata</i> . Виноградова и др., 1978, с. 153, как <i>A. angusta</i> . Тараканова, 1978, с. 72, как <i>A. angusta</i> . Селиванова, 1987, с. 125, как <i>A. angusta</i> . Иванюшина и др., 1991, с. 164, как <i>A. angusta</i> . Кусякин, Иванова, 1995, с. 101, как <i>A. angusta</i> . Клочкова, Березовская, 1997, с. 148, как <i>A. angusta</i> и как <i>A. marginata</i> . Selivanova, Zhigadlova, 1997b, p. 10, как <i>A. angusta</i> и как <i>A. marginata</i> . Селиванова, Жигадлова, 2000, с. 80; 2003, с. 186; 2015, с. 791, во всех случаях указывался как <i>A. angusta</i> и/или как <i>A. marginata</i> . Перестенко, 2001, с. 57, как <i>A. angusta</i>
105.	<i>Sphacelaria rigidula</i> Kützting	Единичная находка. Эфемер. Эпифит. Нитчатые кустики	Селиванова, Жигадлова, 2003, с. 190
106.	<i>Sphacelaria cirrosa</i> (Roth) C. Agardh	Единичная находка. Эфемер. Эпифит. Нитчатые кустики	Селиванова, Жигадлова, 2003, с. 190
107.	<i>Fucus distichus</i> * Linnaeus	Массовый. Литораль. Эпилит. Многолетний. Уплощенные дихотомически разветвленные кусты	Гурьянова, 1935, с. 70. Кардакова-Преженцова, 1938, с. 102. Алфимов, Петров, 1972, с. 697. Петров, 1975, с. 47. Виноградова и др., 1978, с. 153. Тараканова, 1978, с. 65. Иванюшина и др., 1991, с. 164. Клочкова, Березовская, 1997, с. 149. Selivanova, Zhigadlova, 1997b, p. 11; 2013, p. 8. Селиванова, Жигадлова, 2000, с. 84; 2015, с. 791. Перестенко, 2001, с. 58. Во всех случаях вид указывался как <i>F. evanescens</i>

Анализ таблицы 1 показывает, что командорская альгофлора в настоящее время включает в свой состав 52 вида зеленых (это намного больше, чем в большинстве других районов российского Дальнего Востока) и 55 видов бурых водорослей. Ее, безусловно, можно считать одной из наиболее изученных в дальневосточных морях России в отношении указанных выше отделов.

В научной литературе по Командорским островам кроме видов, приведенных в таблице 1, указываются еще несколько видов, не учтенных в составленном нами списке зеленых и бурых водорослей. Одни из них, как это ныне известно, являются тепловодными и в холодоумеренных водах западной Пацифики не встречаются, другие были указаны у Командорских островов ошибочно на основании неверного определения образцов. Перечень неправильно определенных и сомнительных видов с указанием литературных источников, в которых они были упомянуты, приведен

в таблице 2. Он включает 10 зеленых и 11 бурых водорослей, в том числе 9 представителей порядка Laminariales. Это представители родов *Alaria*, *Chorda*, *Costaria*, *Arthrothamnus* и *Laminaria*.

Основанием для исключения из состава командорской флоры представителей рода *Alaria* послужили данные проведенного нами молекулярно-генетического анализа, показавшего, что в северо-западной Пацифике этот род представлен одним видом, близким к *A. esculenta* [Климова, 2018; Т. Клочкова и др., 2019]. Род *Costaria* исключен из альгофлоры Командорских островов потому, что начиная с 40-х гг. прошлого века он здесь никем не отмечался. Образцы, определенные Е.С. Зиновой как *Costaria turneri*, в гербарии БИН нами не обнаружены. Ю.Е. Петров [1975], использовавший для ревизии дальневосточных ламинариевых материалы Е.С. Зиновой, тоже не указывал *Costaria* у Командорских островов.

Таблица 2. Список сомнительных и неправильно определенных видов

Table 2. List of doubtful and wrongfully identified species

Отдел Chlorophyta	Отдел Ochrophyta
1. <i>Cladophora crispata</i> (Roth) Kützinger: Зинова, 1940.	1. <i>Alaria lanceolata</i> Kjellman: Кардакова-Преженцова, 1938; Зинова, 1940.
2. <i>Cladophora utriculosa</i> Kützinger: Зинова, 1940.	2. <i>Alaria laticosta</i> Kjellman: Кардакова-Преженцова, 1938; Зинова, 1940.
3. <i>Enteromorpha compressa</i> (Linnaeus) Greville: Кардакова-Преженцова, 1938.	3. <i>Alaria praelonga</i> Kjellman: Kjellman, 1889.
4. <i>Enteromorpha intestinalis</i> (Linnaeus) Link: Зинова, 1940.	4. <i>Arthrothamnus bifidus</i> (Gmelin) J. Agardh: Гайл, 1936; Клочкова, Березовская, 1997.
5. <i>Monostroma crassiuscula</i> Kjellman: Kjellman, 1889; Зинова, 1940.	5. <i>Laminaria cuneifolia</i> J. Agardh: Зинова, 1940.
6. <i>Monostroma crepidium</i> Farlow: Кардакова-Преженцова, 1938.	6. <i>Laminaria gurjanovae</i> Zinova: Selivanova, Zhigadlova, 1997b; Иванюшина и др., 1991.
7. <i>Monostroma crispatum</i> Kjellman: Кардакова-Преженцова, 1938; Зинова, 1940.	7. <i>Chorda filum</i> (Linnaeus) Lamouroux: Ушаков, 1953; Клочкова, Березовская, 1997.
8. <i>Monostroma vahlii</i> J. Agardh: Зинова, 1940.	8. <i>Costaria costata</i> (C. Agardh) Saunders: Селиванова, Жигадлова, 2003.
9. <i>Prasiola fluviatilis</i> (Sommerfelt) Areschoug: Зинова, 1940.	9. <i>Costaria turneri</i> Greville: Зинова, 1940.
10. <i>Spongomorpha lanosa</i> (Roth) Kützinger: Кардакова-Преженцова, 1938.	10. <i>Ralfsia clavata</i> (Carm.) Farlow: Кардакова-Преженцова, 1938.
	11. <i>Sphacelaria fulcigera</i> : Зинова, 1940.

Ошибочно в списке альгофлоры Командорских островов отмечались виды *Chorda filum* и *Laminaria gurjanovae*. Хорду для этого района впервые указала А.Д. Зинова в своем списке водорослей, опубликованном в книге П.В. Ушакова [1953]; Ключкова, Березовская [1997] повторили эту ошибочную информацию. Также *L. gurjanovae* у Командор была указана О.Н. Селивановой и Г.Г. Жигадловой [Selivanova, Zhigadlova, 1997b]. В их более поздних альгофлористических работах она уже не упоминалась. Мы также ни разу за весь период работы на о. Беринга не встречали там ни *C. filum*, ни *L. gurjanovae*.

Arthrothamnus bifidus широко распространен у восточной Камчатки и Курильских островов. Специалистами, собиравшими водоросли у Командорских островов и публиковавшими результаты их изучения, он не отмечался. Сомнительно, что Г.И. Гайл, указавший этот вид в командорской альгофлоре [Гайл, 1936], имел образцы этого вида, собранные у Командор, поскольку он сам не исследовал их альгофлору. Сотрудница его лаборатории Е.А. Кардакова-Преженцова, работая на Командорах, также не нашла там *A. bifidus* и не упомянула его в своей работе, опубликованной в 1938 г.

Тем не менее о. Беринга до сих пор указывается в качестве типового местобитания *A. bifidus* в *algaebase.org*. [Guiry, Guiry, 2020], и в описании его распространения наряду с о. Беринга в базе указываются Алеутские острова. Остров Беринга и Камчатка отмечаются как типовое местобитание *A. bifidus* и в другой электронной базе данных – *Index Nominum Algarum* [Silva, 2020]. С. Линдстром [Lindstrom, 1977], ссылаясь на работу В.А. Сетчела и Н.Л. Гарднера [Setchell, Gardner, 1925], отмечала *A. bifidus* на Алеутских островах и Аляске. В ее более поздней работе

[Lindeberg, Lindstrom, 2010] этот вид в североамериканской альгофлоре уже не упоминался.

Анализ другой научной литературы, касающейся распространения *A. bifidus*, показал следующее. Этот вид был описан в альгологической сводке С.Г. Гмелина «*Historia fucorum*» как *Fucus bifidus* [Gmelin, 1768, p. 201]. В ней С.Г. Гмелин отметил, что протокол и рисунок вида были сделаны им на основе изучения образца, собранного Г.В. Стеллером у берегов Камчатки во время Второй Камчатской экспедиции (1733–1743 гг.) [Gmelin, 1768, pl. XXIX: fig. 2]. На сегодняшний день достоверно известен один собранный Г. Стеллером образец *F. bifidus*. Он депонирован в гербарии Шведского музея естественного (Стокгольм, S) под номером A36649. На сайте Sweden's Virtual Herbarium [Sweden's Virtual Herbarium, 2020] приведена информация об этом образце, в частности о том, что на его этикетке отмечено «Herb. J.E. Areschoug. ... Ex insula Bering, loco clas...or», сборщиками указаны Г.В. Стеллер и С.Г. Гмелин, хотя последний, как известно, никогда не посещал Камчатку и Командорские острова.

Ссылка на этикетке стокгольмского образца *A. bifidus* на гербарий Д.Е. Аресшуга дает основание предполагать, что один из образцов этого вида каким-то образом попал в его коллекцию. Описывая распространение *A. bifidus*, Д.Е. Аресшуг указал в своей работе Камчатку, о. Беринга, а также Алеутские острова [Areschoug, 1884, p. 14]. При этом он сослался на работу А. Постельса и Ф.И. Рупрехта, в которой в описании *A. bifidus* сказано: «Стеллер видел его также у о. Беринга» [Postels, Ruprecht, 1840, p. 10]. Вышесказанное показывает, что в настоящее время имеется лишь ссылка на нахождение *A. bifidus* у Командорских островов, однако ни

в одном из гербариев мира нет его образцов, собранных там. На этом основании о. Беринга нельзя считать типовым местообитанием этого вида.

Таковым о. Беринга является для других представителей ламинариевых водорослей. Так, Ф.Р. Челльман [Kjellman, 1889] на основании собранных здесь аларий описал *Alaria laticosta*, *A. praelonga*, *A. lanceolata*, *A. taeniata*, *A. angusta* и *Hedophyllum* (= *Saccharina*) *dentigerum*, а Д.Е. Арешуг [Areschoug, 1883], используя его командорские сборы, для вида *Hafgygia bongardiana* описал форму *subsessilis*. Позже она была отнесена к самостоятельному виду и переведена в род *Hedophyllum* как *H. subsessilis* [Setchell, 1901].

Изучение морфологии командорских аларий показывает, что они представлены здесь двумя морфотипами, которые различаются между собой формой спорофиллов и размерами пластин. Один из морфотипов формирует литоральные заросли (рис., 1). Спорофиллы у его представителей имеют клиновидное основание и не имеют петиолей (рис., 2). Растения второго морфотипа встречаются в сублиторальной зоне. Проведенные нами исследования [Климова, 2018] показали, что, несмотря на высокую морфологическую изменчивость, все указывавшиеся в прикамчатских водах представители рода *Alaria* на филогенетических деревьях объединяются в одну группу с *A. esculenta*. Мы полагаем, что описанные Ф.Р. Челльманом виды этого рода являются ее синонимами.

Выше уже говорилось, что геоморфология, климатические и гидрологические условия Командорских островов способствуют развитию в их литоральной зоне видов *Thalassiophyllum clathrus*, *Eualaria fistulosa* и *Laminaria yezoensis* [Перестенко, 2001], которые в соседних районах побережья встречаются только в нижней суб-

литорали. Массовые заросли в нижнем горизонте литорали формирует также *L. longipes* (рис., 3).

Некоторые исследователи [Зинова, 1940; Тараканова, 1978] указывали в альгофлоре Командорских островов *H. sessile*. Однако Ю.Е. Петров [1975], Л.П. Перестенко [2001], О.Н. Селиванова и Г.Г. Жигадлова [2003], Клочкова и др. [2009] и другие считали, что он здесь отсутствует. Проведенный нами в 2020 г. специальный поиск этого вида показал, что *H. sessile* здесь встречается и является достаточно обычным. От *H. subsessilis* (рис., 5, 6) он хорошо отличается отсутствием черешка (рис., 4).

Saccharina dentigera в работе С. Старко с соавторами [Starko et al., 2019] была переведена в род *Hedophyllum*. Отметим, что в указанном выше исследовании были использованы образцы *S. dentigera*, собранные в районе весьма удаленном от типового местообитания этого вида: Командорские острова, о. Беринга (рис., 7).

В альгофлоре Командорских островов, как это видно из таблицы 1, встречаются два вида агарумов – *A. turneri* (рис., 8) и *A. clathratum*. Проведенные нами в разные годы полевые исследования свидетельствуют о том, что первый из них является наиболее распространенным, второй встречается крайне редко. Подобная ситуация, согласно устному сообщению С. Линдстром, наблюдается и у североамериканского побережья.

В ходе изучения командорской альгофлоры нам достаточно часто в береговых выбросах попадалась гигантская ламинариевая водоросль *Nereocystis luetkeana* (рис., 9). Е.С. Зинова [1940] на основании данных Е.Ф. Гурьяновой [1935] указала ее как представителя аборигенной флоры. В гербарии БИН РАН сохранился образец *N. luetkeana* (№ LE A 0000120), на оригинальной этикетке которого рукой

Е.Ф. Гурьяновой написано: «*Nereocystis luetkeana* (Mert.) Post. et Rupr. о-в Беринга, каменистый грунт сублиторальной зоны. Произрастает массами вокруг острова,

из. под названием “бобровой капусты”». После этого указания никто этот вид у Командорских островов в растущем состоянии не находил.



Ламинариевые водоросли, встречающиеся у побережья острова Беринга: 1 – литоральные заросли *Alaria esculenta* sensu lato; 2 – нижняя часть слоевища литоральной формы *A. esculenta*; 3 – клоновые растения *Laminaria longipes*; 4 – *Hedophyllum sessile*; 5, 6 – *Hedophyllum subsessile*; 7 – групповое произрастание *Hedophyllum dentigerum*; 8 – *Agarum turneri*; 9 – заносный с Алеутских островов вид *Nereocystis luetkeana*

Kelp species collected from Bering Islands: 1 – plants of *Alaria esculenta* sensu lato from the subtidal zone; 2 – basal part of *A. esculenta* sporophyte; 3 – group of *Laminaria longipes*; 4 – *Hedophyllum sessile*; 5, 6 – *Hedophyllum subsessile*; 7 – group of *Hedophyllum dentigerum*; 8 – *Agarum turneri*; 9 – invasive species *Nereocystis luetkeana* from Aleutian Islands

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование дает основание говорить о том, что командорская альгофлора зеленых и бурых водорослей является одной из самых богатых в прикамчатских водах. Она включает виды, которые в пределах российского Дальнего Востока известны только в этом районе. Это *H. sessile* и ряд микроскопических эпи- и эндофитов. Нами к известному ранее составу водорослей добавлены *Chordaria okhotskensis* и *Laminariocolax tomentosum*. С учетом этих новых находок общий список зеленых и бурых водорослей достигает 107 видов. В работе дано обоснование изъятию из списка командорской альгофлоры девяти видов ламинариевых водорослей. Впервые дано документальное подтверждение присутствию в ней *H. sessile*. Впервые проиллюстрированы другие командорские ламинариевые.

БЛАГОДАРНОСТИ

В проведении экспедиционных исследований в 2020 г. неоценимую помощь в сборе материала оказали сотрудники ФГБУ «Государственный природный биосферный заповедник “Командорский” им. С.В. Маракова» и лично директор заповедника, к.ю.н. А.В. Кузнецова и заместитель директора по научной работе, к.б.н. Е.Г. Мамаев, за что авторы настоящей статьи выражают им свою глубокую благодарность.

ЛИТЕРАТУРА

Алфимов Н.Н., Петров Ю.Е. 1972. О биологических и биохимических особенностях некоторых ламинариевых и фукусовых водорослей (Phaeophyta) острова Беринга (Командорские острова).

Ботанический журнал. Т. 57. № 6. С. 697–700.

Виноградова К.Л. 1969. К систематике порядка Ulvales (Chlorophyta). *Ботанический журнал*. Т. 54. С. 1347–1355.

Виноградова К.Л. 1973. Видовой состав водорослей литорали и сублиторали северо-западной части Берингова моря. *Новости систематики низших растений*. Т. 10. С. 32–44.

Виноградова К.Л. 1974. Ульвовые водоросли (Chlorophyta) морей СССР. Ленинград: Наука. 112 с.

Виноградова К.Л. 1979. Определитель водорослей дальневосточных морей СССР. Зеленые водоросли. Ленинград: Наука. 145 с.

Виноградова К.Л., Ключкова Н.Г., Перестенко Л.П. 1978. Список водорослей литорали восточной Камчатки и западной части Берингова моря. В кн. *Литораль Берингова моря и юго-восточной Камчатки*. Москва: Наука. С. 150–155.

Виноградова К.Л., Перестенко Л.П. 1978. Основные закономерности распределения водорослей на литорали западной части Берингова моря. *Тезисы докладов сов.-амер. симпозиума по программе биологической продуктивности и биохимии Мирового океана «Закономерности распределения и экология прибрежных биоценозов»*. Ленинград: Наука. С. 72–75.

Гайл Г.И. 1936. Ламинариевые водоросли дальневосточных морей. *Вестник Дальневосточного филиала АН СССР*. № 19. С. 31–65.

Гурьянова Е.Ф. 1935. Командорские острова и их прибрежная фауна и флора. *Природа*. № 11. С. 64–72.

Гусарова И.С., Семкин Б.И. 1986. Сравнительный анализ флор макрофитов некоторых районов северной части Тихо-

- го океана с использованием теоретико-графовых методов. *Ботанический журнал*. Т. 71. № 6. С. 781–789.
- Зинова Е.С. 1940. Морские водоросли Командорских островов. *Труды Тихоокеанского комитета*. Т. 5. С. 165–243.
- Зинова Е.С. 1941. Критические заметки к статье Кардаковой-Преженцовой «Водоросли Командорских островов». *Советская ботаника*. Т. 4. С. 130–131.
- Иванюшина Е.А., Жигадлова Г.Г. 1994. Биология *Laminaria bongardiana* на литорали о-ва Беринга (Командорские о-ва). *Биология моря*. Т. 20. № 5. С. 374–380.
- Иванюшина Е.А., Ошурков В.В. 1991. Влияние интенсивности промысловой ламинарии на темпы ее восстановления. *Тезисы докладов всесоюзной конференции «Рациональное использование биоресурсов Тихого океана»*. С. 103–104.
- Иванюшина Е.А., Ржавский А.В., Селиванова О.Н., Ошурков В.В. 1991. Структура и распределение сообществ бентоса мелководий Командорских островов. В кн.: *Природные ресурсы Командорских островов (снабжение, состояние, вопросы охраны и использования)*. Москва: Пресса национального университета. С. 155–170.
- Кардакова-Преженцова Е.А. 1938. Водорослевая растительность Командорских островов. *Известия ТИНРО*. Т. 14. С. 77–108.
- Климова А.В. 2018. Род *Alaria* Greville (Phaeophyceae, Laminariales) в прикамчатских водах: видовой состав, экология и биология развития. *Диссертация ... канд. биол. наук*. Петропавловск-Камчатский. 162 с.
- Климова А.В., Ключкова Н.Г., Ключкова Т.А. 2020. Род *Hedophyllum* (Laminariales, Phaeophyceae) в прикамчатских водах. *Материалы XXI междуна-*
- родной научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*. С. 209–213.
- Ключкова Н.Г. 1993. Морские водоросли-макрофиты. В кн.: *Редкие растения Камчатской области и их охрана*. Петропавловск-Камчатский: Камчатское отделение Дальневосточного книжного издательства. С. 152–199.
- Ключкова Н.Г. 1998. Водоросли-макрофиты дальневосточных морей России. *Диссертация ... д-ра биол. наук*. Владивосток. 258 с.
- Ключкова Н.Г., Березовская В.А. 1997. Водоросли Камчатского шельфа. Распространение, биология, химический состав. Владивосток: Дальнаука. 153 с.
- Ключкова Н.Г., Королева Т.Н., Кусиди А.Э. 2009. Атлас водорослей-макрофитов прикамчатских вод. Т. 1. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 218 с.
- Ключкова Т.А., Климова А.В., Ключкова Н.Г. 2019. Распространение *Alaria esculenta* (Phaeophyceae, Laminariales) в Охотском море. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. № 50. С. 46–56.
- Кусакин О.Г., Иванова М.Б. 1995. Макрофитобентос литоральных сообществ о-ва Медный (Командорские острова). *Биология моря*. Т. 21. № 2. С. 99–107.
- Кусакин О.Г., Иванова М.Б., Цурпало А.П. 1997. Список видов животных, растений и грибов литорали дальневосточных морей России. Владивосток: Дальнаука. 168 с.
- Ошурков В.В., Бажин А.Г., Лукин В.И. 1991. Изменение структуры бентоса Командорских островов под влиянием хищничества калана. В кн.: *Природные ресурсы Командорских о-вов (запасы, состояние, вопросы охраны и использования)*. Москва: Изд-во Московского университета. С. 171–184.

- Перестенко Л.П. 1996. Фитоценозы сублиторали восточной Камчатки и Командорских островов. *Ботанический журнал*. Т. 81. № 12. С. 80–96.
- Перестенко Л.П. 2001. Литоральные фитоценозы Командорских островов. *Ботанический журнал*. Т. 86. № 1. С. 55–64.
- Перестенко Л.П. 2007. О таксономическом положении *Melanosiphon intestinalis* (Phaeophyta, Dictyosiphonales). *Ботанический журнал*. Т. 91. № 3. С. 378–384.
- Перестенко Л.П., Заходнова Т.А. 2008. Род *Desmarestia* (Phaeophyta, Desmarestiaceae) в дальневосточных морях России. *Ботанический журнал*. Т. 93. № 7. С. 1112–1127.
- Петров Ю.Е. 1972. Систематика некоторых дальневосточных видов *Laminaria* Lamour. *Новости систематики низших растений*. Т. 9. С. 47–58.
- Петров Ю.Е. 1973а. Род *Alaria* в морях СССР. *Новости систематики низших растений*. Т. 10. С. 49–59.
- Петров Ю.Е. 1973б. Ламинариевые и фукусовые водоросли в морях СССР. *Растительные ресурсы*. Т. 9, вып. 1. С. 123–127.
- Петров Ю.Е. 1975. Ламинариевые и фукусовые водоросли морей СССР. *Автореферат диссертации ... д-ра биол. наук*. Москва. 54 с.
- Селиванова О.Н. 1987. Макрофитобентос Командорских островов и его особенности. *Тезисы докладов региональной научно-практической конференции «Биологические ресурсы Камчатского шельфа и их использование и охрана»*. С. 116–118.
- Селиванова О.Н. 2020. Экспертный подход к оценке сообществ ламинариевых водорослей российского сектора Северной Пацифики. *Материалы XXI международной научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*. С. 270–274.
- Селиванова О.Н., Жигадлова Г.Г. 2000. Донные водоросли российского побережья Берингова моря (включая Командорские острова). I. Остров Медный. *Труды Камчатского института экологии и природопользования ДВО РАН*. Вып. I. С. 71–108.
- Селиванова О.Н., Жигадлова Г.Г. 2003. Донные водоросли российского побережья Берингова моря (включая Командорские острова). II. Остров Беринга. *Труды Камчатского филиала Тихоокеанского института географии ДВО РАН*. Вып. IV. С. 172–208.
- Селиванова О.Н., Жигадлова Г.Г. 2013. Бентосные морские водоросли из зимних сборов на шельфе о. Беринга (Командорские острова, тихоокеанское побережье России). *Современный научный вестник*. № 53 (192). С. 49–69.
- Селиванова О.Н., Жигадлова Г.Г. 2015. Репродуктивная стратегия ряда видов морских водорослей Командорских островов по данным зимних исследований. *Успехи современного естествознания*. № 1. С. 789–793.
- Тараканова Т.Ф. 1978. Количественное распределение макробентоса на литорали острова Беринга. В кн.: *Литораль Берингова моря и юго-восточной Камчатки*. Москва: Наука. С. 63–77.
- Ушаков П.В. 1953. Фауна Охотского моря и условия ее существования. Москва; Ленинград: Изд-во АН СССР. 459 с.
- Areschoug J.E. 1883. Observationes phycologicae. Particula Quarta. De Laminariaceis nonnullis. *Nova Acta Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis. Series 3. Vol. 12, issue 8. P. 1–23.*
- Areschoug J.E. 1884. Observaciones phycologicae. Particula quinta. De Laminariaceis nonnullis (continuatio). *Nova Acta Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis. Series 3. Vol. 12, issue 11. P. 1–16.*

- Gmelin S.G. 1768. *Historia fucorum*. Petropoli [St. Petersburg]: Ex typographia Academiae scientiarum. 239 p.
- Guiry M.D., Guiry G.M. 2020. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Available from: <http://www.algaebase.org>. Last accessed 21.11.2020.
- Kjellman F.R. 1889. Om Beringhafvets algflora. *Kungl. Svenska Vetenskaps Academiens handlingar*. Vol. 23. № 8. P. 1–58.
- Klochko N.G. 1998. An annotated bibliography of marine macroalgae on northwest coast of the Bering Sea and the Southern Kamchatka: the first revision of flora. *Algae*. Vol. 13. № 4. P. 375–418.
- Lindeberg M.R., Lindstrom S.C. 2010. Field guide to seaweeds of Alaska. Fairbanks: Alaska Sea Grant College Program. 188 p.
- Lindstrom S.C. 1977. An annotated bibliography of the benthic marine algae of Alaska. *Alaska Department of Fish and Game Technical Data Report*. Vol. 31. 172 p.
- Nagai M. 1940. Marine algae of the Kurile islands. I. *Journal of the Faculty of Agriculture of the Hokaido University*. Vol. 46. Pt 1. P. 1–137.
- Oshurkov V.V., Ivanjushina E.A. 1993. Structure and distribution of some fouling communities of Bering Island (Commander Islands). In book: *Biofouling*. Singapore: Hardwood Academic Publishers. Vol. 8. P. 35–45.
- Postels A., Ruprecht F. 1840. *Illustrationes algarum in itinere circa orbem jussu Imperatoris Nicolai I. atque auspiciis Navarchi Friderici Lütke annis 1826, 1827, 1828 et 1829, celoce Seniavin executo in Oceano Pacifico, imprimis septentrionalio ad littora Rossica Asiatico-Americana collectarum*. Petropoli. 22 p.
- Selivanova O.N., Zhigadlova G.G. 1993. New and rare macrophyte species of the Commander Islands' shelf. *Algologia*. Vol. 3. № 3. P. 66–72.
- Selivanova O.N., Zhigadlova G.G. 1997a. Marine algae of the Commander Islands. Preliminary remarks on the revision of flora. I. Chlorophyta. *Botanica Marina*. Vol. 40. P. 1–8.
- Selivanova O.N., Zhigadlova G.G. 1997b. Marine algae of the Commander Islands. Preliminary remarks on the revision of flora. II. Phaeophyta. *Botanica Marina*. Vol. 40. P. 9–13.
- Selivanova O.N., Zhigadlova G.G. 1999. New and rare macrophyte species of algae of the Commander Islands shelf (Russian Far East). *International Journal on Algae*. Vol. 1. № 3. P. 94–103.
- Selivanova O.N., Zhigadlova G.G. 2013. Marine benthic algae of the Commander Islands (Pacific coast of Russia) with checklist revised in 2012. *International Scholarly Research Notices*. Vol. 2013, Article ID 470185. <https://doi.org/10.5402/2013/470185>.
- Setchell W.A. 1899. Algae of the Pribilof Islands. In book: *The Fur Seals and Fur-Seal Islands of the North Pacific Ocean*. Washington, D.C. III. P. 589–596.
- Setchell W.A. 1901. Notes on algae, I. *Zoe*. Vol. 5. P. 121–129.
- Setchell W.A., Gardner N.L. 1920. The marine algae of the Pacific coast of North America. Part II. Chlorophyceae. *University of California Publications in Botany*. Vol. 8. P. 139–374.
- Setchell W.A., Gardner N.L. 1925. The marine algae of the Pacific Coast of North America. Part III. Malanophyceae. *University of California Publications in Botany*. Vol. 8. P. 383–898.
- Silva P.C. 2020. *Index Nominum Algarum*. Herbarium of the University of California Berkeley. Available from: <https://ucjeps.berkeley.edu/ina/> Last accessed 21.11.2020.

- Starko S., Gomez M.S., Darby H. et al. 2019. A comprehensive kelp phylogeny sheds light on the evolution of an ecosystem. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. Vol. 136. P. 138–150.
- Sweden's Virtual Herbarium. 2020. <http://herbarium.emg.umu.se>. Last accessed 21.11.2020.
- Tokida J. 1954. The marine algae of Southern Saghalien. *Memoirs of the Faculty of Fisheries Hokkaido University*. Vol. 2. № 1. P. 1–264 p.
- Widdowson T.B. 1971. A taxonomic revision of the genus *Alaria* Greville. *Syesis*. Vol. 4. P. 11–49.
- Wynne M.J. 1971. Concerning the phaeophycean genera *Analipus* and *Heterochordaria*. *Phycologia*. Vol. 10, issue 2–3. P. 169–175.
- Yendo K. 1919. A monograph of the genus *Alaria*. *The Journal of the College of Science Imperial University of Tokyo*. Vol. 43. № 1. P. 1–145.
- Vinogradova K.L. 1974. Ulvaceous algae (Chlorophyta) of the seas of the USSR. Leningrad: Nauka. 112 p.
- Vinogradova K.L. 1979. The determinant of algae of the far Eastern seas of the USSR. Green algae. Leningrad: Nauka. 145 p.
- Vinogradova K.L., Klochkova N.G., Perestenko L.P. 1978. The List of algae of littoral of East Kamchatka and of the Western Part of Coast of the Bering Sea. In: *Littoral of the Bering sea and South-Eastern Kamchatka*. Moscow: Nauka. P. 150–155.
- Vinogradova K.L., Perestenko L.P. 1978. Main regularities of algal distribution in the intertidal zone of the western part of Bering Sea. *Abstracts of Soviet-American symposium on the program of biological productivity and biochemistry of the World Ocean «Distribution Patterns and ecology of coastal biocenoses»*. Leningrad: Nauka. P. 72–75.
- Gail G.I. 1936. Laminarian algae of the Far Eastern seas. *Vestnik Dal'nevostochnogo Filiala Akademii nauk SSSR (Bulletin of the Far Eastern branch of the Academy of sciences of the USSR)*. № 19. P. 31–65.
- Gurjanova E.F. 1935. Commander Islands and their marine coastal fauna and flora. *Priroda (Russian science journal "Nature")*. № 11. P. 64–72.
- Gusarova I.S., Semkin B.I. 1986. Comparative analysis of macrophyte floras from some regions of the northern Pacific using graph theoretical methods. *Botanicheskii zhurnal (Botanical journal)*. Vol. 71. № 6. P. 781–789.
- Sinova E.S. 1940. The algae of the Commander Islands. *Trudy Tikhookeanskogo komiteta (Transactions of the Pacific Committee of the Academy of Sciences of the USSR)*. Vol. 5. P. 165–243.
- Sinova E.S. 1941. Critical notes to the article by Kardakova-Prejeczoffa "Seaweeds of the

REFERENCES

Alfimov N.N., Petrov Yu.E. 1972. On the biological and biochemical features of some laminariacean and fucacean algae (Phaeophyta) from Bering Island (Commander Islands). *Botanicheskii zhurnal (Botanical journal)*. Vol. 57. № 6. P. 697–700.

Vinogradova K.L. 1969. A contribution to the taxonomy of the order Ulvales (Chlorophyta). *Botanicheskii zhurnal (Botanical journal)*. Vol. 54. P. 1347–1355.

Vinogradova K.L. 1973. Species composition of algae of the littoral and sublittoral zone of the northwestern part of the Bering Sea. *Novosti sistematiki nizshih rastenii (News on Systematics of Non-vascular Plants)*. Vol. 10. P. 32–44.

- Commander Islands". *Sovetskaia botanika (Soviet Botany)*. Vol. 4. P. 130–131.
- Ivanjushina E.A., Zhigadlova G.G. 1994. Biology of *Laminaria bongardiana* on the littoral of Bering island (Commander Islands). *Biologiya morya (Russian Journal of Marine Biology)*. Vol. 20. № 5. P. 374–380.
- Ivanjushina E.A., Oshurkov V.V. 1991. Influence of the intensity of commercial kelp on the rate of its recovery. *Abstracts of the national conference "Rational use of bioresources of the Pacific Ocean"*. P. 103–104.
- Ivanjushina E.A., Rzhavskij A.V., Selivanova O.N., Oshurkov V.V. 1991. Structure and distribution of benthic communities in the shallow waters of the Commander Islands. In the book: *Natural resources of the Commander Islands (supply, condition, questions of protection and use)*. Moscow: State university press. P. 155–170.
- Kardakova-Prejenzoffa E.A. 1938. The seaweeds of Commander Islands. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. Vol. 14. P. 77–108.
- Klimova A.V. 2018. Genus *Alaria* Greville (Phaeophyceae, Laminariales) in the coast of Kamchatka: species composition, ecology and developmental biology. *Candidacy dissertation for biological sciences*. Petropavlovsk-Kamchatsky. 162 p.
- Klimova A.V., Klochkova N.G., Klochkova T.A. 2020. Genus *Hedophyllum* (Laminariales, Phaeophyceae) of Kamchatka and surrounding areas. *Materials of the XXI international scientific conference "Conservation of biodiversity of Kamchatka and coastal waters"*. P. 209–213.
- Klochkova N.G. 1993. Marine algae-macrophytes. In: *The rare plant species of Kamchatka region and their protection*. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatka department of the Far Eastern publishing house. P. 152–199.
- Klochkova N.G. 1998. The algae-macrophytes of the Far Eastern seas of Russia. *Doctoral dissertation for biological sciences*. Vladivostok. 258 p.
- Klochkova N.G., Berezovskaya V.A. 1997. Algae of the Kamchatka shelf. Distribution, biology, chemical composition. Vladivostok: Nauka. 153 p.
- Klochkova N.G., Koroleva T.N., Kusidi A.E. 2009. Marine algae of Kamchatka and surrounding areas. V. 1. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO. 218 p.
- Klochkova T.A., Klimova A.V., Klochkova N.G. 2019. Distribution of *Alaria esculenta* (Phaeophyceae, Laminariales) in the Sea of Okhotsk. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 50. P. 46–56 (DOI: 10.17217/2079-0333-2019-50-46-56).
- Kusakin O.G., Ivanova M.B. 1995. Macrophytobenthos of littoral communities of Medny Island (Commander Islands). *Biologiya morya (Russian Journal of Marine Biology)*. Vol. 21. № 2. P. 99–107.
- Kusakin O.G., Ivanova M.B., Tsurpalo A.P. 1997. The list of species of animals, plants, and fungi in the littoral of the far Eastern seas of Russia. Vladivostok: Dal'nauka. 168 p.
- Oshurkov V.V., Bazhin A.G., Lukin V.I. 1991. Changed structure of benthos on the Commander Islands under the effects of sea otter Predation. In: *Natural Resources of the Commander Islands (Reserves, Condition, and Problems of Conservation and Management)*. Moscow: Moscow Government University. P. 171–184.
- Perestenko L.P. 1996. Sublittoral phytoce noses of the Eastern Kamchatka and the Commander Islands. *Botanicheskij zhurnal (Botanical journal)*. Vol. 81. № 12. P. 80–96.

- Perestenko L.P. 2001. Littoral phytocenoses of the Commander Islands. *Botanicheskij zhurnal (Botanical journal)*. Vol. 86. № 1. P. 55–64.
- Perestenko L.P. 2007. On the taxonomic position of *Melanosiphon intestinalis* (Phaeophyta, Dictyosiphonales). *Botanicheskij zhurnal (Botanical journal)*. Vol. 91. № 3. P. 378–384.
- Perestenko L.P., Zakhodneva T.A. 2008. The genus *Desmarestia* (Phaeophyta, Desmarestiaceae) in the Far Eastern seas of Russia. *Botanicheskij zhurnal (Botanical journal)*. Vol. 93. № 7. P. 1112–1127.
- Petrov Yu.E. 1972. Taxonomy of some Far Eastern species of the genus *Laminaria* Lamour. *Novosti Sistematiki Nizshih Rastenii (News on Systematics of Non-vascular Plants)*. Vol. 9. P. 47–58.
- Petrov Yu.E. 1973a. Genus *Alaria* of the USSR's seas. *Novosti Sistematiki Nizshih Rastenii (News on Systematics of Non-vascular Plants)*. Vol. 10. P. 49–59.
- Petrov Yu.E. 1973b. Laminariacean and Fucaeal algae of the USSR's seas. *Rastitel'nye resursy (Vegetal resources)*. Vol. 9, issue 1. P. 123–127.
- Petrov Ju.E. 1975. Laminariacean and Fucaeal algae of the USSR's seas. *Abstract of doctoral dissertation for biological sciences*. Leningrad. 54 p.
- Selivanova O.N. 1987. Macrophytobenthos of the Commander Islands and its features. *Materials of the regional scientific conference "Biological resources of the Kamchatka shelf and their use and protection"*. P. 116–118.
- Selivanova O.N. 2020. Expert approach to the assessment of the laminaria algae communities in the Russian sector of the Northern Pacific. *Materials of the XXI international scientific conference "Conservation of biodiversity of Kamchatka and coastal waters"*. P. 270–274.
- Selivanova O.N., Zhigadlova G.G. 2000. Benthic algae of the Russian coasts of Bering Sea (including Commander Islands). I. Medny Islands. *Proceedings of Kamchatka Branch of Pacific Institute of Geography, Far East Division, Russian Academy of Science*. Vol. 1. C. 71–108.
- Selivanova O.N., Zhigadlova G.G. 2003. Benthic algae of the Russian coasts of Bering Sea (including Commander Islands). II. Bering Island. *Proceedings of Kamchatka Branch of Pacific Institute of Geography, Far East Division, Russian Academy of Science*. Vol. IV. P. 172–208.
- Selivanova O.N., Zhigadlova G.G. 2013. Benthic marine algae from winter collections on the shelf of Bering Island (Commander Islands, Pacific coast of Russia). *Vestnik sovremennoj nauki (Bulletin of modern science)*. № 53 (192). P. 49–69.
- Selivanova O.N., Zhigadlova G.G. 2015. Reproductive strategy of some species of marine benthic algae of the Commander Islands on the basis of winter collection data. *Uspehi sovremennogo estestvoznaniya (Advances in current natural sciences)*. № 1. P. 789–793.
- Tarakanova T.F. 1978. Qualitative distribution of macrobenthos in the intertidal zone of Bering Island. In: *Intertidal zone of the Bering Sea and southeastern Kamchatka*. Moscow: Nauka. P. 63–77.
- Ushakov P.V. 1953. Fauna of the Sea of Okhotsk and Conditions of Its Existence. Moscow; Leningrad: Akademya Nauk SSSR. 459 c.
- Areschoug J.E. 1883. Observationes phycologicae. Particula Quarta. De Laminariaceis nonnullis. *Nova Acta Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis. Series 3*. Vol. 12, issue 8. P. 1–23.
- Areschoug J.E. 1884. Observaciones phycologicae. Particula quinta. De Laminariaceis nonnullis (continuatio). *Nova Acta*

- Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis. Series 3. Vol. 12, issue 11. P. 1–16.*
- Gmelin S.G. 1768. *Historia fucorum*. Petropoli [St. Petersburg]: Ex typographia Academiae scientiarum. 239 p.
- Guiry M.D., Guiry G.M. 2020. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Available from: <http://www.algaebase.org>. Last accessed 21.11.2020.
- Kjellman F.R. 1889. Om Beringhafvets algflora. *Kungl. Svenska Vetenskaps Academiens handlingar*. Vol. 23. № 8. P. 1–58.
- Klochkova N.G. 1998. An annotated bibliography of marine macroalgae on northwest coast of the Bering Sea and the Southern Kamchatka: the first revision of flora. *Algae*. Vol. 13. № 4. P. 375–418.
- Lindeberg M.R., Lindstrom S.C. 2010. Field guide to seaweeds of Alaska. Fairbanks: Alaska Sea Grant College Program. 188 p.
- Lindstrom S.C. 1977. An annotated bibliography of the benthic marine algae of Alaska. *Alaska Department of Fish and Game Technical Data Report*. Vol. 31. 172 p.
- Nagai M. 1940. Marine algae of the Kurile islands. I. *Journal of the Faculty of Agriculture of the Hokaido University*. Vol. 46. Pt 1. P. 1–137.
- Oshurkov V.V., Ivanjushina E.A. 1993. Structure and distribution of some fouling communities of Bering Island (Commander Islands). In book: *Biofouling*. Singapore: Hardwood Academic Publishers. Vol. 8. P. 35–45.
- Postels A., Ruprecht F. 1840. *Illustrationes algarum in itinere circa orbem jussu Imperatoris Nicolai I. atque auspiciis Navarchi Friderici Lütke annis 1826, 1827, 1828 et 1829, celoce Seniavin executo in Oceano Pacifico, imprimis septemtrionalio ad littora Rossica Asiatico-Americana collectarum*. Petropoli. 22 p.
- Selivanova O.N., Zhigadlova G.G. 1993. New and rare macrophyte species of the Commander Islands' shelf. *Algologia*. Vol. 3. № 3. P. 66–72.
- Selivanova O.N., Zhigadlova G.G. 1997a. Marine algae of the Commander Islands. Preliminary remarks on the revision of flora. I. Chlorophyta. *Botanica Marina*. Vol. 40. P. 1–8.
- Selivanova O.N., Zhigadlova G.G. 1997b. Marine algae of the Commander Islands. Preliminary remarks on the revision of flora. II. Phaeophyta. *Botanica Marina*. Vol. 40. P. 9–13.
- Selivanova O.N., Zhigadlova G.G. 1999. New and rare macrophyte species of algae of the Commander Islands shelf (Russian Far East). *International Journal on Algae*. Vol. 1. № 3. P. 94–103.
- Selivanova O.N., Zhigadlova G.G. 2013. Marine benthic algae of the Commander Islands (Pacific coast of Russia) with checklist revised in 2012. *International Scholarly Research Notices*. Vol. 2013, Article ID 470185. <https://doi.org/10.5402/2013/470185>.
- Setchell W.A. 1899. Algae of the Pribilof Islands. In book: *The Fur Seals and Fur-Seal Islands of the North Pacific Ocean*. Washington, D.C. III. P. 589–596.
- Setchell W.A. 1901. Notes on algae, I. *Zoe*. Vol. 5. P. 121–129.
- Setchell W.A., Gardner N.L. 1920. The marine algae of the Pacific coast of North America. Part II. Chlorophyceae. *University of California Publications in Botany*. Vol. 8. P. 139–374.
- Setchell W.A., Gardner N.L. 1925. The marine algae of the Pacific Coast of North America. Part III. Malanophyceae. *University of California Publications in Botany*. Vol. 8. P. 383–898.
- Silva P.C. 2020. *Index Nominum Algarum*. Herbarium of the University of California

- Berkeley. Available from: <https://ucjeps.berkeley.edu/ina/> Last accessed 21.11.2020.
- Starko S., Gomez M.S., Darby H. et al. 2019. A comprehensive kelp phylogeny sheds light on the evolution of an ecosystem. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. Vol. 136. P. 138–150.
- Sweden's Virtual Herbarium. 2020. <http://herbarium.emg.umu.se>. Last accessed 21.11.2020.
- Tokida J. 1954. The marine algae of Southern Saghalien. *Memoirs of the Faculty of Fisheries Hokkaido University*. Vol. 2. № 1. P. 1–264.
- Widdowson T.B. 1971. A taxonomic revision of the genus *Alaria* Greville. *Syesis*. Vol. 4. P. 11–49.
- Wynne M.J. 1971. Concerning the phaeophycean genera *Analipus* and *Heterochordaria*. *Phycologia*. Vol. 10, issue 2–3. P. 169–175.
- Yendo K. 1919. A monograph of the genus *Alaria*. *The Journal of the College of Science Imperial University of Tokyo*. Vol. 43. № 1. P. 1–145.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Клочкова Нина Григорьевна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; доктор биологических наук; научный сотрудник; ninakl@mail.ru. SPIN-код: 4701-2618; Author ID: 344281; Scopus ID: 6602583957.

Klochkova Nina Grigorievna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Biological Sciences; Scientific Researcher; ninakl@mail.ru. SPIN-code: 4701-2618; Author ID: 344281; Scopus ID: 6602583957.

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

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

Климова Анна Валерьевна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат биологических наук; заведующий сектором коллективного использования научного оборудования; annaklimovae@mail.ru. SPIN-code: 3188-5428; Author ID: 732623; Scopus ID: 56711736100.

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

УДК: 631.46 (282.256.341)

DOI: 10.17217/2079-0333-2020-54-108-116

ПОЧВЫ ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ОЗЕРА БАЙКАЛ И ИХ ЭКОЛОГО-МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Напрасникова Е.В., Белозерцева И.А.

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1.

Получены новые экспериментальные данные изучения почв восточного побережья Байкальской природной территории. В рамках работы впервые приведено подробное описание почв, характерных для изучаемой территории. Определены показатели щелочно-кислотных условий (от 5,1 до 7,9 ед. pH) и содержание гумуса (от 0,1 до 13,8%). Степень биологической активности изучаемых почв на основе экспресс-метода позволила отнести их к средне- и слабоактивным. Установлена заметная (по шкале Чеддока) связь данной активности с щелочно-кислотными условиями ($R^2 = 0,52$). Детально рассмотрены количественно-качественные особенности микробиоценозов почв и выявлено высокое разнообразие основных систематических групп организмов. В качественном отношении очень разнообразным оказался грибной компонент. Специфической особенностью явилось отсутствие распространенных микроскопических грибов вида *Aspergillus niger*, характерных для других почв Сибири. В эпидемиологическом отношении изученные почвы оказались благополучными*.

Ключевые слова: Байкал, биологическая активность, микробиоценоз, микроорганизмы, почвы, *Aspergillus niger*.

SOILS OF EASTERN COAST OF BAIKAL LAKE AND THEIR ECOLOGIC-MICROBIOLOGIC CHARACTERISTIC

Naprasnikova E.V., Belozertseva I.A.

Institute of Geography of the Siberian Branch of the RAS, Irkutsk, Ulan-Batorskaya Str. 1.

In this paper, we discuss new experimental data on the soils from eastern coast of the Baikal natural territory. We provide description of the soils, also the acid-alkaline conditions (from pH 5.1 to 7.9) and humus content (from 0.1 to 13.8%) were determined. The degree of biological activity determined by express method permitted categorizing soils as moderately and weakly active. We revealed a noticeable (on Chaddock's scale) relationship of this activity with acid-alkaline conditions ($R^2 = 0.52$). The quantitative-qualitative characteristics of soil microbiocoenoses were studied in details, revealing a high diversity of the main systematic groups of organisms. Qualitatively, the fungal component was very diverse. The specific feature of soils was the absence of the most common microscopic fungus *Aspergillus niger*, which is characteristic for the other Siberian soils. The investigated soils were found to be epidemiologically safe.

Key words: Baikal Lake, biological activity, microbiocoenosis, microorganisms, soils, *Aspergillus niger*.

* Исследование выполнено за счет средств государственного задания (№ госрегистрации темы АААА-А17-117041910169-4, АААА-А19-119080700040-8) и при финансовой поддержке РФФИ в рамках научно-го проекта № 18-45-030039 (This study was supported by funding of the state assignment (№ of state registration of projects АААА-А17-117041910169-4, АААА-А19-119080700040-8) and also by the grant from Russian Foundation for Basic Research (RFBR) (project № 18-45-030039)).

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время в связи с ухудшающейся экологической обстановкой усилилось внимание ученых к Байкальской природной территории, поскольку в ее состав входят уникальное озеро Байкал (объект мирового наследия), водоохранная зона и прилегающие к озеру особо охраняемые природные территории, а также сопредельные территории, простирающиеся до 200 км на запад и северо-запад.

Состояние почвенного покрова изучаемой территории восточного побережья озера Байкал определяется как влиянием природных факторов, подчиняющихся региональным и локальным закономерностям, так и многообразием видов антропогенного воздействия. В состав территории входят земли различного назначения, в том числе урбанизированные, сельскохозяйственные, рекреационные и другие. Уникальные и привлекательные ландшафты побережий Байкала усилили приток туристов. Число посетивших Байкал российских граждан увеличивается на 12–13%, иностранных – на 30%. В настоящее время на восточном побережье Байкала расширяется рекреационное освоение, усиливая антропогенное воздействие на все компоненты ландшафта [Шанжиев и др., 2017]. В связи с этим существует необходимость проведения почвенно-экологических исследований, что представляет актуальность и научно-практическую значимость. Особого внимания заслуживают вопросы состояния почв как экологического ядра осваиваемых территорий побережья озера Байкал.

Теоретические ориентиры авторов базируются на концепциях учения об экологических функциях почв, разработанного Г.В. Добровольским и Е.Д. Никитиным [1990], где почва рассматривается как важнейшая полифункциональная система,

обеспечивающая вместе с растительным покровом и почвенной биотой циклический характер воспроизводства жизни на планете. При этом под экологическими функциями почв в наземных экосистемах и биосфере понимают их роль и значение, особенно если речь идет о качестве среды обитания человека.

Целью работы является изучение почв восточного побережья озера Байкал. В работе приводится описание их биологической активности, структуры микробиоценозов, а также их разнообразие и энзиматическая активность. Исследования проводили в полевых и лабораторных условиях. В связи с прогрессирующим и многообразным антропогенным воздействием на ландшафтную сферу и контролем качества среды использовали высокоинформативные биоиндикационные методы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Согласно почвенно-экологическому районированию [Белозерцева и др., 2015], исследуемая территория относится к двум провинциям и пяти округам: Байкало-Джугджурской провинции (котловинно-долинному Баргузинскому и среднегорному Улан-Бургасско-Икатскому округам и долинному округу низовий р. Селенги), Хамардабано-Южнобайкальской провинции (высоко- и среднегорному Хамар-Дабанскому округу).

Сложное геологическое строение территории обусловило типологическое разнообразие коренных пород. Большая часть территории сложена гранитоидами, чередующимися к северо-востоку от дельты Селенги с гнейсами, кварцитами, мраморами амфиболами. На юге преобладают метаморфические породы – различные сланцы, гнейсы с прослоями мраморов. Небольшими контурами здесь встречаются диориты,

габбро-диориты. Межгорные впадины выполнены плейстоцен-голоценовыми песками, суглинками, галечниками и глинами. Песчаные отложения различного генезиса в виде террасо-увалов мощностью до 100 м широко распространены в приселенгинской части. При отсутствии задернения пески подвергаются эоловой и водной переработке. В понижениях рельефа вскрываются торфяные залежи мощностью до 1 м и более [Экологический атлас..., 2015].

Существенную корректировку на особенности климата вносят и огромные водные массы озера. Особенно это проявляется на наветренных склонах хребтов Хамар-Дабан и Баргузинский, которые являются избыточно влажными. Эти хребты перехватывают осадки (800–1600 мм). Переважившие через хребет воздушные массы уже иссушены. В межгорных впадинах и на подветренных склонах выпадает не более 250–350 мм. Такие контрастные параметры тепло- и влагообеспеченности и их соотношения являются основными факторами, которые определяют высотно-поясные закономерности распределения растительности. На прибайкальских склонах хребтов формируется гумидный прибайкальский тип высотно-поясного распределения растительности, а на подветренных – алтае-саянский ксерофитно-криофитный [Белозерцева и др., 2016]. Географические закономерности формирования почвенного покрова на территории исследования чрезвычайно сложны, так как на слабо выраженную широтную зональность сильно накладывается высотно-вертикальная поясность.

Почвы восточного побережья характеризуются чрезвычайным разнообразием. Они представлены аллювиальными перегнойно-глеевыми, аллювиальными торфяно-глеевыми, аллювиальными темногумусовыми, аллювиальными гумусовыми

(дерновыми), аллювиальными темногумусовыми квазиглеевыми. В условиях постоянного затопления паводковыми водами формируются слоисто-аллювиальные почвы. В межгорных котловинах под луговыми и настоящими степями формируются черноземы и черноземовидные почвы. В низовьях рек Баргузинского побережья, под болотами и заболоченными лугами, встречаются аллювиальные торфяно-глеевые и иловато-перегнойно-глеевые, а на низких речных террасах – погребенные торфы. В северной части на террасах преобладают подбуры, дерново-подбуры и торфяно-подбуры, реже встречаются подзолистые почвы [Убугунов и др., 2012].

Отбор почвенных образцов для анализов осуществлялся на ключевых площадках с органогенного горизонта согласно общепринятой методике (ГОСТ 17.4.02-84).

Количественный учет гетеротрофных эубактерий, актиномицетов, микромицетов проводили стандартным методом Коха [Практикум..., 2005]. Уровень энзиматической активности колоний (каталазной и амилалитической) определяли по реакции с раствором перекиси водорода и йодистого калия соответственно. При идентификации микроорганизмов различных таксономических групп использовали определители бактерий, актиномицетов, микроскопических грибов соответственно. Санитарно-бактериологическую оценку проводили в соответствии с СанПин 2.17.1287-03. Степень биологической активности почв (БАП) определена экспресс-методом, сущность которого состоит в регистрации скорости изменения pH от выделяемого аммиака (в часах) при разложении карбамида [Аристовская, Чугунова, 1989]. Чем меньше количество часов, регистрирующих скорость реакции, тем выше считается БАП. Щелочно-кислотные условия регистрировались потенциометрическим методом.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследованные почвы в своем большинстве характеризуются слабокислой, реже нейтральной реакцией (табл. 1). Содержание гумуса в них колеблется в широких пределах: от 0,6 до 15,0%. Тип почвы с присущими ей физико-химическими свойствами отразился на количественном составе микробиоценозов. В аллювиальных торфяно-глеевых почвах преобладали гетеротрофные зубактерии, жизнедеятельность которых обуславливает направленность и интенсивность микробиологиче-

ских процессов. Наибольшая численность гетеротрофных зубактерий (6,0 млн КОЕ/г) обнаружена на побережье Чивыркуйского залива под заболоченным лугом (табл. 2). Именно этой группе принадлежит перво-степенная роль в микробных ассоциациях. Сравнительно высокое содержание данных представителей и пространственное варьирование мы связываем не только со свойствами самой почвы, но и находящейся на этой территории базой отдыха, засоряющей почвенный покров хозяйственно-бытовыми органическими отходами.

Таблица 1. Характеристика исследуемых участков восточного побережья озера Байкал

Table 1. Characteristics of investigated sites located on the eastern coast of Baikal Lake

№ площадки	Местоположение точек отбора проб	Почва	Растительность	Показатели почв	
				pH водный	Содержание гумуса (ППП*), %
5	Чивыркуйский залив (рядом база отдыха, палаточный лагерь)	Аллювиальная торфяно-глеевая	Заболоченный луг	6,2	44,9*
9	р. Нестериха	Слоисто-аллювиальная	Сосняк разнотравный	6,5	0,6
10	Устье р. Баргузин	Аллювиальная перегнойно-глеевая с погребенным торфянистым горизонтом	Заболоченный луг	5,4	10,6
11	оз. Духовое (в 5 км от пос. Усть-Баргузин)	Дерново-подбур	Осинник разнотравный	6,0	11,6
12	Долина р. Максимиха	Аллювиальная торфяно-глеевая	Заболоченный луг	5,2	49,3*
13	Курорт Горячинск. Пойма ручья, впадающего в оз. Байкал	Аллювиальная темногумусовая	Разнотравно-злаковый луг	5,9	13,8
15	Пойма р. Турка	Аллювиальная торфяно-глеевая	Осоково-лугово-болотная	5,9	44,7*
17	Пойма р. Селенга	Аллювиальная гумусовая	Сухая степь	6,7	3,2
19	Левобережье р. Селенга	Аллювиальная иловато-перегнойно-глеевая	Осоково-лугово-болотная	7,9	3,0
20	Первая терраса р. Селенга	Слоисто-аллювиальная	Остепненный луг	6,4	0,4
21	Вторая терраса р. Селенга	Аллювиальная гумусовая	Сосняк разнотравный	5,2	1,2
22	Долина р. Максимиха	Аллювиальная темногумусовая	Злаково-разнотравный луг	6,3	15,0

Таблица 2. Количественно-качественный состав микробиоценозов в почвах восточного побережья озера Байкал

Table 2. Quantitative and qualitative composition of microbiocoenoses of soils from the eastern coast of Baikal Lake

№ площадки	Гетеротрофные эубактерии (млн КОЕ/г)	Актиномицеты (млн КОЕ/г)	Микромицеты (тыс. КОЕ/г)	Каталаза-активные формы (%)	Амилолитически активные формы (%)
5	6,0	0,60	26,0	80	100
11	0,65	0,57	18,0	70	100
12	1,4	0,20	16,0	50	60
13	2,0	0,40	14,0	50	80
15	0,8	0,30	14,0	50	60
17	0,5	0,50	0,6	40	80
19	0,47	0,32	1,7	60	70
20	0,49	0,30	1,6	40	60
22	2,0	0,12	14,0	50	50

Численность актиномицетов была невысокой и изменялась от 0,12 до 0,30 млн КОЕ/г. Однако в аллювиальной гумусовой почве в условиях сухой степи их количество было выше и не уступало по численности эубактериям (0,5 млн КОЕ/г). Численность микроскопических грибов – основных деструкторов разнообразных органических соединений, оказалась достаточно высокой (14,0–18,0 тыс. КОЕ/г). Самое значительное содержание зарегистрировано в аллювиальной торфяно-глеевой почве на территории базы отдыха (26 тыс. КОЕ/г), а наименьшее – в аллювиальной гумусовой (0,6 тыс. КОЕ/г). Данному факту способствуют благоприятные условия среды: высокая влажность почв и невысокий pH.

Известно, что основными продуцентами амилазы в почвах являются микроорганизмы, вырастающие на крахмало-аммиачном агаре (КАА). В этой связи нами была изучена амилолитическая способность вырастающих на данной среде бактерий и актиномицетов. Активность микроорганизмов оценивали по величине зоны гидролиза вокруг колонии и степени гидролиза крахмала с помощью раствора Люголя по окраске [Практикум..., 2005].

Анализ показал, что по численности амилолитически активных микроорганизмов изучавшиеся почвы отличаются между собой (табл. 2), при этом зависимости от местоположения и типа почвы не выявлено. Их относительное содержание колеблется от 50 до 100%. Что касается количественной характеристики, то важно отметить наименьшее содержание актиномицетов при низких показателях pH почв, что не противоречит их физиологическим свойствам.

Параллельно с амилолитической способностью была определена каталазная активность микроорганизмов. Каталаза является не только внутриклеточным ферментом, она активно выделяется во внешнюю среду и считается устойчивым ферментом, участвующим в окислительно-восстановительных процессах почвы. Оптимальная величина pH для каталазы находится в интервале значений 6,0–8,0 ед. Методы определения ее активности основаны на регистрации образующегося в процессе реакции O_2 . [Хазиев, 1982]. Обнаружено, что микроорганизмы, активно продуцирующие каталазу, широко представлены во всех исследуемых почвах. Их относительное содержание насчитывает от 40 до 80%. Наименьшее содержание

приурочено к слоисто-аллювиальным почвам слабо развитого отдела.

Определение качественного состава микробиоценозов показало, что наиболее многочисленными в изучаемых почвах являются неспороносные бактерии, хотя они и представлены небольшим числом видов. Спорообразующие бактерии при меньшей численности отличаются большим разнообразием. Их состав типичен для некоторых почв Сибири. Доминантами являются *Bacillus cereus*, *Bac. mycoides*, *Bac. agglomeratus*. Среди эубактерий, кроме перечисленных выше, доминировали неспорообразующие представители родов *Pseudomonas*, *Sarcina* и *Mycobacterium*. Спецификой качественного состава эубактерий исследуемых почв явилось отсутствие во всех пробах бактерий вида *Bac. mesentericus*, который считается типичным для почв Сибири и особенно для антропогенно-преобразованных.

Разнообразие актиномицетов невысокое и представлено белыми и серыми цветовыми линиями секций *Albus* и *Cinereus* рода *Streptomyces*.

Грибной компонент в качественном отношении был более разнообразен и представлен следующими видами: *Penicillium flavus*, *Penicillium notatum*, *Penicillium* spp., *Penicillium cyclopium*, *Trichoderma album*, *Trichoderma lignorum*, *Mucor* spp., *Cladosporium* spp., *Verticillium* spp., *Fusarium* spp. Важно отметить, что спецификой качественного состава микромицетов явилось отсутствие во всех пробах почвы микроскопических плесневых грибов вида *Aspergillus niger*, характерных для естественных и антропогенно-преобразованных почв Байкальской природной территории [Напрасникова и др., 2015].

Учитывая, что отбор почв в большинстве совпал с рекреационными зонами, был произведен дополнительный анализ

санитарно значимых микроорганизмов. Анализы показали, что во всех почвенных пробах бактерии группы кишечной палочки отсутствуют. При этом лишь на участке базы отдыха (Чивыркуйский залив) были обнаружены повышенные показатели цитробактерий. Совокупность приведенного материала позволяет заключить, что в санитарно-эпидемиологическом отношении изученные почвы благополучные. Этому способствует низкий pH почвы, благоустройство территории, ее своевременная уборка, ограниченный въезд туристов.

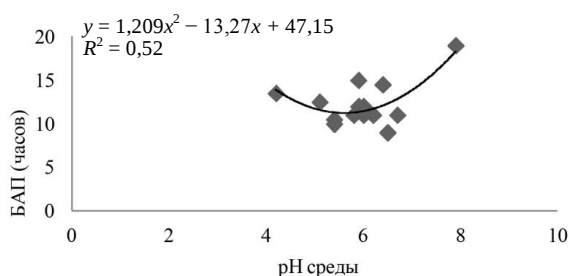
Известно, что процессы обмена вещества и энергии при участии биокатализаторов-ферментов представляют фундаментальную основу существования любой экосистемы. Биологическая активность почв, обусловленная накоплением в них ферментов, – надежный индикатор современных режимов и в целом жизни почвы, в то время как физические и химические свойства заложены в ее «памяти» [Соколов, Таргульян, 1976]. Ферментный пул очень богат, разнообразен и является основным регулятором биохимического гомеостаза почвы. Его определение особенно эффективно в интегральной оценке вещественно-динамического состояния почв в общей системе познания географической среды.

Биологическая активность почв (БАП) может быть определена по процессу аммонификации или скорости выделения аммиака, что считается апробированным в оценке их современного состояния в любых ландшафтах. Исходя из этого, нами был применен экспресс-метод определения биологической активности почв, сущность которого описана выше.

Результаты определения уровня БАП показали, что скорость разложения карбамида колеблется в пределах от 9 до 19 часов. Настоящие данные говорят о невысокой активности разложения азотсодержа-

щих веществ в изучаемых почвах. Условно показатели можно разделить на две группы: первая – со средней активностью (от 9 до 12,5 часа), вторая – со слабой активностью (от 14,5 до 19 часов). Полученные результаты были вполне ожидаемы для почв со слабокислой и почти нейтральной реакцией среды.

Хорошо известно, что уровень БАП зависит от многих экологических факторов, среди которых pH почвы имеет одно из решающих значений. Результаты определения зависимости между такими интегральными показателями представлены графически на рисунке. Тенденционный подбор экспериментальных данных в нашем случае исключен.



Тренд зависимости биологической активности почв (БАП) от pH среды в условиях восточного побережья озера Байкал

Trend of dependence of the biological activity of soils from the eastern coast of Baikal Lake on pH of environment

Коэффициент аппроксимации (R^2) равен 0,52. Его значение может лежать в диапазоне от 0 до 1. По шкале Чеддока качественная характеристика силы связи по абсолютной величине считается заметной или, иными словами, статистически достоверной [Сидорова и др., 2003]. Значения БАП на графике группируются в диапазоне значений pH от 5,7 до 6,5 ед. Данный факт, равно как и уровень самой активности почв, можно считать характерной особенностью изучаемой территории. График позволяет лучше понять смысл представленной зависимости в не линей-

ной, а в полиномной форме (рис.). Кривая данного типа стремится к определенному пределу – тренду данной выборки. В прогностическом плане данный процесс будет трансформироваться в зависимости от изменения pH среды, которая в свою очередь связана с рекреационной нагрузкой. Вид такой нагрузки повлияет на pH почвенного покрова. Его трансформация будет направлена в сторону подщелачивания среды. Такое явление характерно для всех почв, находящихся под действием антропогенных факторов, особенно урбанизации [Напрасникова, Снытко, 2001]. Подъем уровня значений биологической активности крайне нежелателен для почвенной системы, так как он будет стимулировать потерю из почвы биогенного азота, тем самым снижая продуктивность растительного покрова.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение разнообразия почв восточного побережья озера Байкал показало, что в основном они относятся к аллювиальному отделу синлитогенного ствола, реже – к альфегумусовому отделу постлитогенного ствола, также встречаются слаборазвитые и аккумулятивно-гумусовые почвы. В ходе экспериментальной работы по выявлению микробиоценозов почв и диагностики их потенциальной биологической активности мы установили количественно-качественную характеристику систематических групп микроорганизмов и показали большую вариабельность гетеротрофной части микробиоты в пространстве (от 0,47 до 6,0 млн КОЕ/г). Наибольшая численность данного компонента свойственна аллювиальной торфяно-глеевой почве. В этих же почвах регистрируется высокое содержание микромицетов. При этом следует отметить их значительную продуцирующую энзиматическую способность. Особенностью всех

изученных почв явилось отсутствие эубактерий вида *Bac. mesentericus* и микромицетов вида *Aspergillus niger*, характерных для естественных и антропогенно-преобразованных почв Байкальской природной территории. По степени биологической активности верхнего биогенного слоя изучаемых почв их можно отнести к средне- и малоактивным, что согласуется с их физико-химической характеристикой. Трансформация биологической активности в будущем будет зависеть от изменения pH почв. В санитарно-эпидемиологическом отношении изученные почвы в реальном времени сохранены, благодаря их кислотно-основным свойствам и рационально организованному туризму.

ЛИТЕРАТУРА

- Аристовская Т.В., Чугунова М.В. 1989. Экспресс-метод определения биологической активности почв. *Почвоведение*. № 11. С. 142–147.
- Белозерцева И.А., Доржготов Д., Энхтайван Д., Сороковой А.А. 2015. Почвенно-экологическое районирование на трансграничной территории России и Монголии. *Современные проблемы науки и образования*. № 2. С. 733–741.
- Белозерцева И.А., Владимиров И.Н., Убугунова В.И., Убугунов В.Л., Екимовская О.А., Бардаш А.В. 2016. Почвы водоохранной зоны озера Байкал и их использование. *География и природные ресурсы*. № 5. С. 62–71.
- ГОСТ 17.4.02-84. 1984. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. Москва: Изд-во стандартов. С. 4.
- Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. 1990. Функции почв в биосфере и экосистемах. Москва: Наука. 261 с.
- Напрасникова Е.В., Снытко В.А. 2001. Щелочно-кислотные условия и биохимическая активность как показатель антропогенной изменчивости почв Прибайкалья. *География и природные ресурсы*. № 4. С. 139–141.
- Напрасникова Е.В., Макарова А.П., Белозерцева И.А. 2015. Санитарно-микробиологические и биохимические особенности почв Ольхонского района (Байкальский регион). *Сибирский медицинский журнал*. № 1. С. 83–85.
- Практикум по микробиологии. Учебное пособие для студентов вузов. 2005. Под ред. Неустроева А.И. Москва: Академия. 608 с.
- Сидорова А.В., Леонова Н.В., Масич Л.А. 2003. Практикум по теории статистики. Учебное пособие. Донецк: ДонНУ. 252 с.
- Соколов И.А., Таргульян В.О. 1976. Взаимодействие почвы и среды. Москва: Изд-во АН СССР. 187 с.
- Убугунов Л.Л., Убугунова В.И., Бадмаев Н.Б., Гынинова А.Б., Убугунов В.Л., Балсанова Л.Д. 2012. Почвы Бурятии: разнообразие, систематика и классификация. *Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова*. № 2. С. 45–52.
- Хазиев Ф.К. 1982. Системно-экологический анализ ферментативной активности почв. Москва: Наука. 190 с.
- Шанжиев К.Ш., Бабинов В.А., Жигмитова С.Б., Матович Е.А. 2017. Восточное побережье оз. Байкал как зона привлечения туристов из стран внутренней Азии. *Природа внутренней Азии*. № 1. С. 54–76.
- Экологический атлас бассейна оз. Байкал. 2015. Иркутск: ИГ СО РАН. 145 с.

REFERENCES

- Aristovskaya T.V., Chugunova M.V. 1989. Express method for determining the bio-

- logical activity of soils. *Pochvovedenie (Soil science)*. № 11. P. 142 – 147.
- Belozertseva I.A., Dorzhgotov D., Enkhtayvan D., Sorokovoy A.A. 2015. Soil-ecological zoning on the trans-border territory of Russia and Mongolia. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya (Modern problems of science and education)*. № 2. P. 733–741.
- Belozertseva I.A., Vladimirov I.N., Ubugunova V.I., Ubugunov V.L., Ekimovskaya O.A., Bardash A.V. 2016. Soils of Lake Baikal water protection zone and their use. *Geografiya i prirodnye resursy (Geography and natural resources)*. № 5. P. 62–71.
- GOST 17.4.02-84. 1984. Nature protection. Soils. General requirements for sampling. Moscow: Publishing house of standards. P. 4.
- Dobrovolsky G.V., Nikitin E.D. 1990. Functions of soils in the biosphere and ecosystems. Moscow: Nauka. 261 p.
- Naprasnikova E.V., Snytko V.A. 2001. Alkaline-acid conditions and biochemical activity as an indicator of anthropogenic soil variability in the Baikal region. *Geografiya i prirodnye resursy (Geography and natural resource)*. № 4. P. 139–141.
- Naprasnikova E.V., Makarova A.P., Belozertseva I.A. 2015. Sanitary-microbiological and biochemical properties of soils from Olkhon area (Baikal region). *Sibirskij medicinskij zhurnal (Siberian medical journal)*. № 1. P. 83–85.
- Practical training in microbiology. Textbook for university students. 2005. Ed.: Neustroev A.I. 608 p.
- Sidorova A.V., Leonova N.V., Masich L.A. 2003. Workshop on the theory of statistics. Textbook. Donetsk: DonNU. 252 p.
- Sokolov I.A., Targulian V.O. 1976. Interaction between soil and environment. Moscow: Publishing house of the USSR Academy of Sciences. 187 p.
- Ubugunov L.L., Ubugunova V.I., Badmaev N.B., Gininova A.B., Ubugunov V.L., Balsanova L.D. 2012. Soils of Buryatia: diversity, systematics and classification. *Vestnik Buryatskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii im. V.R. Filippova (Bulletin of Buryat State Agricultural Academy)*. № 2. P. 45–52.
- Haziev F.K. 1982. System-ecological analysis of soil enzymatic activity. Moscow: Nauka. 190 p.
- Shanzhiev K.S., Babikov V.A., Zhigmitova S.B., Mastovich E.A. 2017. East coast of Lake Baikal as a zone for attracting tourists from the countries of internal Asia. *Priroda vnutrennej Azii (Nature of inner Asia)*. № 1. P. 54–76.
- Ecological atlas of Lake Baikal basin. 2015. Irkutsk: Institute of Geography of the Siberian Branch of the RAS. 145 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Напрасникова Елизавета Викторовна – Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН; 664033, Россия, г. Иркутск; кандидат биологических наук, старший научный сотрудник; r.kodar@mail.ru. SPIN-код: 3664-52506; Author ID: 59726; Scopus ID: 10640308700.

Naprasnikova Elizaveta Viktorovna – Institute of Geography of the Siberian Branch of the RAS; 664033, Russia, Irkutsk; Candidate of Biology Sciences, Senior Researcher; r.kodar@mail.ru. SPIN-code: 3664-52506; Author ID: 59726; Scopus ID: 10640308700.

Белозерцева Ирина Александровна – Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН; 664033, Россия, г. Иркутск, кандидат географических наук, заведующий лабораторией геохимии ландшафтов и географии почв; beloza@mail.ru. SPIN-код: 4525-5782; Author ID: 119390.

Belozertseva Irina Aleksandrovna – Institute of Geography of the Siberian Branch of the RAS; 664033, Russia, Irkutsk; Candidate of Geographical Sciences, Head of the Landscape geochemistry and soil geography laboratory; beloza@mail.ru. SPIN-code: 4525-5782; Author ID: 119390.

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

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

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

- 05.11.01 – Приборы и методы измерений (по видам измерений) (технические науки);
- 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий (технические науки);
- 05.11.16 – Информационно-измерительные и управляющие системы (по отраслям) (физико-математические науки).

05.18.00 – технология продовольственных продуктов:

- 05.18.04 – Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств (технические науки);
- 05.18.07 – Биотехнология пищевых продуктов и биологических активных веществ (технические науки);
- 05.18.17 – Промышленное рыболовство (технические науки).

03.02.00 – общая биология:

- 03.02.08 – Экология (биологические науки);
- 03.02.04 – Зоология (биологические науки);
- 03.02.10 – Гидробиология (биологические науки);
- 03.02.14 – Биологические ресурсы (биологические науки).

В рамках общих направлений предпочтение отдается следующим профилям:

- научно-информационное обеспечение развития технических систем, контроля природной среды и использования природных ресурсов;
- аквакультура и охрана водных биологических ресурсов и среды их обитания, воздействие природных и антропогенных факторов на состояние водных экосистем;
- пищевые технологии и рыбоперерабатывающая техника.

Редакция оставляет за собой право отклонять статьи, не соответствующие профилю журнала

В журнале печатаются результаты, ранее не опубликованные и не предназначенные к одновременной публикации в других изданиях.

Работа должна соответствовать указанным выше направлениям, обладать несомненной новизной, иметь теоретическую и практическую значимость. Рукописи статей должны быть подготовлены на высоком научном уровне и содержать результаты исследований по соответствующей проблематике. Материалы исследований, присланные в журнал, не должны содержать заимствований из работ, принадлежащих другим ученым. Ссылки на исследования других специалистов даются в порядке, определенном традициями научного сообщества.

Рукописи должны быть оформлены в соответствии с правилами оформления, принятыми в журнале. Журнал публикует статьи на русском и английском языках.

Направление рукописей

Рукописи статей в электронном виде направляются в редакцию журнала по адресу: vestnik@kamchatgtu.ru. Название файла должно содержать фамилию автора статьи.

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

- анкета-заявка на опубликование. Если у статьи несколько авторов, то сведения предоставляются полностью о каждом из них, указывается автор для переписки с редакцией (Приложение 1);
- согласие автора о передаче права на публикацию рукописи и распространение в российских и международных электронных базах данных (Приложение 2);
- акт экспертизы / экспертное заключение в форме, принятой в направляющей организации;
- разрешение на опубликование материалов от организации, в которой работает автор с подписью руководителя и печатью организации (для внешних авторов).

Рецензирование рукописей

Статьи, присланные в журнал, проходят предварительное (общий допуск) и профильное (официальная рецензия) рецензирование. Вопрос об опубликовании рукописи, ее отклонении решает редакционная коллегия журнала.

Рецензентами журнала являются признанные высококвалифицированные ученые, имеющие степень доктора или кандидата наук с учетом их научной специализации в соответствующих областях науки.

Рукописи, получившие положительную оценку рецензентов, принимаются к опубликованию в журнале на заседании редколлегии журнала.

Рукописи, получившие рекомендации по доработке, отправляются авторам с замечаниями рецензентов. Доработанный вариант и письмо с ответами на замечания рецензентов необходимо прислать в редакцию в указанный срок для повторного рецензирования. Датой представления считается дата поступления в редакцию исправленной рукописи статьи.

В случае если рукопись получила отрицательную оценку рецензентов, автор получает мотивированный отказ в опубликовании.

Решение редакционной коллегии о принятии статьи к печати или ее отклонении сообщается авторам.

Оригиналы рецензий хранятся в редакции журнала в течение пяти лет.

Копии рецензий представляются в Министерство науки и образования РФ при поступлении в редакцию журнала соответствующего запроса.

Опубликование рукописей

Каждый номер научного журнала комплектуется из рукописей статей, прошедших рецензирование и принятых к опубликованию решением редакционной коллегии с учетом очередности поступления рукописи, ее объема и наполненности разделов.

Преимущественное право на публикацию имеют сотрудники КамчатГТУ, аспиранты, завершающие обучение в аспирантуре, и лица, выходящие на защиту диссертации в ближайшее время.

Автор может опубликовать в одном номере журнала не более одной статьи в качестве единственного автора.

Плата за публикации рукописей не взимается. Гонорар за публикации не выплачивается.

Полнотекстовые электронные версии выпусков журналов размещаются на сайте КамчатГТУ (<http://www.kamchatgtu.ru>), в Научной электронной библиотеке (НЭБ) (<http://elibrary.ru>).

Печатная версия журнала высылается по всем обязательным адресам рассылки.

Аннотации всех публикуемых материалов, ключевые слова, информация об авторах размещаются в свободном доступе на сайте журнала, в электронных системах цитирования (базах данных) на русском и английском языках.

Приложение 1

Анкета-заявка

Полные Ф. И. О.	На русском и английском языках
Название статьи	На русском и английском языках
Ученая степень	На русском и английском языках
Ученое звание	На русском и английском языках
Должность (с указанием структурного подразделения)	На русском и английском языках
Место работы	На русском и английском языках
Адрес места работы (обязательно указать индекс)	На русском и английском языках
Членство в академиях (РАЕН, РАН, МАНЭБ, Военная и др.)	На русском и английском языках
Номера телефонов (мобильный, служебный, домашний)	
Адрес электронной почты (e-mail)	

**Согласие автора
о передаче права на публикацию рукописи в научном журнале
«Вестник Камчатского государственного технического университета»
и распространение в российских и международных электронных базах данных**

Я, нижеподписавшийся, _____
(Ф., И., О. автора)
автор рукописи _____

(название рукописи)

передаю на безвозмездной основе редакции научного журнала **«Вестник Камчатского государственного технического университета»** неисключительное право на опубликование этой рукописи статьи (далее – Произведение) в печатной и электронной версиях научного журнала **«Вестник Камчатского государственного технического университета»**, а также на распространение Произведения путем размещения его электронной копии в базе данных «Научная электронная библиотека» («НЭБ»), представленной в виде информационного ресурса сети Интернет elibrary.ru. Территория, на которой допускается использование вышеуказанных прав на Произведение, не ограничена.

Я подтверждаю, что указанное Произведение нигде ранее не было опубликовано.

Я подтверждаю, что данная публикация не нарушает авторские права других лиц или организаций.

С правилами представления статей в редакцию научного журнала **«Вестник Камчатского государственного технического университета»** согласен / согласна.

наименование организации	должность	дата	подпись	расшифровка подписи
-----------------------------	-----------	------	---------	------------------------

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РУКОПИСЕЙ СТАТЕЙ

Объем

Объем содержательной части рукописи статьи (введение, материалы и методы, результаты и обсуждение, заключение) – не менее 5 страниц (без учёта таблиц, рисунков и списка литературы) для оригинальных статей и не более 24 страниц – для статей-ревизий.

Рекомендуемая структура

Статья должна быть структурирована и включать следующие разделы: введение, материалы и методы, результаты и обсуждение, заключение, литература.

Правила набора

Текстовый редактор – Microsoft Word, шрифт – Times New Roman; размер шрифта: основной – 11,5, вспомогательный – 10,5; абзацный отступ – 0,7 см; междустрочный интервал (множитель) – 1,2. Поля: верхнее – 20 мм, нижнее – 20 мм, правое – 20 мм, левое – 20 мм.

Начало статьи

Через один междустрочный интервал последовательно приводятся следующие сведения:

– индекс универсальной десятичной классификации (УДК), выровненный влево (шрифт 11,5);
на русском языке указываются:

– название статьи прописными (заглавными) полужирными буквами, без переносов, с выравниванием по центру (шрифт 11,5; междустрочный интервал – 1);

– фамилии и инициалы авторов последовательно с выравниванием по левому краю без абзацного отступа (шрифт 11,5; междустрочный интервал – 1);

– название организации, в которой работают авторы, адрес организации (с выравниванием по ширине полосы без абзацного отступа, шрифт 11,5; междустрочный интервал – 1);

– текст краткой аннотации (не менее 75 и не более 120 слов), выровненный по ширине полосы без абзацного отступа (шрифт 10,5; междустрочный интервал – 1); аннотация должна содержать краткое изложение проблемы, указание на технологию или методы исследования, результаты исследования с акцентом на их новизну;

– ключевые слова (не более 10 слов), выровненные по ширине полосы без абзацного отступа (шрифт 10,5; междустрочный интервал – 1);

далее на английском языке через один междустрочный интервал указываются:

– название статьи прописными (заглавными) полужирными буквами, без переносов, с выравниванием по центру (шрифт 11,5; междустрочный интервал – 1);

– фамилии и инициалы авторов последовательно с выравниванием по левому краю без абзацного отступа (шрифт 11,5; междустрочный интервал – 1);

– название организации, в которой работают авторы, адрес организации (с выравниванием по ширине полосы без абзацного отступа, шрифт 11,5; междустрочный интервал – 1);

– текст краткой аннотации, выровненный по ширине полосы без абзацного отступа (шрифт 10,5; междустрочный интервал – 1);

– ключевые слова (не более 10 слов), выровненные по ширине полосы без абзацного отступа (шрифт 10,5; междустрочный интервал – 1).

Образец оформления начала статьи

УДК

ДЕСТРУКЦИЯ ТКАНЕЙ БУРОЙ ВОДОРОСЛИ *SACCHARINA BONGARDIANA* В ПРОЦЕССЕ ТЕРМОЩЕЛОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ БИОГЕЛЯ

Иванов А.А.¹, Петрова А.А.²

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

² Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, г. Москва, ул. Красносельская, 17.

Saccharina bongardiana – один из самых массовых видов ламинариевых водорослей камчатского шельфа, характеризующийся широкой экологической пластичностью и морфологической изменчивостью. В работе описаны отличия его морфогенеза и биологии развития от таковых у других камчатских представителей рода *Saccharina* и близкого к нему рода *Laminaria*, рассмотрены особенности внутреннего строения, позволяющие данному виду осваивать литоральную зону шельфа, противостоять воздействию неблагоприятных факторов. Описан разработанный авторами метод контроля процесса деструкции тканей, происходящий под воздействием термощелочной обработки в процессе получения биогеля из этого вида водорослей.

Ключевые слова: *Saccharina bongardiana*, биология развития, морфогенез, водорослевый биогель, термощелочная обработка, деструкция ткани.

TISSUE DESTRUCTION IN THE BROWN ALGA, *SACCHARINA BONGARDIANA*, DURING THE PROCESS OF THERMAL-ALKALIN TREATMENT WHEN PRODUCING BIOGEL

Ivanov A.A.¹, Petrova A.A.²

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

² Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow, Krasnoselskaya Str. 17.

Saccharina bongardiana is one of the most widespread kelp species in Kamchatka, which is characterized by a broad ecological plasticity and morphological variability. We describe differences in its morphogenesis and developmental biology from the other *Saccharina* and *Laminaria* species from Kamchatka, and features of its internal structure that allow this species to develop in the tidal zone and withstand the effects of adverse environmental factors. The method developed by the authors to control the process of *S. bongardiana* tissue destruction occurring in the process of thermo-alkaline treatment when producing biogel from this alga is described.

Key words: *Saccharina bongardiana*, developmental biology, morphogenesis, algal biogel, thermo-alkaline treatment, tissue destruction.

Текст статьи

Основной размер шрифта текста статьи – 11,5; междустрочный интервал (множитель) – 1,2; абзацный отступ – 0,7 см.

Структурные элементы статьи (**введение, материалы и методы, результаты и обсуждение, заключение, литература**) должны быть приведены прописными (заглавными) полужирными буквами с выравниванием по центру.

Ссылки на литературу в тексте должны быть приведены в квадратных скобках с указанием фамилии автора (-ов) и через запятую – года выпуска научного издания (в порядке возрастания года издания; например, [Иванов, 1974; Петров, 1995; Абрамов, 2010]).

Ссылки на рисунки и таблицы должны быть приведены в тексте, при этом сами рисунки и таблицы – в конце статьи (после литературы и информации об авторах) с обязательным переводом названий таблиц и подрисуночных подписей на английский язык.

Все рисунки, кроме единственного, нумеруются. Рисунки должны быть четкими, обозначения и надписи читаемыми. Номер рисунка и подпись к нему печатаются шрифтом 10,5 размера, междустрочный интервал – 1 с выравниванием по ширине полосы без абзацного отступа (выносятся отдельно от рисунка для возможности редактирования). **Дополнительно к комплекту документов должны быть приложены файлы рисунков в формате jpg с разрешением не менее 300 dpi.**

Все таблицы, кроме единственной, нумеруются. Номер таблицы и подпись к нему печатаются 10,5 шрифтом, междустрочный интервал – 1 с выравниванием по ширине полосы без абзацного отступа.

Математические, физические и химические формулы следует набирать в редакторе Microsoft Equation Editor. Все формулы, на которые есть ссылки в тексте, нумеруются, и ссылки на них приводятся в круглых скобках. Формулы выносятся отдельной строкой. Номер формулы вводится в круглые скобки и выравнивается по правому краю.

Образец оформления текста статьи

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время известно, что бурые, главным образом ламинариевые водоросли являются источником получения веществ [Ковалева, 2000; Липатов, 2004; Разумов и др., 2004; Талабаева, 2006; Конева, 2009; Вафина, 2010].

.....

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

.....

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Внутреннее строение *S. bongardiana* подвержено (рис. 1).

.....

Описанная выше последовательность мацерации тканей *S. bongardiana* показана на рисунке 2.

Представленная таблица показывает стадии процесса деструкции

.....

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование показывает, что

Образец оформления формул

Полученные из опыта значения коэффициентов передач по каждому из каналов $K1(y_j)$ и $K2(y_j)$ соответственно удовлетворяют неравенствам:

$$\begin{aligned} -1 \leq K1(y_j) \leq 1, \\ -1 \leq K2(y_j) \leq 1. \end{aligned} \quad (1)$$

Учитывая более жесткие ограничения (1), получим систему неравенств:

$$\begin{aligned} K1(y_{j \min}) \leq K1(y_j) \leq K1(y_{j \max}), \\ K1(y_{j \min}) \leq K1(y_j) \leq K1(y_{j \max}). \end{aligned} \quad (2)$$

При построении семейства характеристик $K1_j = f(K2_j)$ учет неравенств (9) приведет к ограничению изобарных кривых с обеих сторон и выделению отрезков кривых, пересекающихся в исходной рабочей точке, соответствующей номинальным значениям $y_j^H(x)$.

Оформление литературы

Список литературы приводится последовательно на русском и английском языках и оформляется по алфавиту *строго в соответствии с образцом, представленным ниже, с выступом 0,7 см без нумерации.*

Образец оформления литературы

ЛИТЕРАТУРА

- Алфимов Н.Н., Петров Ю.Е. 1972. О биологических и биохимических особенностях некоторых ламинариевых и фукусовых водорослей (Phaeophyta) острова Беринга (Командорские острова). *Ботанический журнал*. Т. 57. № 6. С. 697–700.
- Аминина Н.М., Ключкова Н.Г. 2002. Перспективы развития производства по переработке водорослей на побережье Камчатки. *Рыболовство России*. № 1. С. 54–56.
- Богданов В.Д., Сафронова Т.М. 1993. Структурообразователи и рыбные композиции. М.: ВНИРО. 172 с.
- Вафина Л.Х. 2010. Обоснование комплексной технологии переработки бурых водорослей (Phaeophyta) при получении функциональных пищевых продуктов. *Диссертация ... канд. техн. наук*. М. 280 с.
- Вишневская Т.Н., Саяпина Т.А., Аминина Н.М. 1999. Химический состав и перспективы использования экстрактов из бурых водорослей. *Тезисы докладов Российской научной конференции «Новые биомедицинские технологии с использованием биологически активных добавок»*. Владивосток. С. 10–12.
- Вялков А.Н., Козлов В.К., Бобровницкий А.И., Михайлов В.И., Подкорытова А.В., Оди-нец А.Г., Супрун С.В., Тулупов А.М. 2008. Морские водоросли в восстановительной ме-дицине, комплексной терапии заболеваний с нарушением метаболизма. М.: МДВ. 156 с.
- Зацепина А.Н., Бессонова А.Д. 2016. Обоснование технологии получения продуктов из бу-рых водорослей. *Материалы Национальной (всероссийской) научно-практической кон-ференции «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и тех-ническое использование»*. С. 115–119.
- Иванюшина Е.А., Жигадлова Г.Г. 1994. Биология ламинарии *Laminaria bongardiana* на лито-рали острова Беринга (Командорские острова). *Биология моря*. Т. 20. № 5. С. 374–380.
- Огородников В.С. 2007. Водоросли-макрофиты Северных Курильских островов. *Авто-реферат диссертации ... канд. биол. наук*. Петропавловск-Камчатский. 25 с.
- Патент № 2041656 РФ. Способ получения пищевого полуфабриката из ламинариевых водорослей. *Тихоокеанский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии* (Подкорытова А.В., Ковалева Е.А., Аминина Н.М.).
- Пьянкова А.С. 2012. Получение и использование полисахаридов бурых водорослей. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. № 20. С. 62–66.

REFERENCES

- Alfimov N.N., Petrov Yu.E. 1972. On the biological and biochemical characteristics of some kelp and fuclean algae (Phaeophyta) of Bering Island (Commander Islands). *Botanicheskij zhurnal (Botanical journal)*. Vol. 57. № 6. P. 697–700.
- Aminina N.M., Klochkova N.G. 2002. Prospects for the development of algae processing on the coast of Kamchatka. *Rybolovstvo Rossii (Russian fishery)*. № 1. P. 54–56.

- Bogdanov V.D., Safronova T.M. 1993. Structuring agents and fish compositions. Moscow: VNIRO-press. 172 p.
- Vafina L.H. 2010. Justification of the integrated technology for processing of the brown algae (Phaeophyta) in obtaining functional food products. *Candidacy dissertation for technical sciences*. Moscow. 280 p.
- Vishnevskaya T.N., Sayapina T.A., Aminina N.M. 1999. Chemical composition and prospects of using extracts from the brown algae. *Proceedings of Russian scientific conference "New biomedical technologies using biologically active additives"*. Vladivostok. P. 10–12.
- Vyalkov A.N., Kozlov V.K., Bobrovnikskiy A.I., Mihaylov V.I., Podkoryitova A.B., Odinets A.G., Suprun C.B., Tulupov A.M. 2008. Seaweed in rehabilitation medicine, complex therapy of metabolic diseases. Moscow: MDV. 156 p.
- Zatsepina A.N., Bessonova A.D. 2016. Justification of technology for obtaining products from brown algae. *Proceedings of National (All-Russian) scientific and practical conference "Natural resources, their present condition, protection, industrial and technical use"*. P. 115–119.
- Ivanyushina E.A., Zhigadlova G.G. 1994. Biology of the kelp species *Laminaria bongardiana* from the tidal zone of Bering Island (Commander Islands). *Biologiya morya (Marine biology)*. Vol. 20. № 5. P. 374–380.
- Ogorodnikov B.C. 2007. Algae-macrophytes from the Northern Kuril Islands. *Abstract of the candidacy dissertation for biological sciences*. Petropavlovsk-Kamchatsky. 25 p.
- Patent № 2041656 RF. Method of obtaining a food semi-finished product from the laminariacean algae. *Pacific Fisheries and Oceanography Research Institute* (Podkoryitova A.V., Kovaleva E.A., Aminina N.M.).
- Pyancova A.S. 2012. Production and utilization of brown algae polysaccharides. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 20. P. 62–66.

Информация об авторах

Информация обо всех авторах размещается в конце статьи (после литературы) и приводится последовательно на русском и английском языках по схеме: фамилия, имя, отчество автора; название организации, индекс, страна, город; степень, звание, должность; электронный адрес (шрифт – 10,5; междустрочный интервал – 1; абзацный отступ – 0,7 см), идентификационные номера авторов в базах данных научного цитирования. **Дополнительно к комплекту документов должны быть приложены файлы-скриншоты с личного кабинета автора на сайте e-library с указанием SPIN-кода (для его подтверждения), а также при наличии – файлы-скриншоты ID-автора с сайта международной базы научного цитирования Scopus.**

Образец оформления информации об авторах

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

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

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

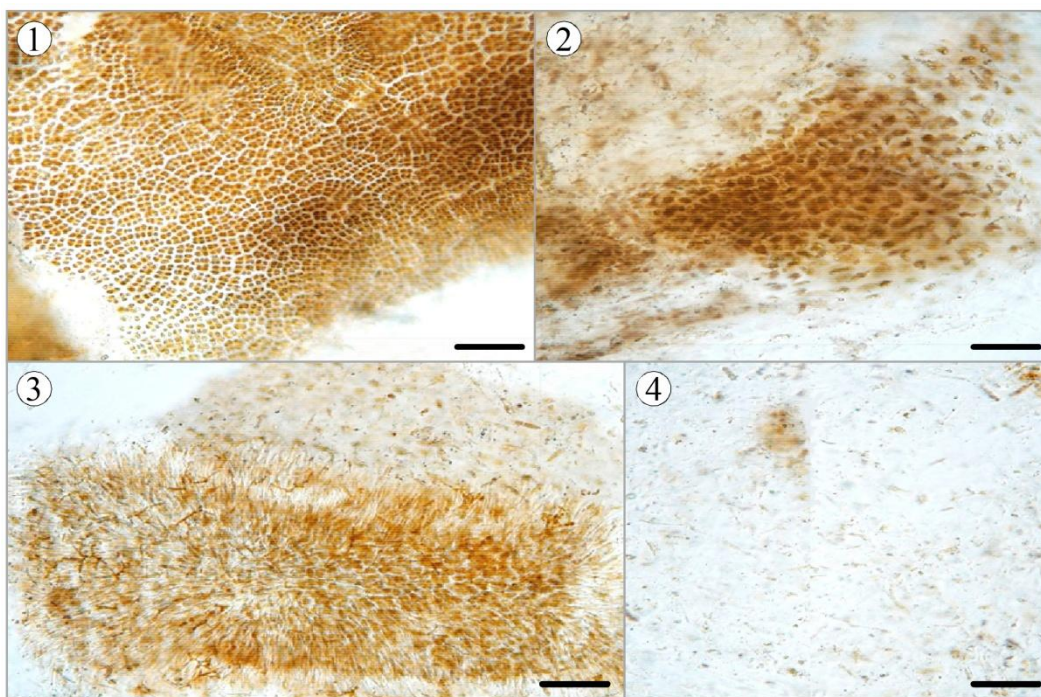


Рис. 1. Последовательность мацерации тканей *Saccharina bongardiana*: 1 – разделение дорсальной и вентральной половин слоевища и разрыхление корового слоя; 2 – разрыхление и дезинтеграция клеток меристодермы и медуллярной ткани; 3 – фрагмент соруса спорангиев с дезинтегрированными зооспорангиями и парафизами; 4 – мазок водорослевого биогеля в конце варки. Видны разрушенные нити сердцевины, отдельные парафизы и зооспорангии, небольшие скопления клеток меристодермы. Масштаб: 100 мкм (1, 3, 4), 50 мкм (2)

Fig. 1. The sequence of *Saccharina bongardiana* tissue maceration process: 1 – separation of the dorsal and ventral halves of the thallus and loosening of the cortical layer; 2 – loosening and disintegration of the meristoderm cells and medullar tissue; 3 – fragment of sporangial sori with disintegrated zoosporangia and paraphyses; 4 – smear of the algal biogel at the end of preparation. Broken filaments of the medullar tissue, individual paraphyses and zoosporangia, small clusters of meristoderm cells are visible. Scale: 100 µm (1, 3, 4), 50 µm (2)

Таблица. Мацерация дробленой *Saccharina bongardiana* в процессе ее термощелочной обработки

Table. Maceration of shredded *Saccharina bongardiana* thalli during thermo-alkaline treatment

Этап варки	Время варки (минут)	Средние размеры частиц (мм)	Характеристика изменений
1	10	4,01	Частицы плотные, целостные, без разделения на дорсальную и вентральную части
2	20	3,82	Частицы с начавшимся разделением на дорсальную и вентральную части. Наблюдается дробление крупных частиц
3	25	3,05	Продолжающийся процесс разрушения крупных частиц и расслоения пластины
4	30	2,6	Полное расслоение пластины, дезинтеграция клеток подкормки и сердцевины, дробление пластинок из коровой ткани и меристодермы
5	40	1,98	Продолжающаяся фрагментация частиц водорослей, разрыхление частиц, увеличение вязкости биогеля
6	50	0,83	Сильное набухание оставшихся частиц водорослей, почти полное разрушение оболочек клеток подкормки и меристодермы, увеличение вязкости биогеля

**АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В ЖУРНАЛЕ
«ВЕСТНИК КАМЧАТГТУ» В 2020 ГОДУ (№ 51–54)**

Авдощенко В.Г., Климова А.В.	
Содержание тяжелых металлов в почвах Петропавловска-Камчатского (Камчатский край) в 2017–2018 гг.	52 50–63
Авдощенко В.Г., Климова А.В.	
Содержание тяжелых металлов в растениях города Петропавловска-Камчатского (Камчатский край) в 2017–2018 гг.	54 48–64
Бец Ю.А., Наумова Н.Л.	
Разработка сдобного изделия с применением цельнозерновой муки киноа белой	51 35–39
Благонравова М.В.	
Разработка технологии бальзама на основе спиртованных настоев из дикоросов Камчатского края	53 25–36
Благонравова М.В., Самохин А.В.	
Разработка технологии хлебобулочных изделий пониженной влажности с добавлением в качестве обогатителя кальмара	54 36–47
Григорьев С.С.	
Экология нереста и раннего развития морских рыб прикамчатских вод.....	51 83–98
Дахно Т.Г., Дахно О.А.	
Генеративная и вегетативная продуктивность земляники крупноплодной <i>Fragaria ananassa</i> при применении биостимуляторов из морских гидробионтов камчатского шельфа	53 81–92
Дворецкий А.Г., Дворецкий В.Г.	
Симбионты и обрастатели камчатского краба восточного Мурмана (губа Дальнезеленецкая, Баренцево море) в июле 2014 г.	51 66–72
Ещенко Д.В., Никитин А.Т., Белов О.А.	
Практическое применение методов тепловизионного анализа и контроля	54 6–19
Жарников В.С.	
Влияние условий среды на пространственное распределение <i>Mya uzenensis</i> (Bivalvia: Myidae) в разных районах Тайской губы Охотского моря	51 99–107
Зудина С.М., Овчеренко Р.Т.	
Определение возраста и продолжительности жизни массовых видов морских окуней рода <i>Sebastes</i> в тихоокеанских водах Камчатки и северных Курильских островов.....	52 64–73
Карпенко В.И., Погорелов Е.А.	
Особенности питания молоди рыб в период паводка в протоке Карымайской летом 2018 года.....	54 65–81
Климова А.В., Матвеев А.А.	
Находки ламинариевых и других водорослей в уловах донным тралом у западного побережья Камчатки в 2018–2019 гг.	51 46–54
Клочкова Н.Г., Кашутин А.Н., Клочкова Т.А.	
Рост и размножение меченых растений <i>Fucus distichus</i> subsp. <i>evanescens</i> (Phaeophyceae, Fucales) в Авачинской губе (юго-восточная Камчатка)	51 55–65
Клочкова Н.Г., Климова А.В., Клочкова Т.А.	
Ламинариевые водоросли западной Камчатки	53 37–53
Клочкова Н.Г., Клочкова Т.А., Климова А.В.	
Флора водорослей-макрофитов Командорских островов: ревизия-2020. I. Chlorophyta и Ochrophyta	54 82–107
Клочкова Т.А., Салтанова Н.С.	
Деструкция тканей бурой водоросли <i>Saccharina bongardiana</i> в процессе термощелочной обработки при получении биогеля.....	52 27–39

Ковалев Н.Н., Лескова С.Е., Михеев Е.В., Позднякова Ю.М., Есипенко Р.В.	
Культуральные и биохимические показатели микроводорослей <i>Phaeodactylum tricornutum</i> и <i>Tetraselmis sueciaca</i> в накопительных культурах.....	53 54–65
Ковалева О.А., Поповичева Н.Н.	
Влияние биологически активной добавки «Йодонорм» на органолептические, физико-химические и функциональные показатели кисломолочных продуктов	51 19–25
Кротенко Д.С., Семчѳв В.А., Белов О.А., Жуков С.А.	
Анализ перспективного развития энергообеспечения Камчатского края.....	51 6–11
Макарова Н.В., Еремеева Н.Б., Давыдова Я.В.	
Съедобная упаковка из отходов переработки яблок.....	51 26–34
Марченко А.А.	
Построение компьютерной модели гребной электрической установки по системе генератор – двигатель	53 6–15
Минеев А.К.	
Гистопатология внутренних органов озерной лягушки <i>Pelophylax ridibundus</i> (Pallas, 1771) из водоемов Кольцово-Мордовинской поймы Саратовского водохранилища	52 74–85
Напрасникова Е.В, Белозерцева И.А.	
Почвы восточного побережья озера Байкал и их эколого-микробиологическая характеристика.....	54 108–116
Осипов Е.В., Сюмаков Г.В.	
Метод расчета прочностных характеристик полиэтиленовых шнуров	53 16–24
Рыбак В.А., Рябычина О.П.	
Аппаратно-программный комплекс для мониторинга загрязнения атмосферного воздуха и выбора оптимального маршрута движения.....	52 6–17
Святченко А.В., Сапронова Ж.А., Свергузова С.В., Порожнюк Е.В., Лупандина Н.С.	
Определение оптимальных параметров модификации целлюлозосодержащего сорбционного материала (листового каштанового опада)	52 40–49
Седова Н.А.	
Особенности личиночного развития креветок рода <i>Spirontocaris</i> (Decapoda, Thoridae) из северо-западной части Тихого океана.....	51 73–82
Сивоконь В.П.	
Высоковольтный мониторинг геомагнитно-индуцированных токов	54 20–28
Токранов А.М.	
Ихтиофауна литорали прикамчатских вод и сопредельной северо-западной части Берингова моря.....	53 66–80
Труднев С.Ю.	
Компьютерное моделирование системы регулирования двигателя постоянного тока на примере электропривода траловой лебедки	51 12–18
Труднев С.Ю.	
Компьютерное моделирование полупроводниковых преобразователей	52 18–26
Труднев С.Ю.	
Компьютерное моделирование однофазного асинхронного двигателя	54 29–35
Фазылова Е.С., Наумова Н.Л., Еремина Ю.К.	
Французский багет с добавлением льняной муки	51 40–45

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

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

Главный редактор Т.А. Клочкова

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

Адрес редакции, издателя, типографии:

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

Дата выхода в свет 30.12.2020 г.
Формат 60*84/8. Печать цифровая. Гарнитура Times New Roman
Авт. л. 12,55. Уч.-изд. л. 12,94. Усл. печ. л. 15,58
Тираж 500 экз. Заказ № 14

Подписной индекс в каталоге «Пресса России» 81288

Цена свободная

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

ISSN 2079-0333



9 772079 033418 >