

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

53

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

Марченко А.А.

Построение компьютерной модели гребной электрической установки
по системе генератор – двигатель6

Осипов Е.В., Сюмаков Г.В.

Метод расчета прочностных характеристик полиэтиленовых шнуров16

Благонравова М.В.

Разработка технологии бальзама на основе спиртованных настоев
из дикоросов Камчатского края25

РАЗДЕЛ II. БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

Ламинариевые водоросли западной Камчатки37

Ковалев Н.Н., Лескова С.Е., Михеев Е.В., Позднякова Ю.М., Есипенко Р.В.

Культуральные и биохимические показатели микроводорослей
Phaeodactylum tricornutum и *Tetraselmis sueciaca* в накопительных культурах54

Токранов А.М.

Ихтиофауна литорали прикамчатских вод
и сопредельной северо-западной части Берингова моря66

Дахно Т.Г., Дахно О.А.

Генеративная и вегетативная продуктивность
земляники крупноплодной *Fragaria ananassa* при применении биостимуляторов
из морских гидробионтов камчатского шельфа81

Правила направления, рецензирования и опубликования рукописей статей93

Правила оформления рукописей статей96

Contents

SECTION I. TECHNICAL SCIENCES

Marchenko A.A.	
Construction of computer model of propeller electric plant by generator – motor system	6
Osipov E.V., Syumakov G.V.	
Method for calculating strength characteristics of polyethylene cords	16
Blagonravova M.V.	
Development of balsam technology based on alcohol infusions from wild plants of Kamchatka region	25

SECTION II. BIOLOGICAL SCIENCES

Klochkova N.G., Klimova A.V., Klochkova T.A.	
The kelp species of western Kamchatka	37
Kovalev N.N., Leskova S.E., Mikheev E.V., Pozdnyakova Yu.M., Esipenko R.V.	
Cultural and biochemical parameters of two microalgae, <i>Phaeodactylum tricornutum</i> and <i>Tetraselmis sueciaca</i> , in cumulative cultures	54
Tokranov A.M.	
Ichthyofauna of intertidal zone from kamchatka's neighbouring waters and adjacent north-western part of the Bering sea	66
Dakhno T.G., Dakhno O.A.	
Generative and vegetative productivity of large-fruited strawberry <i>Fragaria ananassa</i> when using biostimulants from marine hydrobionts of Kamchatka	81
Regulations for manuscripts direction, reviewing and publication	93
Manuscripts guidelines	96

ПОСТРОЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ ГРЕБНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ПО СИСТЕМЕ ГЕНЕРАТОР – ДВИГАТЕЛЬ

Марченко А.А.

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

В данной статье рассмотрено создание компьютерной модели одноконтурной гребной электрической установки. На первом этапе построена математическая модель данной системы. На основе математической модели создана компьютерная модель в *Matlab* и проведена проверка в номинальном режиме. После верификации модели был проведен эксперимент по регулированию частоты гребного электродвигателя. Полученные результаты свидетельствуют о правильности построенной математической и компьютерной моделей и об эффективности данной системы.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, гребной двигатель, коммутация, механическая мощность, частота сети, электрический ток.

CONSTRUCTION OF COMPUTER MODEL OF PROPELLER ELECTRIC PLANT BY GENERATOR – MOTOR SYSTEM

Marchenko A.A.

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

This article discusses the creation of a computer model of a single-circuit propeller electric plant. The first step was to construct a mathematical model of the system. On the basis of this model, a computer model was created in *Matlab* and was thereafter checked in a nominal mode. Then we verified the model and actual system by conducting an experiment to adjust the frequency of the propeller motor. The results obtained indicate the correctness of the constructed mathematical and computer models and the effectiveness of this system.

Key words: asynchronous motor, propeller motor, commutation, mechanical power, network frequency, electric current.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время освоение Арктики является приоритетной задачей ледокольного флота. Для удержания первенства в северных широтах на верфях Российской Федерации создаются современные суда ледокольного типа. Основным отличием электроэнергетической системы таких судов является электродвижение, поскольку

именно это позволяет добиваться высокой маневренности и наличия требуемых нагрузок на валу гребных винтов, которые так необходимы в условиях ледового плавания. Основным преимуществом гребных электрических установок (ГЭУ) является регулирование частоты вращения гребного двигателя в широком диапазоне. Поскольку актуальность таких систем не вызывает сомнений, ведется постоянная разработка со-

временных систем, позволяющих получить больший КПД и улучшенные регулировочные характеристики гребных двигателей.

Гребные электрические установки на постоянном токе получили наибольшее распространение благодаря простоте способов регулирования скорости гребных винтов. Также простота конструкции объясняет высокую степень надежности таких систем [Акулов, 1982]. С развитием технического процесса и совершенствованием судовых электроприводов и систем электродвижения постепенно в ГЭУ на постоянном токе внедрялись электронные устройства. Это позволило значительно улучшить параметры таких систем. Стремление к уменьшению объема технического обслуживания гребных электрических установок на постоянном токе из-за наличия коллекторно-щеточного аппарата и развитие силовой преобразовательной техники позволило создать установки двойного рода (переменно-постоянного) тока по системе синхронный генератор – неуправляемый выпрямитель – двигатель постоянного тока, что было также реализовано на ледоколах. Такие системы являются более совершенными. Применение главной электростанции на переменном токе позволяет значительно уменьшить количество электрических машин в системе и как следствие – массогабаритные характеристики.

В настоящее время в связи с распространением преобразователей частоты больших мощностей самыми перспективными являются гребные установки на переменном токе. Показатели таких систем значительно лучше, поскольку они имеют низкие габариты и высокую надежность. Степень их регулирования значительно выше всех перечисленных систем [Труднев, 2015]. Все же необходимо отметить, что в настоящее время подавляющее большинство гребных электроустановок

работают на постоянном токе и выполнены по системе генератор – двигатель (Г–Д), причем с машинами постоянного или переменного тока.

Такие установки до сих пор являются актуальными и выполняют свою задачу, связанную с ростом энерговооруженности судов, поскольку позволяют установить на судне оптимальное число первичных двигателей и тем самым повысить экономические показатели.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Система Г–Д обеспечивает регулирование скорости вращения гребных электродвигателей в широких пределах. В такой ГЭУ питание гребных двигателей (ГЭД) осуществляется от отдельных генераторов. Возбуждение генераторов и ГЭД независимое, и обычно оно получает питание от специальных возбудителей. В некоторых случаях питание возбуждения ГЭД осуществляется от судовой сети.

Регулирование скорости вращения гребного двигателя может осуществляться путем изменения напряжения генераторов или магнитного потока электродвигателя с одновременным изменением напряжения генераторов. Изменение направления вращения электродвигателя может производиться изменением направления тока в якоре ГЭД или его магнитного потока.

На рисунке 1 представлена принципиальная схема ГЭУ по системе Г–Д. В данной схеме регулирование скорости вращения ГЭД осуществляется изменением величины тока в обмотке независимого возбуждения (НОВ) возбудителя ВГ главных генераторов. Реверс ГЭД осуществляется при помощи изменения направления тока (магнитного потока) в обмотке возбуждения НОВ с помощью поста управления ПУ (потенциометрического реостата).

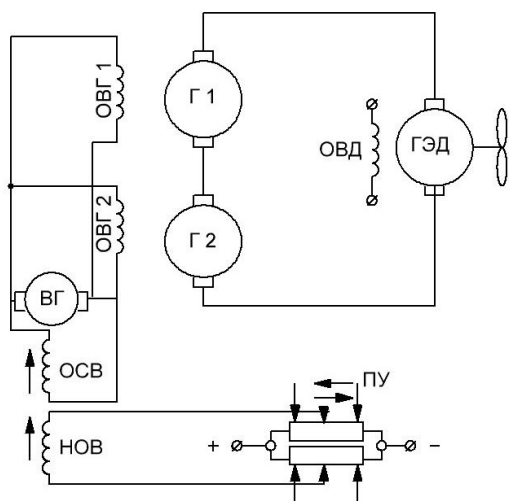


Рис. 1. Принципиальная схема ГЭУ: ОСВ – обмотка самовозбуждения; НОВ – независимая обмотка возбуждения; ОВГ – обмотка возбуждения генератора; ОВД – обмотка возбуждения гребного электродвигателя

Fig. 1. Schematic diagram of the MPP: ОСВ – self-excitation winding; НОВ – independent excitation winding; ОВГ – generator excitation winding; ОВД – excitation winding of the propeller motor

Для удобства рассмотрения принципа действия отдельных узлов системы электродвижения ее условно разделяют на несколько взаимосвязанных схем: главного тока, возбуждения, защиты, управления, сигнализации и контроля. Основным показателем эффективности ГЭУ является ее механическая характеристика. На практике внешнюю, так называемую экскаваторную, характеристику генератора (рис. 2) обычно получают с помощью жесткой отрицательной обратной связи по току главной цепи. В представленном виде ГЭУ по системе генератор – двигатель практически не применяется. Это связано прежде всего с большими мощностями систем электродвижения судов и, следовательно, – с применением нескольких параллельно работающих генераторов и нескольких контуров в системе. Также нужно отметить, что при построении модели использовалась одноконтурная система. Моделирование ГЭУ, включающей несколько контуров,

является следующим этапом данного исследования [Труднев, 2020]. Обычно же в многовалльных ГЭУ генераторы питают определенные ГЭД. В реальных установках соединение генераторов и ГЭД, относящихся к разным гребным валам, производится в случае целесообразности этого или в аварийных случаях. Следует отметить, что в системах неизменного тока работа ГЭУ при последовательном соединении главных машин разных гребных валов является нормальным эксплуатационным режимом.

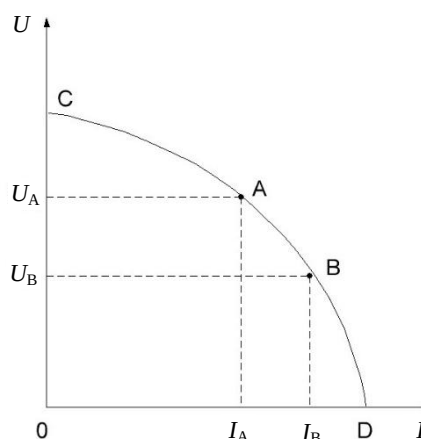


Рис. 2. Внешняя (экскаваторная) характеристика генератора

Fig. 2. External characteristic of the generator

Наиболее предпочтительно последовательное соединение, требующее менее сложной схемы регулирования и позволяющее более простыми средствами использовать полную мощность электрических машин в частичных режимах, т. е. когда один из генераторов не работает.

Схема с параллельным соединением генераторов должна иметь более сложную и точную систему регулирования, обеспечивающую равномерное распределение нагрузок между генераторами в диапазоне от минимальной до номинальной величины. Это может быть достигнуто применением уравнивающих соединений или индивидуальных возбудителей для каждого

генератора с обратными связями, корректирующими распределение нагрузок. Кроме того, для устойчивой и надежной параллельной работы генераторов необходимо, чтобы первичные двигатели (дизели или турбины) имели регуляторы, автоматически обеспечивающие постоянство их скорости вращения при колебаниях нагрузки. При невыполнении этих условий нагрузка между работающими параллельно генераторами распределяется неравномерно. Токи нагрузки при этом могут отличаться на значительную величину, что может привести к нарушению нормальной работы установки.

На практике применяется ГЭУ с двухобмоточным возбудителем генератора, которая представлена на рисунке 3. Данная установка работает следующим образом: независимая обмотка возбуждения НОВ подключена к потенциометру поста управления ПУ, а токовая обмотка возбуждения ТОВ (обмотка жесткой отрицательной обратной связи по току главной цепи) подключена на падение напряжения в обмотке дополнительных полюсов и в компенсационной обмотке электродвигателя. Магнитодвижущая сила (МДС) обмотки ТОВ направлена встречно МДС независимой об-

мотки возбуждения, и ее величина пропорциональна току главной цепи.

Скорость вращения гребного электродвигателя ГЭД регулируется постом управления ПУ путем изменения МДС независимой обмотки возбуждения НОВ. При перемещении рукоятки поста ПУ изменяются соответственно напряжение возбуждителя генератора Г и скорость вращения ГЭД. Реверс осуществляется изменением полярности напряжения управления U_y , подаваемого постом ПУ на независимую обмотку возбуждения. При этом напряжение на генераторе также меняет свой знак, а ГЭД, имея прежнее направление потока возбуждения, изменяет свое направление вращения. Таким образом, реверс ГЭД происходит путем изменения направления тока главной цепи.

Изучение гребных электрических установок связано с созданием лабораторных установок или компьютерных моделей. Второй вариант более выгодный, так как при его реализации можно работать с установками реальной мощности, в то время как лабораторные стенды будут только уменьшенными макетами, не отражающими все процессы в системе ГЭУ.

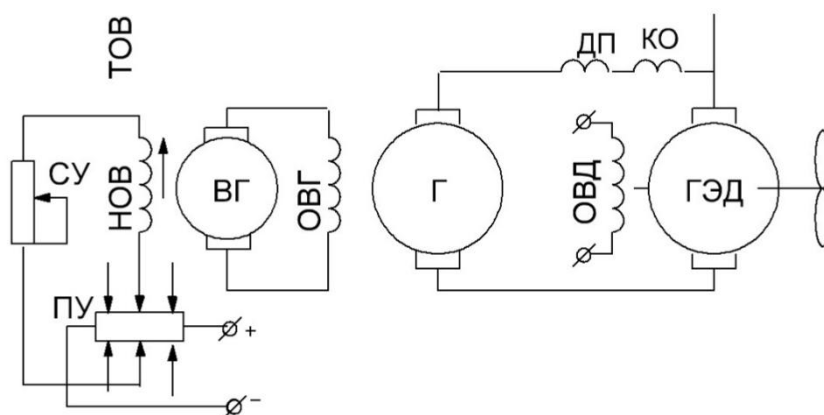


Рис. 3. Схема ГЭУ с двухобмоточным возбудителем генератора

Fig. 3. Diagram of propeller electric plant with two-winding generator exciter

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Далее представлен процесс моделирования гребной электрической установки на постоянном токе по системе генератор – двигатель. На первом этапе моделирования были приняты следующие допущения:

1. Не учитываются механические потери, упругие деформации и зазоры в механических соединениях.

2. Пренебрегается влияние вихревых токов, гистерезиса, изменения коэффициента самоиндукции.

3. Пренебрегается влияние реакции якоря.

4. Принята линейная зависимость магнитного потока от тока возбуждения.

5. Магнитный поток ГЭД остается постоянным и равным номинальному.

6. Механическая характеристика гребного винта квазистационарная и квадратичная.

Дифференциальное уравнение, описывающее процессы в обмотке возбуждения генератора:

$$u_b(t) = i_b(t) \cdot R_b + L_b \cdot di_b(t) / dt, \quad (1)$$

где $u_b(t)$ – напряжение;

$i_b(t)$ – ток;

R_b – активное сопротивление;

L_b – индуктивность обмотки возбуждения;

t – время.

Дифференциальное уравнение, описывающее процессы в якорной цепи:

$$e_r t - e_{ГЭД} t = i(t) \cdot R + L \cdot di(t) / dt, \quad (2)$$

где

$$e_r(t) = k_{в.г} \cdot \Phi_r(t) \cdot \omega_r(t) \quad (3)$$

– ЭДС генератора;

$$e_{ГЭД} t = k_{в.гэд} \cdot \Phi_{ГЭД} \cdot \omega_{ГЭД}(t) - ЭДС_{ГЭД}, \quad (4)$$

где $i(t)$ – ток;

R – суммарное активное сопротивление;

L – суммарная индуктивность якорной цепи.

Уравнение движения дизель-генератора:

$$M_{диз}(t) - M_r(t) = J_{диз} \cdot d\omega_r(t) / dt, \quad (5)$$

где

$$M_r(t) = k_{м.г} \cdot \Phi_r(t) \cdot i(t) \quad (6)$$

– момент, создаваемый генератором;

$M_{диз}(t)$ – момент, создаваемый дизелем;

$J_{диз}$ – момент инерции дизель-генератора;

$\omega_r(t)$ – скорость дизель-генератора.

Уравнение движения ГЭД:

$$M_{ГЭД}(t) - M_b(t) = J_{ГЭД} \cdot d\omega_{ГЭД}(t) / dt, \quad (7)$$

где

$$M_{ГЭД}(t) = k_{м.гэд} \cdot \Phi_{ГЭД}(t) \cdot i(t) \quad (8)$$

– электромагнитный момент ГЭД;

$$M_b(t) = k_b \cdot \omega_{ГЭД}^2(t) \quad (9)$$

– момент сопротивления, создаваемый гребным винтом;

k_b – коэффициент, учитывающий конструкцию и условия работы гребного винта;

$J_{ГЭД}$ – суммарный приведенный к валу ГЭД момент инерции;

$\omega_{ГЭД}(t)$ – скорость ГЭД.

Перепишем уравнения (1), (2), (5), (7) в нормальной форме Коши с учетом уравнений (3), (4), (6), (8), (9):

$$\begin{aligned}
di_{в.г}(t) / dt &= (u_{в.г}(t) R_{в} - i_{в.г}(t)) \cdot 1 / T_{в.г}; \\
di_{в.гэд}(t) / dt &= (u_{в.гэд}(t) R_{в} - \\
&\quad - i_{в.гэд}(t)) \cdot 1 / T_{в.гэд}; \\
di(t) / dt &= (k_{ег} \cdot \Phi_{г}(t) \cdot \omega_{г}(t) - \\
&\quad - k_{егэд} \cdot \Phi_{гэд}(t) \cdot \omega_{гэд}(t) \cdot 1 / L_{в} - i(t) \cdot 1 / T; \\
d\omega_{г}(t) / dt &= M_{диз} t - \\
&\quad - k_{м.г} \cdot \Phi_{г}(t) \cdot i(t) \cdot 1 / J_{диз}; \\
d\omega_{гэд}(t) / dt &= (k_{м.гэд}(t) \cdot \Phi_{гэд}(t) \cdot i(t) - \\
&\quad - k_{в} \cdot \omega_{гэд}(t)) \cdot 1 / J_{гэд}. \quad (10)
\end{aligned}$$

Произведем нормирование параметров ГЭУ относительно их номинальных значений. Для этого каждая переменная умножается и делится на свое номинальное значение. После преобразований получим систему уравнений в относительных единицах:

$$\begin{aligned}
di_{в.г}(t) / dt &= u_{в.г}(t) \cdot k1 - i_{в.г}(t) \cdot 1 / T_{в.г}; \\
di_{в.гэд}(t) / dt &= u_{в.гэд}(t) \cdot k1 - \\
&\quad - i_{в.гэд}(t) \cdot 1 / T_{в.гэд}; \\
di(t) / dt &= k2 \cdot i_{в.г}(t) \cdot \omega_{г}(t) - \\
&\quad - k3 \cdot i_{в.гэд}(t) \cdot \omega_{гэд}(t) \cdot 1 / L_{в} - i(t) \cdot 1 / T; \\
d\omega_{г}(t) / dt &= k4 \cdot M_{диз}(t) - \\
&\quad - k5 \cdot i_{в.г}(t) \cdot i(t); \\
d\omega_{гэд}(t) / dt &= k6 \cdot i_{в.гэд}(t) \cdot i(t) - \\
&\quad k7 \cdot \omega_{гэд}(t), \quad (11)
\end{aligned}$$

где

$$k1 = U_{в.н} / (I_{в.н} \cdot R_{в}); \quad (12)$$

$$k2 = (U_{н} + I_{н} \cdot R) / I_{н}; \quad (13)$$

$$k3 = (U_{н} - I_{н} \cdot R) / I_{н}; \quad (14)$$

$$k4 = M_{диз.н} / (\omega_{г.н} \cdot J_{диз}); \quad (15)$$

$$k5 = M_{г.н} / (\omega_{г.н} \cdot J_{диз}); \quad (16)$$

$$k6 = M_{гэд.н} / (\omega_{гэд.н} \cdot J_{гэд}); \quad (17)$$

$$k7 = k_{в} \omega_{гэд.н} / J_{гэд}; \quad (18)$$

$$T_{в} = L_{в} / R_{в}; \quad T = L / R \quad (19)$$

– постоянные времени обмотки возбуждения и якорной цепи.

После расчета искомых параметров математической модели производилось компьютерное моделирование гребной электрической установки в среде Matlab.

На рисунке 4 представлена компьютерная модель [Герман-Галкин; 2001]. Данная модель включает четыре основных блока. Приводной двигатель 1 для простоты реализации представлен в виде асинхронного трехфазного электродвигателя, питающегося от сети с неизменным напряжением. Данное допущение позволило избежать применения модели приводного дизеля. Это связано в первую очередь с нюансами в компьютерном моделировании в *Matlab*. Генератор постоянного тока 2 соединен механической связью с приводным двигателем [Вольдек, 1978], а также осуществляет подачу питания на гребной электродвигатель 3, который представляет собой двигатель постоянного тока смешанного возбуждения. Все измерительные приборы собраны в блоке 4.

При проведении компьютерных экспериментов согласно рисунку 3 изменение напряжения генератора осуществлялось изменением тока независимой обмотки возбуждения ШОВ, что приводило к измерению скорости вращения гребного электродвигателя. Согласно теории, изменение скорости вращения и момента должно происходить по механической характеристике ГЭУ. Наилучшие результаты должны быть получены также при регулировании тока возбуждения гребного двигателя, но такую систему проще реализовать в ГЭУ двойного рода тока.

Для получения оптимальных результатов моделирования были сформированы три основные задачи эксперимента. Во-первых, необходимо построить модель гребной установки на постоянном токе

с полным соответствием ее параметров реальной системе. Так как характеристики ГЭУ найти в открытом доступе достаточно затруднительно, сравнение необходимо производить с каталожными данными электрических машин и данными, полученными в результате моделирования. Оптимальным вариантом является сравнение параметров модели и каталожных данных главного генератора и гребного электродвигателя. Во-вторых, необходимо проверить полученную модель на возможность осуществления плавного регулирования скорости гребной установки. Для этого лучше всего провести несколько запусков модели с изменением тока независимой обмотки возбуждения в ШОВ и сравнить скорости вращения гребного электродвигателя. В-третьих, необходимо выяснить преимущества и недостатки системы после проведенных экспериментов.

Первоначально производилась настройка частоты вращения приводного электродвигателя переменного тока. Как показано на рисунке 5, двигатель вышел на свою номинальную скорость. На данном рисунке показан ток генератора постоянного тока, его момент и скорость гребного

электродвигателя. Из приведенных диаграмм видно, что компьютерная модель работает корректно и ее параметры соответствуют параметрам реальной системы.

Основной задачей эксперимента является получение подтверждения плавного изменения скорости гребных двигателей. Для этого в обмотке возбуждения генератора (ОВГ) производилось уменьшение тока возбуждения. Вследствие этого напряжение на якоре гребного электродвигателя также снизилось, тем самым уменьшив скорость и момент гребного электродвигателя. На рисунке 6 показаны результаты эксперимента.

Отметим, что для получения оптимальных параметров ГЭУ по системе Г–Д необходимо производить изменение тока независимой обмотки возбуждения НОВ возбuditеля генератора ВГ (рис. 3), а при проведении эксперимента производилось изменение параметров в пределах контура Г–Д, так как моделирование возбuditеля не было реализовано. Это связано с усложнением модели и как следствие ее компьютерного моделирования. В дальнейшем при моделировании ГЭУ с несколькими контурами планируется реализовать возбuditели генераторов.

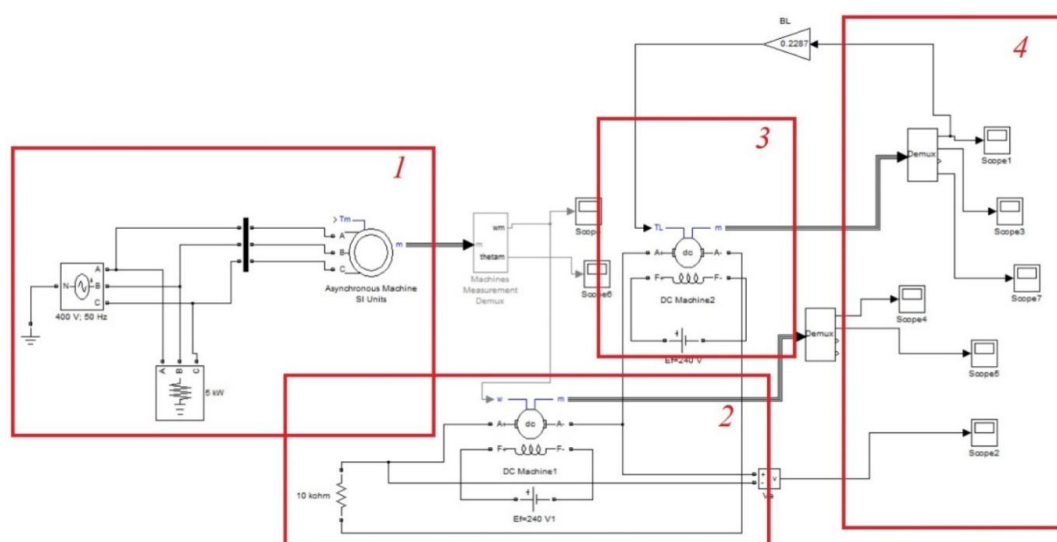


Рис. 4. Компьютерная модель ГЭУ

Fig. 4. Computer model of propeller electric plant

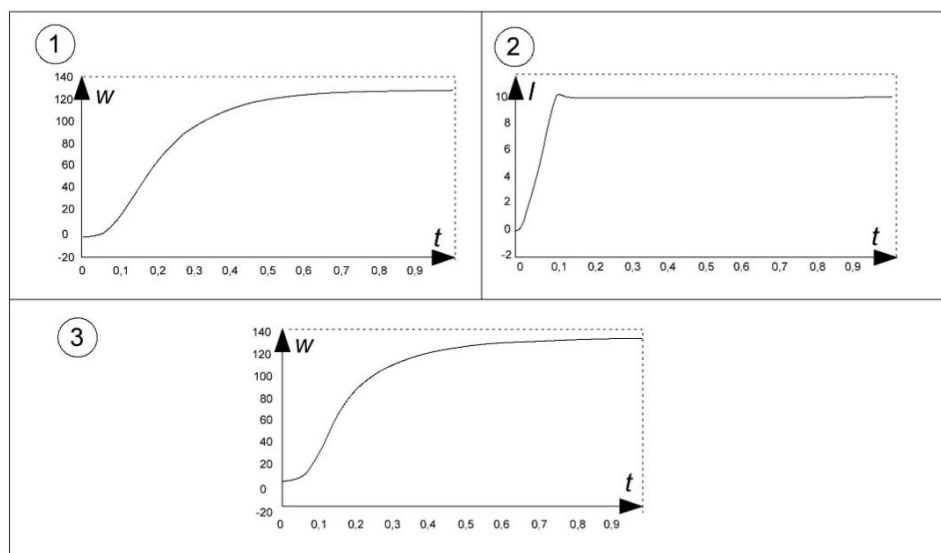


Рис. 5. Характеристики модели: 1 – скорость двигателя; 2 – ток генератора; 3 – скорость ГЭД

Fig. 5. Characteristics of model: 1 – engine speed; 2 – generator current; 3 – speed of propeller engine

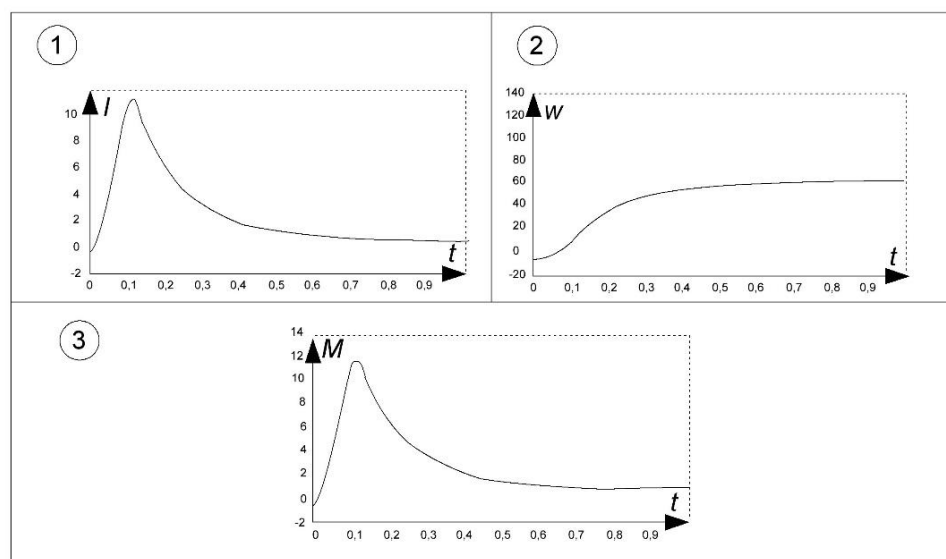


Рис. 6. Характеристики модели после проведения эксперимента: 1 – ток гребного двигателя; 2 – скорость гребного двигателя; 3 – момент гребного двигателя

Fig. 6. Model characteristics after the experiment: 1 – propeller motor current; 2 – propeller motor speed; 3 – moment of the rowing engine

Проведенный компьютерный эксперимент позволяет сделать вывод о соответствии модели и реальной гребной электрической установки, а представленный метод регулирования частоты работает в широком диапазоне. Также видно, что изменение частоты вращения происходит пропорционально. Это позволяет сделать вы-

вод о плавности регулировании [Марченко, Портнягин, 2012].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данные системы наряду с положительными качествами также имеют свои недостатки. Основным недостатком систе-

мы на основе электрических машин являются ее габариты, особенно это актуально при работе в составе электропривода большой мощности. Кроме того, наличие связанных в системе нескольких электрических машин существенно снижает КПД такой системы. Как было отмечено выше, всех этих недостатков лишены системы на основе электронных преобразователей. В гребных установках на постоянном токе, а также установках двойного рода тока применяются преобразователи напряжения, способные питать как обмотки возбуждения, так и якоря гребных электродвигателей постоянного тока. Сегодня это распространенная современная система, которая также требует подробного рассмотрения.

К недостаткам представленной компьютерной модели можно отнести работу в пределах одного контура генератор – двигатель. На следующем этапе исследования целесообразно моделирование второго контура и объединение их в систему ГЭУ с изменением момента на валу гребного двигателя относительно нагрузки. Кроме того, при реализации данной модели станет возможна компьютерная имитация параллельной работы главных генераторов, что является неотъемлемой частью ГЭУ. Также недостатком является отсутствие возбудителей генераторов и гребных электродвигателей. Но при решении поставленных задач это не оказывает влияния на полученные результаты.

Главным преимуществом модели является соответствие ее параметров и параметров реальной системы. Данная модель может быть настроена на любую мощность электростанции и гребных двигателей. Это позволяет проводить эксперименты на установках, соответствующих реальным судовым ГЭУ. Также данная модель дает возможность ее дальнейшего усложнения

в модель ГЭУ, состоящей из нескольких контуров, в модель ГЭУ двойного рода тока и другие современные и перспективные установки.

Представленная автором модель позволяет оценить характеристики гребной электрической установки на постоянном токе по системе генератор – двигатель. Полученная модель может использоваться не только для научных целей, но и в учебном процессе для проведения практических занятий по дисциплине «Гребные электрические установки» курсантов специальности «Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики» очного и заочного обучения. Проведение практических работ курсантами при помощи имитационного моделирования позволяет наиболее полно рассмотреть процессы автоматизации ГЭУ.

ЛИТЕРАТУРА

- Акулов Ю.И. 1982. Гребные электрические установки. Учебник. Москва: Транспорт. 264 с.
- Вольдек А.И. 1978. Электрические машины. Учебник для высших технических заведений. Ленинград: Энергия. С. 510–514.
- Герман-Галкин С.Г. 2001. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0. Учебное пособие. Санкт-Петербург: КОРОНА принт. С. 233–239.
- Марченко А.А., Портнягин Н.Н. 2012. Моделирование процесса динамического нагружения асинхронного электродвигателя. *Современные проблемы науки и образования*. № 6. С. 125.
- Труднев С.Ю. 2015. Разработка компьютерной модели параллельной работы генераторного агрегата и трехфазного безынерционного источника питания. *Вестник государственного универси-*

тета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. Т. 30. № 2. С. 191–197.

Труднев С.Ю. 2020. Компьютерное моделирование полупроводниковых преобразователей. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. №. 52. С. 18–26.

REFERENCES

Akulov U.I. 1982. Propeller electrical systems. Textbook. Moscow: Transport. 264 p.

Voldek A.I. 1978. Electric machines. Training. Establishments. Leningrad. Energia. P. 510–514.

Hermann-Galkin S.G. 2001. Computer modeling of semiconductor systems in MATLAB 6.0. Tutorial. St. Petersburg. CORONA print. P. 233–239.

Marchenko A.A., Portnyagin N.N. 2012. Modeling of the process of dynamic loading of asynchronous electric motor. *Modern Problems of Science and Education*. № 6. P. 125–128.

Trudnev S.Yu. 2015. Development of a computer model of parallel operation of a generator set and a three-phase inertia-free power supply. *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova (Bulletin of Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping)*. Vol. 30. № 2. P. 191–197.

Trudnev S.Yu. 2020. Computer modeling of semiconductor converters. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 52. P. 18–26.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Марченко Алексей Александрович – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат технических наук, доцент кафедры «Энергетические установки и электрооборудование судов»; Marchenko_alx@inbox.ru. SPIN-код: 6328-6770, Author ID: 950926.

Marchenko Aleksey Aleksandrovich – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Technical Sciences; Associate Professor of Power Plants and Electrical Equipment of Ships Chair; Marchenko_alx@inbox.ru. SPIN-код: 6328-6770, Author ID: 950926.

МЕТОД РАСЧЕТА ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ШНУРОВ

Осипов Е.В.¹, Сюмаков Г.В.²

¹ Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, ул. Луговая, 52б.

² ООО «Морское снабжение», Приморский край, пос. Девятый Вал, ул. Ленина, 1, корпус 2.

В работе описан метод расчета прочностных характеристик полиэтиленовых шнуров с учетом конструкции и на основе исследования процессов его разрушения. Метод расчета включает определение фактического внутреннего диаметра оплетки, который позволяет выявить эффективную компоновку оплетки (рубашки) шнура и определить возможность совместной работы сердечника и шнура, что и обеспечивает максимальную разрывную нагрузку полиэтиленовых шнуров. Для определения диаметра, образующегося нитями сердечника, использованы оптимальные соотношения. Получены формулы соотношения длины нитей оплетки и нитей сердечника, которые позволяют определить коэффициент использования нитей оплетки, включенных в процесс разрыва. Отклонение результатов расчетных значений по предложенному методу и экспериментальных данных не превышает 3–5%. Предложенный метод может быть применен для расчета прочностных характеристик полиэтиленовых шнуров, у которых при разрыве конструктивно возможна совместная работа нитей сердечника и оплетки.

Ключевые слова: метод расчета, полиэтиленовые шнуры, прочностные характеристики.

METHOD FOR CALCULATING STRENGTH CHARACTERISTICS OF POLYETHYLENE CORDS

Osipov E.V.¹, Syumakov G.V.²

¹ Far Eastern State Technical University of Fisheries, Vladivostok, Lugovay Str. 52b.

² LLC “Marine Supply”, Primorsky region, Devyatyy Val village, Lenin Str. 1, campus 2.

The method for calculating the strength characteristics of a polyethylene cord taking into account the design and based on the study of its destruction processes was described. The calculation method includes determining the actual inner diameter of the braid, which allows identifying the effective layout of the cord braid and to determine the possibility of core and cord joint work, which ensures maximum breaking load of polyethylene cords. To determine the diameter of the core formed by the threads the optimal ratios were used. The formulas for determining the ratio of the braid and core threads length were obtained, which allow to determine the utilization coefficient of braid threads included in the fracture process. The deviation of the results of calculated values due to the proposed method and experimental data do not exceed 3–5%. The proposed method can be used to calculate the strength characteristics of polyethylene cords, in which the joint work of the core and braid threads is structurally possible at break.

Key words: calculation method, polyethylene cords, strength characteristics.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время полиэтиленовые шнуры используются при производстве рыболовных делей, они практически заменили изделия из капрона в промышленном рыболовстве при производстве тралов, траловых и снюрреводных мешков. Однако в современной литературе отсутствуют методики численного расчета прочностных характеристик полиэтиленовых рыболовных шнуров, что значительно сдерживает развитие производства оптимальных конструкций шнуров как на отечественных фабриках по производству сетематериалов, так и за рубежом. Так, в ряде исследований описывали работу капроновых шнуров и из монофиломентных нитей [Ломакина, 1984; Суконнов, Насенков, 2018], где разрывные нагрузки шнуров определяли как суммы разрывных нагрузок всех их элементов, что существенно отличается от работы полиэтиленовых шнуров [Осипов, Сюмаков, 2019]. При этом характеристики этих двух материалов различны, и за счет этого работа полиэтиленовых шнуров во время разрыва существенно различается от капроновых шнуров [Осипов, Сюмаков, 2019]. Поэтому разработка метода расчета прочностных характеристик полиэтиленовых шнуров является актуальной задачей для создания новых сетематериалов для производства орудий рыболовства.

Отсутствие методик численного расчета прочностных характеристик полиэтиленовых рыболовных шнуров во многом связано с тем, что производители этих шнуров используют экспериментальные методы определения их прочностных характеристик, и это является обязательным условием обеспечения качества продукции. Однако для решения задач автоматизированного проектирования полиэтиленовых рыболовных шнуров и быстрого определения прочностных характеристик при пере-

ходе на другие марки полиэтилена, при изготовлении шнуров по заказу, не входящих в параметрический ряд, а также для оптимизации конструкции шнуров необходимо использовать методики численного расчета. При этом ведение натурных экспериментальных работ на предприятиях требует больших затрат, связанных с отвлечением работников, перенастройкой оборудования и выбыванием его из производственного процесса, а также присутствуют затраты на сырье. Как показало исследование параметрического ряда шнуров разных компаний [Осипов, Сюмаков, 2019], отсутствие численных методов расчета шнуров не позволяет вести для некоторых компаний экспериментальные исследования в правильных направлениях изменений конструкций шнуров, и поэтому, где удачно, а где неудачно, копируются конструкции наиболее эффективных шнуров.

Как было отмечено в работе [Осипов, Сюмаков, 2019], для решения задачи максимизации разрывной нагрузки полиэтиленовых шнуров нужно обеспечить возможность одновременной (комплексной) работы нитей сердечника и нитей оплетки. Проведенные экспериментальные исследования в работе [Осипов, Сюмаков, 2019] показали, что при разрыве шнур деформируется, и шаг плетения увеличивается, при этом оплетка обжимает сердечник, и после этого нити оплетки включаются в процесс сопротивления разрыва шнура. Если обжим сердечника происходит с запозданием, то комплексная работа оплетки и сердечника отсутствует. На основе этого в настоящем исследовании были определены задачи определить фактический внутренний диаметр оплетки шнура, диаметр образующегося нитями сердечника, соотношение длины нитей сердечника и оплетки в момент обжима нитей сердечника. Ниже приводятся полученные авторами результаты.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения исследований использовалась разрывная машина AGS-10kNXD (SHIMADZU), которая соответствует ISO 7500-1 Class 0.5, с нагрузкой до 10 кН. Методика испытаний образцов шнура проводилась в соответствии с ISO 1805:2006. Производство шнуров для проведения исследований осуществлялось на предприятии ООО «Морское снабжение» (МС). Нити производились из гранул на специальной экструзионной промышленной установке, которая способна производить нити плотностью до 9,5 г/ден, затем из этих нитей изготавливались шнуры на шнуроплетных машинах. Также при исследовании конструкций шнуров использовались шнуры ведущих мировых производителей Eurored и Euronete, и южнокорейского производителя PrimeLine Korea (PLK).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Фактический внутренний диаметр оплетки (рубашки) шнура зависит от ее компоновки. При производстве шнуров применяются разные подходы для формирования диаметра шнура, поэтому он может быть плотно упакован или иметь тот же диаметр, но обладать рыхлой конструкцией. В обоих случаях диаметр формируется путем подбора количества нитей в оплетке и подгоном к заданному диаметру. Используя формулу длины окружности, можно найти идеальную длину окружности нижнего слоя шнура (рис. 1):

$$L = \pi(D - 4d_n), \quad (1)$$

где d_n – диаметр нити; D – диаметр шнура.

Поскольку длина окружности одного слоя оплетки компоновается с использованием нитей, в поперечном сечении представ-

ляющих набор окружностей (рис. 1), то длину окружности одного слоя оплетки найдем по формуле

$$L_1 = d_n N_{np} n_n, \quad (2)$$

где d_n – диаметр нити пряжи; N_{np} – количество пряжей на одном слое; n_n – количество нитей в пряжи.

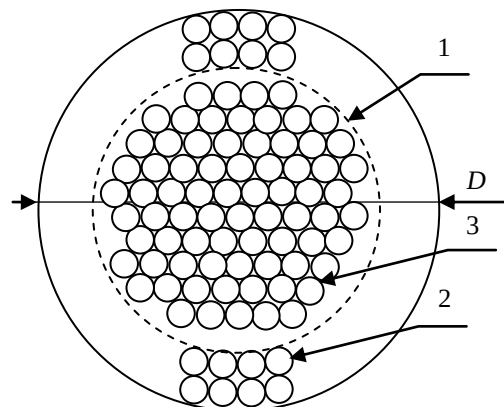


Рис. 1. Компоновка шнура: 1 – линия окружности нижнего слоя оплетки; 2 – нити пряжи; 3 – нити сердечника

Fig. 1. The layout of the cord: 1 – the circle line of the lower layer of the braid; 2 – strand threads; 3 – core threads

Принимаем $L_1 = L$, тогда

$$\pi(D - 4d_n) = d_n N_{np} n_n, \quad (3)$$

откуда находим количество нитей в пряжи:

$$n_n = \frac{\pi(D - 4d_n)}{d_n N_{np}}. \quad (4)$$

Теперь определим диаметр нижнего слоя (рис. 1) из (3):

$$D_1 = \frac{d_n N_{np} n_n}{\pi} - d_n. \quad (5)$$

Используя (4) и (5), найдем для разных диаметров шнуров количество нитей ($d_n = 0,24$, шестнадцатипрядного шнура –

$N_{пр} = 8$ (рис. 1)) в пряди и диаметр нижнего слоя (табл. 1) и проектные значения.

Из табл. 1 видно, что, используя формулу (5), легко проверить оптимальность компоновки прядей оплетки. Например, применяемые на практике шнуры диаметром: 6 мм (11 нитей, производитель МС); 5,5 мм (10 нитей, производитель МС); 5 мм (10 нитей, производитель МС); 4,5 мм (8 нитей, производитель МС); 4 мм (7 нитей, производитель Euronete), имеют расчетный внутренний диаметр больше, чем внешний. Это и отражает результат подгона при производстве шнуров фактического диаметра к заданному, а если производители будут использовать меньшее количество нитей в пряди при постоянном количестве нитей сердечника, то фактический диаметр будет иметь меньший размер. Для таких конструкций шнуров их оплетка не может работать совместно с их сердечником при любом изменении шага плетения, поскольку нити в оплетке фактически входят в меньший диаметр шнура и при разрыве работают на завершающем этапе (табл. 2).

Как можно заметить (табл. 2), у шнура № 1 работала оплетка, у шнура № 2 подключился сердечник за счет уменьшения количества нитей в оплетке. У спроекти-

рованных шнуров (табл. 1 и 2) № 3 и № 4 оплетка и сердечник работали совместно, при этом за счет увеличения шага плетения h у № 4 разрывная нагрузка возросла по сравнению с № 3.

Однако на увеличение разрывной нагрузки шнуров (табл. 2) оказывает влияние увеличение количества нитей сердечника. Сердечник состоит из нитей, которые могут быть подкручены, в любом случае в поперечном сечении сердечник представляет собой упаковку окружностей нитей в окружность нижнего слоя оплетки. Задача определения диаметра образующегося нитями сердечника является оптимизационной задачей упаковки кругов в круг. В [The best..., 2020] содержатся найденные оптимальные решения упаковки кругов (от 2 до 2 500) в круг, откуда свое оптимальное решение количества нитей сердечника n_c можно найти, исходя из соотношения диаметра нити к диаметру образующегося нитями сердечника:

$$n_c \leftarrow \frac{d_c}{D_c}, \quad (6)$$

где d_c – диаметр нити сердечника; D_c – диаметр, образуемый нитями сердечника.

Таблица 1. Количество нитей в пряди в зависимости от диаметра шнура

Table 1. The number of threads in the strand depending on the cord diameter

Диаметр D , мм	6		5,5	5	4,5	4		3,5	3	2,5
n_n фактические, шт.	11	10	10	10	8	7	6	4	4	3
D_1 расчетный, мм	6,48	5,87	5,87	5,87	4,65	4,04	3,43	2,2	2,2	1,59
n_n расчетный, шт.	8,25	7,43	6,61	5,79	4,97	4,16	3,34	2,52		
	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
$n_n^п$ проектный, шт.	8	7	7	6	5	4	3	3		
D_1 проектный, мм	4,65	4,04	4,04	3,43	2,82	2,2	1,59	1,59		

Таблица 2. Параметры шнуров Ø6 мм

Table 2. Parameters of cords Ø6 mm

№	Нити, ед.				h, мм	D, мм	Масса 1 м, г	Разрывная нагрузка, кгс				
	Сер.	Опл.		Σ				Сер.	Опл.	Σ	Экс.	% исп.
1	120	11	Σ176	296	36	5,9	16,12	391	574	964,5	527,2	54,7
2	120	10	Σ160	280	38	5,9	14,24	391	521	912,4	533,8	58,5
Проектные												
3	144	8	Σ128	272	31	5,8	15,35	469	417	886,3	602,1	67,9
4	144	8	Σ128	272	35	5,8	14,95	469	417	886,3	626,3	70,7

В случае, когда есть готовый шнур, определение D_c является обратной задачей (6), где известны количество нитей сердечника n_c и диаметр нити сердечника d_c . Поскольку найденные решения в [The best ..., 2020] представляют собой большой массив данных, авторами разработана программа для решения прямой (6) и обратной задачи, которая использована в расчетах данной статьи.

Как было описано выше, в процессе разрыва шнура нити оплетки включаются в этот процесс после обжима их нитей сердечника.

Рассмотрим длину нити на витке (рис. 2), которую можно определить по формуле

$$l^2 = (\pi D)^2 + h^2, \quad (7)$$

где l – длина одного витка.

С учетом плетения и формулы (7) определяем увеличение длины оплетки до момента ее обжатия нитей сердечника, разницей диаметра нижнего слоя оплетки D_1 и диаметра сердечника D_c (рис. 3):

$$l_n = \sqrt{(\pi D_1)^2 + h^2} + d_n N_{nn} + D_1 - D_c, \quad (8)$$

где N_{nn} – количество переплетений на одном витке (при $N_{np} = 8$, $N_{nn} = 4$).

Разницу удлинения нитей оплетки и нитей сердечника найдем по формуле

$$\Delta l = \sqrt{l_n^2 - (\pi D_c)^2} - h, \quad (9)$$

где $\sqrt{l_n^2 - (\pi D_c)^2}$ – шаг витка оплетки при обжатии нитей сердечника.

Как показали исследования (рис. 4), разница распределения удлинений нитей при разрыве составляет $\Delta l_p \approx 7$ мм, тогда найдем коэффициент использования нитей оплетки:

$$k_o = \frac{\Delta l_p - \Delta l}{\Delta l_p}. \quad (10)$$

Здесь следует учесть, что для повышения точности расчетов Δl_p необходимо определять экспериментально, при этом отмечено, что полиэтилен 7,5–7,8 г/ден имеет $\Delta l_p \approx 10$ мм [Осипов, Сюмаков, 2019], а на рисунке 4 полиэтилен 9,3–9,5 г/ден имеет $\Delta l_p \approx 7$ мм. Поэтому при увеличении плотности полиэтилена Δl_p уменьшается, что позволяет производителям нивелировать недостатки конструкции шнуров и повысить их прочность.

В соответствие с ГОСТ 25552-82 суммарную разрывную нагрузку S и разрывную нагрузку P находят для нитей по формулам:

$$S = q \cdot n; \quad P = k \cdot S, \quad (11)$$

где q – средняя фактическая разрывная нагрузка нити; n – количество нитей; k – коэффициент использования нитей.

Тогда формулы определения разрывной нагрузки (11) по ГОСТ 25552-82 примут вид:

$$P = k_c q_c n_c + k_o q_o n_o, \quad (12)$$

где q_c – средняя фактическая разрывная нагрузка нити сердечника; q_o – средняя фактическая разрывная нагрузка нити оплетки; n_c – количество нитей в сердечнике; n_o – количество нитей в оплетке; k_c – коэффициент использования нитей сердечника, все из которых расположены параллельно растяжению, $k_c = 1$; k_o – коэффициент использования нитей оплетки, который определяется по формуле (10).

В расчетах средняя фактическая разрывная нагрузка нити сердечника $q_c = 32$ Н, а q_o зависит от коэффициента использова-

ния нитей оплетки k_o , если он будет меньше 0,5, то $q_o = 29$ Н (рис. 4). Это связано с тем, что в момент разрыва будут работать нити с меньшим удлинением. Поэтому при производстве шнуров с целью повышения их разрывной нагрузки необходимо сортировать нити и в сердечник помещать нити с большим удлинением, а в оплетку – с меньшим удлинением, тогда можно достичь $k_o \approx 0$. Расчетные значения с применением формулы (12) приведены в таблице 3, здесь нужно отметить, что методика позволяет рассчитывать шнуры только при совместной работе сердечника и оплетки.

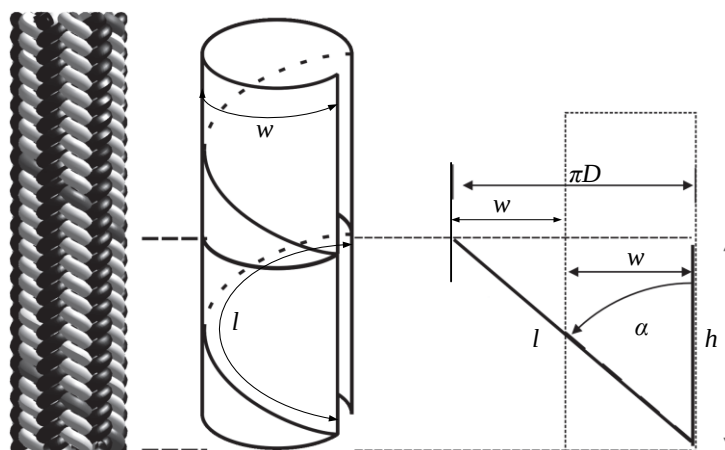


Рис. 2. Геометрические соотношения оплетки шнура с использованием данных [Kyosev, 2014]

Fig. 2. Geometric ratios of the cord braid using data [Kyosev, 2014]

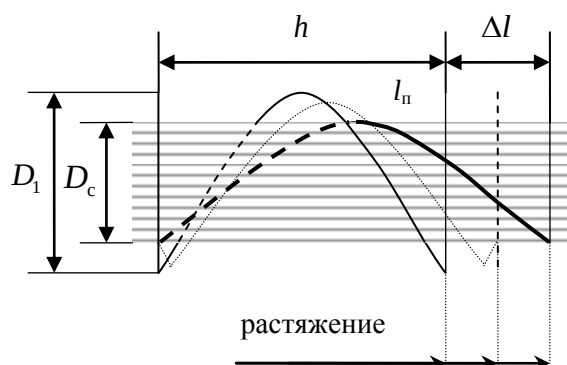


Рис. 3. Схема обжатия нитями оплетки сердечника при растяжении шнура

Fig. 3. Scheme of compression of the core braid by stretching the cord

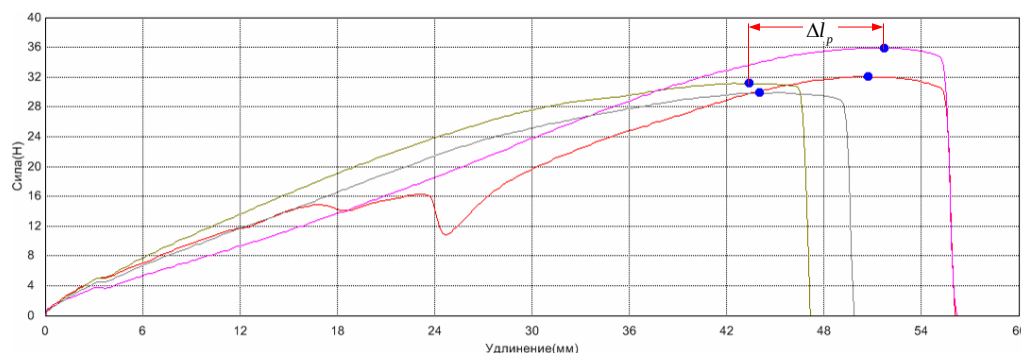


Рис. 4. Диаграмма разрыва полиэтиленовых нитей

Fig. 4. The diagram of the polyethylene threads rupture

Если отсутствует совместная работа сердечника и оплетки, то это определяется по формуле (5), при условии

$$D_1 > D - 4d_n. \quad (13)$$

Тогда алгоритм расчета разрывной нагрузки таких шнуров такой:

1) находим суммарную разрывную нагрузку нитей сердечника S_c и суммарную разрывную нагрузку нитей оплетки S_o по формуле (11), где $k = 1$;

2) выбираем максимальное значение из S_c и S_o .

Например, для шнура № 1 (табл. 2) разница суммарной разрывной нагрузки нитей оплетки S_o , которая больше S_c , и разрывной фактической нагрузки шнура составляет 8%, что допустимо для инженерных расчетов.

Как можно отметить, предложенный метод позволяет с высокой точностью рассчитывать разрывные нагрузки полиэтиленовых шнуров. На рисунке 5 показаны расчетные значения разрывных нагрузок шнуров Ø6 мм с разным количеством нитей сердечника, при 8 нитях в пряди оплетки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный метод расчета прочностных характеристик полиэтиленовых

шнуров позволяет с высокой точностью (95–97%) рассчитывать разрывные характеристики шнуров, у которых при разрыве конструктивно выполняется условие совместной работы нитей сердечника и оплетки. Полученная формула (5) позволяет определить фактический внутренний диаметр оплетки и выявить эффективную компоновку оплетки шнура, определив возможность совместной работы сердечника и шнура на этапе проектирования.

Определено условие (13) отсутствия совместной работы сердечника и оплетки шнура и предложен алгоритм расчета разрывной нагрузки для таких шнуров. Данный подход можно использовать на фабриках орудий рыболовства, для экспресс-расчета совместной работы сердечника и оплетки шнура при выборе шнуров. Также на фабриках орудий рыболовства для оценки качества поступающих сетематериалов из полиэтиленовых шнуров можно использовать недорогие разрывные машины (с малыми разрывными нагрузками до 100 кг), определяя q_c , q_o , и по предложенной методике рассчитывать разрывную нагрузку шнуров.

Получены формулы определения соотношения длины нитей оплетки к нитям сердечника, позволяющие рассчитать коэффициент использования нитей оплетки, включенных в процесс разрыва по формуле (10).

Показано, что в расчетах можно использовать значения разницы распределения удлинений нитей при разрыве Δl_p для полиэтилена: 7,5–7,8 г/ден – $\Delta l_p \approx 10$ мм; 9,3–9,5 г/ден – $\Delta l_p \approx 7$ мм.

Данные рис. 5 показывают, что на увеличение разрывной нагрузки оказывает изменение количество нитей пряжи и увеличения шага плетения. Предложенная методика более точно рассчитывает прочностные характеристики полиэтиленовых шнуров с оптимальными параметрами. Это видно из таблицы 3, где шнуры № 2 и № 3 имеют одинаковое количество нитей оплетки и сердечника, но последний за счет увеличенного шага плетения обладает большей разрывной нагрузкой: у него расчетная разрывная нагрузка по предложенной методике имеет отклонение 0,02% от экспериментальной, а у шнура № 2 отклонение – 2,13%. При этом суммарная разрывная нагрузка у шнуров № 2 и № 3, рассчитанная по методике [Суконнов, Насенков, 2018], одинаковая и значительно отличается от полученной экспериментально.

На производстве шнуров технологически изменять лучше количество нитей сердечника, поскольку изменение шага плетения требует перенастройки машины плетения. Поэтому выбор шага плетения необходимо определить заранее. С помощью разработанной методики можно решать задачу оптимальной компоновки шнура.

Изменением шага плетения регулируется и масса шнура (см. табл. 2), при соблюдении сплошности оплетки, которая уменьшается с увеличением шага плетения и ухудшает эксплуатационные качества шнура. Таким образом, шнуры с меньшей массой обладают большей разрывной нагрузкой (см. табл. 3, шнуры № 2 и № 3) и меньшей себестоимостью.

Необходимо отметить, что многие производители показывают не значения разрыва шнура в технических параметрах, а значения разрыва шнуров в узле по ISO 1805:2006, где разрыв производится в шкотовом узле при заводке каждой пары шнуров в противоположные зажимы, в результате значения разрывной нагрузки выше, чем одиночного шнура без узла.

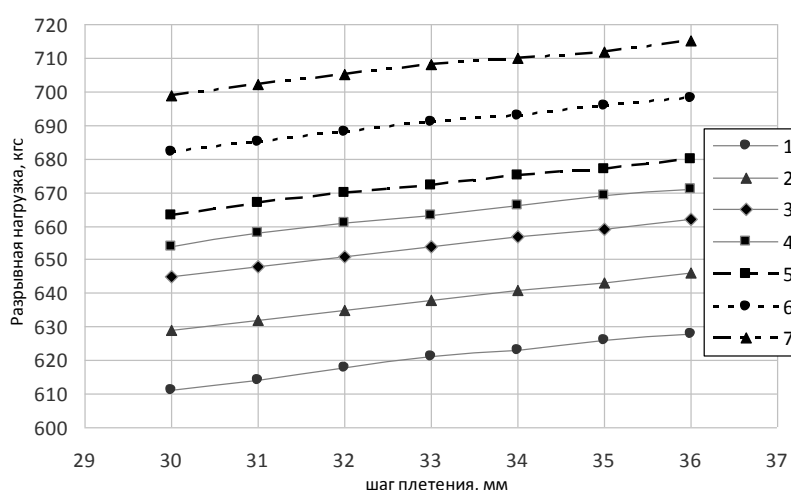


Рис. 5. Расчетные разрывные нагрузки шнуров $\varnothing 6$ мм с разным количеством нитей сердечника: 1 – 144; 2 – 148; 3 – 152; 4 – 154; 5 – 156; 6 – 160; 7 – 164

Fig. 5. Estimated breaking loads of cords $\varnothing 6$ mm with different number of core threads: 1 – 144; 2 – 148; 3 – 152; 4 – 154; 5 – 156; 6 – 160; 7 – 164

Таблица 3. Характеристики шнуров Ø6 мм

Table 3. Characteristics of cords Ø6 mm

№	Нити, ед.			Шаг, мм	D_1 , мм	D_c , мм	Разрывная нагрузка, кгс			
	серд.	прядь опл.	Σ				Σ	Эксп.	Расч.	Отклонение в % от факт.
1	120	10	280	38	5,87	2,905	912,4	533,8	536,02	0,41
2	144	8	272	31	4,65	3,18	886,3	602,1	614,94	2,13
3	144	8	272	35	4,65	3,18	886,3	626,3	626,47	0,02
Шнур производства PrimeLine Korea $q_c = 31$ Н, $k_o < 0,5$ то $q_o = 28$ Н										
4	147	10	302	30	5,87	3,21	921,2	495	497,31	0,46

ЛИТЕРАТУРА

REFERENCES

Ломакина Л.М. 1984. Технология постройки орудий лова. Москва: Легкая и пищевая промышленность. 207 с.

Осипов Е.В., Сюмаков Г.В. 2019. Совершенствование конструкций полиэтиленовых шнуров. *Рыбное хозяйство*. № 4. С. 96–98.

Суконнов А.В., Насенков П.В. 2018. Экспериментальная оценка методов определения прочностных характеристик рыболовных плетеных шнуров. *Рыбное хозяйство*. № 2. С. 86–89.

Kyosev Y. 2014. Braiding technology for textiles: principles, design and processes. *Elsevier Science*. 416 p.

The best known packings of equal circles in a circle (complete up to $N = 2600$). 2020. <http://www.packomania.com/ci/ci.html>

Lomakina L.M. 1984. Technology of construction of fishing gear. Moscow: Light and food industry. 207 p.

Osipov E.V., Syumakov G.V. 2019. Improving the design of polyethylene cords. *Rybnoye khozyaystvo (Fisheries journal)*. № 4. P 96–98.

Sukonnov A.V., Nasenkov P.V. 2018. Experimental evaluation of methods for determining the strength characteristics of fishing braided cords. *Rybnoye khozyaystvo (Fisheries journal)*. № 2. P. 86–89.

Kyosev Y. 2014. Braiding technology for textiles: principles, design and processes. *Elsevier Science*. 416 p.

The best known packings of equal circles in a circle (complete up to $N = 2600$). 2020. <http://www.packomania.com/ci/ci.html>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ
INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Осипов Евгений Валериевич – Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет; 690087, Россия, Владивосток; кандидат технических наук, доцент кафедры промышленного рыболовства; oev@mail.ru. SPIN-код: 2174-6267, Author ID: 197631.

Osipov Evgeny Valerievich – Far Eastern State Technical University of Fisheries; 690087, Russia, Vladivostok; Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Industrial Fishery Department; oev@mail.ru. SPIN-код: 2174-6267, Author ID: 197631.

Сюмаков Геннадий Владимирович – ООО «Морское снабжение»; 692495, Приморский край, пос. Девятый Вал; генеральный директор; moresnab@mail.ru. SPIN-код: 5881-2831, Author ID: 1070716.

Syumakov Gennady Vladimirovich – LLC “Marine Supply”, 692495, Primorsky region, Devyatij Val Village; General Manager; moresnab@mail.ru. SPIN-код: 5881-2831, Author ID: 1070716.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ БАЛЬЗАМА НА ОСНОВЕ СПИРТОВАННЫХ НАСТОЕВ ИЗ ДИКОРЫСОВ КАМЧАТСКОГО КРАЯ

Благонравова М.В.

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

В статье приведены результаты разработки рецептуры и технологии производства бальзамов из дикоросов Камчатки. Разработана панель дескрипторов, а также вкусовой и ароматический портреты «идеального» бальзама, при этом выявлен образец, максимально совпадающий с профилем «идеального» напитка. Показано, что разработанный бальзам полностью соответствует требованиям стандарта. Приведены результаты исследования биологической ценности напитка – в изделии содержится 0,27 г/100 см³ кислот, йод в количестве 1,52 мкг/100 см³ и 0,1688 мг% витамина С.

Ключевые слова: витамин С, дескрипторно-профильный метод, йод, Камчатка, массовая концентрация титруемых кислот, настой ламинарии, настои ягод, спиртованные настои.

DEVELOPMENT OF BALSAM TECHNOLOGY BASED ON ALCOHOL INFUSIONS FROM WILD PLANTS OF KAMCHATKA REGION

Blagonravova M.V.

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

A recipe and technology for the production of balms from plant raw materials from Kamchatka region are discussed. A panel of descriptors as well as taste and aroma portraits of the “perfect” balm was developed. A sample that matches the profile of the “ideal” drink was identified. It is shown that the developed balm fully meets the requirements of the standard. The study results of the biological value of the drink were mentioned. The product contains 0.27 g/100 cm³ of acids, iodine is in the amount of 1.52 mcg/100 cm³ and vitamin C is 0.1019 mg%.

Key words: vitamin C, descriptor-profile method, iodine, Kamchatka, mass concentration of titratable acids, infusion of kelp, infusions of berries, alcohol-based infusions.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из наиболее важных направлений развития пищевых технологий является разработка пищевых продуктов, обогащенных БАВ, в частности растительного происхождения. Перспективным представляется использование с этой целью экологически чистого дикорастущего сырья.

В камчатских морских водах в изобилии произрастают различные виды водорослей-макрофитов. Ламинариевые водоросли содержат ценные нутриенты, в частности незаменимые аминокислоты, йод, способствующий лечению йододефицитных состояний, фукоидан, ламинаран, альгиновую кислоту, минеральные вещества (К, Mg, Са, Na) и другие БАВ. Активность минераль-

ных веществ в водорослях значительно превосходит таковую в наземных растениях, а содержание в них йода в тысячи раз выше, чем у представителей наземной флоры [Шмелькова, 1993; Клочкова, Березовская, 1997; Потышук и др., 2007; Гурулева, Аминина, 2013].

Полисахариды бурых водорослей, представленные альгиновыми кислотами, ламинаранами и фукоиданами, оказывают ингибирующее действие на рост и развитие вирусов, обладают свойствами антикоагулянта, увеличивают время свертывания крови. Так, альгинат натрия повышает фагоцитарную активность клеток [Kikunaga et al, 1999; Вищук и др., 2009]. Ламинараны снижают содержание липидов, в том числе холестерина, в сыворотке крови и проявляют свойства противораковых веществ, радиопротекторов, активаторов иммунной системы [Чертков и др., 1999; Zhongcun et al, 2005]. Фукоиданы проявляют разнообразные виды биологической активности: антикоагулянтную, антивирусную, противоязвенную, противовоспалительную, противоопухолевую, антипролиферативную и др. [Cumashi et al, 2007; Lee et al, 2008a; Lee et al, 2008b; Li et al, 2008]. Все эти биологические свойства фукоиданов связывают главным образом с их способностью избирательно реагировать с некоторыми белками и специфически модифицировать клеточную поверхность.

Учитывая химический состав водорослей, их целесообразно использовать для обогащения продуктов питания ценными нутриентами, повышая тем самым биологическую ценность. В настоящий момент столь уникальное по химическому составу сырье в пищевых технологиях используется ограниченно, а общее освоение добычи водорослей крайне незначительно. Перспективным представляется использовать бурые водоросли Камчатского края в тех-

нологии производства ликеро-водочных изделий. Уникальный состав исходного сырья позволит создать продукт с повышенной биологической ценностью.

Исследования показали, что введение органов растений в состав крепких спиртных напитков позволяет получить продукт с ценными биологическими веществами [Тельтевская, 2013]. Вовлечение водорослевого сырья в производство ликеро-водочных изделий позволит расширить ассортимент представленных на прилавках Петропавловска-Камчатского крепких спиртных напитков с уникальным химическим составом и повышенной биологической ценностью. В настоящее время российский рынок спиртных напитков имеет тенденцию к увеличению объемов производства. Значительную долю рынка занимают ликеро-водочные изделия, в том числе бальзамы. Бальзамы – это алкогольные напитки крепостью 20–45% с массовой концентрацией общего экстракта не менее 5,0 и не более 40,0 г/100 см³.

Целью настоящей работы является обоснование технологии крепких спиртных напитков из дикоросов Камчатки, в том числе из бурых водорослей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследований по разработке технологии бальзама служили спиртованные настои на основе растительного сырья Камчатского края. Высушенное и измельченное сырье экстрагировали в водно-спиртовой смеси, с гидромодулем 1:4. Концентрация спирта в водно-этанольной смеси составила 40%. Настаивание происходило в течение 7 суток при комнатной температуре, затем проводили снятие с осадка и фильтрование.

Соответствие водорослей требованиям нормативной документации устанавливали

согласно ГОСТ 31413 «Водоросли, травы морские и продукция из них. Правила приемки и методы отбора проб» и ГОСТ 31412 «Водоросли, травы морские и продукция из них. Методы определения органолептических и физических показателей», ГОСТ 26185 «Водоросли морские, травы морские и продукты их переработки. Методы анализа» и ГОСТ 33331 «Водоросли, травы морские и продукция из них. Методы определения массовой доли воды, золы и посторонних примесей».

Проводили органолептическую оценку спиртованных настоев и готового бальзама. В экстрактах и готовом продукте устанавливали крепость, содержание экстрактивных веществ и кислот в соответствии с ГОСТ 32080 «Изделия ликероводочные. Правила приемки и методы анализа». Крепость бальзама устанавливали ареометрическим методом – измерением объемной доли этилового спирта ареометром для спирта в дистилляте, полученном после предварительной перегонки спирта из анализируемого изделия. Значение массовой концентрации общего экстракта устанавливали пикнометрическим методом – определением относительной плотности анализируемого ликеро-водочного изделия и относительной плотности его дистиллята с последующим вычислением относительной плотности водного раствора экстракта. Изучали содержание титруемых кислот ацидиметрическим методом. Метод основан на титровании определенного объема анализируемого ликеро-водочного изделия раствором гидроокиси натрия до получения нейтральной реакции, устанавливаемой при помощи индикатора. Для определения содержания витамина С использовали методику, приведенную в ГОСТ 7047 «Витамины А, С, Д, В1, В2 и РР. Отбор проб, методы определения витаминов и испытания качества витаминных препаратов». Для ус-

тановления содержания йода использовали титриметрический метод, основанный на образовании окрашенного комплексного соединения йода с азотистокислым натрием в кислой среде и титриметрическом определении его (ГОСТ 26185).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В производстве бальзама в качестве основной технологической операции предлагается использовать купажирование спиртованных настоев, приготовленных на основе дикоросов Камчатского края. Использование сразу нескольких видов растительного сырья позволит наиболее полно насытить разрабатываемый продукт биологически-активными веществами, присущими исходному сырью.

В качестве источника БАВ предполагается использовать бурые водоросли. С целью изучения химического состава были проведены исследования ламинариевых водорослей вида *Saccharina bongardiana*, собранных в бухте Авачинской в августе 2019 г. В водорослях определяли массовые доли воды, золы, общего азота, йода. Как видно из результатов исследований (табл. 1), ламинариевые водоросли Авачинской бухты содержат значительное количество общего азота, а также минеральных веществ, в том числе йода. Содержание воды соответствует требованиям технических условий к водорослям-сырцу. Таким образом, установлено, что водоросли обладают ценным химическим составом, это обуславливает целесообразность их использования для обогащения пищевых продуктов, а в рамках данного исследования – для повышения биологической ценности алкогольных напитков.

Также для производства бальзама предполагается использовать ягодное сырье Камчатского края. С целью оптимиза-

ции условий экстрагирования изучали целесообразность высушивания ягод, используемых для производства спиртованных настоев. Сбор ягод проводили в Елизовском районе Камчатского края в 2019 г., затем их высушивали при температуре 40°C при скорости движения воздуха 1 м/с в течение 15–24 ч, периодически перемешивая. Массовая доля влаги в сушеных ягодах составляла 13–16%. Сушеные ягоды измельчали до размера частиц 3–5 мм. Более мелкое измельчение не использовали, так как это приводило к мутности настоев и слеживанию сырья. Измельчение проводили для увеличения поверхности частичек сырья с целью ускорения диффузии веществ. Высушенные ягоды заливали 40%-ной водно-спиртовой смесью и настаивали в течение 7 суток. В процессе настаивания объем свежего сырья изменялся незначительно, объем сухого сырья увеличивался существенно за счет набухания. В настоях сушеных и свежих ягод определяли содержание экстрактивных веществ с периодичностью 1 раз в сутки. Результаты опытов представлены в таблице 2.

Как видно из результатов исследований (табл. 2), содержание экстрактивных веществ выше в настоях, приготовленных из сушеных ягод. Очевидно, это связано с тем, что в сушеном сырье протоплазма клеток скоагулирована и проницаема для выхода растворенных веществ. Важно отметить,

что в течение седьмых суток настаивания экстрактивность повышается незначительно (на 0,1–0,4 г/100 см³ для настоев различных ягод). В образце, приготовленном из сушеной рябины, в течение седьмых суток экстрактивность существенно не изменилась. Сделан вывод о целесообразности использования для производства спиртованных настоев высушенного сырья. Также очевидно, что при использовании сушеного сырья настаивание целесообразно проводить в течение шести суток.

При разработке технологии производства спиртованных настоев из бурых водорослей, ягод и растений Камчатского края установлено значительное содержание витамина С в водно-спиртовых экстрактах ягод шиповника, рябины и брусники, а также хвои кедрового стланика [Благодарова, 2019]. В экстрактах ягод и иванчая установлены высокие органолептические показатели. Показано высокое содержание йода в настое бурых водорослей. Таким образом, разработанные экстракты показали привлекательные органолептические показатели и высокую биологическую ценность. На основе полученных настоев из камчатских дикоросов проводили разработку рецептов крепких спиртных напитков с целью создания продукта, обладающего приятным вкусом и ароматом, а также ценным химическим составом.

Таблица 1. Химический состав бурых водорослей *Saccharina bongardiana*

Table 1. Chemical composition of the brown seaweed *Saccharina bongardiana*

Наименование показателя	Значение показателя для водорослей-сырца	
	Результаты исследований	Норма по ТУ 15-01360
Массовая доля воды, %	84,6	Не более 85%
Массовая доля общего азота, %, в пересчете на сухое вещество	7,69	—
Массовая доля золы, %, в пересчете на сухое вещество	26,7	—
Массовая доля йода, %, в пересчете на сухое вещество	0,42	—

Таблица 2. Влияние высушивания на содержание экстрактивных веществ в спиртованных настоях ягод

Table 2. Effect of drying on the content of extractives in alcoholic infusions of berries

Продолжительность настаивания, сут	Содержание экстрактивных веществ (в г/100 см ³) в спиртованных настоях									
	жимолости		брусники		шиповника		рябины		шикши	
	сушеной	свежей	сушеной	свежей	сушеной	свежей	сушеной	свежей	сушеной	свежей
1	4,6	3,1	12,8	6,4	10,6	5,8	14,9	7,8	15,3	6,1
2	13,1	6,3	14,7	8,2	20,5	9,9	16,9	14,3	21,1	12,2
3	18,5	9,2	24,1	11,3	26,7	14,7	24,5	17,7	35,4	19,0
4	23,1	12,5	28,1	16,7	33,4	19,8	32,8	21,1	38,2	25,2
5	24,8	15,1	32,6	25,9	36,1	24,3	36,7	26,2	44,8	31,7
6	27,9	18,8	34,7	30,1	39,6	30,7	38,5	32,4	46,4	38,2
7	28,0	23,9	35,1	31,9	39,8	37,5	38,5	34,6	46,5	43,5

Подобный подход, вероятно, позволит создать продукт высокой биологической ценности с хорошими органолептическими свойствами. Экспериментальные исследования по подбору концентраций компонентов нового вида бальзама проводили на основе профилно-дескрипторного метода создания новых продуктов с заранее заданными потребительскими свойствами [Кантере и др., 2003; Родина, 2004; Чугунова Заворохина, 2010]. При разработке нового вида продукта с применением дескрипторно-профильного метода возможно сформировать наглядную модель вкусоароматических характеристик данного продукта, сравнить варианты совокупности органолептических показателей (внешнего вида, цвета, вкуса, запаха) разрабатываемого продукта относительно друг друга. Созданные в ходе разработки индивидуальные признаки пищевого продукта (дескрипторы) позволяют менять вкусо-ароматические характеристики продукта в зависимости от их количественной величины. Таким образом, качественные индивидуальные показатели, относящиеся к вкусовым или обонятельным стимулам, могут быть выражены количественно. В ходе исследований была сформирована панель дескрипторов, приведенная в таблице 3.

По результатам фокус-дегустаций сформированы ожидаемые потребителем

вкусовой и ароматический портреты «идеального» бальзама, приведенные на рисунке 1. Формирование данных портретов являлось необходимым при разработке рецептур нового напитка. Были разработаны рецептуры бальзамов (табл. 4). Профилограммы аромата и вкуса экспериментальных образцов ликеро-водочных изделий, приготовленных по рецептурам, приведенным в таблице 4, и составленные на основании разработанных дескрипторов, представлены на рисунках 2–4.

Как видно из результатов исследований, наиболее высоко дегустаторы оценили образец № 9 (рис. 4). Данный образец отличался сбалансированностью и интенсивностью аромата и вкуса, хорошей спиртозностью. Во вкусе и аромате гармонично присутствовали ягодные, травяные, хвойные и водорослевые оттенки. Вкус напитка характеризовался как сладкий, терпкий, освежающий и горьковатый. При сравнении вкусовых и ароматических портретов экспериментальных образцов с «идеальным» бальзамом установлено (рис. 5), что наиболее соответствует профилям «идеального» напитка также образец, приготовленный по рецептуре № 9, приведенной в таблице 4. Данная рецептура признана наиболее рациональной.

Таблица 3. Панель дескрипторов бальзама

Table 3. Balsam descriptors panel

Вкус	Аромат
Кислый	Ягодный
Сбалансированный	Травяной
Сладкий	Водорослевый
Ягодный	Хвои
Горьковатый	Шиповника
Водорослевый	Интенсивность
Хвои	Спиртовой
Интенсивность	Сбалансированность
Травяной	—
Терпкий	—
Спиртовой	—
Освежающий	—



а



б

Рис. 1. Ароматические (а) и вкусовые (б) характеристики бальзама, востребованные потребителями

Fig. 1. Balsam aroma (a) and taste (б) characteristics demanded by consumers

Таблица 4. Расход настоев для производства ликеро-водочных изделий, л на 1000 дал

Table 4. Infusions consumption for the alcoholic beverages production, 1 l per 1000 dal

Наименование настоев	Рецептуры								
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9
Настой ягод шиповника	9000	2 000	6 000	8 000	7 000	5 000	4 000	3 000	2 000
Настой хвои кедрового стланика	200	500	500	100	100	1 000	1 000	1 000	1 000
Настой ягод рябины	300	2 500	1 000	1 400	2 400	1 000	1 000	1 000	2 000
Настой ягод брусники	100	1 000	500	100	100	1 000	1 000	1 000	1 000
Настой ягод шикши	100	1 000	500	100	100	500	1 000	1 000	1 000
Настой ягод жимолости	100	1 000	500	100	100	1 000	1 000	1 000	1 000
Настой листьев иван-чая	100	1 000	500	100	100	300	500	1 000	1 000
Настой бурых водорослей	100	1 000	500	100	1 00	200	500	1 000	1 000

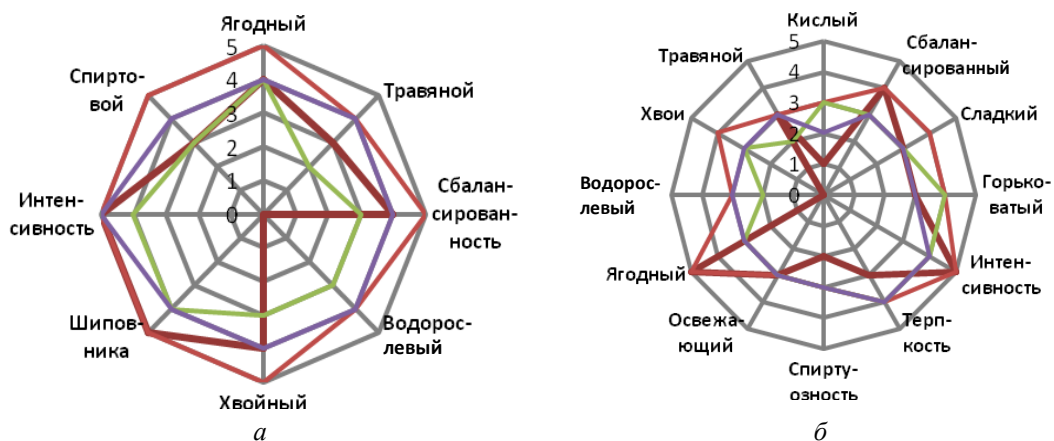


Рис. 2. Ароматические (а) и вкусовые (б) характеристики экспериментальных образцов № 1–4 (по табл. 2): — рецептура 1; — рецептура 2; — рецептура 3; — рецептура 4

Fig. 2. Aroma (a) and taste (б) characteristics of experimental samples № 1–4 (according to table 2): — recipe 1; — recipe 2; — recipe 3; — recipe 4

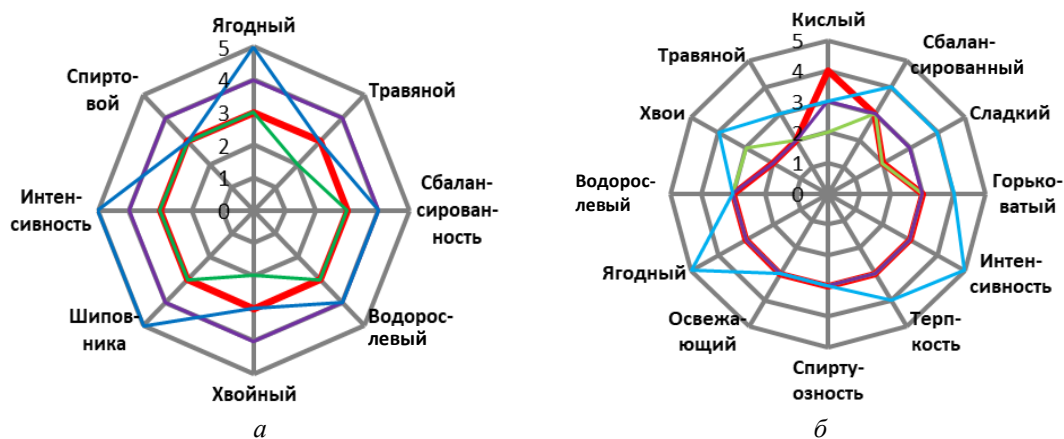


Рис. 3. Ароматические (а) и вкусовые (б) характеристики настоя экспериментальных образцов № 5–8 (по табл. 2): — рецептура 5; — рецептура 6; — рецептура 7; — рецептура 8

Fig. 3. Aroma (a) and taste (б) characteristics of experimental infusion samples № 5–8 (according to table 2): — recipe 5; — recipe 6; — recipe 7; — recipe 8

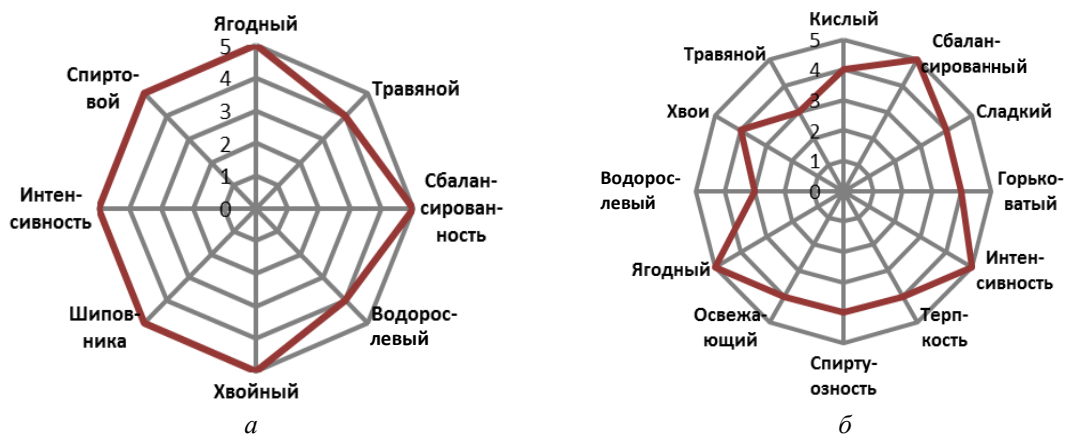


Рис. 4. Ароматические (а) и вкусовые (б) характеристики настоя экспериментального образца № 9 (по табл. 2)

Fig. 4. Aroma (a) and taste (б) characteristics of experimental infusion sample № 9 (according to table 2)

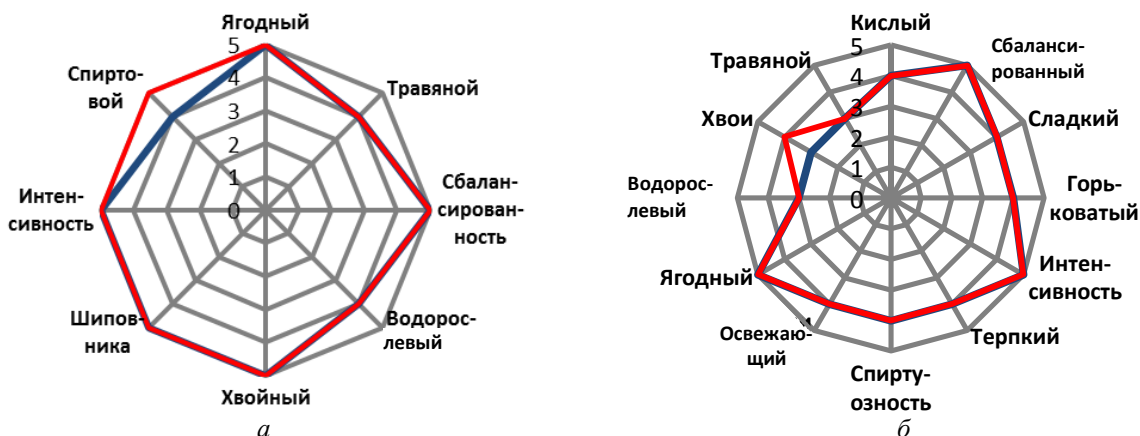


Рис. 5. Сравнение органолептических показателей (а) аромата, (б) вкуса модельных напитков: красный контур – бальзам, приготовленный по рецептуре № 9; синий контур – «идеальный» бальзам

Fig. 5. Comparison of organoleptic indicators of (a) aroma, (б) taste of model drinks: red contour – balm, prepared according to recipe № 9; blue contour – “perfect” balm

Проведенные исследования легли в основу разработанных купажа (табл. 5) и технологической схемы (рис. 6) получения бальзама из дикоросов Камчатки, в том числе с использованием ламинариевых водорослей, хвои кедрового стланика, ягод шиповника, рябины, жимолости, брусники, шикши, а также листьев иван-чая.

Разработанная технология приготовления бальзама позволяет сохранить функциональные свойства используемого в производстве камчатского сырья, добиться максимальной технологичности процесса, высоких органолептических показателей готового напитка, сделать его привлекательным для потребителей. Известно, что растительное сырье, использованное для производства бальзама, отличается высоким содержанием БАВ, таких как фруктоза, глюкоза, различные органические кислоты, витамины группы В, С, А, Е, D, Р, макро- и микроэлементы, такие как натрий, магний, калий, марганец, цинк, медь, йод, магний, молибден и многие другие, а также пектины, флавоноиды, эфирные масла. Уникальным химическим составом обладают бурые водоросли, входящие в состав набора трав для бальзама.

В состав клеточных стенок водорослей и межклеточного вещества входят уникальные для органических веществ полисахариды – альгиновые кислоты, ламинараны, а также шестиатомный спирт маннит. Соли альгиновой кислоты обуславливают способность ламинарии выводить из организма человека радионуклиды и тяжелые металлы. Доказано противоопухолевое действие альгиновых кислот [Вищук и др., 2009]. Вероятно, в состав полученного бальзама также входят характерные для исходного сырья биологически активные вещества. Установление соответствия химических показателей разработанного бальзама из дикоросов Камчатки требованиям стандарта, а также его биологической ценности являлось предметом дальнейших исследований.

С этой целью изучали химические показатели качества и биологической ценности разработанного бальзама. В ходе эксперимента установили содержание экстрактивных веществ, массовую концентрацию кислот, крепость полученного продукта, содержание в бальзаме йода и витамина С. Результаты исследований химических показателей представлены в таблице 6.

Таблица 5. Кураж бальзама «Авачинский берег», л на 1000 дал

Table 5. Balsam blend “Avachinsky Bereg” 1 l per 1000 dal

Компоненты	Количество
Настой ягод шиповника	2 000
Настой хвои кедрового стланика	1 000
Настой ягод рябины	2 000
Настой ягод брусники	1 000
Настой ягод шикши	1 000
Настой ягод жимолости	1 000
Настой листьев иван-чая	1 000
Настой бурых водорослей	1 000



Рис. 6. Технологическая схема приготовления бальзама на основе спиртованных экстрактов дикоросов Камчатки

Fig. 6. Technological scheme of balsam preparation based on alcohol infusions from wild plants of Kamchatky region

Таблица 6. Показатели качества и биологической ценности бальзама

Table 6. Indicators of balsam quality and biological value

Наименование показателя	Норма по ГОСТ 7190	Значения показателя
Крепость, %	20,0–40,0	40,0
Массовая концентрация общего экстракта, г/100 см ³	5,0–40,0	35,6
Массовая концентрация кислот в пересчете на лимонную кислоту, г/100 см ³	Не нормируется	0,27
Массовая доля витамина С, мг%	Не нормируется	0,1688
Содержание йода, мкг/100 см ³	Не нормируется	1,52

Как видно из результатов исследований, разработанный бальзам полностью соответствует требованиям ГОСТ 7190 «Изделия ликероводочные. Общие технические условия». Установлено, что крепость разработанного продукта соответствует верхней границе, определенной для бальзамов и достигает 40%; также показано, что бальзам отличается высокой концентрацией общего экстракта, достигающей 35,6 г/100 см³. В изделии содержится 0,27 г/100 см³ тит-

руемых кислот, йод и витамин С. Невысокое содержание йода и витамина С в продукте, вероятно, обусловлено нестойкостью этих веществ в процессе хранения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Значительная конкуренция среди пищевых предприятий, приводящая к расширяющемуся использованию химически синтезированных пищевых добавок, низкой

биологической ценности производимых продуктов питания, отрицательно сказывается на качестве продовольствия и в результате на здоровье населения России. Камчатский край обладает обширными запасами растительного сырья с уникальным химическим составом, в том числе водорослевого, и расширение его использования является важной технологической и социально-экономической задачей. Запросы потребителей требуют появления на рынке алкогольных напитков, обладающих высокими органолептическими свойствами. Немаловажным для современных потребителей является использование натурального сырья в производстве и наличие ценных веществ в продукте. Использование дикоросов Камчатского края, в частности ламинариевых водорослей, а также другого растительного сырья, ягодного и иного для производства бальзама, позволит создать продукт с необычными вкусовыми свойствами, уникальный по своему химическому составу.

Использование профильно-дескрипторного метода для моделирования рецептуры бальзама с разработкой панели дескрипторов, а также вкусового и ароматического портретов «идеального» бальзама, позволило создать напиток из растительного сырья Камчатки, обладающий высокими органолептическими свойствами. Выявлен образец, максимально совпадающий с профилем «идеального» напитка. Разработана технология производства бальзама дикоросов Камчатки, в том числе с использованием ламинариевых водорослей, хвои кедрового стланика, ягод шиповника, рябины, жимолости, брусники, шикши, а также листьев иван-чая. При разработке технологии руководствовались принципами сохранения функциональных свойств используемого в производстве камчатского сырья, максимальной технологичности процесса, создания напитка с высокими

органолептическими качествами, привлекательного для потребителей и конкурентного на рынке.

Установлено, что разработанный бальзам полностью соответствует требованиям ГОСТ 7190 по таким показателям, как содержание экстрактивных веществ и крепость. Также в изделии содержится 0,27 г/100 см³ титруемых кислот, йод в количестве 1,52 мкг/100 см³ и 0,1688 мг% витамина С.

ЛИТЕРАТУРА

- Благонравова М.В. 2019. Разработка технологии водно-спиртовых экстрактов из растительного сырья Камчатского края. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. № 50. С. 22–30.
- Вищук О.С., Ермакова С.П., Фам Д.Т., Шевченко Н.М., Буи М.Л., Звягинцева Т.Н. 2009. Противоопухолевая активность фукоиданов бурых водорослей. *Тихоокеанский медицинский журнал*. № 3. С. 92–95.
- Гурулева О.Н., Аминина Н.М. 2013. Исследование содержания фукоидана в бурых водорослях дальневосточного региона. *Известия ТИНРО*. Т. 172. С. 265–273.
- Кантере В.М., Матисон В.А., Фоменко М.А. 2003. Сенсорный анализ продуктов питания. Москва: Тип. РАСХН. 399 с.
- Ключкова Н.Г., Березовская В.А. 1997. Водоросли Камчатского шельфа. Распространение, биология и химический состав. Владивосток: Дальнаука. 154 с.
- Потишук Л.Н., Каленик Т.К., Елисеева Т.И., Сафина И.Н. 2007. Технология использования экстрактов бурых водорослей в производстве водок особых. *Известия вузов. Пищевая технология*. № 4. С. 73–75.

- Родина Т.Г. 2004. Сенсорный анализ продовольственных товаров. М.: Издательский центр «Академия». 208 с.
- Тельтевская О.П. 2013. Разработка технологии и товароведческая характеристика крепких алкогольных напитков с использованием различных органов растений семейства аралиевые (Araliaceae). *Автореферат диссертации ... канд. техн. наук*. Владивосток. 20 с.
- Чертков К.С., Давыдова С.А., Нестерова Т.А., Звягинцева Т.Н., Елякова Л.А. 1999. Эффективность полисахарида транслама как средства раннего лечения острой лучевой болезни. *Радиационная биология. Радиоэкология*. Т. 39. С. 572–577.
- Чугунова О.В., Заворохина Н.В. 2010. Использование методов дегустационного анализа при моделировании рецептур пищевых продуктов с заданными потребительскими свойствами. Монография. Екатеринбург: Издательство Уральского государственного экономического университета. 148 с.
- Шмелькова Л.П. 1993. Химический состав некоторых видов бурых водорослей. *Исследования по технологии рыбных продуктов*. Вып. 4. С. 80–86.
- Cumashi A., Ushakova N.A., Preobrazhenskaya M.E., D'Incecco A., Piccoli A., Totany L. 2007. A comparative study of the antiinflammatory, anticoagulant, antiangiogenic, and antiadhesive activities of nine different fucoidans from brown seaweeds. *Glycobiology*. Vol. 17. P. 541–552.
- Kikunaga S., Miyata Y., Ishibashi G., Koyama F., Tano K. 1999. The bioavailability of magnesium from Wakame (*Undaria pinnatifida*) and Hijiki (*Hijikia fusiforme*) and the effect of alginic acid on magnesium utilization of rats. *Plant Foods for Human Nutrition*. Vol. 53. P. 265–274.
- Lee N.Y., Ermakova S.P., Zvyagintseva T.N., Kang K.W., Dong Z., Choi H.S. 2008a. Inhibitory effects of fucoidan on activation of epidermal growth factor receptor and cell transformation in JB6 Cl41 cells. *Food and Chemical Toxicology*. Vol. 46. № 5. P. 1793–1800.
- Lee N.Y., Ermakova S.P., Choi H.K., Kusaykin M.I., Shevchenko N.M., Zvyagintseva T.N., Choi H.S. 2008b. Fucoidan from *Laminaria cichorioides* inhibits AP1 transactivation and cell transformation in the mouse epidermal JB6 cells. *Molecular Carcinogenesis*. Vol. 47. P. 629–637.
- Li B., Lu F., Wei X., Zhao R. 2008. Fucoidan: structure and bioactivity. *Molecules*. Vol. 13. P. 1671–1695.
- Zhongcun P., Kodo O., Takashi M. 2005. Structure of β -glucan oligomer from laminarin and its effect on human monocytes to inhibit the proliferation of U937 cells. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. Vol. 69. Issue 3. P. 553–558.
- ## REFERENCES
- Blagonravova M.V. 2019. Development of technology of water-alcohol extracts from plant raw materials of the Kamchatka territory. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of the Kamchatka State Technical University)*. № 50. P. 22–30.
- Vischuk O.S., Ermakova S.P., Pham D.T., Shevchenko N.M., Bui M.L., Zvyagintseva T.N. 2009. Anticancer activity of fucoidans of brown algae. *Tihookeanskij medicinskij zhurnal (Pacific medical journal)*. № 3. P. 92–95.
- Guruleva O.N., Aminina N.M. 2013. Investigation of fucoidan content in brown algae of the far Eastern region. *Izvestiya TINRO (TINRO news)*. Vol. 172. P. 265–273.
- Kanter V.M., Mathison V.A., Fomenko M.A. 2003. Sensory analysis of food products. Moscow: Type. RASKHN. 399 p.

- Klochkova N.G., Berezovskaya V.A. 1997. Algae of the Kamchatka shelf. Distribution, biology and chemical composition. Vladivostok: Dalnauka. 154 p.
- Potishuk L.N., Kalenik T.K., Eliseeva T.I., Safina I.N. 2007. Technology of using brown algae extracts in the production of special vodkas. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya. (University news. Food technology)*. № 4. P. 73–75.
- Rodina T. G. 2004. Sensory analysis of food products. Moscow: publishing center “Academy”. 208 p.
- Teltevskaya O.P. 2013. Development of technology and commodity characteristics of strong alcoholic beverages using various plant organs of the Araliaceae family. *Abstract of the candidacy dissertation for technical sciences*. Vladivostok. 20 p.
- Chertkov K.S., Davydova S.A., Nesterova T.A., Zvyagintseva T.N., Elyakova L.A. 1999. Effectiveness of translam polysaccharide as a means of early treatment of acute radiation sickness. *Radiacionnaya biologiya. Radioekologiya. (Radiation biology. Radioecology)*. Vol. 39. P. 572–577.
- Chugunova O.V., Zavorokhina N.V. 2010. Using the methods of tasting of analysis in the modeling formulations of food products with specified consumer properties: monograph. Yekaterinburg: Publishing house of the Ural State University of Economics. 148 p.
- Shmelkova L.P. 1993. Chemical composition of some species of brown algae. *Issledovaniya po tekhnologii rybnyh produktov (Research on the technology of fish products)*. Issue 4. P. 80–86.
- Cumashi A., Ushakova N.A., Preobrazhenskaya M.E., D’Incecco A., Piccoli A., Totany L. 2007. A comparative study of the antiinflammatory, anticoagulant, antiangiogenic, and antiadhesive activities of nine different fucoidans from brown seaweeds. *Glycobiology*. Vol. 17. P. 541–552.
- Kikunaga S., Miyata Y., Ishibashi G., Koyama F., Tano K. 1999. The bioavailability of magnesium from Wakame (*Undaria pinnatifida*) and Hijiki (*Hijikia fusiforme*) and the effect of alginic acid on magnesium utilization of rats. *Plant Foods for Human Nutrition*. Vol. 53. P. 265–274.
- Lee N.Y., Ermakova S.P., Zvyagintseva T.N., Kang K.W., Dong Z., Choi H.S. 2008a. Inhibitory effects of fucoidan on activation of epidermal growth factor receptor and cell transformation in JB6 Cl41 cells. *Food and Chemical Toxicology*. Vol. 46. № 5. P. 1793–1800.
- Lee N.Y., Ermakova S.P., Choi H.K., Kusaykin M.I., Shevchenko N.M., Zvyagintseva T.N., Choi H.S. 2008b. Fucoidan from *Laminaria cichorioides* inhibits AP1 transactivation and cell transformation in the mouse epidermal JB6 cells. *Molecular Carcinogenesis*. Vol. 47. P. 629–637.
- Li B., Lu F., Wei X., Zhao R. 2008. Fucoidan: structure and bioactivity. *Molecules*. Vol. 13. P. 1671–1695.
- Zhongcun P., Kodo O., Takashi M. 2005. Structure of β -glucan oligomer from laminarin and its effect on human monocytes to inhibit the proliferation of U937 cells. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. Vol. 69. Issue 3. P. 553–558.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ INFORMATION ABOUT AUTHOR

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.

ЛАМИНАРИЕВЫЕ ВОДОРΟΣЛИ ЗАПАДНОЙ КАМЧАТКИ

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

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

Западная Камчатка до сих пор слабо изучена в альгофлористическом и альгопромысловом отношении, и точных представлений о границах распространения здесь разных видов ламинариевых не существует. Авторы в ходе их изучения в районе побережья, расположенном от мыса Амбон до устья реки Утхолок, в том числе у о. Птичий, в 2020 г. обнаружили пять видов ламинариевых: *Phyllariella ochotensis*, *Pseudolessonia laminarioides*, *Laminaria inclinatorhiza*, *Saccharina latissima* и *Alaria esculenta* sensu lato. Три первых вида являются эндемиками материкового побережья Охотского моря. Специальный поиск у побережья юго-западной Камчатки еще одного охотоморского эндема *Laminaria appressirhiza* показал, что он здесь отсутствует. Представитель беринговоморской ламинариевой флоры *Hedophyllum bongardianum* севернее 51° с. ш. у западной Камчатки не встречается. В статье приводятся морфометрические характеристики разновозрастных представителей пяти указанных выше видов, описаны присущие западнокамчатским популяциям этих видов морфологические признаки. Дополнительно приведены данные по молекулярной филогении собранных в Охотском море *L. appressirhiza* и *H. bongardianum* и показано, что первый принадлежит к роду *Laminaria*. В промысловом отношении данный район оценен как неперспективный для организации добычи ламинариевых традиционным ручным способом*.

Ключевые слова: западная Камчатка, ламинариевые водоросли, молекулярная филогения, COI, *Hedophyllum bongardianum*, *Laminaria appressirhiza*, *Laminaria inclinatorhiza*, *Phyllariella*, *Pseudolessonia*.

THE KELP SPECIES OF WESTERN KAMCHATKA

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

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

Western Kamchatka is still poorly studied in floristic and fishing aspects and there is no accurate understanding on the boundaries of different kelp species distribution in the area. During the 2020 field study in the coastal area located from Cape Ambon to the mouth of Utholok river, including the area proximate to Ptichiy Island, we found 5 kelp species, including *Phyllariella ochotensis*, *Pseudolessonia laminarioides*, *Laminaria inclinatorhiza*, *Saccharina latissima*, and *Alaria esculenta* sensu lato. The first 3 species are endemic to the mainland coast of the Sea of Okhotsk. A special search off the coast of southwestern Kamchatka for another Okhotsk endemic species, *Laminaria appressirhiza*, showed that it was absent. A representative of the Bering Sea kelp flora *Hedophyllum bongardianum* does not occur on western Kamchatka north of 51°N. The morphometric characteristics of plants belonging to different age groups and morphological features typical for Western Kamchatka's populations of these species are discussed. Additionally, the molecular

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

phylogeny of *L. appressirhiza* and *H. bongardianum* collected from the Sea of Okhotsk are discussed. As shown, the first species belongs to the genus *Laminaria*. From a commercial point of view, this coastal area was estimated as unpromising for the organization of kelp collection by a traditional manual method.

Key words: western Kamchatka, Laminariales, molecular phylogeny, COI, *Hedophyllum bongardianum*, *Laminaria appressirhiza*, *Laminaria inclinatorhiza*, *Phyllariella*, *Pseudolessonia*.

ВВЕДЕНИЕ

Западная Камчатка имеет значительную протяженность береговой линии. В высокобореальных широтах в общей длине морских берегов ее доля составляет более одной четверти приазиатского побережья. Существенной особенностью геоморфологии этого района является спрямленность берегов, отсутствие здесь глубоких заливов и бухт, наличие пологих многокилометровых песчаных пляжей, особенно в средней трети побережья. Западная часть камчатского полуострова имеет обширную гидрографическую сеть. Благодаря этому в омывающие его прибрежные воды со стоком многочисленных рек и ручьев выносятся большое количество терригенного материала в виде минеральной взвеси. Морскими течениями и волнением она разносится вдоль побережья и оседает на морское дно в виде ила. У песчаных берегов он в больших количествах присутствует даже во втором и третьем горизонтах литорали. Это является препятствием для поселения эктокарповых и ульвовых водорослей на обычных для песчаных мелководий одиноко разбросанных камнях.

Участки берега с неподвижными жесткими грунтами у западной Камчатки распространены только на юге и на достаточно ограниченном участке берега в северной половине ее побережья. Они приурочены к мысам, обрамленным рифами и кекурами, или представлены пологими скалистыми платформами. В центральной части западного берега Камчатки находится небольшой далеко отстоящий от

берега гористый остров Птичий. Почти по всему периметру его окружает пологая скалистая платформа с неглубокими литоральными ваннами и валунно-глыбовыми россыпями. Именно такие участки берега удобны для развития макрофитобентоса.

В гидрологическом отношении описываемый район интересен тем, что здесь хорошо выражен широтный температурный градиент, поскольку самые южные районы западной Камчатки испытывают обогревающее влияние тихоокеанской водной массы, а северные – охлаждающее воздействие материка. Близость к азиатскому полюсу холода обуславливает высокую ледовитость северных районов западной Камчатки и наличие здесь условий существования макрофитобентоса, близких к таковым в арктической зоне. Не менее интересной чертой гидрологического режима района является высокая амплитуда приливно-отливных колебаний и ее постепенное нарастание от 2 м на юге полуострова до 12 м на севере. У острова Птичий высота сизигийных приливов достигает 6 м.

В фитогеографическом отношении западная Камчатка интересна тем, что занимает пограничное положение между островным и материковым берегами Охотского моря. Ее южная половина является зоной соприкосновения альгофлор восточной Камчатки, северных Курильских островов и материкового берега Охотского моря. Каждая из альгофлор имеет свойственный ей перечень ламинариевых водорослей, образующих основной пространственный каркас сублиторальных растительных сообществ. Однако северные границы рас-

пространения вдоль западной Камчатки беринговоморско-курильских видов и южные границы для охотоморских видов до сих пор не установлены из-за крайне низкой альгофлористической изученности района.

Имеющаяся для западной Камчатки оригинальная альгофлористическая информация крайне запутанна. Опубликована она была в основном в позапрошлом или прошлом столетиях и содержит некоторые весьма сомнительные сведения. Так, например, в работе П.В. Ушакова [1953] на основании данных А.Д. Зиновой у западной Камчатки указаны *Alaria marginata*, *A. ochotensis*, В.Б. Возжинская и Е.И. Блинова [1970] для всей южной половины западной Камчатки указывают *Laminaria appressirhiza*, а для северо-западной – *L. taeniata*, считающуюся ныне синонимом *Hedophyllum bongardianum*. Ю.Е. Петров и В.Б. Возжинская [1970] указывают *L. inclinatorhiza* для центральной части западной Камчатки. Е.С. Зинова [1954] в качестве южной границы распространения *Phyllaria dermatodea* указала южную оконечность западной Камчатки. В настоящее время в альгофлоре Охотского моря она считается синонимом *Phyllariella ochotensis*. Ю.Е. Петров [1975], давая информацию по распространению *Pseudolessonia laminarioides*, указал как район ее распространения всю юго-западную Камчатку, не обозначив здесь южную границу ее ареала.

Изучение литературных данных по водорослям северной части Охотского моря показывает, что здесь разными исследователями указывался атлантический вид *L. digitata* [Ruprecht, 1850; Ушаков, 1953; Зинова, 1954; Возжинская, 1966; и др.] и такие тихоокеанско-беринговоморские виды, как *Arthrothamnus bifidus* [Белый, 2001], *Eualaria fistulosa* (как *Alaria fistulosa*) [Возжинская и др., 1970]. Имеют ли, действительно, два последних вида ра-

зорванные ареалы, или указания на их находки у материкового берега Охотского моря неверны? Подтвердить это может только ревизия материалов, изученных указанными выше авторами, или проведение повторных альгофлористических исследований. С учетом недостаточности данных по распространению и видовому составу ламинариевых у западной Камчатки любые сведения по их нахождению в том или ином районе имеют ценность.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Летом 2020 г. авторы изучали ламинариевые водоросли в районе, расположенном от м. Амбон до устья р. Утхолок, в том числе у о. Птичий. Период сбора материала, 15–21 августа, пришелся на суточные приливы, что позволило провести полное обследование литоральных водорослей вокруг о. Птичий и у каменистой гряды, расположенной к северу от устья р. Утхолок. Значительный объем изученного материала представлял собой свежие береговые выбросы.

Возраст растений, взятых для морфометрических исследований, определяли по внешним признакам, у представителей родов *Saccharina* с этой целью использовали толщину, состояние фертильности и огрубелость пластин, цвет, размеры и текстуру черешков. Каждая возрастная группа водорослей включала не менее 15–20 образцов. У *S. latissima* выборки для морфометрической обработки включали все одновозрастные растения, собранные в пучки, состоящие из переплетенных ризоидов. Учитывая очень широкий размах колебаний отдельных размерных признаков у представителей всех изученных видов, ниже, в разделе «Результаты и обсуждение», авторы сочли целесообразным представить не их средние показатели, а весь диапазон изменчивости морфометрических признаков.

Выше упоминалось [Возжинская, Блинова, 1970] о нахождении у юго-западной Камчатки *Laminaria appressirhiza*. Для выяснения достоверности этих указаний нами дополнительно было проведено сравнительное молекулярно-генетическое изучение образцов этого вида, собранных в Тауйской губе, и ламинарии с рассеченной пластиной, собранной у мыса Озерной (юго-западная Камчатка).

Для выделения ДНК использовали набор реактивов Invisorb Spin Plant Mini Kit (Invitek, Berlin-Buch, Германия). В качестве ДНК-маркеров были выбраны rDNA (включая ITS1 и ITS2), Rubisco (включая rbcL и rbcS) и цитохромоксидаза субъединица 1 (COI). Поиск гомологичных сиквенсов осуществляли с помощью программы Geneious (ver. 11.0.4, Biomatters, Auckland), имеющей автоматическое подключение к Генбанку NCBI (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>). Полученные нами новые нуклеотидные последовательности и сиквенсы из NCBI автоматически выравнивали в программе Geneious, используя алгоритм MUSCLE Alignment. Автоматическое выравнивание после этого проверяли вручную. Молекулярно-филогенетические деревья выстраивали методом байесовского вывода (Bayesian analysis; MrBayes 3.2.6) [Huelsenbeck, Ronquist, 2001] с использованием следующих параметров: модель замещения GTR, 2 000 000 поколений, количество генераций (burn-in) – 200 000 поколений. Анализ максимального правдоподобия (Maximum likelihood) проводили в программе RAxML 8 [Stamatakis, 2014] с использованием модели замещения GTR+gamma. Статистический бутстрэп (bootstrap support values, %) вычисляли на основании 500 повторов. Новые сиквенсы ламинариевых водорослей из Охотского моря были зарегистрированы в базе данных NCBI: под номерами MN778278,

MN778280-MN778283, MN778285, MN778287 и MN778288.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе изучения водорослей в районе исследования было обнаружено пять видов ламинариевых: *Phyllariella ochotensis*, *Pseudolessonia laminarioides*, *Saccharina latissima*, *Laminaria inclinatorhiza* и *Alaria esculenta* sensu lato. Таксономический статус sensu lato присвоен последнему виду в связи с тем, что его систематическое положение требует более детального изучения. Наши ранние исследования показали, что у юго-восточной и юго-западной Камчатки встречаются не *A. angusta* и *A. marginata*, как это считалось ранее [Петров, 1975; Klochkova, 1998], а разные формы вида, близкого по молекулярно-генетическим характеристикам к комплексу *A. esculenta*. Согласно нашим филогенетическим данным [Климова, 2018] и данным канадских ученых [Bringloe et al, 2019], этот комплекс включает ее атлантических представителей и ряд близких к ней в генетическом отношении азиатских видов. В камчатской и охотоморской флорах они были известны ранее как *A. marginata* и *A. angusta*, во флоре о. Святого Лаврентия и одноименной бухты – как *A. crispa*, в хоккайдской флоре – как *A. praelonga* [Т. Клочкова и др., 2019].

Данные изучения видов, обнаруженных нами в период проведения указанных выше полевых исследований, приводятся ниже.

Phyllariella ochotensis (рис. 1, 1 и 2) является эндемом Охотского моря. Согласно литературным данным, она распространена только у его материкового побережья и имеет здесь, судя по всему, разорванный ареал. У юго-западного берега моря этот вид под другим названием указывался у Шантарских островов [Ушаков, 1953;

Е. Зинова, 1954]. Позже В.Б. Возжинская [1966] указала для него более широкий ареал: от Гижигинского залива до Шантарского моря. Однако более поздние многолетние легководолазные флористические и альгопромысловые исследования [Белый, 2011] показали, что *P. ochotensis* в Гижигинском заливе, Тауйской губе и более южных районах материкового берега Охотского моря, вплоть до бух. Тунгусская (район пос. Охотск), в настоящее время

отсутствует. У восточного берега Охотского моря Е.С. Зинова [1954], Ю.Е. Петров и В.Б. Возжинская [1966] указывали *Phyllariella* для юго-западной Камчатки, а Е.И. Блинова [1968] – для Пенжинского залива. В научной литературе имеется указание на нахождение этого вида в выбросах на юге восточной Камчатки в акватории Южно-Камчатского заказника [Селиванова, 2002]. Однако оно, на наш взгляд, весьма сомнительно.



Рис. 1. Внешний вид свежесобранных ламинариевых водорослей западной Камчатки: 1 – групповое произрастание *Phyllariella ochotensis* на крупной гальке; 2 – одиночное растение *Phyllariella ochotensis*; 3 – *Pseudolessonia laminarioides*; 4, 5 – *Alaria esculenta* sensu lato; 6 – разновозрастные слоевища *Saccharina latissima*

Fig. 1. Kelp species collected from Western Kamchatka in 2020: 1 – group of *Phyllariella ochotensis* plants attached to large pebble; 2 – single specimen of *Phyllariella ochotensis*; 3 – *Pseudolessonia laminarioides*; 4, 5 – *Alaria esculenta* sensu lato; 6 – *Saccharina latissima*

Нами *P. ochotensis* была обнаружена у о. Птичий. Изучение большого объема собранного там материала, наблюдения за распределением вида и частотой его встречаемости в сублиторальных выбросах дают нам основание судить о некоторых деталях биологии его развития. Определенно можно говорить о том, что данный вид является многолетним. В разные годы жизни он имеет разную форму пластин. У его сеголетних растений основание узкоклиновидное, оттянутое, пластина плоская с ровными краями (табл. 1). Криптостомы, углубления в пластине с выходящими из них однорядными многоклеточными волосками, начинают закладываться близко к основанию пластины. Все просмотренные нами сеголетние образцы были стерильными.

Примечательно то, что ювенильные проростки у *Phyllariella* не были обнаружены. Это косвенно свидетельствует о том, что по типу спороношения она относится к видам, имеющим сжатый период размножения, как, например, *Hedophyllum dentigerum*, имеющая только один осенний пик размножения [Кусиди, 2007]. Растения разных возрастных групп, как это видно из приведенной выше таблицы 1, различались размерами пластин и череш-

ков. Диапазон перекрытия признаков у них был незначительным.

Спороносящими в августе были только растения второго года жизни (2+). Все они имели ширококлиновидные основания пластин, и часть из них имела складчатые края. Среди растений первого года жизни (1+) только единичные образцы были фертильными. При этом площадь сорусов спорангиев у них была небольшой. Подавляющее большинство фертильных образцов *P. ochotensis* было собрано в сублиторальной кайме. В литоральных ваннах встречались в основном разноразмерные сеголетки.

Pseudolessonia laminarioides была обнаружена также только на о. Птичий в сублиторальной кайме и в глубоких литоральных ваннах (рис. 1, 3). Биология развития этого вида изучена недостаточно. Сравнение разных растений показывает, что популяция *P. laminarioides* здесь сложена разновозрастными растениями, поскольку она включает образцы, черешки которых имеют разное количество дихотомических ветвлений – от 1-2 до 6, и разные по размерам и яркости ризоиды. Однако скорость деления черешков у данного вида до сих пор неизвестна, поэтому использовать их в качестве структур, регистрирующих возраст растений, пока невозможно.

Таблица 1. Размах изменчивости размерных морфологических признаков у фертильных разновозрастных западнокамчатских представителей *Phyllariella ochotensis* в августе

Table 1. Range of variability (cm) of the size morphological features in fertile plants of *Phyllariella ochotensis* from Western Kamchatka (plants of different age groups, collected in August)

Морфологические признаки, см	Возраст растений		
	Сеголетки (0+)	Однолетние (1+)	Двухлетние (2+)
Длина пластины	24–57 (87)	78–141,5	83–175
Ширина пластины	5–8,5	7–11	12,5–16
Длина черешка	2,5–7,5 (11)	6–15	(6) 9–21
Толщина черешка	0,1–0,2	0,1–0,2	0,2–0,25
Форма основания пластины	Оттянутое узкоклиновидное	Узкоклиновидное	Ширококлиновидное, округлоклиновидное
Максимальный поперечник подошвы	0,6–1,0	0,6–1,3	0,6–1,4
Процент зрелых слоевищ в изученной выборке	0	2	100

В целом отметим, что западнокамчатская *P. laminarioides* значительно уступает в размерах представителям этого вида из Тауйской губы и Шантарских островов. У о. Птичий общая длина ее слоевищ не превышала 75 см. Длина самых крупных пластин составляла не более 45 см, а ширина у нерассеченных пластин – 7 см. После деления она уменьшается до 3,6 см. Отметим также, что в зависимости от условий произрастания у данного вида меняются размеры пластин и длина дихотомий у черешков. В прибойных местах черешки более короткие и толстые. Длины у первого, второго, третьего и четвертого порядков их ветвлений могут составлять соответственно 0,4; 1,0; 1,2; 1,3 см. У других растений разветвленные черешки, напротив, демонстрируют высокую скорость роста. У них средняя длина первых четырех дихотомий черешка составляет 0,8; 3; 11; 4 см. Отметим также, что размеры однопорядковых дихотомий и пластин в результате асинхронного роста у всех изученных растений были разными. Неравномерный рост у данного вида, судя по всему, позволяет ему лучшим образом использовать объем полезного водного пространства, занимаемый группой растений, имеющих сплетенные между собой черешки. Сорусы спорангиев имела только часть собранных растений, что также свидетельствует о разновозрастном составе изученной популяции этого вида.

В научной литературе этот вид для Охотского моря упоминается более 50 раз в подавляющем большинстве случаев под названием *Lessonia laminarioides*. Судя по имеющимся данным, он широко распространен вдоль всего охотоморского материкового берега. В кутовых частях Гижигинского и Пенжинского заливов он никем не указывался. Южная граница его распространения у западной Камчатки до сих пор

неизвестна, поскольку альгофлора района, расположенная от залива Камбальный до Усть-Хайрюзово, практически не изучена. На самом юге западной Камчатки *P. laminarioides* отсутствует.

A. esculenta, как и *S. latissima*, является массовым видом и широко распространена в пределах исследованного района. Однако, если *L. inclinatorhiza* и *S. latissima* на больших глубинах могут развиваться в местах с доминированием мягких грунтов, то алария формирует заросли только в местах с каменистыми и скалистыми грунтами.

Выше упоминалось, что *A. esculenta* имеет широкое арктическо-бореальное распространение и встречается в атлантическом и тихоокеанском секторах Арктики, северной Атлантике и северной Пацифике. Наличие у данного вида широкого ареала, в пределах которого существуют районы, имевшие в ходе исторического развития земли длительную географическую изоляцию, предполагает наличие в генофонде вида гетерозиготных популяций и, следовательно, присутствие у его представителей устойчивых, свойственных им морфологических характеристик. Геологическая история Охотского моря, по мнению П.В. Ушакова [1953], обеспечивала ему такую изоляцию. Этому же способствовала в прошлом и способствует в настоящем геоморфология западной Камчатки, абиотические условия существования вдоль которой препятствуют активному смешению охотоморской альгофлоры с альгофлорами соседних районов и обогащению местных популяций ламинариевых водорослей сторонним генетическим материалом.

В морфологическом отношении западнокамчатская популяция *A. esculenta* заметно отличается от парамуширской и восточнокамчатской. Ее характерной особенностью является наличие у растений более узких слоевищ с более темным цве-

том основания пластин. Главным же отличием этих растений является строение спорофиллов и форма спороносных листочков (рис. 1, 4 и 5). Последние у данного вида плотные, обычно темнее, чем пластина, иногда почти черные. Вся их поверхность занята спороносной тканью. У большинства растений спорофиллы прикрепляются к черешку узкой длинной ножкой – петиолем. У курильских и камчатско-командорских популяций *A. esculenta* подобные хорошо развитые петиолы практически не встречаются. Еще одной морфологической особенностью этого вида является тип формирования спорофиллов и вариация размеров рахиса. Рахисом у аларий называют участок черешка, несущий спорофиллы. От его соседних участков он отличается хорошо заметной уплощенностью, особенно при наличии плотного пучка спорофиллов.

Из представленной ниже таблицы 2 видно, что у сеголетних растений *A. esculenta* рахис имеет самые заметные вариации длины, от 2,5 до 11 см (табл. 2). У растений с вытянутым рахисом спорофиллы расставленные (рис. 1, 5) и, как правило, немногочисленные. С возрастом пределы колебаний длины рахиса уменьшаются, и пучки спорофиллов становятся более плотными. Вместе с тем тенденция формирования расставленных пучков спорофиллов с длинными петиолями у некоторых растений сохраняется вплоть до конца жизни.

Период вегетации у западнокамчатской аларии растянутый, занимает около четырех лет (табл. 2). В спороношение растения вступают уже на первом году жизни. Период закладки и созревания спор, как и в других районах распространения обсуждаемого вида, растянут с связи с неравномерным развитием спорофиллов. Самыми длинными в популяции *A. esculenta*

lenta являются растения второго года жизни. Их слоевища, даже сильно обтрепанные в верхней части, могут достигать почти двухметровой длины. При этом ширина их пластин составляет в среднем 7–8, редко 11 см.

S. latissima в районе проведения исследований является самым массовым видом и встречается здесь повсеместно. Ей, как и большинству широкоареальных представителей ламинариевых водорослей, свойственна исключительная морфологическая изменчивость. Неудивительно, что синонимия этого вида весьма и весьма обширна. В альгофлоре дальневосточных морей, и Охотского моря в частности, он фигурировал под разными названиями: как *Laminaria saccharina* [Зинова, 1954; Ruprecht, 1850; и др.], как *L. gurjanovae* [Возжинская, 1965; Блинова 1968; и др.] и *L. lanciformis* [Белый, 2013]. Проведенный нами молекулярно-генетический анализ образцов вида, собранных в разных районах юго-восточной Камчатки и Охотского моря (неопубликованные данные), показал, что вид, определявшийся в указанных районах как *L. gurjanovae* и *L. lanciformis*, на самом деле принадлежит к ранее описанному для Атлантики виду *S. latissima*. До исследований, проведенных канадскими учеными [Lane et al., 2006], он был известен как *L. saccharina*.

В Охотском море вид *S. latissima* представлен разными формами, они характеризуются разными очертаниями основания и нижней части пластины, разной ее шириной и складчатостью, разным уровнем перепада толщины пластины в пределах всего слоевища, разными размерами черешков и расположением сорусов спорангиев. У молодых и ювенильных представителей этого вида могут отсутствовать или развиваться разные по размерам були. У западного побережья Охотского моря

и в северных заливах восточной Камчатки авторы настоящей работы неоднократно наблюдали большое разнообразие форм вида в пределах небольшой акватории, характеризующейся быстрой сменой условий произрастания ламинариевых.

У западной Камчатки нами была встречена только одна форма вида *S. latissima* (рис. 1, 6). У разновозрастных образцов она несколько разная, но в целом для нее свойственно наличие даже у сеголетних растений более темного утолщенного основания, заметно более узкого, чем основная пластина. У растений всех возрастов, кроме ювенилов, в основании оно округлой формы. Изученные нами растения *S. latissima* наиболее близки по морфологии к описанному А.Д. Зиновой [1964] виду *L. gurjanovae*. Последний вид характеризуется наличием длинного, до 50–70 см, узкого темного, грубого на ощупь основания, постепенно становящегося тоньше и переходящего в более светлую широкую пластину. Растения с такой морфологией встречаются на больших глубинах на небольших участках побережья у южного и западного Сахалина, северо-восточного берега Охотского моря. Отметим, что у западнокамчатских образцов *S. latissima*, при их некотором сходстве с описанной

А.Д. Зиновой типовой формой *L. gurjanovae*, утолщенное основание не столь узкое и длинное, как у последней.

В ходе проведения исследований нами было обнаружено несколько растений третьего года жизни этого вида. Все они были сильно обтрепанными и не имели либо черешков, либо верхней части пластин. Достоверно определить размах колебания их размерных характеристик не удалось. Изученные растения возраста 0+ и 1+ имели практически один неперекрывающийся присущий возрасту признак – ширину пластины в ее верхней самой широкой части (табл. 3). Также отмечено большое перекрытие размерных характеристик черешков у сеголетних и однолетних растений. У некоторых из сеголеток они весьма длинные. Но, как показывают исследования популяционного развития *Hedophyllum bongardianum* [Кусиди, 2007], именно длинночерешковые растения подвергаются активному весеннему выкашиванию и весенними штормами выбрасываются на берег, в связи с чем средние размерные показатели длины черешков у более взрослых растений уменьшаются. Можно предполагать, что подобное явление характерно и для *S. latissima*.

Таблица 2. Размах изменчивости размерных морфологических признаков у фертильных разновозрастных западнокамчатских представителей рода *Alaria esculenta* в августе

Table 2. Range of variability (cm) of the size morphological features in fertile plants of *Alaria esculenta* from Western Kamchatka (plants of different age groups, collected in August)

Морфологические признаки, см	Возраст растений			
	Сеголетки (0+)	Однолетние (1+)	Двухлетние (2+)	Трехлетние (3+)
Длина пластины	36–92	70–180	128–150	58–94
Ширина пластины	4–8	6–11	8–12	9,5–13
Ширина жилки	0,4–0,6 (0,8)	0,5–0,7	0,6–0,7	0,5–0,8
Длина черешка	3,5–14 (20)	7–18	14–18	13–21,1
Толщина черешка	0,3–0,4 (6)	0,5–0,7	0,6–0,9	0,4–0,6
Длина рахиса	2,5–11	2–7,5	4–5	2,6–4,2
Максимальная длина спорофиллов	5–9,5	8–11	9,5–14	11–15

Таблица 3. Размах изменчивости (см) размерных морфологических признаков у фертильных разновозрастных западнокамчатских представителей *Saccharina latissima* в августеTable 3. Range of variability (cm) of the size morphological features in fertile plants of *Saccharina latissima* from Western Kamchatka (plants of different age groups, collected in August)

Возраст растений	Длина пластины	Ширина пластины у основания	Ширина пластины в верхней самой широкой части	Длина черешка	Толщина черешка
Сеголетки (0+)	74–154	5–7	3,3–6,5	6,5–12,5	2,5–0,6
Однолетние (1+)	120–260	5,5–7,8	8–13,5	10–15	0,6–0,8

Вид *L. inclinatorhiza* (рис. 2, 1), как и описанные выше *P. ochotensis* и *P. laminarioides*, является эндемом Охотского моря, встречающимся в его северной части. Особенно широко он распространен у западного континентального побережья. Здесь он часто образует смешанные сообщества с другим эндемичным дигитатным видом рода *Laminaria* – *L. appressirhiza* (рис. 2, 2). Последний хорошо отличается от *L. inclinatorhiza* строением ризоидов, особенностями развития сорусов спорангиев, скрученностью лопастей и рядом других признаков. Сравнение размерных характеристик у представителей *L. inclinatorhiza*, распространенных у западного и восточного берегов Охотского моря, показывает, что камчатские растения имеют типичный для этого вида облик, но значительно меньшие размеры слоевищ. Их морфометрические характеристики для представителей разных возрастных групп приведены ниже в таблице 4. Анализ представленных в ней данных показывает, что самые крупные его образцы не превышают 70 см длины.

Все камчатские растения *L. inclinatorhiza* имели по несколько глубоких разрывов пластины. Выше основные лопасти имели дополнительные разрывы. У растений второго года жизни некоторые из них были узкими, 1–3 см ширины. Сеголетние растения имеют более рассеченные и более длинные пластины (табл. 4). У растений второго года они более широкие и более толстые, но сильнее обтрепаны у верхней части.

Данному виду свойственно раннее спороношение. Небольшие спороносные пятна были обнаружены у молодых слоевищ с пластинами, едва достигающими 27 см длины. Сорусы спорангиев у всех растений *L. inclinatorhiza* располагаются в основании пластины с обеих ее сторон. Редко пятна линейной формы образуются на лопастях пластины. Наличие у ламинариевых непропорционально крупных ризоидов – показатель произрастания растений в условиях постоянного сильного движения воды. Все встреченные нами в районе исследования образцы обсуждаемого вида имели мощные ризоидальные пучки с многократно разветвленными терминальными отростками, обеспечивающими прочное сцепление растений с грунтом.

У западной Камчатки, как это было сказано выше, В.Б. Возжинская и Е.И. Блинова [1970] указывали дигитатный вид *L. appressirhiza*. Морфолого-анатомические характеристики и изменчивость этого вида и его отличия от *L. inclinatorhiza* были подробно рассмотрены в нашей работе [Klochkova et al., 2012]. В ходе проведения настоящего исследования обнаружить его нам не удалось. Об отсутствии этого вида у западной Камчатки писала в своей работе А.А. Емельянова [2005]. В то же время в траловых съемках, выполненных в 2018–2020 гг. в районе, расположенном от м. Южный до м. Лопатка, неоднократно попадались отдельные фрагменты пластин дигитатных ламинарий [Климова, Матвеев,

2020]. Проба, собранная у м. Озерного в 2018 г., была использована нами для проведения молекулярно-генетического анализа. В него также были включены образцы *L. appressirhiza*, собранные в Тайуской губе в 2008 г.

Ниже представлена филогенетическая реконструкция по гену цитохромоксидаза субъединица 1 (рис. 3), в которую включены данные указанных в разделе «Материалы и методы» сиквенсов изученных дигитатных видов. Анализ представленных данных позволяет говорить о том, что широко распространенный на юге западного побережья Камчатки дигитатный вид имеет практически абсолютное сходство (99,6%) с образцами вида *Hedophyllum bongardianum* (GU097729), собранными

у восточного побережья Камчатского полуострова в бух. Тихирка.

К. Лэйн с соавторами [Lane et al., 2006] еще в прошлом десятилетии на основании филогенетических исследований разделил род *Laminaria* на два самостоятельных рода *Laminaria* и *Saccharina*. При этом для эндемичных видов ламинарий дальневосточных морей России родовая принадлежность до сих пор оставалась неуточненной, поскольку они еще никем не исследовались. Результаты анализа генетического сходства одного из видов-эндемиков – *L. appressirhiza* – с другими представителями ламинариевых показывают, что она относится к роду *Laminaria* и наиболее близка к его типовому виду *L. digitata* (рис. 3).



Рис. 2. Внешний вид охотоморских ламинарий: 1 – *Laminaria inclinatorhiza*; 2 – *Laminaria appressirhiza*

Fig. 2. Morphology of *Laminaria* spp. from the Sea of Okhotsk: 1 – *Laminaria inclinatorhiza*; 2 – *Laminaria appressirhiza*

Таблица 4. Размах изменчивости (см) размерных морфологических признаков у фертильных разновозрастных западнокамчатских представителей *Laminaria inclinatorhiza* в августе

Table 4. Range of variability (cm) of the size morphological features in fertile plants of *Laminaria inclinatorhiza* from Western Kamchatka (plants of different age groups, collected in August)

Возраст растений	Длина пластины	Количество самых глубоких лопастей	Ширина лопастей, min – max	Длина черешка	Толщина черешка
Сеголетки (0+)	55–61	4–8	0,6–4,5	4,5–7	6–10
Однолетние (1+)	27–42	4–5	(1) 3–6,5	4,5–6	7–10

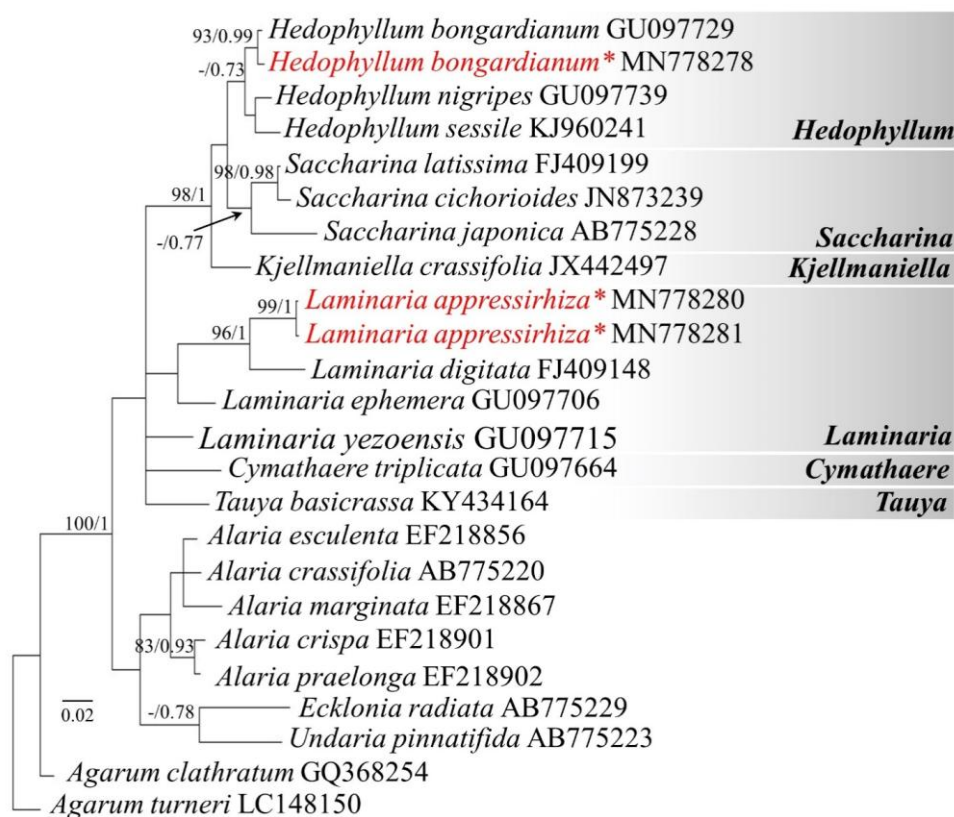


Рис. 3. Филогенетическое дерево представителей ламинариевых водорослей по COI. Значения напротив ветвей дерева – статистический бутстрэп/апостериорная вероятность сходства (учитывались только значения выше 75; в случаях, когда статистический бутстрэп был ниже 75, ставился прочерк «-»). Исследованные нами образцы отмечены звездочкой (*)

Fig. 3. Phylogenetic tree of different kelp species based on COI analysis. Consensus support (%) and posterior probabilities are shown (only the values above 75 were included; dashes “-” present consensus support values below 75). Asterisks “*” indicate our new sequences

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование, проведенное на достаточно протяженном участке побережья западной Камчатки, показало, что его ламинариевую флору составляют представители пяти родов, каждый из которых представлен одним видом. Три из них – *Phyllariella ochotensis*, *Pseudolessonia laminarioides*, *Laminaria inclinatorhiza* – являются охотоморскими эндемиками, два – *Saccharina latissima* и *Alaria esculenta* – широкоареальными аркто-тихоокеанско-атлантическими видами. Ранее указывавшаяся здесь *L. appressirhiza* не обнаружена, что позволяет предполагать, что южная граница ее распространения у западной Камчатки

проходит севернее или что этот вид указывался в районе проведения наших исследований ошибочно.

В настоящей работе впервые на основе данных филогенетического анализа показано, что данный вид принадлежит роду *Laminaria*. Систематическое положение другого охотоморского вида-эндема *Laminaria inclinatorhiza* нуждается в уточнении. Наряду с указанными выше видами на больших глубинах в глубоководных выбросах у юга западной Камчатки может встречаться *Hedophyllum bongardianum*. Он попадает сюда с придонными течениями из более южных районов. На участке побережья от м. Амбон до м. Южный (устье р. Утхолок) в береговых выбросах этот вид

не встречается. Таким образом, указание на нахождение его у северо-западного побережья Камчатки [Возжинская, Блинова, 1970] следует считать ошибочным. Скорее всего, эти авторы принимали за *Laminaria taeniata* гладкие, цельнолистные растения *Saccharina latissima*.

Представленные в работе результаты морфометрической обработки собранных проб позволяют говорить о том, что морфология ламинариевых в районе исследования отражает постоянное воздействие на них гидродинамического фактора, что не удивительно в связи с отсутствием в пределах изученного побережья защищенных или полузащищенных участков. Постоянное однообразное воздействие волнения ограничивает у ламинариевых формообразовательные процессы и обуславливает наличие у них устойчивых морфотипов: узколинейных утолщенных в нижней части пластин у *S. latissima* и длиннорахисовых слоевищ у *A. esculenta*, наличие у последнего вида узких, достаточно длинных, толстых, расставленных вдоль черешка спорофиллов.

Оценивая перспективы организации в изученном районе побережья промысла водорослей, следует признать, что их размещение здесь весьма неудобно для использования обычных методов сбора ламинариевых. Вместе с тем местные рыбопромышленники сообщили нам, что весной, в начале лета и осенью на пологих песчаных берегах скапливается большое количество выброшенных ламинариевых и что иногда они настолько забивают устья рек, что в течение многих дней препятствуют миграциям идущих на нерест лососевых.

ЛИТЕРАТУРА

Белый М.Н. 2001. Промысловые водоросли северной части Охотского моря: видо-

вой состав, биологическая характеристика, распределение и оценка запасов. *Состояние и перспективы рыбохозяйственных исследований в бассейне северной части Охотского моря*. Сб. науч. тр. Под ред. И.Е. Хованского. Магадан: МагаданНИРО. Вып. 1. С. 255–262.

Белый М.Н. 2011. Видовой состав, особенности распределения водорослей-макрофитов в северной части Охотского моря и их значение как нерестового субстрата в районах размножения сельди. *Автореферат дис. ... канд. биол. наук*. Магадан. 24 с.

Белый М.Н. 2013. Водоросли-макрофиты северной части Охотского моря и их значение как нерестового субстрата сельди. Магадан: Новая полиграфия. 194 с.

Блинова Е.И. 1968. Морские водоросли северо-восточной части Охотского моря. *Новости систематики низших растений*. Вып. 5. С. 33–38.

Возжинская В.Б. 1965а. Морские водоросли западного побережья Камчатки. *Новости систематики низших растений*. Т. 2. С. 73–78.

Возжинская В.Б. 1965б. Распределение водорослей у берегов западной Камчатки. *Океанология*. Т. 5, №. 2. С. 17–23.

Возжинская В.Б. 1966. Экология и распределение водорослей материкового побережья Охотского моря. *Экология и распределение морской донной фауны и флоры*. Т. 81. С. 153–176.

Возжинская В.Б., Блинова Е.И. 1970. Материалы по распределению и составу водорослей Камчатки (Охотское море). *Труды института океанологии АН СССР*. Т. 88. С. 298–307.

Возжинская В.Б., Цапко А.С., Блинова Е.И. и др. 1971. Промысловые водоросли СССР. Справочник. Москва: Пищевая промышленность. 270 с.

- Емельянова А.А. 2005. Флора водорослей-макрофитов северных районов Охотского моря, юга Камчатки и северных Курильских островов. *Автореферат дис. ... канд. биол. наук*. Петропавловск-Камчатский. 25 с.
- Зинова А.Д. 1964. Новый вид *Laminaria* у берегов Сахалина. *Новости систематики низших растений*. Т. 1. С. 125–126.
- Зинова Е.С. 1954. Водоросли Охотского моря. *Труды Ботанического института АН СССР*. Сер. II. Вып. 9. С. 259–307.
- 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., Матвеев А.А. 2020. Находки ламинариевых водорослей в уловах донных тралений у юго-западной Камчатки. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. № 51. С. 46–54. (DOI: 10.17217/2079-0333-2020-51-46-54).
- Клочкова Т.А., Климова А.В., Клочкова Н.Г. 2019. Распространение *Alaria esculenta* (Phaeophyceae, Laminariales) в Охотском море. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. № 50. С. 46–56 (DOI: 10.17217/2079-0333-2019-50-46-56).
- Кусиди А.Э. 2007. Биология развития некоторых видов рода *Laminaria* в прикамчатских водах. *Диссертация ... канд. биол. наук*. Петропавловск-Камчатский. 206 с.
- Петров Ю.Е. 1975. Ламинариевые и фукусовые водоросли морей СССР. *Автореферат дис. ... д-ра биол. наук*. Ленинград. 54 с.
- Петров Ю.Е., Возжинская В.В. 1966. Новый род и вид ламинариевых водорослей из Охотского моря. *Новости систематики низших растений*. Т. 3. С. 100–102.
- Петров Ю.Е., Возжинская В.В. 1970. Новые виды рода *Laminaria* из Охотского моря. *Новости систематики низших растений*. Т. 7. С. 81–86.
- Селиванова О.Н. 2002. Морские водоросли охраняемой прибрежной акватории Южно-Камчатского заказника. В кн.: *Флора и растительность южной Камчатки*. Труды Камчатского филиала ТИГ ДВО РАН. Вып. III. С. 104–128.
- Ушаков П.В. 1953. Фауна Охотского моря и условия ее существования. Москва: Наука. 462 с.
- Bringloe T.T., Saunders G.W. 2019. DNA barcoding of the marine macroalgae from Nome, Alaska (Northern Bering Sea) reveals many trans-Arctic species. *Polar Biology*. Vol. 42. P. 851–864.
- Huelsenbeck J.P., Ronquist F. 2001. MRBAYES: Bayesian inference of phylogenetic trees. *Bioinformatics*. Vol. 17. P. 754–755.
- 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.
- Klochkova T.A., Kim G.H., Belij M.N., Klochkova N.G. 2012. Morphology and phytogeography of *Laminaria appressurhiza* and *L. inclinatorhiza* (Phaeophyceae) from the Sea of Okhotsk. *Algae*. Vol. 27, № 3. P. 139–153.
- Lane C.E., Mayes C., Druehl L.D., Saunders G.W. 2006. A multi-gene molecular investigation of the kelp (Laminariales, Phaeophyceae) supports substantial taxonomic re-organization. *Journal of Phycology*. Vol. 42, Issue 2. P. 493–512.
- Ruprecht F.I. 1850. *Algae Ochotensis: Die erstensicheren Nachrichtenuuber die Tange des Ochotskischen Meeres*. St.-Peterburg. 243 p.

Stamatakis A. 2014. RAxML version 8: a tool for phylogenetic analysis and post-analysis of large phylogenies. *Bioinformatics*. Vol. 30. P. 1312–1313.

REFERENCES

- Belij M.N. 2001. Commercial seaweeds of the northern part of the Sea of Okhotsk: species composition, biological characteristics, distribution and stock assessment. *Current state and prospects of fisheries research in the Northern part of the sea of Okhotsk*. Magadan: MagadanNIRO. Issue 1. P. 255–262.
- Belij M.N. 2011. Species composition, distribution features of macrophyte algae in the Northern part of the sea of Okhotsk and their significance as a spawning substrate in herring breeding areas. *Abstract of the candidacy dissertation for biological sciences*. Magadan. 24 p.
- Belij M.N. 2013. Seaweeds of the northern part of the Sea of Okhotsk and their role as a substrate for the herring spawning. Magadan: Novaja tipografia. 194 p.
- Blinova E.I. 1968. Marine algae of the north-eastern part of the Sea of Okhotsk. *Novosti Sistematiki Nizshih Rastenii (News on Systematics of Non-vascular Plants)*. Vol. 5. P. 33–38.
- Vozzhinskaja V.B. 1965a. Seaweed on the west coast of Kamchatka. *Novosti Sistematiki Nizshih Rastenii (News on Systematics of Non-vascular Plants)*. Vol. 2. P. 73–78.
- Vozzhinskaja V.B. 1965b. Distribution of algae of the coast of western Kamchatka. *Okeanologia (Oceanology)*. Vol. 5, Issue. 2. P. 17–23.
- Vozzhinskaja V.B. 1966. Ecology and distribution of algae on the mainland coast of the Sea of Okhotsk. *Ekologiya i raspredeleniye morskoy donnoy fauny i flory (Ecology and distribution of marine benthic fauna and flora)*. Vol. 81. P. 153–176.
- Vozzhinskaja V.B., Blinova E.I. 1970. Materials on the distribution and composition of seaweed in Kamchatka (Sea of Okhotsk). *Trudy Instituta okeanologii AN SSSR. (Proceedings of institute of oceanology AS USSR)* Vol. 88. P. 298–307.
- Vozzhinskaja V.B., Tsapko A.S., Blinova E.I. et al. 1971. Processed marine algae of the USSR. Manual. Moscow, Food industry. 270 p.
- Emelyanova A.A. 2005. Macrophyte algae in the northern regions of the Sea of Okhotsk, southern Kamchatka and the Northern Kuril Islands. *Abstract of the candidacy dissertation for biological sciences*. Petropavlovsk-Kamchatsky. 25 p.
- Zinova A.D. 1964. New species of *Laminaria* from the coast of Sakhalin Island. *Novosti Sistematiki Nizshih Rastenii (News on Systematics of Non-vascular Plants)*. Vol. 1. P. 125–126.
- Zinova E.S. 1954. Algae of the Sea of Okhotsk. *Trudy Botanicheskogo Instituta AN SSSR (Proceedings of Botanical Institute AS USSR)*. Ser. II. Issue 9. P. 259–307.
- 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., Matveev A.A. 2020. Kelp and other macrophytes finds in bottom trawl catches at the western coast of Kamchatka during 2018–2019. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 51. P. 46–54. (DOI: 10.17217/2079-0333-2020-51-46-54).
- 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).
- Kusidi A.E. 2007. Developmental biology of some species of the genus *Laminaria* from coastal waters of Kamchatka. *Candidacy dissertation for biological sciences*. Petropavlovsk-Kamchatsky. 206 p.
- Petrov Ju.E. 1975. Laminariacean and Fucacean algae of the USSR's seas. *Abstract of doctoral dissertation for biological sciences*. Leningrad. 54 p.
- Petrov Ju.E., Vozzhinskaja V.B. 1966. A new genus and species of kelps from the Sea of Okhotsk. *Novosti Sistematiki Nizshih Rastenii (News on Systematics of Non-vascular Plants)*. Vol. 3. P. 100–102.
- Petrov Ju.E., Vozzhinskaja V.B. 1970. New species of *Laminaria* from the Sea of Okhotsk. *Novosti Sistematiki Nizshih Rastenii (News on Systematics of Non-vascular Plants)*. Vol. 7. C. 81–86.
- Selivanova O.N. 2002. Marine algae of the protected coastal area of the South-Kamchatka Nature Reserve. *In: Flora and vegetation of Southern Kamchatka. The South-Kamchatka Nature Reserve. Proceedings of Kamchatka Institute of Ecology and Nature Management*. Vol. 3. P. 104–128.
- Ushakov P.V. 1953. Fauna of the Sea of Okhotsk and Conditions of Its Existence. Moscow: Akademya Nauk SSSR. 462 p.
- Bringloe T.T., Saunders G.W. 2019. DNA barcoding of the marine macroalgae from Nome, Alaska (Northern Bering Sea) reveals many trans-Arctic species. *Polar Biology*. Vol. 42. P. 851–864.
- Huelsenbeck J.P., Ronquist F. 2001. MRBAYES: Bayesian inference of phylogenetic trees. *Bioinformatics*. Vol. 17. P. 754–755.
- 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.
- Lane C.E., Mayes C., Druehl L.D., Saunders G.W. 2006. A multi-gene molecular investigation of the kelp (Laminariales, Phaeophyceae) supports substantial taxonomic re-organization. *Journal of Phycology*. Vol. 42, Issue 2. P. 493–512.
- Ruprecht F.I. 1850. *Algae Ochotensis: Die erstensicheren Nachrichtenuuber die Tange des Ochotskischen Meeres*. St.-Peterburg. 243 p.
- Stamatakis A. 2014. RAxML version 8: a tool for phylogenetic analysis and post-analysis of large phylogenies. *Bioinformatics*. Vol. 30. P. 1312–1313.

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-код: 4701-2618, Author ID: 344281; Scopus ID: 6602583957.

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-код: 3188-5428, Author ID: 732623; Scopus ID: 56711736100.

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.

УДК 582.232:519.876.5

DOI: 10.17217/2079-0333-2020-53-54-65

**КУЛЬТУРАЛЬНЫЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ
PHAEODACTYLUM TRICORNUTUM И *TETRASELMIS SUECIACA*
В НАКОПИТЕЛЬНЫХ КУЛЬТУРАХ**

Ковалев Н.Н., Лескова С.Е., Михеев Е.В., Позднякова Ю.М., Есипенко Р.В.

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
г. Владивосток, ул. Луговая, д. 52б.

Проведено сравнительное исследование культуральных и биохимических показателей двух видов микроводорослей, *Tetraselmis sueciaca* и *Phaeodactylum tricornutum*. Плотность клеток в накопительной культуре составляла для *T. sueciaca* 2,88 млн кл/мл, для *Ph. tricornutum* – 20,37 млн кл/мл после 16 дней культивирования. Установлено, что определение оптической плотности культуральной среды является более объективной характеристикой роста накопительной культуры. Прирост культуры *T. sueciaca* за время эксперимента составил 400%, *Ph. tricornutum* – 700%. Выявлено различие химического состава биомассы микроводорослей. По энергетической ценности микроводоросли не различались. Обсуждается перспективность накопительного культивирования микроводорослей в хозяйствах марикультуры.

Ключевые слова: биомасса водорослей, жирные кислоты, микроводоросли, накопительное культивирование, скорость роста, химический состав, хлорофилл.

**CULTURAL AND BIOCHEMICAL PARAMETERS OF TWO MICROALGAE,
PHAEODACTYLUM TRICORNUTUM AND *TETRASELMIS SUECIACA*,
IN CUMULATIVE CULTURES**

Kovalev N.N., Leskova S.E., Mikhееv E.V., Pozdnyakova Yu.M., Esipenko R.V.

Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Lugovaya Str. 52 B.

A comparative study of cultural and biochemical parameters of two microalgal species, *Tetraselmis sueciaca* and *Phaeodactylum tricornutum*, was performed. Cell density in the storage culture was 2.88 million cells per one ml for *T. sueciaca* and 20.37 million cells per one ml for *Ph. tricornutum*. As shown, determination of optical density of the culture medium is a more objective characteristic of the cumulative culture growth. For *T. sueciaca*, cell growth rate during the course of experiment made 400% and for *Ph. tricornutum* – 700%. Difference in the chemical composition of microalgal biomass was revealed. The microalgae did not differ in their energy value. The prospects of cumulative culture of microalgae in mariculture farms are discussed.

Key words: algae biomass, fatty acids, microalgae, cumulative culture, growth rate, chemical composition, chlorophyll.

ВВЕДЕНИЕ

Одноклеточные микроводоросли являются эффективными производителями первичной биомассы, находящейся в основе пищевой цепи. Ежегодно микроводоросли усваивают 30–50% неорганического углерода и производят около 50% кислорода атмосферы [Charman, 2013; Yan et al. 2013]. Для их культивирования доступны различные методы, питательные среды и условия, которые следует учитывать при выращивании. В 2017 г. ежегодное мировое производство микроводорослей достигло около 30 000 тонн сухой биомассы [Charman, 2013]. Однако их производство недостаточно для покрытия текущего годового спроса.

До сих пор большинство коммерчески эксплуатируемых видов микроводорослей находят свой основной рынок сбыта в аквакультуре в качестве корма для культивируемых беспозвоночных, таких как двусторчатые моллюски (устрицы, морские гребешки, мидии), голотурии, иглокожие [Conceição et al, 2010; Guedes and Malcata, 2012; Camacho-Rodríguez et al., 2014; Chauton et al., 2015].

Использование микроводорослей в качестве кормов обусловлено составом липидов и высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК). Они также являются хорошим источником белков, углеводов, пигментов и антиоксидантов [Matos et al, 2016; Bernaerts et al, 2018]. Знание химического состава микроводорослей, выращенных в контролируемых и стандартизированных условиях, является первым шагом к пониманию и продвижению потенциальных возможностей биомассы в качестве пищевой добавки или ингредиента.

Цель настоящего исследования – изучение ростовых и биохимических характе-

ристик микроводорослей *Phaeodactylum tricornutum* и *Tetraselmis sueciaca* в накопительных культурах, поскольку данные виды являются природным кормом объектов марикультуры.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве материала для культивирования были использованы чистые лабораторные культуры *Ph. tricornutum* и *T. sueciaca* из коллекции НПДМ ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз». В качестве культиваторов использовали одноразовые полиэтиленовые рукава объемом 40 литров. Микроводоросли выращивали в накопительном режиме на питательной среде Гольдберга, содержащей KNO_3 ; Na_2PO_4 ; $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ и $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ [Кабанова, 1961]. Все манипуляции с водорослями проводились в специальном помещении, где поддерживались стабильные условия. Культуры водорослей содержали при температуре 21–23°C, освещенности 8–10 кЛк, фотопериоде 8 : 16 ч (свет : темнота) и с круглосуточной аэрацией.

Культивирование осуществляли в накопительной монокультуре. Прирост биомассы водорослей определяли по увеличению числа клеток, высчитывая их в каждом опыте в трех камерах Горяева под световым микроскопом. Оптическую плотность культуры определяли на длине волны 750 нм для *Ph. tricornutum* и 540 нм для *T. sueciaca* на спектрофотометре UV-1800. Продолжительность экспериментов составляла 16 дней. Общее содержание углеводов оценивали по образованию окрашенного зеленого соединения с максимумом поглощения при 625 нм в результате реакции гидроксиметил фурфурола, который образуется при гидролизе глюкозы в горячей кислой среде, с антроном [Laurens et al, 2012].

Для определения количественного содержания белка отбирали 10 мл суспензии клеток, центрифугировали при 5 000 оборотов в минуту в течение 5 минут. Надосадочную жидкость удаляли, полученный осадок замораживали и хранили при температуре -20°C до использования. К осадку добавляли 10 мл 1М NaOH и выдерживали на водяной бане при 100°C в течение 5 минут [Herbert et al., 1971], предварительно однократно обработав образцы ультразвуком при 50% мощности в течение 30 секунд. Полученный экстракт центрифугировали при 5 000 оборотов в минуту в течение 5 минут. В надосадочной жидкости проводили определение белка методом Лоури [Lowry et al., 1951].

Хлорофилл выделяли методом экстракции ацетоном из предварительно замороженной биомассы водорослей [Carpineiro et al., 2019]. Количественное содержание хлорофиллов определяли спектрофотометрически при длинах волн 450, 630, 647, 664 и 750 нм. В качестве контроля использовали 90%-ный ацетон. Расчет содержания хлорофиллов а, b и с проводили по стандартным формулам [Aminot and Ray, 2001].

Расчет содержания каротиноидов проводили по формуле (1):

$$C \text{ (мг/100 г сырой ткани)} = \\ = (A_{450} \cdot V \cdot 100) / 250 \cdot m, \quad (1)$$

где A_{450} – оптическая плотность исследуемого раствора при 450 нм;

V – объем экстрагента, мл;

m – масса навески сырой ткани, г;

250 – средний удельный коэффициент поглощения каротиноидов, $\text{мл} \cdot \text{см} \cdot \text{мг}^{-1}$.

Липиды экстрагировали по методу Фолча [Christie, 2003]. Количество липидов в микроводорослях определяли гравиметрически. Жирные кислоты липидов оп-

ределяли на газовом хроматографе «Shimadzu GC-16A» (Япония) с пламенно-ионизационным детектором и капиллярной колонкой «Supelcowax-10», $0,25 \text{ мм} \times 30 \text{ м}$ (температура инжектора 240°C , температура детектора 240°C , температура термостата 190°C , скорость потока газа-носителя 22 см/с , газ-носитель – гелий).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Рост микроводорослей в накопительной культуре характеризуется наличием линейного участка (линейной фазы роста). Этот участок может иметь относительно большую протяженность во времени, а плотность культуры иногда увеличивается в десятки раз. Такой рост связан с постоянством скорости продукции биомассы.

Нами была проведена оценка роста в накопительной культуре *T. sueciaca* и *Ph. tricornutum*. Оценка роста биомассы проводилась по показателям количества клеток в 1 мл культуральной среды и величины оптической плотности, измеренной при 540 и 750 нм соответственно. Динамика роста культуры *T. sueciaca* представлена на рисунке 1, а. Как видно из представленных данных, накопление культуры происходило в течение всего времени эксперимента и не имело линейного характера. Нами было отмечено наличие плато (лаг-фаза) на 4–7-й день эксперимента и вторая лаг-фаза – на 13–15-й день. В то же время измерение оптической плотности культуральной среды при 540 нм показало линейный рост клеток *T. sueciaca*.

Динамика роста культуры *Ph. tricornutum* представлена на рисунке 1, б. Рост культуры этого вида отмечался в течение всего эксперимента и также характеризовался наличием двух лаг-фаз. Первая лаг-фаза, определенная по показателю количества клеток в 1 мл культуральной среды,

отмечалась на 5–7-й день эксперимента, вторая лаг-фаза – на 12–13-й день. Следует отметить, что после второй лаг-фазы для *Ph. tricornutum* был отмечен резкий рост культуры. Определение оптической плотности культуральной среды *Ph. tricornutum* показало равномерный линейный рост культуры.

Обработка данных роста культур по величине клеток в 1 мл среды показала, что рост культуры *T. sueciaca* описывается линейным уравнением (2):

$$y = 0,1599x + 0,3443, \quad (2)$$

а для роста культуры *Ph. tricornutum* – формулой (3):

$$y = 1,0035x + 1,4051. \quad (3)$$

Разница значений величины переменной x в приведенных уравнениях свидетельствует, что линейный характер роста более выражен для культуры *Ph. tricornutum* по сравнению с *T. sueciaca*. В связи с высокой вариабельностью значений оцен-

ка линейного роста *T. sueciaca* по количественному показателю будет иметь высокое стандартное отклонение (ошибку).

Линейный рост культуры *T. sueciaca* по величине оптической плотности описывается формулой (4):

$$y = 0,0293x + 0,1897, \quad (4)$$

для *Ph. tricornutum* – формулой (5):

$$y = 0,0383x + 0,265. \quad (5)$$

Полученные данные свидетельствуют о линейном характере роста культур. По-видимому, измерение их оптической плотности при длине волны 540 и 750 нм является объективной оценкой накопительного роста.

Значения величин оптической плотности отличались при различном количестве посевного материала. Проведенные нами расчеты показали, что количество клеток *T. sueciaca* увеличивалось с 0,61 до 2,88 млн кл/мл, а для *Ph. tricornutum* – с 3,65 до 20,37 млн кл/мл за все время эксперимента.

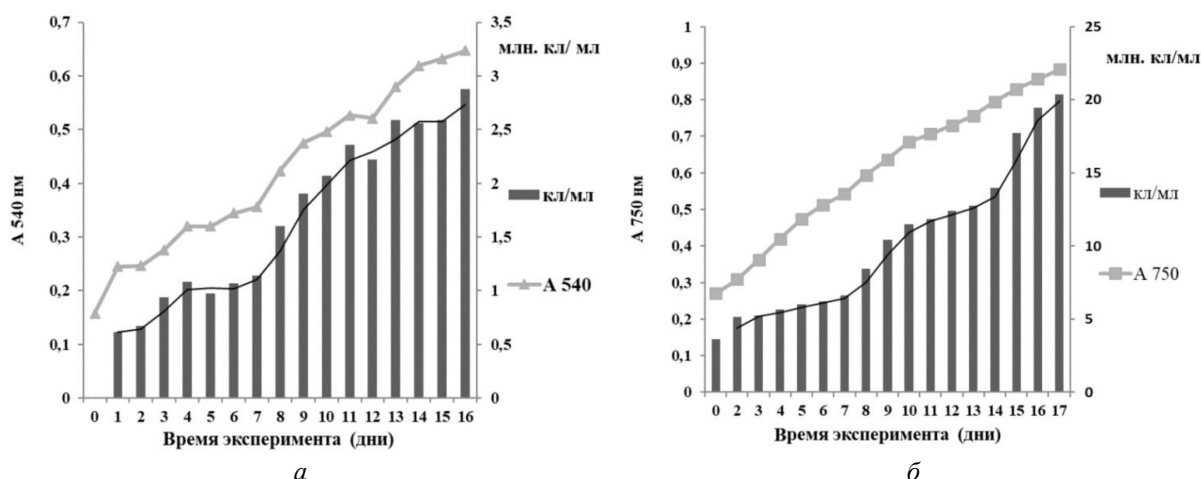


Рис. 1. Рост культур *Tetraselmis sueciaca* (а) и *Phaeodactylum tricornutum* (б). Примечание: А 540 нм, А 750 нм на графиках – значение величин оптической плотности при длинах волн 540 и 750 нм

Fig. 1. *Tetraselmis sueciaca* (a) and *Phaeodactylum tricornutum* (b) cultures growth. Note: On the graphs, A 540 nm and A 750 nm present the value of the optical density at wavelengths of 540 and 750 nm

Расчет прироста культур представлен на рисунке 2, а. Из приведенных данных видно, что культуры микроводорослей значительно различались по темпу прироста количества клеток, измеренного по величине оптической плотности. Величина оптической плотности культур на начало эксперимента принята за 0%. Результаты проведенного эксперимента показывают, что прирост культуры *T. sueciaca* за 16 дней эксперимента составил 400%, а культуры *Ph. Tricornutum* – более 700%.

Оценка ежедневного роста культур позволяет детализировать данные, приведенные на рисунке 2, б. Результаты свидетельствуют о нелинейном росте культур. Со-

поставление данных рисунков 1 и 2 показывает, что минимальному росту клеток или его отсутствию соответствуют лаг-периоды роста культур. В целом удельная скорость роста клеток *Ph. tricornutum* была выше, чем у *T. sueciaca*.

Оценочной характеристикой эффективности культивирования микроводорослей является величина биомассы в единице объема культуральной среды (рис. 3). Как видно из рисунка, накопительное культивирование микроводорослей в течение 16 суток приводило к формированию биомассы *Ph. tricornutum* в количестве 2,7 мг/мл, для *T. sueciaca* – 1,4 мг/мл.

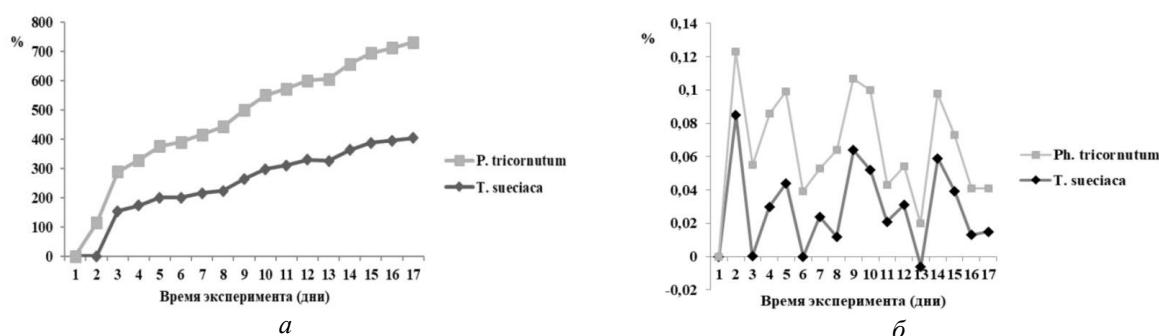


Рис. 2. Прирост количества клеток культур *Tetraselmis sueciaca* и *Phaeodactylum tricornutum* по отношению к началу эксперимента (а) (%) и ежесуточный прирост (б) (% по нарастающей). На рис. а за 100% принято значение количества клеток в начале эксперимента; на рис. б за 100% принято значение количества клеток за каждый день эксперимента

Fig. 2. The growth of *Tetraselmis sueciaca* and *Phaeodactylum tricornutum* cultures relative to the beginning of the experiment (%) and daily increase in cell culture (% increasing) during the experiment. In fig. а, number of cells at the beginning of the experiment is taken as 100%; in fig. б, the number of cells for each day of the experiment is taken as 100%

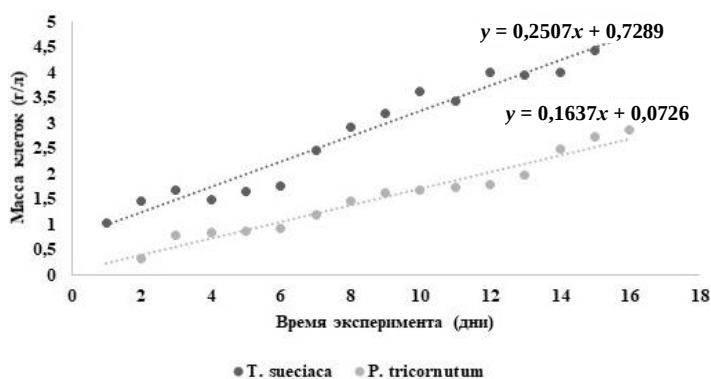


Рис. 3. Прирост биомассы в единице объема культуральной среды

Fig. 3. The increase in biomass per volume unit of the culture medium

Показателем эффективности культивирования является плотность клеток в 1 мл среды (табл. 1). Представленные в таблице данные свидетельствуют, что за равное время культивирования прирост количества клеток *Ph. tricornutum* был в 7,4 раза больше, чем клеток *T. sueciaca*. Также в 6,9 раза отличалась скорость удельного роста культур.

Характеристика культуральной среды свидетельствует, что содержание биомассы *T. sueciaca* составляло 0,09%. Для культуры *Ph. tricornutum* эта величина была в 1,7 раза больше. Однако содержание сухих веществ в биомассе *T. sueciaca* было в 1,9 раза больше, чем у *Ph. tricornutum*.

Различия в количественном содержании сухих веществ могут свидетельствовать об отличиях в химическом составе микроводорослей (табл. 2). Определение общего химического состава показало, что по содержанию углеводов и липидов микроводоросль *Ph. tricornutum* превосходит *T. sueciaca* в 1,2–1,3 раза. В то же время содержание белка в сырой биомассе *T. sueciaca* было в 1,4 раза выше, чем в *Ph. tricornutum*.

Расчет показал, что энергетическая ценность микроводоросли *Ph. tricornutum* на 27,6% выше, чем у *Tetraselmis*. В большей мере энергетическая ценность пищи обеспечивается липидами. Из приведенных в таблице 2 данных видно, что микроводоросли различались по суммарному содержанию липидов в 1,4 раза. Выявлены значительные различия в составе жирных кислот микроводорослей. Так, содержание насыщенных жирных кислот в биомассе *T. sueciaca* было в 1,5 раза больше, чем у *Ph. tricornutum* (табл. 3). Следует отметить, что в биомассе *T. sueciaca* также определено более высокое содержание полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК). В то же время содержание мононенасыщенных жирных кислот (МНЖК) и n-3 жирных кислот в биомассе *Ph. tricornutum* было в 1,9 и 1,8 раза выше, чем у *T. sueciaca*. Проведенным исследованием выявлен факт отсутствия докозагексаеновой кислоты (ДГК) в биомассе *T. sueciaca* и в пять раз большее содержание эйкозапентаеновой кислоты (ЭПК) в биомассе *Ph. tricornutum*.

Таблица 1. Характеристика культур микроводорослей после культивирования

Table 1. Characterization of microalgae cultures after cultivation

Показатели	<i>T. sueciaca</i>	<i>Ph. tricornutum</i>
Количество клеток, млн/мл	2,88	20,37
Удельная скорость роста, тыс. кл/сут	141,9	983,5
Биомасса, г/л	1,12	1,54
Содержание биомассы в культуре, %	0,09	0,15
Содержание сухих веществ в биомассе, %	24,0	12,7

Таблица 2. Химические показатели сырой биомассы микроводорослей

Table 2. Chemical indicators of raw microalgal biomass

Показатели	<i>T. sueciaca</i>	<i>Ph. tricornutum</i>
Углеводы, %	5,5	6,6
Белок, %	10,0	7,1
Липиды, %	2,9	3,6
Зола, %	4,7	3,9
Энергетическая ценность, ккал/100 г	88,1	87,2

Таблица 3. Содержание пигментов и жирных кислот в сырой биомассе микроводорослей

Table 3. The content of pigments and fatty acids in the raw microalgal biomass

Показатели	<i>T. sueciaca</i>	<i>Ph. tricornutum</i>
Хлорофилл, мкг/мл	2,38	0,82
Хлорофилл, мг/г сырой биомассы	2,6	4,3
Каротиноиды, мг/г сырой массы	–	0,36
Липиды, %	2,9	3,6
ЖК, % от суммы ЖК		
НЖК	31,9	20,7
МНЖК	18,3	33,9
ПНЖК	48,8	40,1
n-3	21,0	35,8
ЭПК	4,2	22,8
ДГК	–	0,87

Примечание: НЖК – ненасыщенные жирные кислоты; МНЖК – мононенасыщенные жирные кислоты; ПНЖК – полиненасыщенные жирные кислоты; ЭПК – эйкозапентаеновая кислота; ДГК – докозагексаеновая кислота.

Кроме основной роли в процессе фотосинтеза, хлорофиллы очень ценны в продуктах питания как разрешенный зеленый пищевой краситель [Zepka et al., 2019]. Независимо от основной функции хлорофиллов и применения в качестве пищевой добавки они используются для мониторинга состояния сельскохозяйственных производств и оценки первичной продуктивности океана [Vieira et al., 2018]. Большинство прикладных исследований было выполнено на хлорофилле а, хлорофилле b и катаболитах хлорофиллов. Так, для хлорофилла а показана антимутагенная, хемопревентивная и антиоксидантная активность [Endo et al., 1985], для хлорофилла b – антимутагенная и антиоксидантная [Islam et al., 2013]. Проведенное нами исследование показало, что концентрация хлорофилла в 1 мл культуральной среды *T. sueciaca* составляла 2,38 мкг/мл, в то время как для *Ph. tricornutum* эта величина была в 2,9 раза меньше. Расчет количества хлорофилла в сырой биомассе показал обратное соотношение: хлорофилла в биомассе *Ph. tricornutum* в 1,6 раза больше, чем у *T. sueciaca*. Выявленная закономерность может быть объяснена различной плотностью культуры клеток. Полученные нами

данные согласуются с результатами, полученными Carneiro с соавторами [2019], которые определили содержание хлорофилла в *Tetraselmis strains* равным 327 мг·л⁻¹.

Проведенные А.В. Бородиной и Л.В. Ладьиной [2013] исследование показало, что содержание каротиноидов в сухой массе *Ph. tricornutum* зависит от температуры культивирования и фотопериода и варьирует от 2,25 до 8,14 мг·г⁻¹ сухой массы. Основным каротиноидом данного вида водорослей являлся фукоксантин, содержание которого составляет от 33,1 до 83,8% от суммы каротиноидов. Содержание каротиноидов в нашей культуре *Ph. tricornutum* составляло 0,36 мг/г сырой биомассы. Перерасчет значения с учетом содержания сухих веществ в биомассе дает величину 2,83 мг/г сухой массы, что совпадает с данными вышеуказанных авторов.

Попытка обеспечить экономически эффективные процедуры инкубации беспозвоночных приводят к разработке альтернативных рационов кормов. Для двусторчатых моллюсков и голотурий лучшим альтернативным продуктом считают микроводоросли, хотя сравнительных экспериментальных исследований выполнено достаточно мало.

На сегодняшний день существуют два основных способа культивирования клеток микроводорослей: накопительный и непрерывный. Промышленное культивирование должно обеспечивать низкую себестоимость получаемой продукции и высокий питательный состав. Культивирование микроводорослей реализуется предприятиями марикультуры в период нереста и выращивания беспозвоночных на разных стадиях развития. Так, на поздних стадиях развития личинок гигантской устрицы при плотности посадки до 10 тыс. лич/л концентрация корма, состоящего из смеси микроводорослей, составляет 200 тыс. кл/мл, при этом на долю *Ph. tricornutum* приходится 40 тыс. кл/мл [Пиркова и др., 2013].

Полученная нами в результате накопительного культивирования плотность клеток *Ph. tricornutum* (20,37 млн кл/мл) показывает перспективность процесса в условиях марикультурного хозяйства. Химический состав водорослей характеризуется соотношением компонентов белок : углеводы : жир, равным 2,0 : 1,8 : 1. Более высокое содержание белка по сравнению с данными, представленными в статье Vieira с соавторами [2018], по-видимому, связано с условиями культивирования. Полученные Niccolaia с соавторами [2019] данные по культивированию различных штаммов *T. sueciaca* позволили получить культуры с плотностью 6,5–9,0 млн кл/мл. При этом соотношение компонентов в сухой массе составляло белок : углеводы : липиды = 2,0 : 1,8 : 1. Полученные нами данные для культуры *T. sueciaca* с плотностью 2,88 млн кл/мл позволяют охарактеризовать компонентный состав по белку, углеводам и липидам, равным 3,5 : 1,9 : 1. Эти показатели свидетельствуют о более высоком содержании белка в культуре *T. sueciaca* и более высоком содержании липидов и хлорофилла в *Ph. tricornutum*. Вместе

с тем, несмотря на различия химического состава, энергетическая ценность биомассы культур микроводорослей не различалась.

Так, при выращивании личинок дальневосточного трепанга микроводоросль *Ph. tricornutum* вводится в состав корма в период завершения личиночной стадии – ранняя аурикулярия [Мокрецова и др., 2012], для личинок мидий данный вид водоросли необходим на поздних стадиях развития великонхи и педивелигер, что способствует увеличению среднесуточного прироста личинок на стадии великонхи в два раза. При выращивании личинок устрицы на поздних стадиях развития состав диеты дополняется микроводорослью *T. sueciaca*, поскольку размер клеток этой водоросли (8×12 мкм) и биохимический состав соответствуют потребностям личинок [Холодов и др., 2010].

Очевидно, физиологическая роль микроводорослей как объекта питания определяется не только химическим составом, но и составом биологически активных веществ. Так, несмотря на равное содержание липидов в водорослях, состав жирных кислот значительно различался. Доля МНЖК и n-3 жирных кислот в биомассе *Ph. tricornutum* была значительно выше. Также выявлено, что содержание ЭПК в культуре *P. tricornutum* в 5,4 раза больше, чем у *T. sueciaca*, а ДГК в биомассе *T. sueciaca* не выявлена.

Показанное почти двухкратное различие в концентрации хлорофилла в сырой массе характеризует эту культуру как продукт с высокой физиологической активностью, учитывая роль антиоксидантов растительного происхождения в кормовых добавках.

Таким образом, изучение культивирования и химического состава различных видов микроводорослей и их использования в промышленной биотехнологии гид-

робионтов подтверждает научную необходимость и обоснованность исследований в данном направлении. При этом необходимо придерживаться всех аспектов культивирования и применения, которые апробированы в лабораторных и промышленных условиях. Важность исследований по научному обоснованию интенсивного культивирования микроводорослей определяется также ростом спроса на продукцию альгобиотехнологии для различных отраслей промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

- Бородина А.В., Ладыгина Л.В. 2013. Влияние условий культивирования *Phaeodactylum tricornutum* Bohl. (Bacillariophyta) на накопление каротиноидов. *Альгология*. Т. 23. № 2. С. 138–149.
- Кабанова Ю.Г. 1961. О культивировании в лабораторных условиях морских планктонных диатомовых и перидиниевых водорослей. *Труды Института океанологии Академии наук СССР*. Т. 47. С. 203–216.
- Мокрецова Н.Д., Викторовская Г.И., Сухин И.Ю., Дзизюров В.Д. и др. 2012. Инструкция по технологии получения жизнестойкой молоди трепанга в заводских условиях. Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр. Владивосток. ТИНРО-Центр. 81 с.
- Пиркова А.В., Холодов В.И., Ладыгина Л.В. 2013. Биотехника выращивания гигантской устрицы *Crassostrea gigas* th. (Bivalvia) в Черном море. *Рибне господарство України*. № 2. С. 36–42.
- Холодов В.И., Пиркова А.В., Ладыгина Л.В. 2010. Выращивание мидий и устриц в Черном море. Под. ред. В.Н. Еремеева; Национальная академия наук Украины. Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского. Севастополь. 424 с.
- Aminot A., Ray F. 2001. Standard procedure for the determination of chlorophyll a by spectroscopic methods. *ICES techniques in marine environmental sciences* (Issue 30), International Council for the Exploration of the Sea. ISSN 0903–2606.
- Bernaerts T.M.M., Gheysen L., Kyomugasho C., Jamsazzadeh Kermani Z., Vandionant S., Foubert I., Hendrickx M.E., Van Loey A.M. 2018. Comparison of microalgal biomasses as functional food ingredients: focus on the composition of cell wall related polysaccharides. *Algal Research*. V. 32. P. 150–161.
- Camacho-Rodríguez J., González-Céspedes A.M., Cerón-García M.C., Fernández-Sevilla J.M., Acién-Fernández F.G., Molina-Grima E.A. 2014. A quantitative study of eicosapentaenoic acid (EPA) production by *Nannochloropsis gaditana* for aquaculture as a function of dilution rate, temperature and average irradiance. *Applied Microbiology and Biotechnology*. V. 98. P. 2429–2440.
- Carneiro M., Pojo V., Malcata F.X., Otero A. 2019. Lipid accumulation in selected *Tetraselmis* strains. *Journal of Applied Phycology*. V. 31 P. 2845–2853.
- Chapman R.L. 2013. Algae: the world's most important “plants” – an introduction. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. № 18. P. 5–12.
- Chauton M.S., Reitan K.I., Norsker N.H., Tveterås R., Kleivdal H.T.A. 2015. A techno-economic analysis of industrial production of marine microalgae as a source of EPA and DHA-rich raw material for aquafeed: research challenges and possibilities. *Aquaculture*. V. 436. P. 95–103.
- Christie W.W. 2003. Lipid analysis: Isolation, identification and structural analysis of

- lipids. Bridgwater, England: The Oily Press. 416 p.
- Conceição L.E.C., Yúfera M., Makridis P., Morais S., Dinis M.T. 2010. Live feeds for early stages of fish rearing. *Aquaculture Research*. V. 41. P. 613–640.
- Endo Y., Usuki R., Kandena T. 1985. Antioxidant effects of chlorophyll and pheophytin on the autooxidation of oils in the dark. I. Comparison of the inhibitory effects. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. V. 2. P. 1375–1378.
- Guedes A.C., Malcata F.X. 2012. Nutritional value and uses of microalgae in aquaculture. In: Muchlisin Z.A. (ed) *Aquaculture*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/30576>.
- Herbert D., Phipps P.J., Strange R.E. 1971. Chemical analysis of microbial cells. *Methods in Microbiology*. № 58. P. 209–344.
- Islam M.N., Ishita I.J., Jin S.E., Choi R.J., Lee C.M., Kim Y.S., Jung H.A., Choi J.S. 2013. Anti-inflammatory activity of Edible brown alga *Saccharina japonica* and its constituents pheophorbide a and pheophytin a in LPS Stimulated RAW 264.7 macrophage cells. *Food and Chemical Toxicology*. V. 55. P. 541–548.
- Laurens L.M.L., Dempster T.A., Jones H.D.T., Wolfrum E.J., Wychen S.V., McAllister J.S.P., Rencenberger M., Parchert K.J., Gloe L.M. 2012. Algal biomass constituent analysis: Method uncertainties and investigation of the underlying measuring chemistries. *Analytical Chemistry*. V. 84. № 4. P. 1879–1887.
- Lowry O., Rosenbrought N., Parr A., Randall R. 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry*. V. 193. № 1. P. 265–276.
- Matos Â.P., Feller R., Moecke E.H.S., de Oliveira J.V., Junior A.F., Derner R.B., Sant'Anna E.S. 2016. Chemical characterization of six microalgae with potential utility for food application. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. V. 93. P. 963–972.
- Nicolaia A., Zittellib G.C., Rodolfia L., Biondia N., Tredicia M. R. 2019. Microalgae of interest as food source: Biochemical composition and digestibility. *Algal Research*. V. 42. P. 101–110.
- Vieira B.M., San S.M., Agurtob C., Freitas M.A., Matad T.M., Martins A.A., Caetano N. 2018. Biochemical characterization of *Phaeodactylum tricornutum* for microalgae-based biorefinery. *Energy Procedia*. V. 153. P. 466–470.
- Yan C., Fan J., Xu C. 2013. Chapter 5. Analysis of oil droplets in microalgae. In: Yang H., Li P. (eds) *Methods in cell biology*. V. 116. Academic Press, Cambridge. P. 71–82.
- Zepka L.Q., Jacob-Lopes E., Roca M. 2019. Catabolism and bioactive properties of chlorophylls. *Current Opinion in Food Science*. V. 26. P. 94–100.

REFERENCES

- Borodina A.V., Ladygina L.V. 2013. Effect of cultivation conditions of *Phaeodactylum Tricornutum* Bohl. (Bacillariophyta) on the accumulation of carotenoids. *Algologiya (Algology)*. Vol. 23. № 2. P. 138–149.
- Kabanova Yu.G. 1961. Laboratory cultivation of marine planktonic diatoms and peridinium algae. *Trudy Instituta okeanologii akademii nauk SSSR (Proceedings of Institute of Oceanology of Academy of Sciences of USSR)*. Vol. 47. P. 203–216.
- Mokretsova N.D., Viktorovskaya G.I., Sukhin I.Yu., Dzizyurov V.D. et al. 2012. Instructions on the technology for producing viable juvenile sea cucumber in the factory. Pacific Fisheries Research Center. Vladivostok. TINRO Center. 81 p.

- Pirkova A.V., Kholodov V.I., Ladygina L.V. 2013. Biotechnology for growing giant oyster *Crassostrea gigas* th. (Bivalvia) in the Black Sea. *Ribne gospodarstvo Ukraini (Fisheries of Ukraine)*. № 2. P. 36–42.
- Kholodov V.I., Pirkova A.V., Ladygina L.V. 2010. The cultivation of mussels and oysters in the Black Sea. (Ed.: Ereemeeva V.N.). National Academy of Sciences of Ukraine. Institute of biology of the South Seas named after A.O. Kovalevsky. Sevastopol. 424 p.
- Aminot A., Ray F. 2001. Standard procedure for the determination of chlorophyll a by spectroscopic methods. *ICES techniques in marine environmental sciences* (Issue 30), International Council for the Exploration of the Sea. ISSN 0903–2606.
- Bernaerts T.M.M., Gheysen L., Kyomugasho C., Jamsazzadeh Kermani Z., Vandionant S., Foubert I., Hendrickx M.E., Van Loey A.M. 2018. Comparison of microalgal biomasses as functional food ingredients: focus on the composition of cell wall related polysaccharides. *Algal Research*. V. 32. P. 150–161.
- Camacho-Rodríguez J., González-Céspedes A.M., Cerón-García M.C., Fernández-Sevilla J.M., Acién-Fernández F.G., Molina-Grima E.A. 2014. A quantitative study of eicosapentaenoic acid (EPA) production by *Nannochloropsis gaditana* for aquaculture as a function of dilution rate, temperature and average irradiance. *Applied Microbiology and Biotechnology*. V. 98. P. 2429–2440.
- Carneiro M., Pojo V., Malcata F.X., Otero A. 2019. Lipid accumulation in selected *Tetraselmis* strains. *Journal of Applied Phycology*. V. 31 P. 2845–2853.
- Chapman R.L. 2013. Algae: the world's most important “plants” – an introduction. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. № 18. P. 5–12.
- Chauton M.S., Reitan K.I., Norsker N.H., Tveterås R., Kleivdal H.T.A. 2015. A techno-economic analysis of industrial production of marine microalgae as a source of EPA and DHA-rich raw material for aquafeed: research challenges and possibilities. *Aquaculture*. V. 436. P. 95–103.
- Christie W.W. 2003. Lipid analysis: Isolation, identification and structural analysis of lipids. Bridgwater, England: The Oily Press. 416 p.
- Conceição L.E.C., Yúfera M., Makridis P., Morais S., Dinis M.T. 2010. Live feeds for early stages of fish rearing. *Aquaculture Research*. V. 41. P. 613–640.
- Endo Y., Usuki R., Kandana T. 1985. Antioxidant effects of chlorophyll and pheophytin on the autooxidation of oils in the dark. I. Comparison of the inhibitory effects. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. V. 2. P. 1375–1378.
- Guedes A.C., Malcata F.X. 2012. Nutritional value and uses of microalgae in aquaculture. In: Muchlisin Z.A. (ed.) *Aquaculture*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/30576>.
- Herbert D., Phipps P.J., Strange R.E. 1971. Chemical analysis of microbial cells. *Methods in Microbiology*. № 58. P. 209–344.
- Islam M.N., Ishita I.J., Jin S.E., Choi R.J., Lee C.M., Kim Y.S., Jung H.A., Choi J.S. 2013. Anti-inflammatory activity of Edible brown alga *Saccharina japonica* and its constituents pheophorbide a and pheophytin a in LPS Stimulated RAW 264.7 macrophage cells. *Food and Chemical Toxicology*. V. 55. P. 541–548.
- Laurens L.M.L., Dempster T.A., Jones H.D.T., Wolfrum E.J., Wychen S.V., McAllister J.S.P., Rencenberger M., Parchert K.J., Gloe L.M. 2012. Algal biomass constituent analysis: Method uncertainties and investigation of the underlying measuring chemistries. *Analytical Chemistry*. V. 84. № 4. P. 1879–1887.

- Lowry O., Rosenbrought N., Parr A., Randall R. 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry*. V. 193. № 1. P. 265–276.
- Matos Â.P., Feller R., Moecke E.H.S., de Oliveira J.V., Junior A.F., Derner R.B., Sant'Anna E.S. 2016. Chemical characterization of six microalgae with potential utility for food application. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. V. 93. P. 963–972.
- Nicolaia A., Zittellib G. C., Rodolfia L., Biondia N., Tredicia M. R. 2019. Microalgae of interest as food source: Biochemical composition and digestibility. *Algal Research*. V. 42. P. 101–110.
- Vieira B.M., San S.M., Agurtob C., Freitas M.A., Matad T.M., Martins A.A., Caetano N. 2018. Biochemical characterization of *Phaeodactylum tricornutum* for microalgae-based biorefinery. *Energy Procedia*. V. 153. P. 466–470.
- Yan C., Fan J., Xu C. 2013. Chapter 5. Analysis of oil droplets in microalgae. In: Yang H., Li P. (eds) *Methods in cell biology*. V. 116. Academic Press, Cambridge. P. 71–82.
- Zepka L.Q., Jacob-Lopes E., Roca M. 2019. Catabolism and bioactive properties of chlorophylls. *Current Opinion in Food Science*. V. 26. P. 94–100.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ковалев Николай Николаевич – Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет; 690087, Россия, Владивосток; доктор биологических наук; главный научный сотрудник НИИ инновационных биотехнологий; kovalevnn61@yandex.ru. SPIN-код: 4406-9654, Author ID: 96894, Scopus ID: 7005804649.

Kovalev Nikolay Nikolaevich – Far Eastern State Technical Fisheries University; 690087, Russia, Vladivostok; Doctor of Biological Sciences; Chief Researcher, Research Institute of Innovative Biotechnologies; kovalevnn61@yandex.ru. SPIN-код: 4406-9654, Author ID: 96894, Scopus ID: 7005804649.

Лескова Светлана Евгеньевна – Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет; 690087, Россия, Владивосток; кандидат биологических наук, доцент кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура»; svetaleskova@mail.ru. SPIN-код: 5124-2384, Author ID: 960459.

Leskova Svetlana Evgenievna – Far Eastern State Technical Fisheries University; 690087, Russia, Vladivostok; Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Aquatic Bioresources and Aquaculture Chair; svetaleskova@mail.ru. SPIN-код: 5124-2384, Author ID: 960459.

Михеев Евгений Валерьевич – Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет; 690087, Россия, Владивосток; кандидат технических наук; ст. научный сотрудник НИИ инновационных биотехнологий; zhenyasuper79@mail.ru. SPIN-код: 1244-4962, Author ID: 964637, Scopus ID: 6602626984.

Mikheev Evgeny Valerievich – Far Eastern State Technical Fisheries University; 690087, Russia, Vladivostok; Candidate of Technical Sciences; Head Researcher of Research Institute of Innovative Biotechnology; zhenyasuper79@mail.ru. SPIN-код: 1244-4962, Author ID: 964637, Scopus ID: 6602626984.

Позднякова Юлия Михайловна – Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет; 690087, Россия, Владивосток; кандидат технических наук; директор НИИ инновационных биотехнологий; pozdnyakova.julia@yandex.ru. SPIN-код: 9789-9378, Author ID: 964637, Scopus ID: 6602228783.

Pozdnyakova Yuliya Mikhaylovna – Far Eastern State Technical Fisheries University; 690087, Russia, Vladivostok; Candidate of Technical Sciences; Director of Research Institute of Innovative Biotechnology; pozdnyakova.julia@yandex.ru. SPIN-код: 9789-9378, Author ID: 411202. Scopus ID: 6602228783.

Есипенко Роман Владимирович – Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет; 690087, Россия, Владивосток; кандидат технических наук; младший научный сотрудник НИИ инновационных биотехнологий; azt@bk.ru. SPIN-код: 7923-5379, Author ID: 860260, Scopus ID: 57216585877.

Esipenko Roman Vladimirovich – Far Eastern State Technical Fisheries University; 690087, Russia, Vladivostok; Junior Researcher, Research Institute of Innovative Biotechnology, Candidate of Technical Sciences; azt@bk.ru. SPIN-код: 7923-5379, Author ID: 860260, Scopus ID: 57216585877.

ИХТИОФАУНА ЛИТОРАЛИ ПРИКАМЧАТСКИХ ВОД И СОПРЕДЕЛЬНОЙ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БЕРИНГОВА МОРЯ

Токранов А.М.

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

Дана характеристика состава ихтиофауны литорали прикамчатских вод. За весь период исследований с 1930-х гг. в приливно-отливной зоне этого региона зарегистрирован 61 вид рыб из 17 семейств, 82,0% которых составляют представители отрядов Scorpaeniformes и Perciformes. Отмеченные в приливно-отливной зоне рыбы входят в состав семи ихтиоценов, но ядро (86,9%) формируют представители лишь трех из них – литорального, сублиторального и элиторального. Большинство видов относятся к категории редких (56,3–81,8%), преобладающая часть зарегистрированных в приливно-отливной зоне прикамчатских вод рыб представлена молодью.

Ключевые слова: видовой состав, ихтиоцены, обилие, приливно-отливная зона, прикамчатские воды.

ICHTHYOFAUNA OF INTERTIDAL ZONE FROM KAMCHATKA'S NEIGHBOURING WATERS AND ADJACENT NORTH-WESTERN PART OF THE BERING SEA

Tokranov A.M.

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

The composition of intertidal ichthyofauna from Kamchatka's neighboring areas is characterized. Since 1930-es, 61 fish species from 17 families have been recorded in the intertidal zone, and most (82%) are representatives of Scorpaeniformes and Perciformes. Fishes recorded in the intertidal zone are components of six ichthyocenes, but its nucleus (86.9%) is formed by representatives of only 3 of them: littoral, sublittoral, and elittoral ichthyocenes. Most species are rare (56.3–81.8%). Juveniles constitute a prevailing proportion of fish species recorded in the intertidal zone near Kamchatka waters.

Key words: species composition, ichthyocenes, abundance, intertidal zone, Kamchatka waters.

ВВЕДЕНИЕ

Хотя первые сведения о представителях ихтиофауны прикамчатских вод (в том числе рыб, встречающихся в приливно-отливной зоне) были получены еще в начале XIX века [Tilesius, 1810; Pallas, 1814, и др.], лишь в 1930-е годы, когда специа-

листы рыбохозяйственных и академических научных организаций стали целенаправленно изучать флору и фауну побережья этого региона, появились данные об обитателях литорали [Rendahl, 1931; Попов, 1933; Виноградов, 1946, 1950; Спасский, 1961; и др.]. В последующие годы разные исследователи в своих публи-

кациях, посвященных видовому составу ихтиофауны отдельных районов Северной Пацифики, приводили также сведения о рыбах, обнаруженных в приливно-отливной зоне [Шмидт, 1950; Андрияшев, 1954; Барсуков, 1958; Кусакин и др., 1974; Неелов, 1976, 1979; Пинчук, 1976а, б; Матюшин, 1982, 1989а,б, 1990; и др.]. Однако с 1967 г. под руководством О.Г. Кусакина было начато планомерное изучение литорали дальневосточных морей России, продолжавшееся более 30 лет и охватившее свыше 60 разных районов, в том числе побережья Камчатки, Командорских и Курильских островов [Иванова, 2010]. В конце XX века результаты этих многолетних исследований обобщены в специальной сводке [Кусакин и др., 1997], в которой представлена информация о видовом составе литоральной ихтиофауны дальневосточных морей России. Дополнение ее результатами исследований последующих лет [Желтоножко, Желтоножко, 2000; Шейко, Федоров, 2000; Чернова, Басби, 2001; Mecklenburg et al., 2002; Токранов, Шейко, 2009, 2015; Черешнев, Поезжалова-Чегодаева, 2013; Токранов, Мурашева, 2017, 2018] и сборов, хранящихся в настоящее время в фондах ихтиологической коллекции КФ ТИГ ДВО РАН, позволяет получить более полное представление о современном видовом составе ихтиофауны приливно-отливной зоны прикамчатских вод, а также дать биотопическую и биологическую характеристику зарегистрированных здесь рыб.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для настоящей статьи послужили результаты анализа фондов ихтиологической коллекции КФ ТИГ ДВО РАН и обобщения литературных данных. Рассматриваемый район разделен нами на

шесть статистических участков: 1 – северо-западная часть Берингова моря от Берингова пролива до м. Олюторский, 2 – юго-западная часть Берингова моря от м. Олюторский до м. Африка, 3 – побережье Командорских островов, 4 – восточная Камчатка от м. Африка до м. Лопатка, 5 – северные Курильские острова от м. Лопатка на юг до 4-го Курильского пролива, 6 – западная Камчатка от м. Лопатка на север до Пенжинской губы (рис. 1).

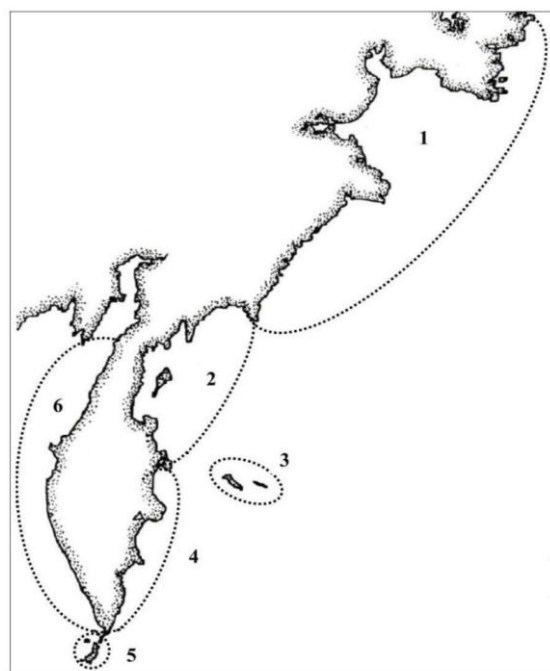


Рис. 1. Границы выделенных статистических участков литоральной зоны прикамчатских вод и сопредельной северо-западной части Берингова моря (названия участков указаны в тексте)

Fig. 1. Borders of different statistic regions of the intertidal zone of Kamchatka's adjacent waters and proximate north-western part of the Bering Sea (names of regions are indicated in text)

Границы этих статистических участков прикамчатских и сопредельных вод выделены на основании работ Кусакина с соавторами [1997] и Шейко, Федорова [2000]. Принадлежность к той или иной экологической группировке (ихтиоцену) отдельных видов рыб принята согласно Шейко

и Федорову [2000]. Степень обилия конкретного вида определяли, исходя из экспертной оценки его встречаемости в приливно-отливной зоне: массовый – отмечается постоянно или в период нереста, обычный – встречается периодически, как правило, в единичных экземплярах, редкий – зарегистрированы лишь отдельные случаи поимки за весь период наблюдений. Ранее подобное деление было использовано при анализе состава ихтиофауны литорали Авачинской губы [Токранов, Мурашева, 2018].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно имеющимся данным, в настоящее время в целом в приливно-отливной зоне прикамчатских вод достоверно зарегистрирован 61 вид рыб из 17 семейств и 6 отрядов (табл. 1). Наибольшее разнообразие представителей литоральной ихтиофауны отмечается в приливно-отливной зоне восточной Камчатки и Командорских островов – соответственно 41 и 23 вида, тогда как в северном направлении их видовой состав в целом становится значительно беднее (табл. 1), достигая 10 видов в северо-западной части Берингова моря, что, очевидно, связано с гораздо более суровыми условиями обитания здесь рыб в приливно-отливной зоне. Сравнительно небольшое разнообразие представителей литоральной ихтиофауны в прибрежье северных Курильских островов (14 видов) по сравнению с приливно-отливной зоной восточной Камчатки, по-видимому, обусловлено гораздо меньшей протяженностью береговой линии этого статистического района, а западной Камчатки (12 видов) – доминированием на преобладающем протяжении побережья песчаных грунтов, тогда как каменистые и валунно-галечные участки, являющиеся

наиболее благоприятными биотопами для представителей литоральной ихтиофауны как укрытия, встречаются только на самом юге вблизи м. Лопатка, у м. Хайрюзова и севернее. Однако несмотря на существенную разницу в общем числе отмеченных в отдельных районах видов, основу литоральной ихтиофауны в каждом из них составляют представители двух отрядов – Scorpaeniformes (33,3–53,7%) и Perciformes (20,0–35,7%), на долю которых суммарно приходится от 58,3 (западная Камчатка) до 82,6% (Командорские острова) всех зарегистрированных видов (табл. 2). В двух выделенных статистических участках – северо-западная часть Берингова моря и западная Камчатка, в летние месяцы в период ската молоди лососевых рыб заметную роль в составе литоральной ихтиофауны играют также представители отряда Salmoniformes – 30,0 и 25,0% соответственно. Полученные данные свидетельствуют, что основу литоральной ихтиофауны в прикамчатских водах образуют главным образом такие молодые по происхождению и таксономически разнообразные отряды, как Scorpaeniformes и Perciformes, причем заметно доминируют представители первого из них. В приливно-отливной зоне восточной Камчатки и Командорских островов ядро литоральной ихтиофауны формируют представители семейств Cottidae, Liparidae и Stichaeidae, суммарная доля которых составляет около половины от общего числа зарегистрированных видов рыб (табл. 2). В прибрежье северо-, юго-западной части Берингова моря и Курильских островов доминируют представители семейств Salmonidae, Cottidae и Stichaeidae, их суммарная доля – соответственно 80,0; 56,3 и 56,9%, а на литорали западной Камчатки – Salmonidae, Cottidae и Zoarcidae (суммарная доля – 58,4%).

Таблица 1. Видовой состав литоральной ихтиофауны прикамчатских вод и сопредельной северо-западной части Берингова моря

Table 1. Species composition of ichthyofauna in the intertidal zone of Kamchatka's adjacent waters and proximate north-western part of the Bering Sea

№	Отряд, семейство, вид	Ихтио-цен	Район						Источник
			1	2	3	4	5	6	
Отряд Salmoniformes Сем. Osmeridae									
1.	<i>Mallotus villosus catervarius</i> (Pennant, 1784) – тихоокеанская мойва	n	–	–	–	М	–	М	Коллекция КФ ТИГ; Кусякин и др., 1997
Сем. Salmonidae									
2.	<i>Oncorhynchus gorbuscha</i> (Walbaum, 1792) – горбуша	an ep	P	P	P	P	P	P	Коллекция КФ ТИГ; Кусякин и др., 1997; Токранов, Шейко, 2009, 2015; Токранов, Мурашева, 2017, 2018
3.	<i>Oncorhynchus keta</i> (Walbaum, 1792) – кета	an ep	P	P	P	P	P	P	Коллекция КФ ТИГ; Кусякин и др., 1997; Токранов, Шейко, 2015; Токранов, Мурашева, 2017, 2018
4.	<i>Oncorhynchus kisutch</i> (Walbaum, 1792) – кижуч	an ep	–	–	–	P	–	–	Коллекция КФ ТИГ; Токранов, Шейко, 2015; Токранов, Мурашева, 2017, 2018
5.	<i>Salvelinus leucomaenis</i> (Pallas, 1814) – кунджа	an n	P	–	–	–	–	–	Кусякин и др., 1997
Отряд Gadiformes Сем. Gadidae									
6.	<i>Eleginus gracilis</i> (Tilesius, 1810) – дальневосточная навага	el	P	P	P	P	P	P	Кусякин и др., 1997
Отряд Gasterosteiformes Сем. Gasterosteidae									
7.	<i>Gasterosteus aculeatus</i> Linnaeus, 1758 – трехиглая колюшка	an n	–	–	–	P	–	–	Коллекция КФ ТИГ; Кусякин и др., 1997; Матюшин, 1982; Токранов, Шейко, 2015; Токранов, Мурашева, 2017, 2018
8.	<i>Pungitius pungitius</i> (Linnaeus, 1758) – девятииглая колюшка	san	–	–	–	P	–	–	Ропов, 1933
Отряд Scorpaeniformes Сем. Hexagrammidae									
9.	<i>Hexagrammos lagocephalus</i> (Pallas, 1810) – зайцеголовый терпуг	el	–	–	P	O	P	–	Кусякин и др., 1974, 1997; Пинчук, 1976а, 1976б; Матюшин, 1982
10.	<i>Hexagrammos octogrammus</i> (Pallas, 1810) – бурый терпуг	sl	–	O	O	O	–	–	Коллекция КФ ТИГ; Виноградов, 1946; Спасский, 1961; Пинчук, 1976б; Матюшин, 1982; Кусякин и др., 1997; Токранов, Шейко, 2015; Токранов, Мурашева, 2017, 2018

Продолжение таблицы 1

№	Отряд, семейство, вид	Ихтио-цен	Район						Источник
			1	2	3	4	5	6	
11.	<i>Hexagrammos stelleri</i> Tilesius, 1810 – пятнистый терпуг	sl	–	P	–	O	–	–	Кусакин и др., 1997; Матюшин, 1982
12.	<i>Pleurogrammus monopterygius</i> (Pallas, 1810) – северный одноперый терпуг	el	–	–	–	P	–	–	Коллекция КФ ТИГ; Кусакин и др., 1997; Желтоножко, Желтоножко, 2000; Токранов, Шейко, 2015; Токранов, Мурашева, 2017, 2018
Сем. Cottidae									
13.	<i>Enophrys diceraus</i> (Pallas, 1788) – двурогий бычок	el	–	–	–	O	–	–	Виноградов, 1946; Токранов, Шейко, 2015; Токранов, Мурашева, 2017, 2018
14.	<i>Gymnacanthus pistilliger</i> (Pallas, 1814) – нитчатый шлемоносец	sl	–	–	–	P	–	P	Кусакин и др., 1997
15.	<i>Hemilepidotus hemilepidotus</i> (Tilesius, 1811) – пятнистый получешуйник	sl	–	–	P	–	–	–	Пинчук, 1976б; Кусакин и др., 1997
16.	<i>Hemilepidotus gilberti</i> Jordan et Starks, 1904 – пятнистый получешуйник	el	–	–	–	–	P	P	Пинчук, 1976б; Кусакин и др., 1997
17.	<i>Hemilepidotus papilio</i> Bean, 1880 – бычок–бабочка	el	–	–	–	P	–	–	Желтоножко, Желтоножко, 2000
18.	<i>Icelus</i> sp. (juv)	el	–	–	–	P	–	–	Желтоножко, Желтоножко, 2000
19.	<i>Megalocottus platycephalus</i> (Pallas, [1814]) – плоскоголовая широколобка	sl	P	–	–	P	–	–	Виноградов, 1946; Матюшин, 1982; Кусакин и др., 1997; Токранов, Шейко, 2015; Токранов, Мурашева, 2017, 2018
20.	<i>Microcottus sellaris</i> (Gilbert, 1896) – седловидный бычок	l	P	P	P	P	–	–	Виноградов, 1946; Пинчук, 1976б; Кусакин и др., 1997; Токранов, Шейко, 2015; Токранов, Мурашева, 2017, 2018
21.	<i>Myoxocephalus niger</i> (Bean, 1881) – черный керчак	sl	–	–	O	–	M	–	Коллекция КФ ТИГ; Кусакин и др., 1974; Пинчук, 1976а, 1976б; Неелов, 1979; Токранов, Шейко, 2009
22.	<i>Myoxocephalus polyacanthocephalus</i> (Pallas, [1814]) – многоиглый керчак	el	–	–	–	P	–	–	Коллекция КФ ТИГ; Токранов, Шейко, 2015; Токранов, Мурашева, 2017, 2018
23.	<i>Myoxocephalus scorpioides</i> (Fabricius, 1780) – арктический керчак	sl	–	O	–	–	–	–	Матюшин, 1982
24.	<i>Myoxocephalus stelleri</i> Tilesius, 1811 – дальневосточный керчак	sl	P	O	O	O	M	–	Коллекция КФ ТИГ; Спаский, 1961; Кусакин и др., 1974, 1997; Пинчук, 1976а, 1976б; Матюшин, 1982; Токранов, Шейко, 2009; Токранов, Мурашева, 2017, 2018

Продолжение таблицы 1

№	Отряд, семейство, вид	Ихтио-цен	Район						Источник
			1	2	3	4	5	6	
25.	<i>Porocottus camtschaticus</i> (Schmidt, 1916) – камчатский бахромчатый бычок	sl	–	–	–	P	O	O	Шмидт, 1950; Кусакин и др., 1974, 1997; Пинчук, 1976а; Неелов, 1979; Токранов, Шейко, 2009; Токранов, Мурашева, 2017, 2018
26.	<i>Porocottus mednius</i> (Bean, 1898) – белопятнистый бахромчатый бычок	l	–	–	–	–	M	–	Спасский, 1961; Пинчук, 1976б; Кусакин и др., 1997; Mecklenburg et al., 2002
27.	<i>Porocottus quadrifilis</i> Gill, 1859 – чукотский бахромчатый бычок	sl	P	–	–	–	–	–	Матюшин, 1990
Сем. Hemitripterae									
28.	<i>Blepsias cirrhosus</i> (Pallas, [1814]) – трехлопастной бычок	el	–	–	P	P	–	P	Коллекция КФ ТИГ; Кусакин и др., 1997; Токранов, Шейко, 2009
Сем. Agonidae									
29.	<i>Hypsagonus quadricornis</i> (Valenciennes, 1829) – северный гипсагон	el	–	–	–	P	–	–	Виноградов, 1946; Кусакин и др., 1997; Токранов, Мурашева, 2017, 2018
30.	<i>Ocella dodecaedron</i> (Tilesius, 1813) – двенадцатигранная лисичка	sl	–	P	–	–	–	–	Матюшин, 1982; Кусакин и др., 1997
31.	<i>Pallasina aix</i> Starks, 1896 – игловидная лисичка	sl	–	O	–	–	–	–	Матюшин, 1982; Кусакин и др., 1997
Сем. Cyclopteridae									
32.	<i>Aptocyclus ventricosus</i> (Pallas, 1769) – рыба-лягушка	n	–	–	M	O	–	–	Коллекция КФ ТИГ; Виноградов, 1950; Пинчук, 1976б; Кусакин и др., 1997; Токранов, Шейко, 2009, 2015; Токранов, Мурашева, 2017, 2018
33.	<i>Eumicrotremus pacificus</i> Schmidt, 1904 – длинноперый круглпер	el	–	O	–	–	–	–	Кусакин и др., 1997
Сем. Liparidae									
34.	<i>Liparis brashnikovi</i> Soldatov in Soldatov et Lindberg, 1930 – липарис Бражникова	sl	–	–	–	P	–	–	Токранов, Шейко, 2015; Токранов, Мурашева, 2017, 2018
35.	<i>Liparis callyodon</i> (Pallas, [1814]) – трехзубый липарис	l	–	–	P	P	–	–	Кусакин и др., 1997; Токранов, Шейко, 2015; Токранов, Мурашева, 2017, 2018
36.	<i>Liparis cf. kuznetsovi</i> – липарис Кузнецова	l	–	–	–	P	–	–	Коллекция КФ ТИГ; Токранов, Мурашева, 2017, 2018
37.	<i>Liparis cyclopus</i> Günther, 1861 – круглперый липарис	el	–	–	–	P	–	–	Спасский, 1961; Кусакин и др., 1997; Токранов, Шейко, 2015
38.	<i>Liparis kussakini</i> Pinchuk, 1976 – липарис Кусакина	l	–	–	P	–	–	–	Пинчук, 1976б

Продолжение таблицы 1

№	Отряд, семейство, вид	Ихтио-цен	Район						Источник
			1	2	3	4	5	6	
39.	<i>Liparis micraspidophorus</i> (Gilbert et Burke, 1912)	l	–	–	P	–	–	–	Пинчук, 1976б; Кусакин и др., 1997
40.	<i>Liparis miostomus</i> Matsubara et Iwai, 1954 – малоротый липарис	l	–	–	–	P	–	–	Токранов, Шейко, 2015; Токранов, Мурашева, 2017, 2018
41.	<i>Liparis schantarensis</i> (Lindberg et Dulkeit, 1929) – шантарский липарис	l	–	–	–	P	–	–	Виноградов, 1946; Чернова, Басби, 2001; Токранов, Шейко, 2015; Токранов, Мурашева, 2017, 2018
42.	<i>Polypera greeni</i> (Jordan et Starks, 1895) – полипера Грина	l	–	–	P	P	–	–	Пинчук, 1976б; Кусакин и др., 1997; Шейко, Федоров, 2000
Отряд Perciformes Сем. Bathymasteridae									
43.	<i>Bathymaster caeruleofasciatus</i> Gilbert et Burke, 1912 – аляскинский батимастер	sl	–	P	M	–	–	–	Пинчук, 1976б; Матюшин, 1982
44.	<i>Bathymaster signatus</i> Cope, 1873 – обозначенный батимастер	el	–	–	–	P	–	–	Кусакин и др., 1997; Токранов, Шейко, 2015; Токранов, Мурашева, 2017, 2018
Сем. Zoarcidae									
45.	<i>Commandorella popovi</i> Taranetz et Andriashev, 1935 – командорелла	l	–	–	P	–	–	–	Пинчук, 1976б; Кусакин и др., 1997
46.	<i>Hadroporeia middendorffii</i> Schmidt, 1904 – толстожек Миддендорфа	l	–	–	–	–	–	P	Матюшин, 1989а
47.	<i>Zoarces fedorovi</i> Кнер, 1868 – бельдюга Федорова	l	–	–	–	–	–	P	Черешнев, Поезжалова-Чегодаева, 2013
Сем. Stichaeidae									
48.	<i>Alectrias alectrolophus</i> (Pallas, [1814]) – бурый морской петушок	l	M	M	M	M	O	–	Коллекция КФ ТИГ; Rendahl, 1931; Роров, 1933; Виноградов, 1946; Андрияшев, 1954; Барсуков, 1958; Спасский, 1961; Пинчук, 1976а, 1976б; Матюшин, 1982, 1989б; Кусакин и др., 1997; Желтоножко, Желтоножко, 2000; Mecklenburg et al., 2002; Токранов, Шейко, 2009, 2015; Токранов, Мурашева, 2017, 2018
49.	<i>Alectridium aurantiacum</i> Gilbert et Burke, 1912 – золотистый морской петушок	l	–	–	O	–	–	–	Пинчук, 1976б; Кусакин и др., 1997; Mecklenburg et al., 2002
50.	<i>Opistocentrus ocellatus</i> (Tilesius, 1811) – глазчатый опистоцентр	sl	–	–	–	P	–	–	Токранов, Шейко, 2015; Токранов, Мурашева, 2017, 2018

Окончание таблицы 1

№	Отряд, семейство, вид	Ихтио-цен	Район						Источник
			1	2	3	4	5	6	
51.	<i>Gymnoclinus cristulatus</i> Gilbert et Burke, 1912 – гребенчатый гимноклин	l	–	–	P	P	–	–	Пинчук, 1976б; Кусакин и др., 1997; Желтоножко, Желтоножко, 2000; Mecklenburg et al., 2002
52.	<i>Stichaeus punctatus</i> (Fabricius, 1780) – пятнистый стихей	sl	–	P	–	P	–	–	Спасский, 1961; Матюшин, 1982; Кусакин и др., 1997
Сем. Pholidae									
53.	<i>Pholis fasciata</i> (Bloch et Schneider, 1801) – полосатый маслюк	sl	–	–	–	O	–	–	Коллекция КФ ТИГ, Шейко, Федоров, 2000; Токранов, Мурашева, 2017, 2018
54.	<i>Pholis laeta</i> (Cope, 1873) – скобочный маслюк	l	–	–	M	M	–	–	Коллекция КФ ТИГ, Пинчук, 1976б
55.	<i>Pholis picta</i> (Kner, 1868) – расписной маслюк	l	–	–	–	–	P	–	Кусакин и др., 1974; Пинчук, 1976а
56.	<i>Rhodymenichthys dolichogaster</i> (Pallas, [1814]) – длиннотрухый маслюк	l	M	M	M	M	M	M	Коллекция КФ ТИГ, Андрияшев, 1954; Спасский, 1961; Кусакин и др., 1974, 1997; Пинчук, 1976а, 1976б; Матюшин, 1982; Желтоножко, Желтоножко, 2000; Mecklenburg et al., 2002; Токранов, Шейко, 2009, 2015; Токранов, Мурашева, 2017, 2018
Сем. Ptilichthyidae									
57.	<i>Ptilichthys goodei</i> Bean, 1882 – птилихт Гуда	el	–	–	–	–	P	–	Кусакин и др., 1997
Сем. Ammodytidae									
58.	<i>Ammodytes hexapterus</i> Pallas, [1814] – тихоокеанская песчанка	el	–	–	–	P	P	–	Матюшин, 1982; Токранов, Шейко, 2009; Токранов, Мурашева, 2017, 2018
Отряд Pleuronectiformes Сем. Pleuronectidae									
59.	<i>Hippoglossoides robustus</i> Gill et Townsend, 1897 – северная палтусовидная камбала	el	–	P	–	P	–	P	Кусакин и др., 1997
60.	<i>Platichthys stellatus</i> (Pallas, 1787) – звездчатая камбала	sl	–	–	O	–	–	–	Кусакин и др., 1997
61.	<i>Liopsetta glacialis</i> Pallas, 1776 – полярная камбала	sl	–	–	–	P	–	–	Коллекция КФ ТИГ; Токранов, Шейко, 2015; Токранов, Мурашева, 2017, 2018

Примечание: Здесь и в таблицах 2–4 приведены номера статистических участков побережья, указанные в тексте. Ихтиоцены: an ep – проходной эпипелагический; an n – проходной неритический; san – полупроходной; n – неритический; l – литоральный; sl – сублиторальный; el – элиторальный. Степень обилия: P – редкий; O – обычный; M – массовый.

Note. Here and in the tables 2–4 numbers of statistic regions marked in text are indicated. Ichthyocenes: an ep – anadromous epipelagic; an n – anadromous neritic; san – semianadromous; n – neritic; l – littoral; sl – sublittoral; el – elittoral. Degree of abundance: (P) rare, (O) common, (M) numerous.

Таблица 2. Число видов литоральной ихтиофауны в доминирующих отрядах, семействах и в целом в разных статистических участках побережья прикамчатских вод и сопредельной северо-западной части Берингова моря (в скобках указана доля в % от всех зарегистрированных видов)

Table 2. Number of species of intertidal ichthyofauna in dominant orders, families and on the whole in different statistic regions of near Kamchatka waters and adjacent north-western part of Bering Sea (part in % from all registered species are indicated in bracket)

Отряд, семейство	Статистические участки побережья					
	1	2	3	4	5	6
Salmoniformes, в том числе:	3(30,0)	2(12,5)	2(8,6)	4(9,8)	2(14,1)	3(25,0)
Salmonidae	3(30,0)	2(12,5)	2(8,6)	3(7,3)	2(14,1)	2(16,7)
Scorpaeniformes, в том числе:	4(40,0)	8(50,0)	12(52,2)	23(56,1)	6(42,9)	4(33,3)
Cottidae	4(40,0)	3(18,8)	4(17,4)	9(22,0)	5(35,7)	3(25,0)
Liparidae	–(0)	–(0)	4(17,4)	7(17,1)	–(0)	–(0)
Perciformes, в том числе:	2(20,0)	4(25,0)	7(30,4)	9(22,0)	5(35,7)	3(25,0)
Stichaeidae	1(10,0)	4(25,0)	3(13,0)	4(9,8)	1(7,1)	–(0)
Zoarcidae	–(0)	–(0)	1(4,3)	–(0)	–(0)	2(16,7)
Общее число видов – 61	10	16	23	41	14	12

Отмеченные в приливно-отливной зоне рыбы входят в состав семи ихтиоценов. Однако как в прикамчатских водах в целом (рис. 2), так и в четырех из шести выделенных нами статистических участков (с 2-го по 5-й) ядро формируют представители только трех из них – литорального (3–10 видов), сублиторального (3–11 видов) и элиторального (3–13 видов), суммарная доля которых составляет 82,9–87,5% от всех зарегистрированных видов (табл. 3). И лишь в северо-западной части Берингова моря в приливно-отливной зоне преобладают виды литорального, сублиторального и проходного эпипелагического ихтиоценов (в сумме 80,0%), а у западной Камчатки – литорального, сублиторального, элиторального и проходного эпипелагического (в сумме 91,7%).

Экспертная оценка степени обилия обнаруженных на литорали представителей ихтиофауны свидетельствует, что повсеместно в прикамчатских водах доминируют виды, относящиеся к категории редких (табл. 4). В рассматриваемых статистических участках их доля варьирует от 56,3 до 80,0%. Относительное количество массовых видов (главным образом некоторые пред-

ставители семейств Cottidae, Stichaeidae и Pholidae) наиболее велико в приливно-отливной зоне северных Курильских и Командорских островов, а также северо-западной части Берингова моря (табл. 4).

Следует отметить, что преобладающая часть обнаруженных в приливно-отливной зоне прикамчатских вод рыб представлена молодью. Однако у таких видов, как тихоокеанская мойва *Mallotus villosus catervarius* и рыба-лягушка *Aptocyclus ventricosus*, в этом биотопе встречаются главным образом взрослые половозрелые особи, приходящие сюда на нерест в начале летнего периода. У некоторых же представителей литорального (белопятнистый бахромчатый бычок *Porocottus mednius*, морские слизни рода *Liparis*, толстожек Миддендорфа *Hadroporeia middendorffii*, бурый морской петушок *Alectrias alectrilophus*, длиннобрюхий маслюк *Rhodymenichthys dolichogaster*) и сублиторального (черный керчак *Myoxocephalus niger*, камчатский бахромчатый бычок *Porocottus camtschaticus*) ихтиоценов, для которых приливно-отливная зона служит основной областью обитания, здесь отмечены особи всех возрастных групп.

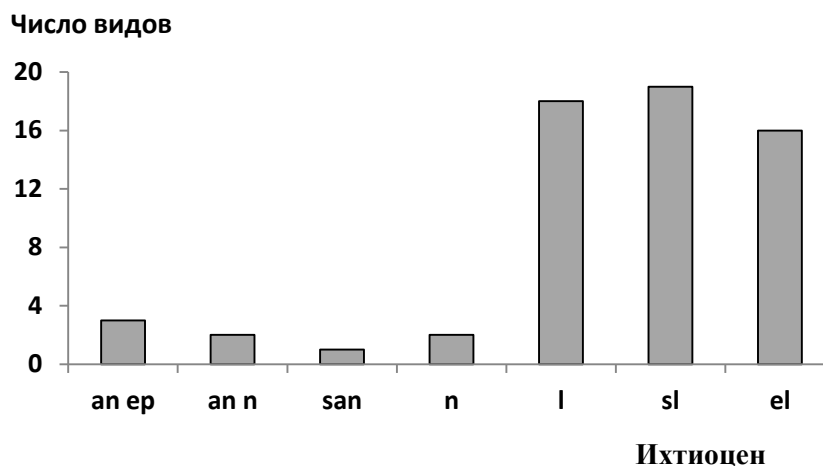


Рис. 2. Число видов различных ихтиоценов в литоральной ихтиофауне прикамчатских вод и сопредельной северо-западной части Берингова моря (обозначения ихтиоценов указаны в таблице 1)

Fig. 2. Number of species of different ichthyocenes in the intertidal zone of Kamchatka's adjacent waters and proximate north-western part of the Bering Sea (names of ichthyocenes are indicated in table 1)

Таблица 3. Значение представителей различных ихтиоценов в литоральной ихтиофауне отдельных статистических участков побережья прикамчатских вод и сопредельной северо-западной части Берингова моря (в скобках указана доля в % от всех зарегистрированных видов)

Table 3. Meaning of species of different ichthyocenes in intertidal ichthyofauna of separate statistic regions of Kamchatka's adjacent waters and proximate north-western part of the Bering Sea (part in % from all registered species are indicated in bracket)

Ихтиоцен	Статистические участки побережья					
	1	2	3	4	5	6
Проходной эпипелагический	2(20,0)	2(12,4)	2(8,7)	3(7,4)	2(14,3)	2(16,7)
Проходной неритический	1(10,0)	–(0)	–(0)	1(2,4)	–(0)	–(0)
Полупроходной	–(0)	–(0)	–(0)	1(2,4)	–(0)	–(0)
Неритический	–(0)	–(0)	1(4,3)	2(4,9)	–(0)	1(8,3)
Литоральный	3(30,0)	3(18,8)	11(47,8)	11(26,8)	4(28,6)	3(25,0)
Сублиторальный	3(30,0)	8(50,0)	6(26,1)	8(19,5)	3(21,4)	2(16,7)
Элиторальный	1(10,0)	3(18,8)	3(13,1)	15(36,6)	5(35,7)	4(33,3)
Общее число видов – 61	10	16	23	41	14	12

Таблица 4. Обилие (в %) представителей литоральной ихтиофауны в различных статистических участках побережья прикамчатских вод и сопредельной северо-западной части Берингова моря

Table 4. Abundance of species of intertidal ichthyofauna in different statistic regions of Kamchatka's adjacent waters and proximate north-western part of the Bering Sea (in %)

Показатель обилия	Статистические участки побережья					
	1	2	3	4	5	6
Редкий	80,0	56,3	56,6	73,2	57,1	75,0
Обычный	0	31,2	21,7	17,1	14,3	8,3
Массовый	20,0	12,5	21,7	9,7	28,6	16,7
Общее число видов – 61	10	16	23	41	14	12

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты обобщения имеющихся в нашем распоряжении коллекционных материалов и литературных данных свидетельствуют, что в настоящее время в приливно-отливной зоне прикамчатских вод зарегистрирован 61 вид рыб из 17 семейств и 6 отрядов, около 82% которых составляют представители отрядов Scorpaeniformes и Perciformes. Наибольшее видовое разнообразие (более 52% от числа учтенных видов) характерно для рогатковых (Cottidae, 15 видов), липаровых (Liparidae, 9 видов), стихеевых (Stichaeidae), маслюковых (Pholidae), терпуговых (Hexagrammidae) и лососевых (Salmonidae) (по 4 вида в каждом семействе). Все остальные 11 семейств представлены лишь 1-3 видами.

Отмеченные в приливно-отливной зоне рыбы входят в состав семи ихтиоценов, однако ядро формируют представители только трех из них – литорального (18 видов), сублиторального (19 видов) и элиторального (16 видов), суммарная доля которых составляет 86,9% от всех видов. Экспертная оценка степени обилия обнаруженных на литорали представителей ихтиофауны позволяет сделать вывод, что здесь доминируют виды, относящиеся к категории редких (56,3–80,0%), лишь отдельные случаи поимки которых зарегистрированы за весь период наблюдений. Относительное количество массовых видов – главным образом некоторые представители семейств Cottidae, Stichaeidae и Pholidae – наиболее велико в приливно-отливной зоне северных Курильских и Командорских островов, а также северо-западной части Берингова моря. Преобладающая часть рыб, обнаруженных на литорали прикамчатских вод, представлена молодью. Однако у таких видов, как тихоокеанская мойва и рыба-лягушка, в этом биотопе встречаются главным образом

взрослые половозрелые особи, приходящие сюда на нерест в начале летнего периода. У отдельных же представителей литорального и сублиторального ихтиоценов здесь отмечены особи всех возрастных групп.

ЛИТЕРАТУРА

- Андрияшев А.П. 1954. Рыбы северных морей СССР. Москва; Ленинград: Изд-во АН СССР. 566 с.
- Барсуков В.В. 1958. Рыбы бухты Провидения и сопредельных вод Чукотского полуострова. *Труды Зоологического института АН СССР*. Т. 25. С. 130–163.
- Виноградов К.А. 1946. Фауна прикамчатских вод Тихого океана. *Диссертация ... д-ра биол. наук*. Ленинград. 783 с.
- Виноградов К.А. 1950. К биологии тихоокеанского пинагора в камчатских водах. *Природа*. № 3. С. 69–70.
- Желтоножко В.В., Желтоножко О.В. 2000. Население литоральной зоны Кроноцкого заповедника. *Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана*. Вып. V. С. 106–112.
- Иванова М.Б. 2010. Исследование литорали дальневосточных морей России под руководством академика О.Г. Кусакина. *Вестник ДВО РАН*. № 4. С. 19–23.
- Кусакин О.Г. и др. 1974. Список животных литорали Курильских островов. *Растительный и животный мир литорали Курильских островов*. Новосибирск: Наука. С. 339–372.
- Кусакин О.Г., Иванова М.Б., Цурпало А.П. и др. 1997. Список видов животных, растений и грибов литорали дальневосточных морей России. Владивосток: Дальнаука. 168 с.
- Матюшин В.М. 1982. К ихтиофауне литорали Восточной Камчатки. *Биология моря*. № 4. С. 60–62.

- Матюшин В.М. 1989а. Обзор рода *Hadropareia* (Zoarcidae) с описанием нового вида *Hadropareia semisquamata* Andriashev et Matjushin, sp.nov. с литорали Курильских островов. *Вопросы ихтиологии*. Т. 29. Вып. 4. С. 524–531.
- Матюшин В.М. 1989б. Изменения литоральной ихтиофауны Авачинской губы как показатель степени антропогенного воздействия. *Материалы V региональной научно-практической конференции «Рациональное использование ресурсов Камчатки, прилегающих морей и развитие производительных сил до 2010 г.»*. Петропавловск-Камчатский: ДВО АН СССР. Т. 1. Состояние природных комплексов. Природные ресурсы. Охрана природы. С. 58–59.
- Матюшин В.М. 1990. *Porocottus quadrifilis* Gill, 1859 (Cottidae) на литорали Чукотки. *Вопросы ихтиологии*. Т. 30. Вып. 5. С. 860–861.
- Неелов А.В. 1976. Обзор бахромчатых бычков рода *Porocottus* Gill. и близких к нему родов (Cottidae, Muohocerphalinae). *Зоогеография и систематика рыб*. Ленинград: ЗИН АН СССР. С. 78–112.
- Неелов А.В. 1979. Сейсмосенсорная система и классификация керчаковых рыб (Cottidae: Muohocerphalinae, Artediellinae). Ленинград: Наука. 208 с.
- Пинчук В.И. 1976а. Ихтиофауна литорали Курильских островов. *Биология моря*. № 2. С. 49–55.
- Пинчук В.И. 1976б. Ихтиофауна литорали Командорских островов. *Биология моря*. № 5. С. 28–37.
- Спаский Н.Н. 1961. Литораль юго-восточного побережья Камчатки. *Исследования дальневосточных морей СССР*. Вып. 7. С. 261–311.
- Токранов А.М., Мурашева М.Ю. 2017. Ихтиофауна литорали Авачинской губы (юго-восточная Камчатка). *Материалы XVIII международной научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей», посвященной 70-летию д.б.н. П.А. Хоменковского*. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 292–297.
- Токранов А.М., Мурашева М.Ю. 2018. Ихтиофауна литорали Авачинской губы (Юго-Восточная Камчатка). *Вопросы ихтиологии*. Т. 58. № 4. С. 422–427. DOI: 10.1134/S0042875218040161
- Токранов А.М., Шейко Б.А. 2009. К познанию ихтиофауны прибрежных вод острова Старичков. *Биота острова Старичков и прилегающей к нему акватории Авачинского залива. Труды КФ ТИГ ДВО РАН*. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. Вып. VIII. С. 250–262.
- Токранов А.М., Шейко Б.А. 2015. Современный состав ихтиофауны Авачинской губы (Юго-Восточная Камчатка). *Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана*. Вып. 36. С. 48–54. DOI: 10.15853/2072-8212.2015.36.48–54.
- Черешнев И.А., Поезжалова-Чегодаева Е.А. 2013. Новые находки редких видов рыб в северной части Охотского моря (с определительной таблицей видов сем. Hexagrammidae этой акватории). *Материалы XIV международной научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей», посвященной 100-летию со дня рождения известного дальневосточного ученого, д.б.н., профессора В.Я. Леванидова*. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 313–318.
- Чернова Н.В., Басби М.С. 2001. О нахождении шантарского липариса *Liparis schantarensis* (Scorpaeniformes: Liparidae) в водах юго-восточной Камчатки. *Сбор-*

- ник материалов II научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей». Петропавловск-Камчатский: Камшат. С. 101–102.
- Шейко Б.А., Федоров В.В. 2000. Класс Cephalaspidomorphi – Миноги. Класс Chondrichthyes – Хрящевые рыбы. Класс Holoccephali – Цельноголовые. Класс Osteichthyes – Костные рыбы. *Каталог позвоночных животных Камчатки и сопредельных морских акваторий*. Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор. С. 7–69.
- Шмидт П.Ю. 1950. Рыбы Охотского моря. Москва: Изд-во АН СССР. 370 с.
- Mecklenburg C.W., Mecklenburg T.A., Thorsteinson L.K. 2002. Fishes of Alaska. Bethesda, Maryland: American Fisheries Society. XXXVII.1037 p. 40 pl.
- Pallas P.S. 1814. Zoographia Rosso-Asiatica sistens omnium animalium in extenso Imperio Rossico et adjacentibus marinis observatorum recensionem, domicilia, mores et descriptiones, anatomen atque iconem plurimorum. Petropoli Acad. Sci. Vol. 3. P. 1–428.
- Popov A.M. 1933. Fishes of Avacha Bay on the Southern Coast of Kamtchatka. *Copeia*. № 2. P. 59–67.
- Rendahl H. 1931. Ichthyologische Ergebnisse der Schwedischen Kamtchatka-Expedition. *Arkiv for Zoologi*. Bd. 22A. H. 4. № 18. P. 1–76.
- Tilesius W.G. 1810. Piscium camchaticorum. *Mémoires de l'Académie Impériale des Sciences de St. Petersbourg*. Vol. 2. P. 335–375. 15 pl.
- Barsukov V.V. 1958. Fishes of Providenya Bay and waters of Chuckchee Peninsula. *Proceedings of Zoological Institute of AS of USSA*. Vol. 25. P. 130–163.
- Vinogradov K.A. 1946. Fauna of near Kamchatka waters of Pacific Ocean. *Doctor dissertation for biological sciences*. Leningrad. 783 p.
- Vinogradov K.A. 1950. To biology of Pacific lumpfish in Kamchatka waters. *Priroda*. № 3. P. 69–70.
- Zheltonozhko V.V., Zheltonozhko O.V. 2000. Population of intertidal zone of Kronotsky Reserve. *The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and the North-West part of the Pacific Ocean*. Vol. 5. P. 106–112.
- Ivanova M.B. 2010. Investigation of intertidal zone of the Far Eastern Seas of Russia under the supervision of academician O.G. Kussakin. *Bulletin of FEB RAS*. № 4. P. 19–23.
- Kussakin O.G. et al. 1974. Check-list of animals of intertidal zone of Kuril Islands. *The vegetable and animal kingdom of intertidal zone of Kuril Islands*. Novosibirsk: Nauka. P. 339–372.
- Kussakin O.G., Ivanova M.B., Tsurpalo A.P. et al. 1997. Check-list of species of animals, plants and fungi of intertidal zone of Far Eastern Seas of Russia. Vladivostok: Dalnauka. 168 p.
- Matyushin V.M. 1982. Ichthyofauna of intertidal zone of Eastern Kamchatka. *Soviet Journal of Marine Biology*. № 4. P. 60–62.
- Matyushin V.M. 1989a. Survey of genus *Hadropareia* (Zoarcidae) with description of new species *Hadropareia semisquamata* Andriashev et Matyushin, sp. nov. from intertidal zone of Kuril Islands. *Journal of Ichthyology*. Vol. 29. Вып. 4. P. 524–531.
- Matyushin V.M. 1989b. Changes in the littoral ichthyofauna of the Avacha Bay as an indicator of the degree of anthropogenic

REFERENCES

Andriyashev A.P. 1954. Fishes of the Northern Seas of the USSR. Moscow-Leningrad: Publishing house of AS of USSR. 566 p.

- impact. *Materials of V regional scientific-practical conference "Rational Use of Resources of Kamchatka, Adjacent Seas, and Development of Industrial Forces until 2010"*. Vol. 1. Petropavlovsk-Kamchatsky: FEB AS of USSA. P. 58–59.
- Matyushin V.M. 1990. *Porocottus quadrifilis* Gill, 1859 (Cottidae) on intertidal zone of Chuckchee Peninsula. *Journal of Ichthyology*. Vol. 30. Issue 5. P. 860–861.
- Neelov A.V. 1976. Survey of fringed sculpins of genus *Porocottus* Gill. and genus near to it (Cottidae, Myoxocephalinae). *Zoogeography and systematics of fishes*. Leningrad: ZIN of AS of USSA. P. 78–112.
- Neelov A.V. 1979. Seismosensor system and classification of sculpins (Cottidae: Myoxocephalinae, Artediellinae). Leningrad: Nauka. 208 p.
- Pinchuk V.I. 1976a. Ichthyofauna of the intertidal zone of Kuril Islands. *Soviet Journal of Marine Biology*. № 2. P. 49–55.
- Pinchuk V.I. 1976b. Ichthyofauna of the intertidal zone of Commander Islands. *Soviet Journal of Marine Biology*. № 5. P. 28–37.
- Spasskyi N.N. 1961. Intertidal zone of southeastern coast of Kamchatka. *The researches of Far Eastern Seas of USSA*. Issue 7. P. 261–311.
- Tokranov A.M., Murasheva M.Yu. 2017. Ichthyofauna in the intertidal zone of Avacha Bay (Southeastern Kamchatka). *Materials of XVIII international scientific conference "Conservation of biodiversity of Kamchatka and coastal waters", dedicated to the 70th anniversary of P.A. Kholomentovsky's birthday*. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress. P. 292–297.
- Tokranov A.M., Murasheva M.Yu. 2017. Ichthyofauna in the intertidal zone of Avacha Bay (Southeastern Kamchatka). *Journal of Ichthyology*. Vol. 58. № 4. P. 502–507. DOI: 10.1134/S0032945218040161
- Tokranov A.M., Sheiko B.A. 2009. Contribution to the knowledge on ichthyofauna of the coastal waters of Starichkov Island. *Biota of Starichkov Island and adjacent waters of Avacha Gulf / Proceedings of Kamchatka Branch of Pacific Institute of Geography, Far Eastern Division, Russian Academy of Sciences*. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress. Issue 8. P. 250–262.
- Tokranov A.M., Sheiko B.A. 2015. Current composition of the Ichthyofauna of Avacha Bay (Southeast Kamchatka). *The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and the North-West part of the Pacific Ocean*. Issue 36. P. 48–54. DOI: 10.15853/2072-8212.2015.36.48–54
- Chereshnev I.A., Poezhalova-Chegodaveva E.A. 2013. New records of rare fish species in the northern part of the Sea of Okhotsk (with a key species of the Hexagrammidae family for this water area). *Materials of XIV international scientific conference "Conservation of biodiversity of Kamchatka and coastal waters", dedicated to the 100th anniversary of famous far-eastern scientist, professor V.Ya. Levanidov's birthday*. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress. P. 313–318.
- Chernova N.V., Basbi M.S. 2001. New record of the Shantar snailfish, *Liparis schantzensis* (Scorpaeniformes: Liparidae) from the Southeast Kamchatka Peninsula. *Collection of materials of II scientific conference "Conservation of biodiversity of Kamchatka and coastal waters"*. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamshat. P. 101–102.
- Sheiko B.A., Fedorov V.V. 2000. Class Cephalaspidomorphi – Stone eels. Class Chondrichthyes – Cartilaginous fishes. Class Holocephali – "complete heads". Class Osteichthyes – Bony fishes. *Catalog of vertebrates of Kamchatka and adjacent*

- waters. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatsky Pechatny Dvor. P. 7–41.
- Shmidt P.Yu. 1950. Fishes of Sea of Okhotsk. Moscow: Publishing house of AS of USSR. 370 p.
- Mecklenburg C.W., Mecklenburg T.A., Thorsteinson L.K. 2002. Fishes of Alaska. Bethesda, Maryland: American Fisheries Society. XXXVII. 1037 p. 40 pl.
- Pallas P.S. 1814. Zoographia Rosso-Asiatica sistens omnium animalium in extenso Imperio Rossico et adjacentibus marinus observatorum recensionem, domicilia, mores et descriptiones, anatomen atque iconem plurimorum. Petropoli Acad. Sci. Vol. 3. P. 1–428.
- Popov A.M. 1933. Fishes of Avatcha Bay on the Southern Coast of Kamtchatka. *Copeia*. № 2. P. 59–67.
- Rendahl H. 1931. Ichthyologische Ergebnisse der Schwedischen Kamtchatka-Expedition. *Arkiv for Zoologi*. Bd. 22A. H. 4. № 18. P. 1–76.
- Tilesius W.G. 1810. *Piscium camchaticorum. Mémoires de l'Académie Impériale des Sciences de St. Petersbourg*. Vol. 2. P. 335–375. 15 pl.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ INFORMATION ABOUT AUTHOR

Токранов Алексей Михайлович – Камчатский филиал Тихоокеанского института географии Дальневосточного отделения Российской Академии наук; 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский; доктор биологических наук; директор, заведующий лабораторией гидробиологии; tok_50@mail.ru. SPIN-код: 9756-8561; Author ID: 93184; Scopus ID: 6603388324.

Tokranov Alexey Mikhailovich – Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute of Far-Eastern Branch of Russian Academy of Sciences; 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Biological Sciences, Director; Head of Laboratory of Hydrobiology; tok_50@mail.ru. SPIN-код: 9756-8561; Author ID: 93184; Scopus ID: 6603388324.

**ГЕНЕРАТИВНАЯ И ВЕГЕТАТИВНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ
ЗЕМЛЯНИКИ КРУПНОПЛОДНОЙ *FRAGARIA ANANASSA*
ПРИ ПРИМЕНЕНИИ БИОСТИМУЛЯТОРОВ
ИЗ МОРСКИХ ГИДРОБИОНТОВ КАМЧАТСКОГО ШЕЛЬФА**

Дахно Т.Г., Дахно О.А.

Камчатский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Камчатский край, Елизовский район, с. Сосновка, ул. Центральная, 4.

В статье приведены результаты исследования влияния органических удобрений (биостимуляторов) «Био-Альго», «Био-Микс», «Био-Фиш» из морских гидробионтов камчатского шельфа на показатели генеративной и вегетативной продуктивности земляники крупноплодной. Сравнение действия органических биостимуляторов на такие показатели, как зимостойкость, общее состояние и поражение патогенами, выявило, что наиболее эффективным является биопрепарат «Био-Альго», применение которого оказало положительное влияние на развитие растений земляники и последующие восстановительные процессы после перезимовки, повышая их генеративную и вегетативную продуктивность. При обработке растений земляники препаратом отмечено увеличение массы ягоды, что в итоге повышает генеративную продуктивность, не снижая качественных характеристик плодов – содержание аскорбиновой кислоты и растворимых сухих веществ. Установлено, что использование органического удобрения «Био-Альго» способствует повышению генеративной продуктивности земляники крупноплодной в 1,3 раза, а вегетативной – в 1,6 раза.

Ключевые слова: органические удобрения, биостимуляторы, «Био-Альго», «Био-Микс», «Био-Фиш», земляника крупноплодная, *Fragaria ananassa*, генеративная продуктивность, вегетативная продуктивность.

**GENERATIVE AND VEGETATIVE PRODUCTIVITY OF LARGE-FRUITED
STRAWBERRY *FRAGARIA ANANASSA* WHEN USING BIOSTIMULANTS FROM
MARINE HYDROBIONTS OF KAMCHATKA**

Dakhno T.G., Dakhno O.A.

Kamchatka Research Institute of Agriculture, Kamchatka region, Elizovsky district, Sosnovka village, Tsentralnaya Str. 4.

The influence of organic fertilizers (biostimulants) “Bio-Algo”, “Bio-Mix” and “Bio-Fish” made from Kamchatka’s marine organisms on the indicators of generative and vegetative productivity of large-fruited strawberries were represented. Comparison of organic biostimulants effect on such indicators as winter hardiness, general condition and pathogen damage revealed that the most effective biological product is “Bio-Algo”, the use of which had a positive effect on the development of strawberry plants and subsequent recovery processes after overwintering, increasing their generative and vegetative productivity. When processing strawberry plants with the preparation an increase in the mass of the berry was noted, this ultimately increases generative productivity, without reducing the quality characteristics of the fruit – the content of ascorbic acid

and soluble dry substances. It was stated that the use of organic fertilizer Bio-Algo increases the generative productivity of large-fruited strawberries by 1.3 times and the generative productivity by 1.6 times.

Key words: organic fertilizers, biostimulants, “Bio-Algo”, “Bio-Mix”, “Bio-Fish”, large-fruited strawberries, *Fragaria ananassa*, generative productivity, vegetative productivity.

ВВЕДЕНИЕ

Современное сельское хозяйство все чаще требует альтернативы синтетическим химическим веществам – удобрениям и пестицидам, чтобы реагировать на возрастающую потребность населения в экологически безопасных продуктах питания, не содержащих потенциально токсичных остатков [Rouphael, Colla, 2020]. В последние годы во многих странах мира стало популярным так называемое органическое садоводство – методика выращивания растений при полном отсутствии или с минимальным применением искусственных химических удобрений и пестицидов. Спрос на экологически чистую продукцию органического садоводства растет, но урожайность уступает традиционному [Клочкова и др., 2019; Dorais, Alsanius, 2015]. Правильно подобранные органические биостимуляторы могут быть решением этой проблемы, учитывая возросшее количество исследований, посвященных изучению данной категории биопродуктов.

Биостимуляторы являются экологически чистыми веществами, которые при внесении в небольших количествах способствуют повышению устойчивости растений к абиотическим и биотическим стрессам, усвоению минеральных питательных веществ и вегетативному росту [Dmytryk et al., 2014]. Они могут состоять из микроорганизмов, водорослей, рыбы и рыбных отходов [Ahuja et al., 2020], высших растений, животного и гумат-содержащего сырья. Преимущество органических биостимуляторов в том, что они могут использоваться как в традиционном,

так и органическом земледелии [Яхин и др., 2016]. Интерес к этой категории биопродуктов обусловлен тенденцией к поиску новых препаратов на основе природных веществ, которые не только позволяют заменить химикаты, но и повысить урожайность и качество продукции, в том числе и такой значимой садовой культуры, как земляника крупноплодная [Галиулина, 2008; Заушинцева, Медведева, 2012; Ненько и др., 2011; Chojnacka, 2015].

В настоящее время в Камчатском крае действует производство органических удобрений (биостимуляторов) на основе рыбной эмульсии и морских водорослей. Органическое удобрение «Био-Марэ» марок: «Био-Фиш», «Био-Альго» и «Био-Микс» включает вещества, полученные в результате переработки тихоокеанских северных пород пелагических рыб (морской еж, краб, морская звезда, камбала, палтус, треска), красных бурых водорослей. «Био-Фиш» – марка органического удобрения на основе рыбных эмульсий (жидкая концентрированная фракция). Основным компонентом биостимулятора растительного происхождения «Био-Альго» является сок и экстракт ламинариевых водорослей. Препарат «Био-Микс» – комплексный препарат органического происхождения, содержащий в себе уравновешенный состав микро-, мезо- и макроэлементов дальневосточной морской флоры и фауны [Гайнатулина и др., 2018]. Препараты рекомендованы к применению для удобрения всех аграрных культур, допускается обработка корневой и вегетативной части растения. Большое количество микроэлементов и аминокислот обуславливает актуальность изучения эффек-

тивности органических удобрений в качестве биостимуляторов при проведении некорневых обработок растений в технологии выращивания продуктивных и маточных насаждений земляники крупноплодной (табл. 1).

Целью настоящего исследования являлось изучение влияния органических удобрений из морских гидробионтов на землянику крупноплодную и подбор наиболее эффективных для повышения показателей генеративной и вегетативной продуктивности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Полевые опыты по изучению воздействия органических биостимуляторов из морских водорослей на землянику крупно-

плодную проводили в соответствии с методикой сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур на экспериментальном участке ФБГНУ «Камчатский научно-исследовательский институт сельского хозяйства» (Камчатский край, Елизовский район, п. Сосновка) в 2017–2019 годах [Программа и методика ..., 1999]. Для оценки действия биостимуляторов на генеративную и вегетативную продуктивность учитывали такие показатели, как степень подмерзания растений, общее состояние весной и осенью, степень поражения болезнями (серая гниль и мучнистая роса), количество цветоносов и ягод на одном растении, масса ягоды, масса ягод с одного растения, количество усов и розеток на одном растении.

Таблица 1. Качественный и количественный состав агрохимиката

Table 1. Qualitative and quantitative composition of agrochemicals

Наименование показателя	Марка агрохимиката		
	«Био-Альго»	«Био-Фиш»	«Био-Микс»
Азот общий (N) в пересчете на абсолютно сухое вещество, %, в том числе	1,0–1,5	6,0–8,0	10,0–14,0
– аммиачный (N-NH ₄), %	0,5	4,0	6,0
Фосфор (P ₂ O ₅) в пересчете на абсолютно сухое вещество, %, не более	1,0	8,0	10,0
Калий (K ₂ O) в пересчете на абсолютно сухое вещество, %, не более	1,5	6,0	8,0
Кальций (CaO) в пересчете на абсолютно сухое вещество, %, не более	0,5	1,5	6,0
Натрий (Na ₂ O) в пересчете на абсолютно сухое вещество, %, не более	1,0	1,0	1,0
Магний (MgO) в пересчете на абсолютно сухое вещество, %, не более	1,0	1,5	1,5
Медь (Cu), %	0,005	0,008	0,011
Марганец (Mn), %	0,012	0,019	0,016
Молибден (Mo), %	–	0,002	0,004
Бор (B), %	0,022	0,008	0,01
Железо (Fe), %	0,008	0,035	0,030
Цинк (Zn), %	0,006	0,006	0,012
Гуминовые кислоты, г/л	–	0,99	0,79
Фульвокислоты, г/л	–	1,0	3,7
Альгиновая кислота, г/л	1,1	–	0,75
Арахидоновая кислота, г/л	0,76	2,1	1,4
Фукоидан, г/л	0,86	–	0,65
Манит, г/л	0,68	–	0,38
Массовая доля влаги, %	85 ± 4	91 ± 4	85 ± 4
pH (солевой вытяжки)	6,0–6,5	6,0–6,5	6,0–6,5
Плотность, кг/м ³	1100	1200	1200

Определение биохимического состава ягод земляники по содержанию витамина С и растворимых сухих веществ проводили в лаборатории Камчатского НИИСХ в соответствии с общепринятыми методиками биохимического исследования растений [Методы ..., 1972].

Объектами исследований являлись биопрепараты «Био-Альго», «Био-Микс», «Био-Фиш» и сорта земляники крупноплодной *Fragaria ananassa*: Сударушка – раннего, Японка – среднепозднего и Боровицкая – позднего сроков созревания. Закладка опытов проводилась согласно схеме: вариант 1 – обработка водой (контроль); вариант 2 – обработка препаратом «Био-Альго»; вариант 3 – обработка препаратом «Био-Микс»; вариант 4 – обработка препаратом «Био-Фиш». Органические биостимуляторы наносили на вегетативную часть растений ручным опрыскивателем в концентрации 0,6% до полного смачивания листьев. Опрыскивание проводилось в фазу вегетации – начало цветения растений. Схема посадки растений – 1,3×0,6 м, система ведения насаждений – кустовая. Повторность полевых опытов – трехкратная. Количество учетных растений в каждом варианте – 30 штук. Всего было изучено по 360 растений каждого сорта по четырем вариантам опыта. Предшественник – чистый пар. Обработка почвы состояла из зяблевой вспашки, весенней обработки плоскорезом, культивации. Почва участка охристая, вулканическая, со следующими агрохимическими показателями: pH – 5,7; гидролитическая кислотность – 5,08 мг экв/100 г почвы; содержание подвижного фосфора – 6,2 мг/100 г почвы; обменного калия – 25,70; аммиачного азота – 4,31; нитратного азота – 2,54 мг/100 г почвы. В питомниках уход за растениями заключался в проведении 2-кратных обработок междурядий и четырех прополок в рядах.

Обработку полученных экспериментальных данных осуществляли методами математической статистики с применением дисперсионного анализа в программе Microsoft Office Excel 2003.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Оценка влияния органических удобрений на рост и развитие земляники при обработке растений препаратами, а также их воздействие на зимостойкость, общее состояние, поражение болезнями, представлена в таблице 2. По результатам изучения выявлено, что при обработке препаратами «Био-Микс» и «Био-Фиш» снижаются значения показателя зимостойкости в сравнении с контрольным вариантом. Так, у сортов Сударушка, Боровицкая и Японка в вариантах обработки препаратами «Био-Микс» и «Био-Фиш» отмечалась степень повреждения растений от 0,8 до 3,3 балла. Зимние повреждения, достигающие значительных показателей (2,3–3,3 балла), наблюдались у всех сортов при обработке посадок удобрением «Био-Микс». Данный вариант имеет также низкие показатели общего состояния растений как весной, так и осенью: 3,3–3,7 балла (контроль: 4,3–4,8 балла). В целом, учитывая значения зимостойкости и общего состояния растений, можно сделать вывод, что применение препаратов «Био-Микс» и «Био-Фиш» оказывает угнетающее воздействие на развитие земляники.

По степени повреждения растений белая пятнистость листьев и мучнистая роса являются наиболее распространенными болезнями земляники на юго-востоке Камчатки [Винокурова, 2002]. Белая пятнистость листьев (*Ramularia tulasnei* Sacc.) поражает листья земляники, что приводит к ослаблению растений и снижению качества получаемой рассады с маточных рас-

тений. Поражение растений белой пятнистостью от 0,5 до 1,0 балла отмечалось во всех вариантах опыта с применением препаратов, исключение составил вариант с обработкой «Био-Альго». Мучнистая роса – достаточно вредоносная болезнь растений земляники. Ее вызывает гриб *Sphaerotheca macularis* Magn. f. *fragariae* Jacz. При сильной эпифитотии растения восприимчивых форм могут погибнуть. В наших исследованиях у сорта Сударушка отмечалась степень повреждения растений от 0,3 до 1,5 балла во всех вариантах обработки препаратами. Наименьшее поражение отмечено в варианте с обработкой растений «Био-Альго» на уровне 0,3 балла (контроль – 1,3 балла). Сорта Боровицкая и Японка проявили абсолютную устойчивость (0 баллов) к поражению мучнистой росой. Изучение влияния биостимуляторов на такие показатели, как зимостойкость, общее состояние и поражение патогенами

выявило, что наиболее эффективным является препарат «Био-Альго». Положительное действие препаратов из группы иммуно- и росторегуляторов на физиологическое состояние растений, устойчивость к возбудителям болезней и сопротивляемость к неблагоприятным агроклиматическим условиям внешней среды также подтверждают результаты других научных работ [Клочкова и др., 2019; Хапова, 2016].

Генеративная продуктивность земляники зависит от генотипа и в значительной степени от действия всех факторов, оказывающих влияние на растения во время их роста и развития. Генеративная продуктивность земляничного куста складывается из количества цветоносов на растении, числа плодов и их массы по всем сборам [Костин, 2005]. Полученные значения генеративной продуктивности и ее основных компонентов при применении биостимуляторов приведены в таблице 3.

Таблица 2. Влияние органических удобрений на зимостойкость, общее состояние и поражение болезнями растений земляники (2017–2019 гг.)

Table 2. The effect of organic fertilizers on winter hardiness, general condition and diseases of strawberry plants (2017–2019)

Варианты	Степень подмерзания растений, балл	Общее состояние растений, балл		Степень поражения, балл	
		весной	осенью	белой пятнистостью	мучнистой росой
Сударушка					
Контроль (обработка водой)	0	4,3	4,5	0,3	1,3
«Био-Альго»	0	5,0	5,0	0	0,3
«Био-Микс»	2,3	3,3	3,7	0,8	1,5
«Био-Фиш»	0,8	3,3	4,2	0,8	1,2
Боровицкая					
Контроль (обработка водой)	0	4,5	4,7	0	0
«Био-Альго»	0	4,8	5,0	0	0
«Био-Микс»	3,3	3,3	3,0	0,5	0
«Био-Фиш»	1,0	2,8	3,8	0,5	0
Японка					
Контроль (обработка водой)	0	4,5	4,8	1,0	0
«Био-Альго»	0	4,8	5,0	0	0
«Био-Микс»	2,8	3,3	3,3	0,8	0
«Био-Фиш»	1,5	3,0	4,2	1,0	0

Таблица 3. Формирование генеративной продуктивности земляники при применении органических удобрений (2017–2019 гг.)

Table 3. Formation of the generative productivity of strawberries when using organic fertilizers (2017–2019)

Варианты	Количество на 1 растение, шт.		Масса 1 ягоды, г	Продуктивность ягод с 1 растения	
	цветоносов	ягод		г	± к контролю, г
Сударушка					
Контроль (обработка водой)	2,6 ± 0,43	16,9 ± 3,39	9,8 ± 1,04	165,6 ± 39,86	–
«Био-Альго»	3,0 ± 0,46	18,9 ± 3,40	11,3 ± 1,85	213,6 ± 37,06	+48,0
«Био-Фиш»	2,1 ± 0,45	12,0 ± 2,25	9,6 ± 1,71	114,9 ± 24,86	–50,7
«Био-Микс»	2,4 ± 0,53	13,9 ± 2,41	9,7 ± 1,30	135,0 ± 24,54	–30,6
Боровицкая					
Контроль (обработка водой)	2,6 ± 0,32	16,1 ± 2,37	9,3 ± 1,14	149,9 ± 34,49	–
«Био-Альго»	2,8 ± 0,29	14,8 ± 1,56	9,1 ± 1,91	135,0 ± 32,62	–14,9
«Био-Фиш»	2,3 ± 0,37	9,4 ± 1,15	7,9 ± 1,21	74,5 ± 15,58	–75,4
«Био-Микс»	2,3 ± 0,39	11,7 ± 3,18	7,8 ± 1,27	91,5 ± 32,01	–58,4
Японка					
Контроль (обработка водой)	3,8 ± 0,94	27,0 ± 7,22	12,7 ± 1,55	342,6 ± 42,54	–
«Био-Альго»	4,2 ± 0,95	23,5 ± 4,50	15,8 ± 0,32	371,6 ± 65,39	+29,0
«Био-Фиш»	3,1 ± 0,92	11,5 ± 2,52	12,3 ± 2,33	141,1 ± 24,78	–201,5
«Био-Микс»	3,5 ± 1,02	14,0 ± 3,48	12,5 ± 2,18	175,0 ± 23,38	–167,6

При изучении влияния органических удобрений на компоненты продуктивности земляники показатель «количество цветоносов» превышал контрольные значения в варианте с препаратом «Био-Альго» у всех исследуемых сортов. Так, количество цветоносов у сортов отмечалось следующее: Сударушка – 3,0; Боровицкая – 2,8; Японка – 4,2 шт. с одного растения (контрольные значения – 2,6; 2,6 и 3,8 шт. с одного растения соответственно). По признаку «количество ягод» превышение выявлено в варианте с препаратом «Био-Альго» только у сорта Сударушка (18,9 шт. с одного растения при контрольных значениях 16,9 шт. с одного растения). Наибольший эффект действия удобрений на увеличение массы ягоды наблюдался при обработке растений препаратом «Био-Альго» у сортов Сударушка и Японка. При опрыскивании растений препаратом «Био-Альго» масса ягоды превысила контрольные значения у сортов: Сударушка – 11,3 г (контроль – 9,8 г); Японка – 15,8 г

(контроль – 12,7 г). Применение препарата в среднем увеличивало массу ягоды по сравнению с контролем на 1,5–3,1 г, что в итоге положительно влияет на генеративную продуктивность ягод [Причко и др., 2014]. Результаты наших исследований отражают значительное влияние такого компонента продуктивности, как масса ягоды, на формирование генеративной продуктивности земляники в условиях Камчатки [Дахно, 2019]. Генеративная продуктивность ягод у сортов Сударушка и Японка в варианте с препаратом «Био-Альго» превышала контрольные значения на 29 и 8% соответственно.

Содержание витамина С определяет пищевую, а также лечебную и профилактическую ценность плодов земляники крупноплодной. Другим важным компонентом химического состава плодов земляники являются растворимые сухие вещества, которые влияют на их плотность, транспортабельность. Накопление витамина С и растворимых сухих веществ в пло-

дах земляники при применении органических удобрений представлено на рисунках 1 и 2. По современным требованиям содержание химических веществ в плодах должно быть следующим: сухих веществ – не менее 12%, витамина С (аскорбиновой кислоты) – не менее 80 мг % [Айтжанова, 2002]. На всех опытных вариантах с обработкой органическими удобрениями

наблюдалось превышение контрольных показателей по содержанию витамина С и сухого вещества в плодах земляники. Наиболее интенсивное накопление витамина С и сухого вещества отмечалось в опытном варианте с препаратом «Био-Альго»: их содержание превышало аналогичные показатели в контроле на 13–48% и 20–22% у всех изучаемых сортов.

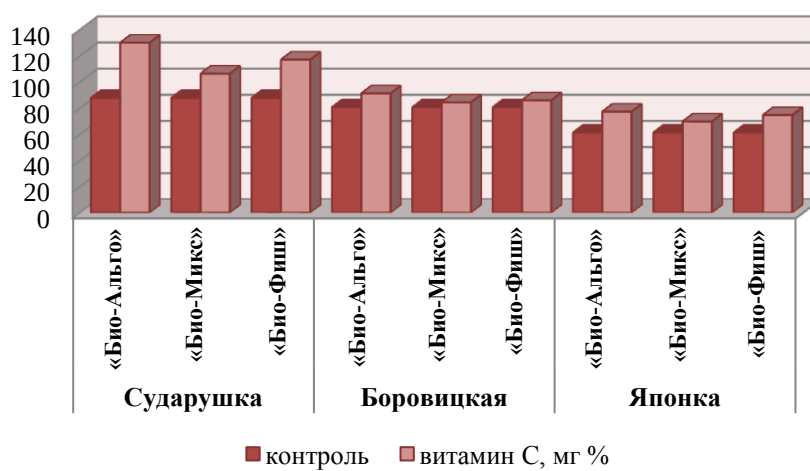


Рис. 1. Содержание витамина С в плодах земляники при применении органических удобрений (2017–2019 гг.)

Fig. 1. Vitamin C content in strawberry when using organic fertilizers (2017–2019)

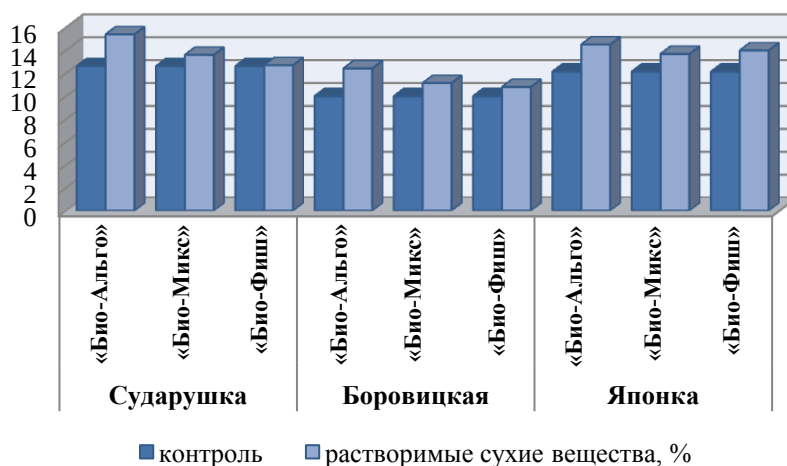


Рис. 2. Содержание растворимых сухих веществ в плодах земляники при применении органических удобрений (2017–2019 гг.)

Fig. 2. The content of soluble solids in strawberry when using organic fertilizers (2017–2019)

В нашем эксперименте применение биостимуляторов из морских гидробионтов на землянике было направлено на усиление обмена веществ, устойчивости растений к неблагоприятным абиотическим и биотическим факторам среды с целью повышения как генеративной, так и вегетативной продуктивности земляники. Данные, представленные в таблице 4, подтверждают различный эффект от применения биостимуляторов. Наибольшее количество розеток (13 шт. с одного растения) сформировалось в сравнении с контролем (8 шт. с одного растения) в опытном варианте при применении препарата «Био-Альго» у сорта Сударушка. Та же тенденция положительного воздействия стимулятора отмечается и на величине показателя «количество усов с растения»: Сударушка – 6,0 шт. с одного растения (контроль – 3,7 шт. с одного растения), Боровицкая – 5,3 шт. с одного растения (контроль – 4,3 шт. с одного растения), Японка – 5,7 шт. с одного растения (контроль – 4,3 шт. с одного растения). Обработка растений земляники препаратами «Био-Микс»

и «Био-Фиш» снижала вегетативную продуктивность в сравнении с контрольными вариантами без обработки стимуляторами. Результаты исследований по изучению влияния биостимуляторов на количество розеток – основного показателя вегетативной продуктивности земляники – подтвердили, что наибольший эффект оказывает препарат «Био-Альго», увеличивая показатель по сортам на 23–63% в сравнении с контрольными значениями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, изучение влияния органических биостимуляторов «Био-Альго», «Био-Микс», «Био-Фиш» на такие показатели, как зимостойкость, общее состояние и поражение патогенами, выявило, что наиболее эффективным является препарат «Био-Альго», применение которого оказало положительное воздействие на развитие растений земляники и последующие восстановительные процессы после перезимовки, повышая их генеративную и вегетативную продуктивность.

Таблица 4. Формирование вегетативной продуктивности при применении органических удобрений (2017–2019 гг.)

Table 4. Formation of the vegetative productivity of strawberries when using organic fertilizers (2017–2019)

Варианты	Количество усов с 1 растения, шт.	Количество розеток с 1 растения	
		шт.	± к контролю, шт.
Сударушка			
Контроль (обработка водой)	3,7 ± 1,08	8,0 ± 1,41	–
«Био-Альго»	6,0 ± 1,87	13,0 ± 3,24	+5,0
«Био-Фиш»	3,3 ± 1,08	6,0 ± 2,55	–2,0
«Био-Микс»	3,3 ± 0,82	6,0 ± 1,41	–2,0
Боровицкая			
Контроль (обработка водой)	4,3 ± 1,47	8,0 ± 2,55	–
«Био-Альго»	5,3 ± 1,47	12,0 ± 2,83	+4,0
«Био-Фиш»	3,0 ± 0,71	5,7 ± 1,47	–2,3
«Био-Микс»	3,3 ± 1,08	5,0 ± 1,22	–3,0
Японка			
Контроль (обработка водой)	4,3 ± 1,47	8,7 ± 2,94	–
«Био-Альго»	5,7 ± 1,78	10,7 ± 3,63	+2,0
«Био-Фиш»	2,7 ± 0,41	6,0 ± 1,22	–2,7
«Био-Микс»	2,3 ± 0,82	4,7 ± 1,63	–4,0

Применение препарата «Био-Альго» в среднем увеличивало массу ягоды по сравнению с контрольными значениями на 1,5–3,1 г, что в итоге положительно повлияло на генеративную продуктивность ягод – она повысилась по сравнению с контрольным показателем по сортам на 8–29%. При этом качественные характеристики плодов – содержание аскорбиновой кислоты и растворимых сухих веществ – не снизились. Наиболее интенсивное накопление витамина С и сухого вещества в плодах земляники также отмечалось в опытном варианте с препаратом «Био-Альго» – их содержание превысило аналогичные показатели в контроле на 13–48% и 20–22% соответственно. При использовании биостимуляторов отмечалась сортоспецифичность реакций у испытуемых сортов земляники на обработку препаратами: продуктивность растений и ягод у сорта Боровицкая, в отличие от других сортообразцов, была ниже контрольного варианта. Экспериментальные данные зарубежных ученых, полученные при изучении влияния водорослевых препаратов на продуктивность растений и ягод земляники, также подтверждают различную восприимчивость сортов при применении водорослевых удобрений [Alam et al., 2013].

Результаты исследований по изучению влияния биостимуляторов на вегетативную продуктивность растений выявили наибольшую эффективность при применении препарата «Био-Альго»: количество розеток превысило контрольные значения на 23–63% у всех испытуемых сортов земляники.

ЛИТЕРАТУРА

Айтжанова С. Д. 2002. Селекция земляники в юго-западной части Нечерноземной зоны России. *Автореферат диссертации ... д-ра с.-х. наук*. Брянск. 49 с.

Винокурова Н.В. 2002. Изучение земляники садовой в условиях юго-востока Камчатской области. *Автореферат диссертации... канд. с.-х. наук*. Уссурийск. 24 с.

Гайнатулина В.В., Ряховская Н.И., Макарова М.А., Аргунеева Н.Ю. 2018. Оценка влияния биостимуляторов из морских гидробионтов на урожайность и заболеваемость картофеля ризоктониозом. *Вестник ДВО РАН*. № 3. С. 83–90.

Галиулина А.А. 2008. Влияние регуляторов роста на рост и развитие земляники. *Вестник Оренбургского государственного университета*. № 87. С.11–13.

Дахно Т.Г., Дахно О.А. 2019. Морфоструктурные компоненты куста и их связь с продуктивностью у сортообразцов земляники крупноплодной в условиях Камчатского края. *Дальневосточный аграрный вестник*. № 2. С. 22–31.

Заушинцева А.В., Медведева П.В. 2012. Влияние стимуляторов роста на развитие и продуктивность земляники садовой. *Вестник Кемеровского государственного университета*. № 1. С. 15–18.

Клочкова Т.А., Дахно О.А., Дахно Т.Г. 2019. Влияние экстрактов водорослей на раннее развитие земляники садовой в условиях Камчатки. *Вестник Камчатского государственного университета*. № 48. С.78–90.

Клочкова Т.А., Климова А.В., Клочкова Н.Г. 2019. Перспективы использования камчатских ламинариевых водорослей в региональном растениеводстве. *Вестник Камчатского государственного университета*. № 48. С. 90–104.

Костин А.К. 2005. Хозяйственно-биологическая оценка сортов и гибридов земляники для производства и селекции. *Автореферат диссертации... канд. с.-х. наук*. Москва. 25 с.

- Методы биохимического исследования растений. 1972. Ленинград: Колос. 456 с.
- Ненько Н.И., Хилько Л.А., Причко Т.Г., Чалая Л.Д., Бадовская Л.А., Посконин В.В. 2011. Влияние регулятора роста «Универсальный» на продуктивность и качество ягод земляники в условиях Северо-Кавказского региона. *Садоводство и виноградарство*. № 3. С. 36–40.
- Причко Т.Г., Германова М.Г., Хилько Л.А. 2014. Некорневые подкормки, повышающие урожайность и качество ягод земляники (*Fragaria ananassa*) при погодных стрессах. *Сельскохозяйственная биология*. № 5. С. 120–126.
- Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. 1999. Орел: ВНИИСПК. 606 с.
- Хапова С.А. 2016. Научное обоснование технологии культивирования земляники в Северо-Западном регионе РФ. *Автореферат диссертации ... д-ра с.-х. наук*. Москва. 45 с.
- Яхин О.И., Лубянов А.А., Яхин И.А. 2016. Биостимуляторы в агротехнологиях: проблемы, решения, перспективы. *Агрохимический вестник*. № 3. С. 15–21.
- Ahuja I., Dauksas E., Remme J., Richardsen R., Løes A.-K. 2020. Fish and fish waste-based fertilizers in organic farming – With status in Norway: A review. *Waste Management*. № 115. P. 95–112.
- Alam M.Z., Braun G., Norrie J., Hodges D.M. 2013. Effect of *Ascophyllum* extract application on plant growth, fruit yield and soil microbial communities of strawberry. *Canadian Journal of Plant Science*. № 93. P. 23–36.
- Chojnacka K. 2015. Innovative bio-products for agriculture. *Open Chemistry*. № 13. P. 932–937.
- Dmytryk A., Rój E., Wilk R., Chojnacka K., Górecki H. 2014. Effect of new biostimulators on the initial phase of plant growth. *Przemysł Chemiczny*. № 6. P. 1020–1025.
- Dorais M., Alsanius B. 2015. Advances and trends in organic fruit and vegetable farming research. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. № 43. P. 185–267.
- Rouphael Y., Colla G. 2020. Toward a sustainable agriculture through plant biostimulants: from experimental data to practical applications. *Agronomy*. № 10. P. 1–10.

REFERENCES

- Aitzhanova S.D. 2002. Strawberry breeding in the South-Western part of the non-chernozem zone of Russia. *Abstract of the doctor dissertation for agricultural sciences*. Bryansk. 49 p.
- Vinokurova N.V. 2002. Study of wild strawberries in the south-eastern part of Kamchatka region. *Abstract of the candidacy dissertation for agricultural sciences*. Ussuriisk. 24 p.
- Ginatulina V.V., Ryakhovsky N.I., Makarova M.A., Argunova N.Y. 2018. Evaluation of the influence of biostimulators from sea hydrobionts on yield and incidence of potato black scurf. *Vestnik dal'nevostochnogo otdeleniya RAN (Bulletin of the Far Eastern Branch of RAS)*. № 3. P. 83–90.
- Galiullina A.A. 2008. Influence of growth regulators on strawberry growth and development. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta (Bulletin of the Orenburg State University)*. № 87. P. 11–13.
- Dakhno T.G., Dakhno O.A. 2019. Morphostructural components of the bush and their relationship with productivity in varieties of large-fruited strawberries in

- Kamchatka territory. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik (Far Eastern Agrarian Bulletin)*. №. 2. P. 22–31.
- Zaushintsena A.V., Medvedeva P.V. 2012. Influence of growth stimulants on the development and productivity of strawberry. *Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta (Bulletin of Kemerovo State University)*. № 1. P. 15–18.
- Klochkova T.A., Dakhno O.A., Dakhno T.G. 2019. Influence of algae extracts on the early development of wild strawberries in Kamchatka. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 48. P. 78–90.
- Klochkova T.A., Klimova A.V., Klochkova N.G. 2019. Prospects for the use of Kamchatka kelp in regional crop production. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. №. 48. P. 90–104.
- Kostin A.K. 2005. Economic and biological assessment of strawberry varieties and hybrids for production and breeding. *Abstract of the candidacy dissertation for agricultural sciences*. Moscow. 25 p.
- Methods of biochemical research of plants. 1972. Leningrad: Kolos. 456 p.
- Nenko N.I., Khilko L.A., Prichko T.G., Chalya L.D., Badovskaya L.A., Poskonin V.V. 2011. Influence of the growth regulator “Universal” on the productivity and quality of strawberries in the North Caucasus region. *Sadovodstvo i vinogradarstvo (Gardening and viticulture)*. № 3. P. 36–40.
- Prichko T.G., Germanova M.G., Khilko L.A. 2014. Non-root top dressing that increases the yield and quality of strawberries (*Fragaria ananassa*) under weather stress. *Sel'skohozyajstvennaya biologiya (Agricultural Biology)*. №. 5. P. 120–126.
- Program and methodology of variety study of fruit, berry and nut crops. 1999. Orel: VNIISPK. 606 p.
- Khapova S.A. 2016. Scientific justification of strawberry cultivation technology in the north-western region of the Russian Federation. *Abstract of the doctor dissertation for agricultural sciences*. Moscow. 45 p.
- Yakhin O.I., Lubyaynov A.A., Yakhin I.A. 2016. Biostimulants in agricultural technologies: problems, solutions, prospects. *Agrohimicheskij vestnik (Agrochemical Bulletin)*. №. 3. P. 15–21.
- Ahuja I., Dauksas E., Remme J., Richardsen R., Løes A.-K. 2020. Fish and fish waste-based fertilizers in organic farming – With status in Norway: A review. *Waste Management*. № 115. P. 95–112.
- Alam M.Z., Braun G., Norrie J., Hodges D.M. 2013. Effect of *Ascophyllum* extract application on plant growth, fruit yield and soil microbial communities of strawberry. *Canadian Journal of Plant Science*. № 93. P. 23–36.
- Chojnacka K. 2015. Innovative bio-products for agriculture. *Open Chemistry*. № 13. P. 932–937.
- Dmytryk A., Rój E., Wilk R., Chojnacka K., Górecki H. 2014. Effect of new biostimulators on the initial phase of plant growth. *Przemysł Chemiczny*. № 6. P. 1020–1025.
- Dorais M., Alsanis B. 2015. Advances and trends in organic fruit and vegetable farming research. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. № 43. P. 185–267.
- Rouphael Y., Colla G. 2020. Toward a sustainable agriculture through plant biostimulants: from experimental data to practical applications. *Agronomy*. № 10. P. 1–10.

**ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ
INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

Дахно Тимофей Григорьевич – Камчатский научно-исследовательский институт сельского хозяйства; 684033, Россия, с. Сосновка, Елизовский район, Камчатский край; старший научный сотрудник лаборатории селекции многолетних трав, ягодных культур. SPIN-код: 8613-7684; Author ID: 745699.

DakhnoTimofey Grigoryevich – Kamchatka Research Institute of Agriculture; 684033, Russia, Sosnovka village, Elizovsky district, Kamchatka region; Senior Researcher of the Perennial Herbs, Berries Breeding Laboratory. SPIN-код: 8613-7684, Author ID: 745699.

Дахно Ольга Александровна – Камчатский научно-исследовательский институт сельского хозяйства; 684033, Россия, с. Сосновка, Елизовский район, Камчатский край; кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией селекции многолетних трав, ягодных культур; o_dakhno@mail.ru. SPIN-код: 4276-5054; Author ID: 745630.

Dakhno Olga Alexandrovna – Kamchatka Research Institute of Agriculture; 684033, Russia, Sosnovka village, Elizovsky district, Kamchatka region; Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Perennial Herbs, Berries Breeding Laboratory; o_dakhno@mail.ru. SPIN-код: 4276-5054, Author ID: 745630.

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.
- Вишневецкая Т.Н., Саяпина Т.А., Аминина Н.М. 1999. Химический состав и перспективы использования экстрактов из бурых водорослей. *Тезисы докладов Российской научной конференции «Новые биомедицинские технологии с использованием биологически активных добавок»*. Владивосток. С. 10–12.
- Вялков А.Н., Козлов В.К., Бобровницкий А.И., Михайлов В.И., Подкорытова А.В., 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.

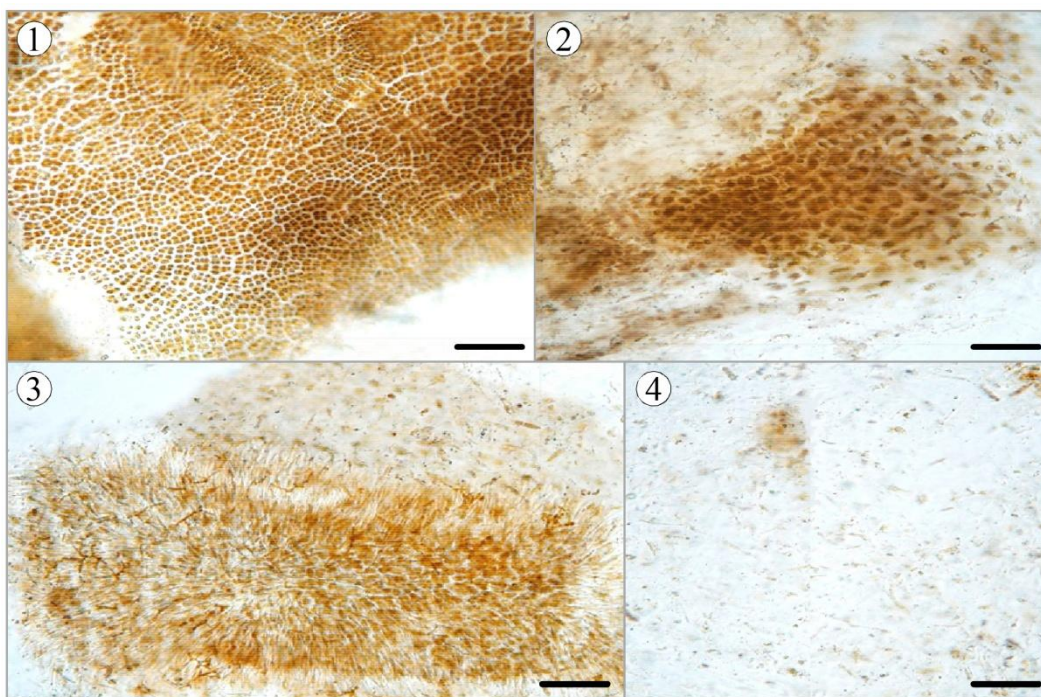


Рис. 1. Последовательность мацерации тканей *Saccharina bongardiana*: 1 – разделение дорсальной и вентральной половин слоевища и разрыхление корового слоя; 2 – разрыхление и дезинтеграция клеток меристодермы и медуллярной ткани; 3 – фрагмент соруса спорангиев с дезинтегрированными зооспорангиями и парафизами; 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

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 16.12.2020 г.
Формат 60*84/8. Печать цифровая. Гарнитура Times New Roman
Авт. л. 9,39. Уч.-изд. л. 10,37. Усл. печ. л. 12,56
Тираж 500 экз. Заказ № 13

Подписной индекс в каталоге «Пресса России» 81288

Цена свободная

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