

ИЗВЕСТИЯ

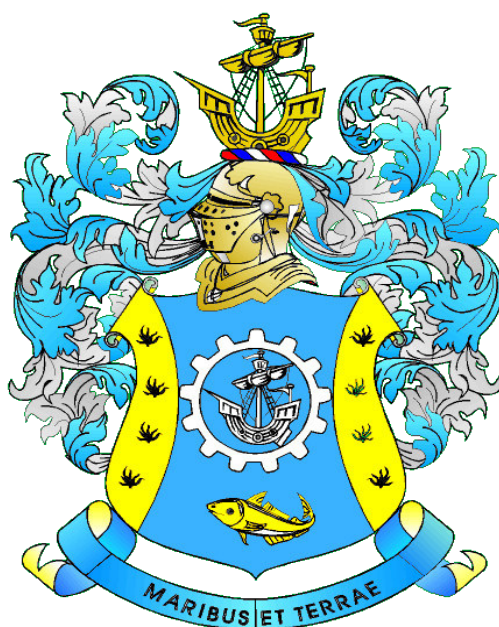
КГТУ

2021

№ 61

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КАЛИНИНГРАДСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Научный журнал



Индексирование журнала, включение в базы данных

*Входит в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны
быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание
ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук
Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)
Agricultural Research Information System (Agris)*

Калининград

«Известия КГТУ»
Учредитель: ФГБОУ ВО
«Калининградский государственный
технический университет»

Научный журнал
Основан в 2002 г.

Зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор), Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-47915 от 22 декабря 2011 г.

Редакционный совет:

Главный редактор: В. А. Волкогон, канд. экон. наук, доц.
Зам. главного редактора: Н. А. Кострикова, канд. физ.-мат. наук, доц.

С. Т. Антипов, д-р техн. наук, проф., Воронежский государственный университет инженерных технологий, проректор по научной и инновационной деятельности, заведующий кафедрой машин и аппаратов пищевых производств;
А. В. Бараненко, д-р техн. наук, проф., Национально-исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, советник ректора, заведующий кафедрой холодильных установок;
О. А. Булатов, д-р биол. наук, Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО), г. Москва, заместитель директора по научной работе;
А. М. Ершов, д-р техн. наук, проф., ООО «Айсберг-Норд», главный научный сотрудник по развитию, г. Мурманск;
Е. А. Криксунов, д-р биол. наук, проф., МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва, заведующий лабораторией онтогенеза кафедры ихтиологии;
С. Е. Кузнецов, д-р техн. наук, проф., Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова, г. Санкт-Петербург;
Ю. И. Нечаев, д-р техн. наук, проф., Санкт-Петербургский государственный морской технический университет;
В. А. Панфилов, акад. РАН, д-р техн. наук, проф., Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева;
О. Я. Тимофеев, д-р техн. наук, доц., Крыловский государственный научный центр, г. Санкт-Петербург, заместитель генерального директора;
Мирослав Шредер, д-р экон. наук, проф., Гданьский университет (Польша, г. Гданьск), декан факультета управления;
А. В. Юров, д-р физ.-мат. наук, проф., Институт физико-математических наук и информационных технологий БФУ им. И. Канта, г. Калининград, директор;
Марек Якубовский, д-р техн. наук, проф., Кошалинский политехнический университет (Польша, г. Кошалин), заведующий кафедрой «Процессы и аппараты пищевых производств»

Редакционная коллегия:

О. В. Агеев, канд. техн. наук, доц.; *О. А. Анциферова*, канд. с.-х. наук, доц.;
А. Г. Архипов, д-р биол. наук, проф.; *О. М. Бедарева*, д-р биол. наук, доц.;
В. Ф. Белей, д-р техн. наук, проф.; *В. В. Брюханов*, д-р физ.-мат. наук, проф.;
Р. Н. Буруковский, д-р биол. наук, проф.; *Верхотуров В. В.*, д-р биол. наук, проф.;
А. А. Герасимов, д-р техн. наук, проф.; *С. В. Дятченко*, д-р техн. наук, доц.;
А. В. Иванов, д-р экон. наук, проф.; *В. П. Иванов*, д-р техн. наук, проф.;
И. П. Корнева, канд. физ.-мат. наук, проф.; *О. Я. Мезенова*, д-р техн. наук, проф.;
В. М. Минько, д-р техн. наук, проф.; *А. Г. Мнацаканян*, д-р экон. наук, проф.;
А. Б. Муромцев, д-р вет. наук, проф.; *Е. Н. Науменко*, д-р биол. наук, доц.;
В. А. Наумов, д-р техн. наук, проф.; *В. И. Одинцов*, д-р техн. наук, проф.;
А. И. Притыкин, д-р техн. наук, проф.; *М. М. Розенштейн*, д-р техн. наук, проф.;
Е. С. Роньжина, д-р биол. наук, проф.; *В. И. Саускан*, д-р биол. наук, проф.;
Л. И. Сергеев, д-р экон. наук, проф.; *Г. Г. Серпунин*, д-р биол. наук, проф.;
Н. Я. Синяевский, д-р физ.-мат. наук, проф.; *В. А. Слежкин*, канд. хим. наук, доц.;
Т. Е. Степанова, д-р экон. наук, проф.; *А. Э. Суслов*, канд. техн. наук, доц.;
В. И. Сутырин, д-р техн. наук, проф.; *И. М. Титова*, канд. техн. наук, доц.;
А. Б. Тристанов, канд. техн. наук, доц.; *Ю. А. Фатыхов*, д-р техн. наук, проф.;
С. В. Фёдоров, д-р техн. наук, проф.; *В. А. Фунтиков*, д-р хим. наук, проф.;
С. В. Шibaев, д-р биол. наук, проф.; *А. Я. Яфасов*, д-р техн. наук

Выпускающий редактор С. В. Супрунова

Адрес редакции: 236022, г. Калининград, Советский проспект, 1;
тел.: (4012) 99-59-01, 99-59-10, 99-59-74; факс: (4012) 91-68-46;
сайт: www.klgtu.ru; E-mail: svetlana.suprunova@klgtu.ru

© ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
2021



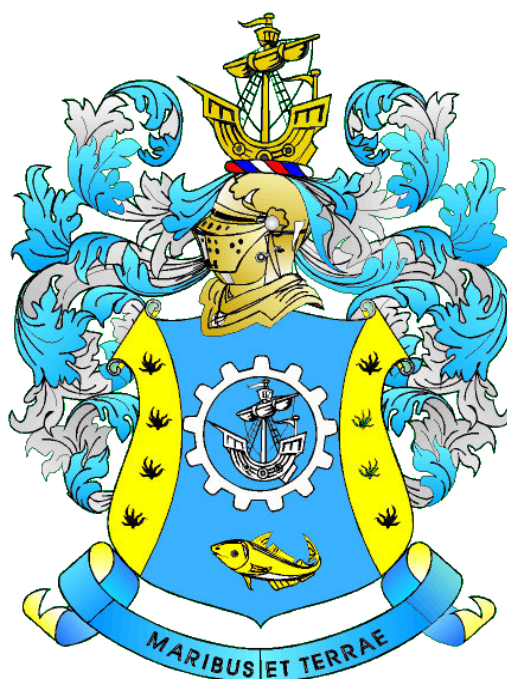
KSTU NEWS

2021

№ 61

FEDERAL STATE BUDGETARY EDUCATIONAL
INSTITUTION OF HIGHER EDUCATION
«KALININGRAD STATE TECHNICAL UNIVERSITY»

SCIENTIFIC JOURNAL



Journal index, registration in databases

Included in the list of peer-reviewed scientific publications, in which the main scientific results of dissertations for the candidate of science degree and for the doctor of science degree should be published

Russian Index of Scientific Citation (RISC)

Agricultural Research Information System (Agris)

Kaliningrad

СОДЕРЖАНИЕ

Биология, экология и рыбное хозяйство

- Любина О. С., Гвоздарева М. А., Гречухина Л. Г., Мельникова А. В., Шакирова Ф. М. Сезонная динамика количественных показателей планктонных сообществ в Волжско-Камском плесе Куйбышевского водохранилища..... 11
- Судник С. А., Поддубева Е. А. Биология крабов *Seulocia vittata* (Stimpson, 1858) (Crustacea: Brachyura: Leucosiidae) Южно-Китайского моря..... 24
- Тылик К. В. Гидроэкологические особенности реки Красной – памятника природы гидрологического профиля Калининградской области..... 39

Техника и технология пищевых производств

- Воробьев В. И., Нижникова Е. В. Переработка кислых яблочных соков, способствующая импортозамещению сокосодержащей продукции..... 53
- Наумов В. А. Изменение производительности и энергетической эффективности вакуумной рыбонасосной установки с увеличением частоты вращения ротора..... 64
- Орлов И. О., Землякова Е. С. Исследование процесса ферментативного гидролиза опорно-каркасных и покровных тканей гидробионтов..... 76

Судостроение, машиностроение и энергетика

- Ковальчук Л. И., Ткаченко К. С. Функциональное диагностирование тракта отработавших газов главных судовых дизелей с газотурбинным наддувом посредством инвариантных эталонов..... 85

Естественные и математические науки

- Артамонов Д. А., Мыслицкая Н. А., Цибульникова А. В., Самусев И. Г., Брюханов В. В. Оптические спектры излучения оксида висмута и иттербия в условиях ИК-возбуждения..... 95
- Жукова Н. А., Тристанов А. Б., Тин Г., Аунг М. О проблеме сбора данных в сетях интернета вещей с динамической структурой 105

Экономика и управление АПК

- Яфасов А. Я., Меркулов А. А., Майтаков Ф. Г. Роль цифровой трансформации в диверсификации рыбной отрасли на примере организации персонализированного питания в регионе..... 121

CONTENT

Biology, ecology and fisheries

<i>Lyubina O. S., Gvozdareva M. A., Grechukhina L. G., Melnikova A. V., Shakirova F. M.</i> Seasonal dynamics of quantitative indicators of plankton communities in the Volga-Kama reach of the Kuibyshev reservoir.....	11
<i>Sudnik S. A., Poddueva E. A.</i> Biology of the crab <i>Seulocia vittata</i> (Stimpson, 1858) (Crustacea: Brachyura: Leucosiidae) of the South China sea.....	24
<i>Tylik K. V.</i> Hydroecological features of the Krasnaya river – nature landmark of the Kaliningrad region hydrological profile.....	39

Processes and technology of food manufacturing

<i>Vorobyov V. I., Nizhnikova E. V.</i> Processing of acid apple juices promoting import substitution of juice-containing products.....	53
<i>Naumov V. A.</i> Changing performance and energy efficiency of the vacuum fish-pump system with increasing rotor speed.....	64
<i>Orlov I. O., Zemlyakova E. S.</i> Study of the process of enzymatic hydrolysis of the support-skeleton and integumentary tissues of hydrobionts.....	76

Shipbuilding, machine manufacturing and power engineering

<i>Kovalchuk L. I., Tkachenko K. S.</i> Functional diagnostics of the exhaust gas path of the turbo-charged main marine diesel engines by means of invariant standards.....	85
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Natural and mathematical sciences

<i>Artamonov D. A., Myslitskaya N. A., Tsibulnikova A. V., Samusev I. G., Bryukhanov V. V.</i> Optical emission spectra of bismuth oxide and ytterbium oxide under IR-excitation conditions.....	95
<i>Zhukova N. A., Tristanov A. B., Tin Tun Aun, Aung Myo Thaw.</i> On the problem of data collection in the network of the internet of things with a dynamic structure.....	105

Economics and management of AIC

<i>Yafasov A. Ya., Merkulov A. A., Maitakov F. G.</i> The role of digital transformation in the diversification of the fish industry on the example of organizing personalized meals in the region.....	121
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

БИОЛОГИЯ, ЭКОЛОГИЯ И РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 574.583(282.274.416.1)
DOI 10.46845/1997-3071-2021-61-11-23

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВ В ВОЛЖСКО-КАМСКОМ ПЛЕСЕ
КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

О. С. Любина, М. А. Гвоздарева, Л. Г. Гречухина, А. В. Мельникова,
Ф. М. Шакирова

SEASONAL DYNAMICS OF QUANTITATIVE INDICATORS OF PLANKTON
COMMUNITIES IN THE VOLGA-KAMA REACH OF THE KUIBYSHEV
RESERVOIR

O. S. Lyubina, M. A. Gvozdareva, L. G. Grechukhina, A. V. Melnikova,
F. M. Shakirova

В статье представлены результаты изучения сезонной динамики численности и биомассы фито- и зоопланктона в Мешинском заливе Куйбышевского водохранилища по данным 2019 г. и проанализированы особенности их распределения на мелко- и глубоководном участках. Фитопланктон включал 153 таксона из восьми групп, основу видового разнообразия формировали зеленые и диатомовые водоросли. Средняя численность микроводорослей за исследуемый период составила 3700 млн. кл/м³, а биомасса – 3,65 г/м³. Наибольший вклад в суммарные показатели микроводорослей на всех станциях вносила синезеленая *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988. Фауна зоопланктона включала 65 видов, среди которых наиболее разнообразно были представлены коловратки. Количественные показатели зоопланктона по численности составили 343,4 тыс. экз./м³, по биомассе – 1,56 г/м³. На мелко- и глубоководном участках по численности доминировали Rotifera, а основу биомассы формировали Crustacea. В результате мониторинговых исследований в заливе выявлено наличие двух пиков численности и биомассы для фитопланктона в весенний (май) и осенний (сентябрь) периоды, тогда как развитие количественных показателей зоопланктона характеризовалось только одним пиком – весной (в мае). В течение всего периода исследования в прибрежной зоне Мешинского залива уровень численности и биомассы фито- и зоопланктона был гораздо выше, чем на глубоководном участке. Характер сезонной динамики развития планктонных сообществ в районе исследования имел схожую картину как по заливу в целом, так и отдельно по участкам. Максимальная сопряженность варьирования численности фитопланктона и зоопланктона отмечалась в глубоководной зоне, а биомассы – в прибрежной.

фитопланктон, зоопланктон, численность, биомасса, сезонная динамика, Мешинский залив, Куйбышевское водохранилище

The paper presents investigation results of the seasonal dynamic of the number and biomass for phytoplankton and zooplankton in the Mesha Bay (Kuibyshev reservoir) according to the data from 2019. Distribution of these parameters in shallow-water and deep-water areas have been analyzed. Phytoplankton included 153 taxons from 8 groups, the species diversity base formed by green algae and diatoms. The average microalgae abundance during the investigation period was 3700 mln.cl/m³, biomass – 3.65 g/m³. The blue-green *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988 made the largest contribution to the total microalgae activity at all stations. The zooplankton fauna included 65 species, where rotifers diversity was the highest. Quantitative zooplankton parameters turned out to be 343.4 thousand specimen/m³ – in abundance, 1.56 g/m³ – in biomass. The Rotifera dominated by abundance in the shallow-water and deep-water areas, but the highest biomass was found for crustaceas. Monitoring of the Mesha bay showed the presence of two peaks for abundance and biomass of phytoplankton – in spring (May) and autumn (September), while for the zooplankton only one peak in the spring period (May). According to the presented data, it is obvious that in the coastal zone of the Mesha Bay phytoplankton and zooplankton abundance and biomass is much higher than that in the deep-water zone. Shape of seasonal dynamic curves of planktonic communities was similar for the whole bay and for separated areas. Correlation of phytoplankton and zooplankton abundance is tighter in the deep-water zone and biomass – in the coastal zone.

phytoplankton, zooplankton, abundance, biomass, seasonal dynamic, Mesha Bay, Kuibyshev reservoir

ВВЕДЕНИЕ

Мешинский залив находится в северной части Волжско-Камского плеса Куйбышевского водохранилища в месте слияния двух крупных рек – Волги и Камы. Представляет собой затопленное водное расширение р. Меши и ее пойменных приустьевых участков. Для залива характерна слабо изрезанная береговая линия, большое количество мелководий и островов, которые являются местом нереста и нагула рыб [1, 2].

Структура водного сообщества тесно связана с его функционированием в экосистеме [3, 4]. Поэтому особое внимание обращено на изучение планктонного сообщества как части водной среды в пространстве и во времени. По степени развития количественных показателей фито- и зоопланктона можно оценить степень воздействия абиотических и биотических факторов среды на водоем.

Планктонные сообщества имеют большое значение в экосистеме водоема как продуценты и консументы органического вещества, пищевой ресурс и фактор самоочищения. Автотрофный и гетеротрофный планктоны тесно связаны пищевыми взаимоотношениями и в определенной степени влияют на количественное развитие друг друга [5]. Однако в естественных условиях существуют зависимости их от множества других факторов, например, погодных условий, конкурентных взаимоотношений и воздействия крупных хищников, таких как рыбы [6, 7].

Цель настоящей работы – выявить особенности варьирования количественных показателей фито- и зоопланктона в течение вегетационного периода и оценить их сопряженность между собой и с условиями среды.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом послужили пробы фито- и зоопланктона, отобранные в Мешинском заливе Куйбышевского водохранилища (напротив населенного пункта Ташкирмень, Республика Татарстан) в 2019 г. на глубоководном участке (руслом) и открытом мелководном левобережье, лишенном растительности.

Планктонные пробы собирали ежемесячно в период с мая по октябрь, за исключением июля. Сбор материала осуществлялся стандартными методами [8, 9], всего отобрано по 10 проб фито- и зоопланктона. Пробы фитопланктона фиксировали раствором Люголя, зоопланктона – 40%-ным формалином, доводя его концентрацию в пробе до 4 %. Камеральную обработку проб осуществляли по общепринятым методикам [10–14].

Статистическая обработка данных осуществлялась с помощью программы Excel. Поиск зависимости количественных показателей планктонных сообществ между собой и действием абиотических факторов среды проводили с помощью корреляционного анализа (на основе линейного коэффициента корреляции – r) [15].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

За период наблюдений в районе исследования выявлено 153 таксона микроводорослей, относящихся к восьми таксономическим группам. Основу разнообразия создавали зеленые (38 %) и диатомовые (29 %) водоросли, вклад других групп составлял менее 10 %. Удельное видовое разнообразие в вегетационный период на обоих участках мало отличались и составляли в среднем 44 ± 4 видов/проба.

Количественные показатели фитопланктона в заливе достигали по численности 3700 ± 800 млн. кл/м³, а по биомассе – $3,65 \pm 0,85$ г/м³, на глубоководном участке – 3100 ± 1100 млн. кл/м³ и $3,03 \pm 1,05$ г/м³, соответственно, на мелководном – 4400 ± 1100 млн. кл/м³ и $4,28 \pm 1,40$ г/м³. Значительный вклад в суммарные показатели микроводорослей на всех станциях вносила синезеленая *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988, за исключением глубоководной станции, где в мае и октябре по биомассе преобладали центрические диатомовые *Stephanodiscus sp.*

В целом характер сезонной динамики численности и биомассы фитопланктона на обоих участках имел схожую картину (рис. 1).

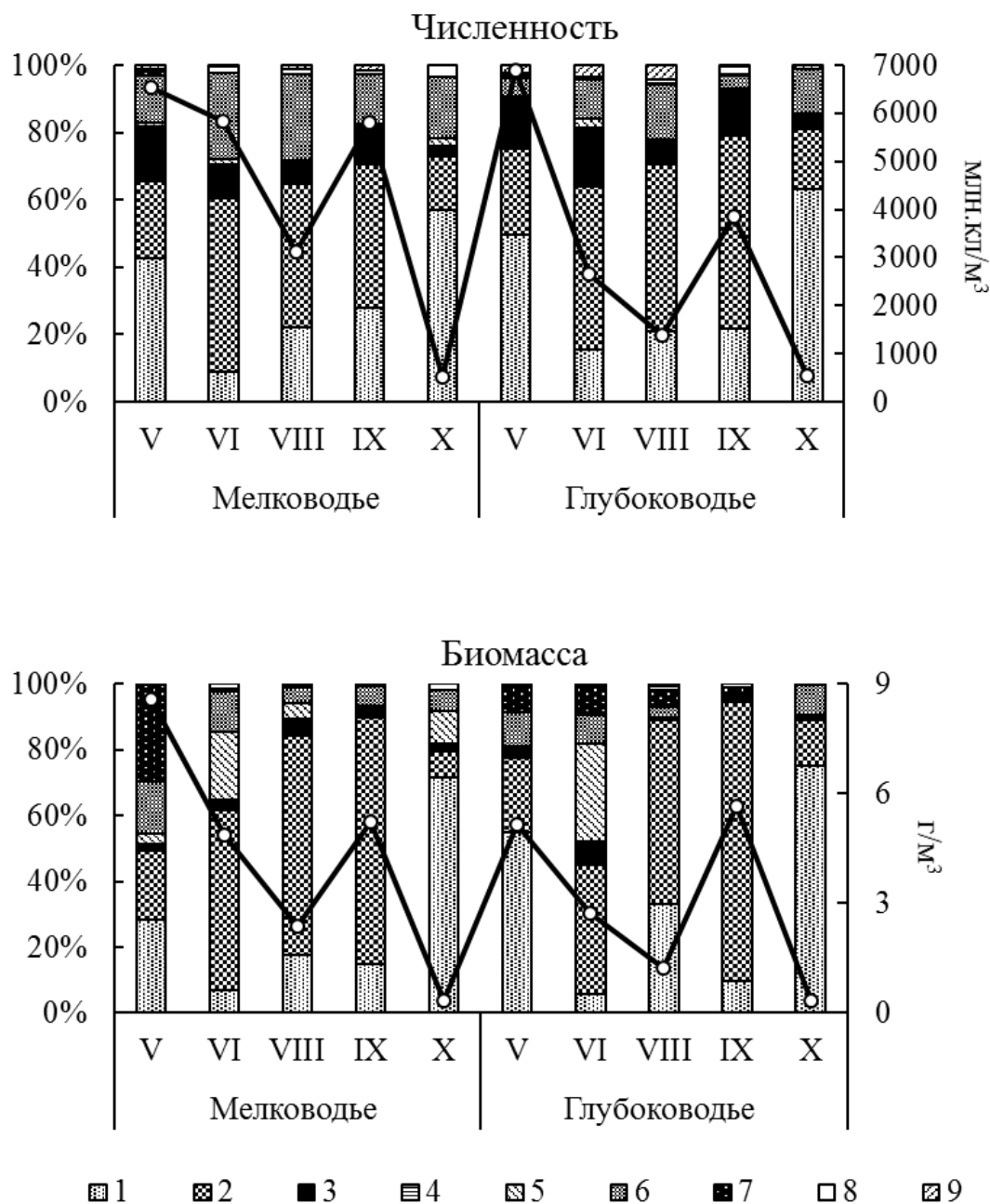


Рис. 1. Сезонная динамика количественных показателей и вклада основных групп фитопланктона в Мешинском заливе в 2019 г.: 1 – Bacillariophyta; 2 – Cyanobacteria; 3 – Chlorophyta; 4 – Streptophyta; 5 – Euglenophyta; 6 – Cryptophyta; 7 – Dinophyta; 8 – Chrysophyta; 9 – неопределенные; линии – численность и биомасса

Fig. 1. Seasonal dynamics of quantitative indicators and contribution of major phytoplankton groups in the Mesha Bay in 2019: 1 – Bacillariophyta; 2 – Cyanobacteria; 3 – Chlorophyta; 4 – Streptophyta; 5 – Euglenophyta; 6 – Cryptophyta; 7 – Dinophyta; 8 – Chrysophyta; 9 – undefined; lines – abundance and biomass

Весной весь вегетационный период на мелководье наблюдались максимальные численность и биомасса фитопланктона. На глубоководье наибольшая численность так же, как и на мелководье, отмечалась весной, а биомасса – весной (май) и осенью (сентябрь). В составе фитопланктона в этот период по численности доминировали диатомовые и синезеленые водоросли, по биомассе в глубоководной зоне преобладали те же группы, что и по численности, а в прибрежье к ним добавились Dinophyta.

В летний период наблюдалось снижение количественных показателей фитопланктона по всему заливу, а доминирующее положение по численности занимали Cyanobacteria, которые по биомассе доминировали с июня по сентябрь.

В сентябре на обеих станциях наблюдался скачок количественных показателей фитопланктона, но уже в октябре они снизились до минимальных величин, с преобладанием в составе численности Bacillariophyta.

Фауна зоопланктона % за весь период наблюдений была представлена 65 таксонами, основу ее составляли коловратки (55 %). Группа Rotifera включала 10 семейств, Cladocera – 7. Основу фауны Copepoda формировали Cyclopoidea (семь видов) и Calanoida (четыре вида). Удельное видовое разнообразие по заливу составляло 25 ± 2 вид/проба, причем наибольшие значения зоопланктеров выявлены на глубоководной станции. Везде были встречены неполовозрелые особи Copepoda.

Общая численность зоопланктона в целом составляла $343,4 \pm 216,0$ тыс. экз./м³, а биомасса – $1,56 \pm 0,88$ г/м³. Наибольшие количественные показатели отмечались на мелководье ($474,7 \pm 418,9$ тыс. экз./м³ и $1,95 \pm 1,68$ г/м³ соответственно), тогда как на глубоководном участке они были ниже ($212,0 \pm 161,0$ тыс. экз./м³ и $1,18 \pm 0,79$ г/м³). На прибрежной станции на долю Rotifera по численности в среднем приходилось 46 ± 15 , Cladocera – 17 ± 9 , взрослых Copepoda – $0,3 \pm 0,1$ и их неполовозрелых особей – 37 ± 8 %. На глубоководной станции основу численности формировали также коловратки (51 ± 16 % суммарных показателей) и неполовозрелые веслоногие рачки (38 ± 11 %). Вклад взрослых членистоногих составил около 7 %. По биомассе на мелководье доминировали Cladocera – 40 ± 18 %, доля Rotifera – 32 ± 15 , взрослые Copepoda – 4 ± 2 , а их младшевозрастные особи – 24 ± 8 %. На глубоководье основу этого показателя составляла группа веслоногих ракообразных, причем доля взрослых и неполовозрелых особей сопоставима (24 ± 8 и 20 ± 3 % соответственно), а вклад ветвистоусых был наименьшим – 19 ± 10 %.

Сезонная динамика численности и биомассы зоопланктона имела схожий характер распределения (рис. 2).

В весенний период на мелко- и глубоководном участках отмечены наибольшие значения численности и биомассы зоопланктеров. Коловратки доминировали в количественном отношении – более 90 %, в основном преобладали плавающие, плавающие и ползающие вертикаторы. На мелководном участке вклад Cladocera за весь период исследования характеризовался наименьшими значениями (<1 %).

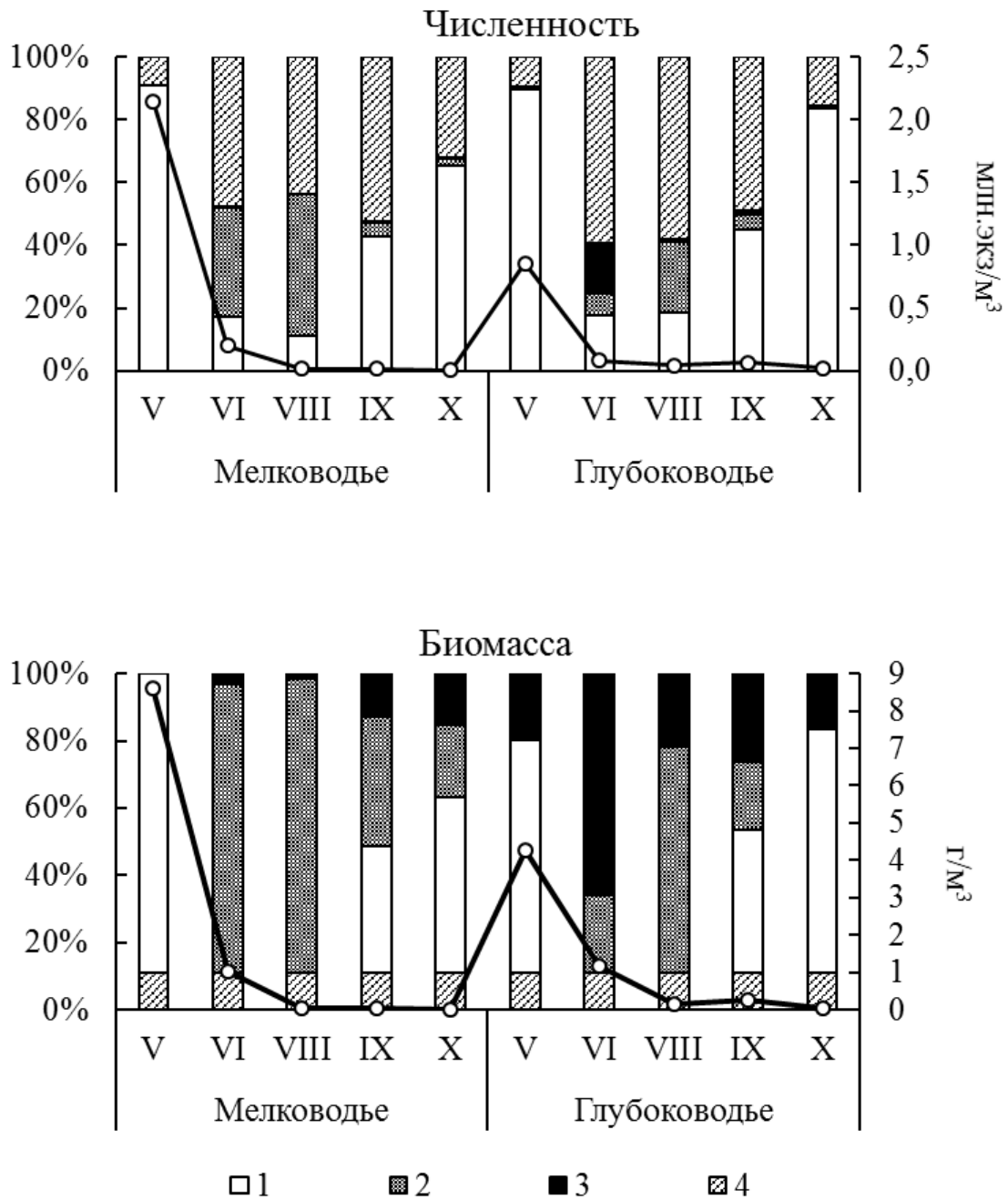


Рис. 2. Сезонная динамика количественных показателей и вклада основных групп зоопланктона Мешинского залива в 2019 г.: 1 – Rotifera; 2 – Cladocera; 3 – Copepoda взр.; 4 – Copepoda млад.; линии – численность и биомасса
 Fig. 2. Seasonal dynamics of quantitative indicators and contribution of the main groups of zooplankton of the Mesha Bay in 2019: 1 – Rotifera; 2 – Cladocera; 3 – Copepoda adults; 4 – Copepoda juvenile; lines – abundance and biomass

В начале лета на двух участках зафиксировано резкое снижение численности и биомассы организмов. Однако на мелководной станции эти показатели были выше по сравнению с глубоководной в 2,5 раза. В данный период основу плотности формировали неполовозрелые особи веслоногих ракообразных. Одновременно на мелководье был отмечен рост доли ветвистоусых ракообразных с преобладанием ползающих и плавающих вторичных фильтраторов семейства Chydoridae. На глубоководье доля взрослых веслоногих рачков была наибольшей в июне за счет плавающих фильтраторов и хищников. В августе продолжилось снижение численности зоопланктона, однако на глубоководном участке она была уже выше, чем на мелководье (в 3,5 раза), а в прибрежье она формировалась ползающими и плавающими вторичными фильтраторами из группы Cladocera и их вклад был наибольшим (45 %) за весь вегетационный сезон. На глубоководном участке доминировали младшевозрастные особи веслоногих ракообразных (58 %), увеличилась также доля кладоцера (22 %) за счет ползающего и плавающего вторичного фильтратора *Chydorus sphaericus* (Müller, 1776).

По всему заливу в летний период численность коловраток в биомассе значительно сократилась и составила менее 10 %. На мелководном участке основу всей биомассы зоопланктона формировали Cladocera (< 82 %). На глубоководной станции в июне доминировали половозрелые веслоногие ракообразные (57 %), а в августе так же, как и на мелководье, – Cladocera (более 60 %).

В сентябре на обеих станциях численность зоопланктона увеличилась незначительно по сравнению с таковой в августе. При этом на глубоководном участке численность его была выше, чем на мелководье (в 4,5 раза). В этот период отмечалось повторное увеличение численности коловраток. В начале осени основу рассматриваемого показателя на обеих станциях составляла молодь копепод, при этом резко упала доля кладоцер. В октябре плотность зоопланктона сократилась до минимальных значений, но на глубоководном участке она была выше, чем на мелководном почти в 4 раза. В позднесенний период основную роль в сообществе играли Rotifera.

В сентябре зафиксировано увеличение роли коловраток в биомассе на обеих станциях. В октябре на глубоководном участке коловратки уже формировали основу биомассы всего зоопланктона (66 %), тогда как на мелководном их показатели существенно не изменились. Вклад Cladocera в показатели биомассы в осенний период значительно снизился, составив в октябре на мелководье лишь 10 %, а на глубоководном участке – менее 1 %. Следует отметить, что в начале осени на мелководном участке наблюдалось увеличение роли неполовозрелых особей Coepoda (34 %). На данной станции их максимальный вклад отмечался в октябре (52 %), в то время как на глубоководье – в сентябре (32 %).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В результате мониторинговых исследований в акватории Волжско-Камского плеса Куйбышевского водохранилища в разные сезоны 2019 г. получено два пика численности и биомассы фитопланктона – в мае и сентябре. Кривые динамики количественных показателей микроводорослей имели сходные очертания на обоих участках, а коэффициенты их корреляции превышали 0,8. В течение

всего периода наблюдений в прибрежной зоне уровень численности и биомассы был гораздо выше, чем на глубоководных участках. Более высокое содержание фитопланктона на мелководьях обусловлено как нагонными явлениями, так и факторами, стимулирующими развитие водорослей – высокой обеспеченностью клеток биогенами, более интенсивным прогревом водной толщи [16, 17]. Снижение количественных показателей, отмеченное в августе, вероятно, вызвано изменением температуры воды, которое сказалось на уменьшении развития синезеленых водорослей и увеличении вклада диатомовых. Анализ зависимости степени развития фитопланктона от температуры воды выявил положительную корреляцию ($r > 0,6$ на глубоководном участке и $r > 0,8$ на мелководье). Более тесная связь обилия микроводорослей с температурой на мелководье вызвана незначительной тепловой инерцией водных масс на малой глубине, а значит, более высокой амплитудой колебаний условий, влияющих на развитие организмов [18].

Анализ данных по зоопланктону выявил наличие мощного весеннего (май) пика количественных показателей на обоих исследуемых участках. Развитие зоопланктона на прибрежной и глубоководной станциях имело сходную тенденцию (коэффициент корреляции численности и биомассы этих участков менее 0,8). Резкое снижение количественных показателей зоопланктона, зафиксированное в июне, видимо, связано с периодом летнего спада размножения зоопланктеров, а также, возможно, и с выеданием их молодью рыб и планктофагами, что подтверждается другими авторами [19]. Средние количественные показатели зоопланктона на мелководье характеризовались большими значениями, чем на глубоководье примерно в 2 раза. Полученный нами результат еще раз подтверждает, что слабо заросшее мелководье является ценным биотопом для нагула молоди и рыб-планктофагов [2, 20].

Сезонная динамика количественных показателей фитопланктона и зоопланктона в районе исследования в определенной степени сходны между собой. Так, численность этих экологических групп в глубоководной зоне имеет очень высокую сопряженность варьирования ($r = 0,9$), а в прибрежье эта связь менее выражена ($r = 0,5$). Динамика биомасс планктона, напротив, имеет большее сходство на мелководье ($r = 0,8$), чем на глубоководном участке ($r = 0,5$). Растительные и животные компоненты экосистемы водной толщи находятся под воздействием одной совокупности факторов среды. Но при этом на развитие зоопланктона, структура которого более сложная, особенно в трофическом отношении, оказывают влияние иные аспекты, меняющие их отклик на изменение условий среды. Этот вопрос требует проведения дальнейших исследований.

ВЫВОДЫ

1. Фитопланктон Мешинского залива Куйбышевского водохранилища в 2019 г. включал 153 таксона микроводорослей, средняя численность которого составила 3700 ± 800 млн. кл/м³, а биомасса – $3,65 \pm 0,85$ г/м³. Основу количественных показателей в весенний период формировали диатомовые, а в остальное время – синезеленые микроводоросли.

2. Фауна зоопланктона на рассматриваемом участке акватории Волжско-Камского плеса водохранилища за весь период наблюдений формировалась

65 таксонами, среди которых преобладали коловратки. В районе исследования численность сообщества соответствовала значениям $343,4 \pm 216,0$ тыс. экз./м³, а биомасса – $1,56 \pm 0,88$ г/м³. Существенный вклад в показатели плотности зоопланктона вносили коловратки, а биомассы – ракообразные.

3. Сезонная динамика развития количественных данных фитопланктона как в прибрежной, так и глубоководной зонах показала наличие двух пиков – в мае и сентябре. Максимальные показатели численности и биомассы зоопланктона отмечались в весенний период.

4. В районе исследования выявлена высокая сопряженность варьирования количественных показателей фитопланктона и зоопланктона между собой для глубоководной зоны по численности, а на мелководье – по биомассе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гвоздарева, М. А. Биоразнообразие зоопланктона прибрежных участков Мешинского залива Волжско-Камского плеса Куйбышевского водохранилища в 2017 г. / М. А. Гвоздарева // Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса: материалы VI научно-практической конференции молодых ученых с международным участием. – Москва: Изд-во ВНИРО, 2018. – С. 67–73.

2. Оценка численности ранней молоди рыб на прибрежных нерестилищах Мешинского залива Куйбышевского водохранилища / Ю. А. Северов, В. А. Кузнецов, Ф. М. Шакирова, В. В. Кузнецов // Водные биоресурсы и их рациональное использование // Вестник АГТУ. – Сер. Рыбное хозяйство. – 2018. – № 2. – С. 33–40.

3. Алимов, А. Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем / А. Ф. Алимов. – Санкт-Петербург: Наука, 2000. – 147 с.

4. Корнева, Л. Г. Опыт использования морфофункциональной классификации пресноводных водорослей для оценки динамики и пространственного распределения ассоциаций фитопланктона Рыбинского водохранилища / Л. Г. Корнева, В. В. Соловьева // Ярославский педагогический вестник. – 2012. – № 3, т. III. – С. 110–114.

5. Планктонное сообщество: влияние зоопланктона на динамику фитопланктона / Г. П. Неверова, О. Л. Жданова, Е. А. Колбина, А. И. Абакумов // Компьютерные исследования и моделирование. – 2019. – Т. 11, вып. 4. – С. 751–768.

6. Goldyn, R. Interactions between phytoplankton and zooplankton in the hypertrophic Swarzędzkie Lake in western Poland / R. Goldyn, K. Kowalczywska-Madura // Journal of Plancton reseach. – 2008. – Vol.30. – No 1. – P. 33–42.

7. Lathrop, R. C. Zooplankton and Their Relationship to Phytoplankton / R. C. Lathrop, S. R. Carpenter / In: Kitchell J. F. (ed.), Food Web Management. – Springer-Verlag New York Inc., 1992. – P. 127–150.

8. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1983. – 239 с.

9. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. – Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1992. – 318 с.
10. Мордухай-Болтовской, Ф. Д. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов / Ф. Д. Мордухай-Болтовской. – Москва: Наука, 1975. – 240 с.
11. Балушкина, Е. В. Зависимость между длиной и массой тела планктонных ракообразных / Е. В. Балушкина, Г. Г. Винберг. – Ленинград: Наука, 1979. – С. 58–79.
12. Федоров, В. Д. О методах изучения фитопланктона и его активности / В. Д. Федоров. – Москва: Моск. ун-т, 1979. – 168 с.
13. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция. – Ленинград: 1982. – 33 с.
14. Водоросли: справочник / С. П. Вассер [и др.]. – Киев: Наукова думка, 1989. – 608 с.
15. Ивантер, Э. В. Введение в количественную биологию: учеб. пособие / Э. В. Ивантер, А. В. Коросов. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2011. – 302 с.
16. Корнева, Л. Г. Планктонные альгоценозы побережья Рыбинского водохранилища / Л. Г. Корнева // Пресноводные гидробионты и их биология. – Ленинград: Наука, 1983. – С. 38–51.
17. Халиуллина, Л. Ю. Фитопланктон мелководий в верховьях Куйбышевского водохранилища / Л. Ю. Халиуллина, В. А. Яковлев. – Казань: Изд-во Академии наук РТ, 2015. – 171 с.
18. Экология фитопланктона Рыбинского водохранилища / Л. Г. Корнева [и др.]. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 1999. – 264 с.
19. Столбунова, В. Н. Зоопланктон как кормовой ресурс молоди рыб в прибрежном мелководье Рыбинского водохранилища / В. Н. Столбунова, И. А. Столбунов // Вестник Днепропетровского университета. Биология. Экология. – 2010. – Вып. 18, т. 2. – С. 106–111.
20. Столбунова, В. Н. Зоопланктон прибрежной зоны Рыбинского и Иваньковского водохранилищ в 1971–1974 гг. / В. Н. Столбунова // Гидробиологический режим прибрежных мелководий Верхневолжских водохранилищ. – Ярославль: Ин-т биол. внутр. вод АН СССР, 1976. – С. 170–212.

REFERENCES

1. Gvozdeva M. A. Bioraznობrazie zooplanktona pribrezhnykh uchastkov Myoshinskogo zaliva Volzhsko-Kamskogo plyosa Kuybyshevskogo vodokhranilishcha v 2017 godu [Zooplankton biodiversity of the coastal areas of the Mesha Bay of the Volga-Kama Reach of the Kuibyshev Reservoir in 2017]. *Materialy VI nauchno-prakticheskoy konfe-rentsii molodykh uchenykh s mezhdunarodnym uchastiem "Sovremennye problemy i perspektivy razvitiya rybokhozyaystvennogo kompleksa"* [Proceedings of the VI scientific and practical conference of young scientists with international participation "Modern problems and prospects of development of the fisheries complex"]. Moscow, VNIRO Publ., 2018, pp. 67–73.

2. Severov Yu. A., Kuznetsov V. A., Shakirova F. M., Kuznetsov V. V. Otsenka chislennosti ranney molodi ryb na pribrezhnykh nerestilishchakh Meshinskogo zaliva Kuybyshevskogo vodokhranilishcha [Estimation of the number of early juvenile fish in the coastal spawning grounds of the Mesha Bay of the Kuibyshev Reservoir]. *Vodnye bioresursy i ikh ratsional'noe ispol'zovanie. Vestnik AGTU. Ser.: Rybnoe khozyaystvo*, 2018, no. 2, pp. 33–40.
3. Alimov A. F. *Elementy teorii funktsionirovaniya vodnykh ekosistem* [Elements of the theory of aquatic ecosystems functioning]. Saint-Petersburg, Nauka Publ., 2000, 147 p.
4. Korneva L. G. Solovyova V. V. Opyt ispolzovaniya morfofunktsionalnoy klassifikatsii presnovodnykh vodorosley dlya otsenki dinamiki i prostranstvennogo raspredeleniya assotsiatsiy fitoplanktona Rybinskogo vodokhranilishcha [Experience of using the morphofunctional classification of freshwater algae to assess the dynamics and spatial distribution of phytoplankton associations in the Rybinsk Reservoir]. *Yaroslavskiy pedago-gicheskiy vestnik*, 2012, vol. 3, iss. 3, pp. 110–114.
5. Neverova G. P., Zhdanova O. L., Kolbina E. A., Abakumov A. I. Planktonnoe soobshchestvo: vliyanie zooplanktona na dinamiku fitoplanktona [Plankton community: influence of zooplankton on phytoplankton dynamics]. *Komp'yuternye issledovaniya i modelirovanie*, 2019, vol. 11, iss. 4, pp. 751–768.
6. Goldyn R., Kovalczewska-Madura K. Interactions between phytoplankton and zooplankton in the hypertrophic Swarzędzkie Lake in western Poland. *Journal of Plancton reseach*, 2008, vol. 30, iss. 1, pp. 33–42.
7. Lathrop R. C. Carpenter S. R. *Zooplankton and Their Relationship to Phytoplankton* / In: Kitchell J. F. (ed.), *Food Web Management*. Springer-Verlag New York Inc., 1992, pp. 127–150.
8. *Rukovodstvo po metodam gidrobiologicheskogo analiza poverkhnostnykh vod i donnykh otlozheniy* [Guidelines for hydrobiological analysis of surface waters and bottom sediments]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1983, 239 p.
9. *Rukovodstvo po gidrobiologicheskomu monitoringu presnovodnykh ekosistem* [Guidelines for hydrobiological monitoring of freshwater ecosystems]. Saint-Petersburg, Gidrometeoizdat Publ., 1992, 318 p.
10. Morduhay-Boltovskoy F. D. *Metodika izucheniya biogeotsenozov vnutrennikh vodoyomov* [Methods of studying biogeocenoses of inland water bodies]. Moscow, Nauka Publ., 1975, 240 p.
11. Balushkina E. V. *Zavisimost' mezhdru dlinoy i massoy tela planktonnykh rakoobraznykh* [Relationship between length and body weight of planktonic crustaceans]. Leningrad, Nauka Publ., 1979, pp. 58–79.
12. Fyodorov V. D. *O metodakh izucheniya fitoplanktona i ego aktivnosti* [Methods of studying phytoplankton and its activity]. Moscow, Mosk. un-t Publ., 1979, 168 p.
13. *Metodicheskie rekomendatsii po sboru i obrabotke materialov pri gidrobiologicheskikh issledovaniyakh na presnovodnykh vodoemakh. Zooplankton i ego produktsiya* [Methodological recommendations for the collection and processing of materials for hydrobiological studies in freshwater reservoirs. Zooplankton and its products]. Leningrad, Nauka Publ., 1982, 33 p.

14. Vasser S. P., Kondrat'eva N. V., Masyuk N. P. *Vodorosli. Spravochnik*. [Seaweed. Reference book]. Kiev, Naukova dumka Publ., 1989, 608 p.
15. Ivanter E. V., Korosov A. V. *Vvedenie v kolichestvennyuyu biologiyu: ucheb. posobie* [Introduction to Quantitative Biology: textbook]. Petrozavodsk, PetrGU Publ., 2011, 302 p.
16. Korneva L. G. Planktonnye algotsenozy pribrezhya Rybinskogo vodokhranilishcha [Planktonic algalocenoses of the coast of the Rybinsk water reservoir]. *Presnovodnye gidrobionty i ikh biologiya*. Leningrad, Nauka Publ., 1983, pp. 38–51.
17. Haliullina L. Yu. Yakovlev V. A. *Fitoplankton melkovodiy v verkhovyakh Kuybyshevskogo vodokhranilishcha* [Phytoplankton of shallow waters in the upper reaches of the Kuibyshev reservoir]. Kazan', Publ. Academy R. T., 2015, 171 p.
18. Korneva L. G., Mineeva N. M., Elizarova V. A. i. dr. *Ekologiya fitoplanktona Rybinskogo vodokhranilishcha* [Ecology of phytoplankton of the Rybinsk reservoir]. Tol'yatti, IEHVB RAN Publ., 1999, 264 p.
19. Stolbunova V. N., Stolbunov I. A. Zooplankton kak kormovoy resurs molodi ryb v pribrezhnom melkovod'e Rybinskogo vodokhranilishcha [Zooplankton as a food resource for juvenile fish in the shallow coastal waters of the Rybinsk reservoir]. *Vestnik Dnepropetrovskogo universiteta. Biologiya. Ekologiya*, 2010, vol. 18, no. 2, pp. 106–111.
20. Stolbunova V. N. Zooplankton pribrezhnoy zony Rybinskogo i Ivan'kovskogo vodokhranilishch v 1971–1974 gg. [Zooplankton of the coastal zone of the Rybinsk and Ivankovsky reservoirs in 1971–1974]. *Gidrobiologicheskiy rezhim pribrezhnykh melkovodiy Verkhnevolzhskikh vodokhranilishch*. Yaroslavl', In-t biol. vnutr. vod AN SSSR Publ., 1976, pp. 170–212.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Любина Ольга Станиславовна – Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, Татарский филиал (г. Казань); кандидат биологических наук; старший научный сотрудник;
E-mail: olybina@mail.ru

Lyubina Olga Stanislavovna – Research Institute of Fisheries and Oceanography, Tatar branch (Kazan); PhD in Biology; senior researcher; E-mail: olybina@mail.ru

Гвоздарева Маргарита Андреевна – Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, Татарский филиал (г. Казань); лаборант; E-mail: Rita_6878@mail.ru

Gvozdareva Margarita Andreevna – Research Institute of Fisheries and Oceanography, Tatar branch (Kazan); laboratory assistant; E-mail: Rita_6878@mail.ru

Гречухина Лилия Георгиевна – Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, Татарский филиал (г. Казань); младший специалист; E-mail: rezedageorgii@mail.ru

Grechukhina Liliya Georgievna – Research Institute of Fisheries and Oceanography, Tatar branch (Kazan); junior specialist; E-mail: rezedageorgii@mail.ru

Мельникова Анна Валерьевна – Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, Татарский филиал (г. Казань); кандидат биологических наук; старший научный сотрудник; E-mail: d.bugensis@mail.ru

Melnikova Anna Valerievna – Research Institute of Fisheries and Oceanography, Tatar branch (Kazan); PhD in Biology; senior researcher; E-mail: d.bugensis@mail.ru

Шакирова Фирдауз Мубараковна – Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, Татарский филиал (г. Казань); кандидат биологических наук, доцент; зам. директора по науке; E-mail: shakirovafm@gmail.com

Shakirova Firdauz Mubarakovna – Research Institute of Fisheries and Oceanography, Tatar branch (Kazan); PhD in Biology, associate professor; Deputy Director for science; E-mail: shakirovafm@gmail.com

УДК: 574.2 595.36: 591.4: 591.5
DOI 10.46845/1997-3071-2021-61-24-38

БИОЛОГИЯ КРАБОВ *SEULOCIA VITTATA* (STIMPSON, 1858)
(CRUSTACEA: BRACHYURA: LEUCOSIIDAE) ЮЖНО-КИТАЙСКОГО МОРЯ

С. А. Судник, Е. А. Поддueva

BIOLOGY OF THE CRAB *SEULOCIA VITTATA* (STIMPSON, 1858)
(CRUSTACEA: BRACHYURA: LEUCOSIIDAE) OF THE SOUTH CHINA SEA

S. A. Sudnik, E. A. Poddueva

Seulocia vittata (Stimpson, 1858) – вид кошельковых крабов из прибрежных вод Индийского и западной части Тихого океанов. Этот хищник-бентофаг из-за своей массовости должен оказывать существенное влияние на гидроценозы. Несмотря на мелкие размеры краба, его активно добывают кустарным способом. Есть отдельные сведения о распространении вида и небольшие заметки о морфометрии и линейном росте его самцов. Получены новые данные о половой структуре, размерном составе, репродукции краба *S. vittata* в заливе Нячанг в феврале 2014 г. Соотношение полов в пробе было близко к равному, общая длина тела самцов и самок – сравнимой (32,3–42,9 и 29,5–43,3 мм, соответственно), по ширине карапакса: при доминировании особей обоих полов схожих размеров (около 19 мм) встречены более крупные самки. Весовой рост особей опережал линейный. Размер половозрелости, полученный двумя методами, для самцов составил 19–22, для самок – менее 16 мм. Февраль – время активного нереста крабов в заливе, размер зрелых ооцитов – 0,22x0,24 мм, гонадосоматический индекс у преднерестовых самок, в среднем, 5,4 %. Плодовитость достигала 2014 яиц размером у только что отложенных 0,2x0,3 мм. Нерестовый сезон продолжительный с возможностью производства более двух кладок яиц в году. Основные черты репродукции *S. vittata* в заливе Нячанг схожи с таковыми у другого вида кошельковых крабов – *Lyphira perplexa* Galil, 2009. Экстенсивность поражения «панцирной болезнью ракообразных» у *S. vittata* – 3,3 %.

кошельковые крабы, Seulocia vittata, Южно-Китайское море, размеры, репродукция, созревание, плодовитость, размеры ооцитов, размеры яиц

Seulocia vittata (Stimpson, 1858) – a species of purse crabs in the coastal waters of the Indian Ocean and of the western part of the Pacific Ocean. This benthos eating predator, due to its massiveness, should have a significant effect on hydrocenoses. Despite the small size of the crab, it is actively harvested by a coastal (handicraft) fishery. There is some information about distribution of the species and notes on the morphometry and linear growth of males. New information was obtained on the sex structure, size composition, reproduction of the crab *S. vittata* in Nha Trang Bay in February 2014. Sex ratio in the sample was close to equal, total body length of males and females was

comparable (32,3–42.9 mm and 29,5–43,3 mm, respectively), in the width of the carapace: with the dominance of both sex individuals of similar size (about 19 mm), larger females were found. Weight growth of individuals was ahead of linear growth. The maturity size (carapace width), obtained by two methods, was 19–22 mm for males, less than 16 mm-for females. February is the time of active spawning of crabs; sizes of ripe oocytes were 0,22x0,24 mm, gonadosomatic index in prespawning females, on average-5,4 %. The fecundity reached 2014 eggs with their sizes of 0,2x0,3 mm. The spawning season was long timed; females were able to produce more than two clutches of eggs per year. The main features of reproduction of *S. vittata* in Nha Trang Bay were similar to these in another species of purse crabs – *Lyphira perplexa* Galil, 2009. The frequency of occurrence of «shell disease» signs – 3,3 %.

purse crabs, Seulocia vittata, the South China sea, sizes, reproduction, maturity, fecundity, sizes of ripe oocytes, eggs sizes

ВВЕДЕНИЕ

Краб *Seulocia vittata* (Stimpson, 1858) из группы кошельковых массово встречается в прибрежье ряда стран Тихого и Индийского океанов [1]. В заливе Нячанг Южно-Китайского моря вид вместе с родственным (этого же семейства) крабом *Lyphira perplexa* Galil, 2009 образуют весьма массовые поселения, влияющие на гидроценозы: крабы – активные хищники-бентофаги, конкурируют за пищу с рядом бентосоядных массовых и промысловых видов рыб Южно-Китайского моря [2]. Несмотря на мелкие размеры, краба массово добывают кустарным способом (вручную, с помощью крабовых ловушек) (устное сообщение И. Н. Марина, Институт им. А. Н. Северцова), продают на местных рынках. *S. vittata* – достаточно новый для науки вид, на сегодня есть сведения о его распространении [3–9], некоторые данные о росте и половом созревании самцов [10–14].

Работа выполнена по заказу Института проблем экологии и эволюции имени А. Н. Северцова (г. Москва). Цель исследования: оценка размерно-половой структуры и воспроизводства краба *S. vittata* в заливе Нячанг. Его результаты способствуют решению проблем сохранения биоразнообразия животных в донных гидроценозах Южно-Китайского моря.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом послужили 244 экз. крабов *S. vittata*, отобранных И. Н. Мариным случайным образом из свежих уловов рыбаков (залив Нячанг) 6 февраля 2014 г.; материал зафиксирован 70%-ным спиртом. Методика лабораторного биологического анализа крабов [15] объединяла подходы трех методик [16–19]. Устанавливали индивидуальную массу особей, пол (по первичным и вторичным половым признакам [9]), размеры тела (общую длину тела (ДТ), ширину (ШК) и длину (ДК) карапакса). Применены два метода для определения размера половозрелости крабов: морфометрический основан на оценке изменения скорости роста структурных элементов экзоскелета при половом созревании особей; в гистологическом оценивают степень зрелости гонад [20, 21]. Морфометрия элементов экзоскелета [15] выполнена с точностью 0,01 мм; для изучения их линейного роста использовано аллометрическое уравнение: $y=Bx^a$ [19]. Стадию зрело-

сти гонад устанавливали у яичников – по шестибальной шкале [15]; у семенников – по трёхбальной (стадия I – гонады слабо развиты, светлой окраски, в виде нитей; стадия II – семенники более развиты, приобретают оранжевую окраску, увеличиваются в размере, слабо извитого вида; стадия III – гонады хорошо развиты, ярко-оранжевой окраски, сильно извитого вида (ориг.)). У яйценосных самок оценивали стадию развития эмбрионов (по пятибальной шкале) [15]. Определяли разовую реализованную плодовитость: подсчитывали все яйца, снятые с плеоподов. Два диаметра (большой и малый) измеряли с точностью 0,01 мм у 10 ооцитов/яиц и вычисляли средние значения. Объем яйца эллипсоидной формы считали по формуле: $V = 3,14 \times X \times Y^2 : 6$ (x – длина; y – ширина яйца, мм). Стадию личиночного цикла оценивали по трехбальной шкале. Отмечали присутствие визуально различимых паразитов и комменсалов на панцире крабов [22, 23].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Соотношение полов в пробе *S. vittata* приближалось к равному (табл. 1). В пробе родственного краба *Lyphira perplexa*, собранной одновременно с пробой лефиры, самцов было чуть больше (63 %) [15]. Их преобладание может быть результатом особенностей поведения крабов разных полов или/и методов сбора материала.

В целом ДТ крабов *S. vittata* составила 29,5–43,3 мм. Средние и максимальные размеры как самцов, так и самок вида были несколько крупнее таковых у крабов *L. perplexa* [15] (табл. 1).

Таблица 1. Размеры крабов *S. vittata* и *L. perplexa*, залив Нячанг (со – стандартное отклонение; ср – среднее значение)

Table 1. Sizes of crabs *S. vittata* and *L. perplexa*, the Nha Trang Bay (co – standard definition; cp – mean value)

Вид краба	Длина тела, мм					
	самцы			самки		
	минимум	максимум	ср±со	минимум	максимум	ср±со
<i>Seulocia vittata</i>	32,3	42,9	37,9±1,8	29,5	43,3	39,0±2,4
<i>Lyphira perplexa</i>	26,7	40,9	34,6±3,2	27,5	37,9	33,0±1,8

Ювенильные особи и самые мелкие самки (менее 26–29 мм) в анализ не вошли из-за особенностей сбора материала. По ширине карапакса самки *S. vittata* достигали более крупных размеров, чем самцы (рис. 1), чего не наблюдалось у *L. perplexa* [15]. У *S. vittata* среди самцов и самок доминировали особи схожих размеров (мода 19 мм); у *L. perplexa* – близких значений: 18 и 18–22 мм, соответственно [15]. Мы обнаружили в заливе Нячанг Южно-Китайского моря самых крупных самцов *S. vittata* (ДК до 24,9 мм): ранее известные их размеры (ДК до 23,9 мм; Индийский океан) [2] меньше таковых, полученных нами.

Масса тела особей *S. vittata* составила 1,80–5,72 г, что близко к ее значениям у *L. perplexa* – 1,50–6,42 г [15]. Масса тела самок *S. vittata* – до 5,54 г при ШК до 22,1 мм, самцов – до 5,72 г при ШК до 21,7 мм; по средним величинам масса особей обоих полов не отличалась (3,65±0,98 и 3,90±0,70 г).

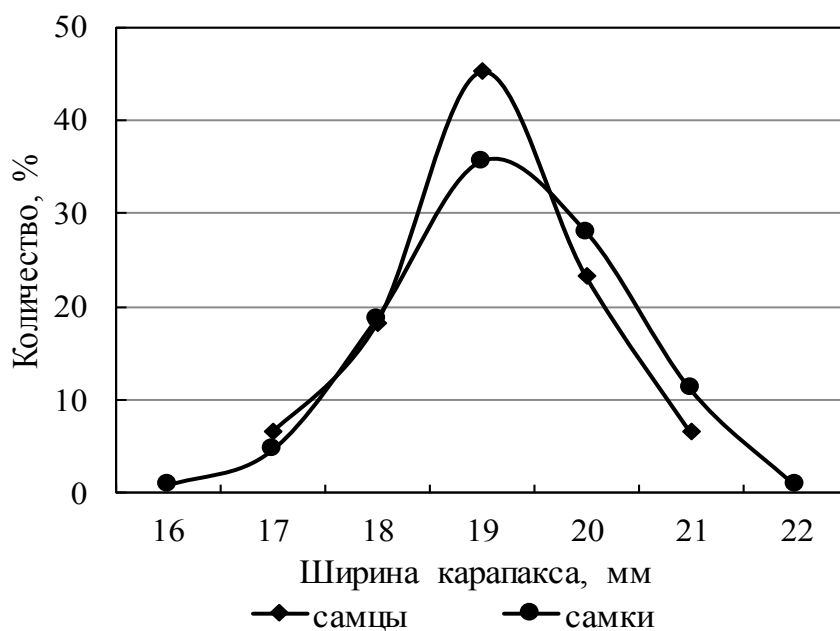


Рис. 1. Размеры *S. vittata*, залив Нячанг
 Fig. 1. Sizes of *S. vittata*, Nha Trang Bay

Для *S. vittata* отмечена средняя степень зависимости между параметрами размер-масса; весовой рост особей обоих видов опережал линейный [15] (рис. 2).

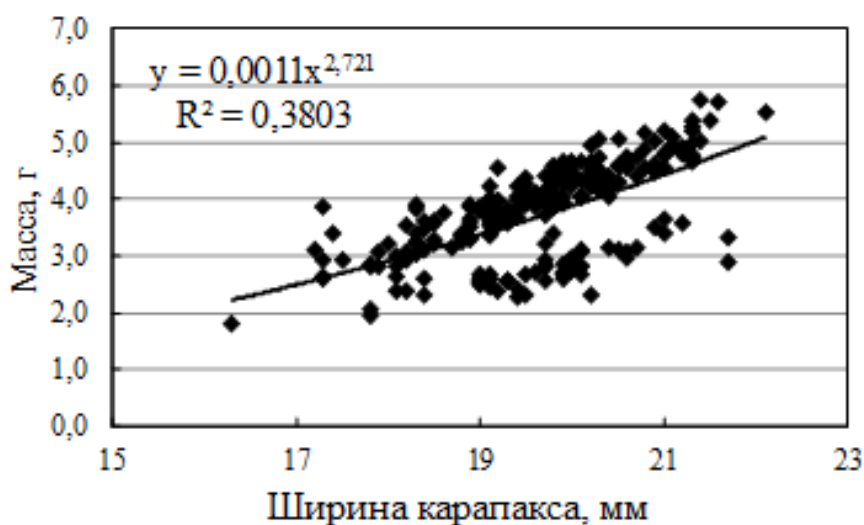


Рис. 2. Размерно-весовая зависимость у крабов *S. vittata*, залив Нячанг
 Fig. 2. Size-weight relationship in *S. vittata* crabs, Nha Trang Bay

Для изучения линейного роста элементов панциря самцов и определения морфометрическим методом размера их половозрелости были построены кривые аллометрии размерных признаков по отношению к размерам карапакса. Полученные коэффициенты уравнения аллометрии (a, B) – в табл. 2.

У самцов сеулоции рост значимых для оценки размера половозрелости элементов экзоскелета более связан с ростом карапакса в ширину; средняя по силе корреляция обнаружена у размеров карапакса и клешни, при этом у наиболее

связанного признака (ширина ладони клешни) отмечена положительная аллометрия (коэффициент аллометрии – 1,2), т.е. рост клешни в ширину с определенного размера самцов начинает опережать рост карапакса в ширину. Измерять мерус торакоподов для установления размера половозрелости самцов *S. vittata* не рекомендуется (его рост практически не зависел от роста карапакса), то же было отмечено для самцов *L. perplexa* [15].

Таблица 2. Анализ аллометрии ряда элементов экзоскелета самцов *S. vittata*, залив Нячанг (R – коэффициент Пирсона)

Table 2. Analysis of the allometry of some exoskeleton elements in *S. vittata* males, Nha Trang Bay (R – Pearson's coefficient)

Пластические признаки	Индекс: признак / ДК			Индекс: признак / ШК		
	<i>B</i>	<i>a</i>	R	<i>B</i>	<i>a</i>	R
Длина карапакса	—	—	—	1,664	0,79	0,78
Ширина карапакса	1,664	0,79	0,78	—	—	—
Длина абдомена	1,148	0,83	0,63	1,667	0,74	0,60
Ширина абдомена	0,376	0,91	0,65	0,557	0,86	0,62
Ширина ладони клешни	0,172	1,17	0,64	0,190	1,20	0,65
Длина ладони клешни	0,379	1,00	0,55	0,399	1,03	0,60
Длина клешни	0,857	0,91	0,60	0,783	0,99	0,69
Ширина меруса ТЗ	0,131	0,93	0,36	0,110	1,03	0,43
Длина меруса ТЗ	0,556	0,82	0,50	0,670	0,80	0,52

Поскольку у самцов *S. vittata* рост меруса торакоподов слабо зависел от роста карапакса, он не пригоден для определения размера их полового созревания; то же было отмечено для самцов *L. perplexa* [15]. У самцов обоих видов клешня – наиболее показательная часть экзоскелета для определения размера половозрелости. Именно смену типа роста клешни с изометрического на аллометрический у самцов крабов связывают с наступлением функционального полового созревания [19, 21]. Анализ графиков аллометрии показал, что смена типа роста клешни у самцов *S. vittata* появилась при ШК 19,2–19,3 мм, что позволяет предположить это значение за размер их половозрелости. Для более точного определения размера половозрелости использовали метод Хартнолла [19, 24]. Оценено два варианта графиков аллометрии клешни в ширину (за размер половозрелости принята ШК 19,2 мм (рис. 3, а, в) / или – ШК 19,3 мм (рис. 3, б, г)). Решение уравнений, полученных на графиках, дало два размера половозрелости самцов *S. vittata*: ШК 18,9 и 19,2 мм.

Применение гистологического метода показало: у 7 % самцов *S. vittata* с ШК 17,2–18,0 мм семенники были в стадии I; у 40 % (ШК 18,1–19,6 мм) – в стадии II; 53 % (ШК 19,7–21,7 мм) имели хорошо развитые гонады (в стадии III). За размер половозрелости принята ШК 19,7–21,7 мм. Сравнение этих размеров, полученных двумя методами, показало: у самцов сеулоции клешня развивается до

состояния готовности участвовать в спаривании раньше, чем созревают их семенники.

У самок *S. vittata* применение морфометрического метода выявило ряд особенностей линейного роста: рост абдомена, элементов клешни практически изометричен; для меруса торакоподов отмечена положительная аллометрия (табл. 3). Для самок *L. perplexa* тоже описан изометричный рост клешни [15]. Вывод: для успешного спаривания самок достижение клешней определенных размеров не важно. Схожие выводы (для самцов морфометрический метод пригоден, для самок – нет) получен для ряда других крабов [9, 20, 21].

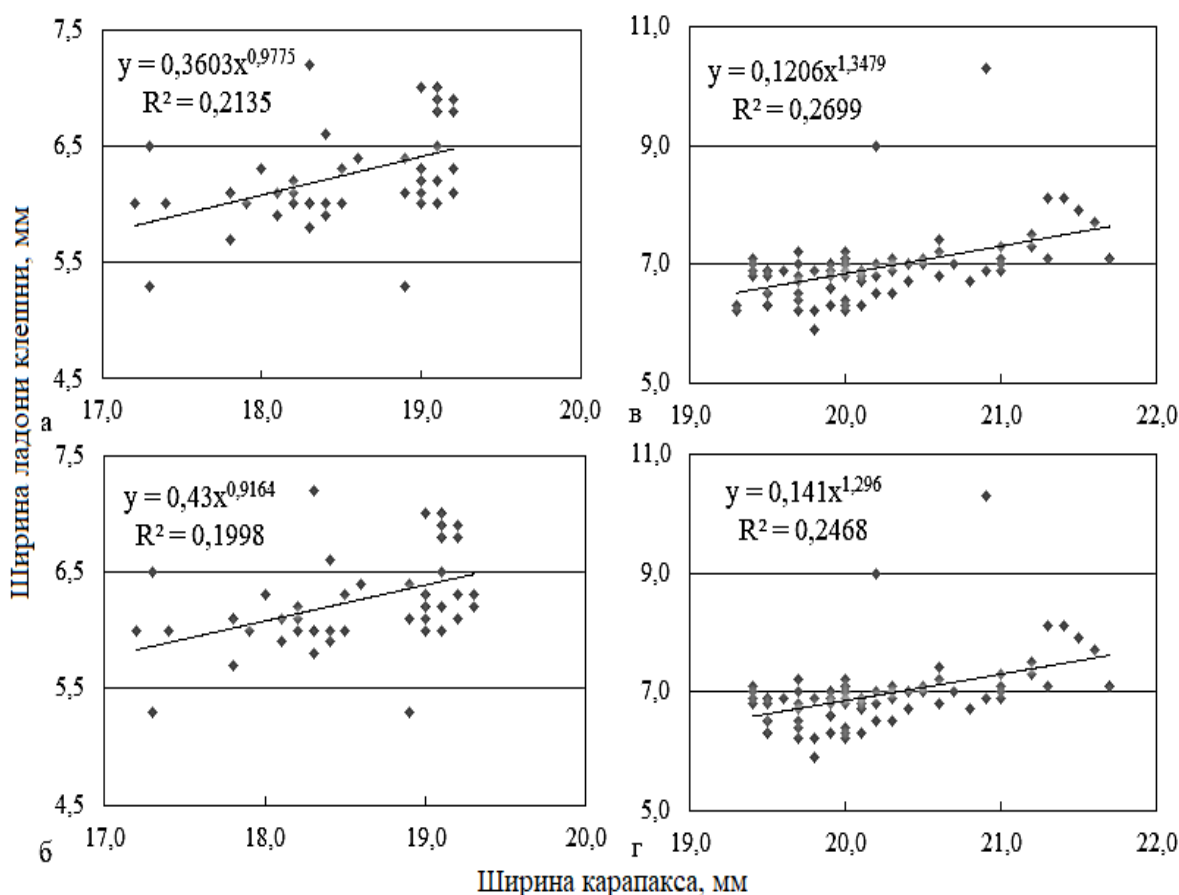


Рис. 3. Аллометрия клешни в ширину у самцов *S. vittata*: а, б – неполовозрелые особи (ширина карапакса менее 19,2 мм); в, г – половозрелые особи (ширина карапакса более 19,2 мм)

Fig. 3. Allometry of chela width in *S. vittata* males: а,б – immature individuals (carapace width is less than 19,2 mm); в, г – mature individuals (carapace width is more than 19,2 mm) (ШЛК – width of chela palm)

Таблица 3. Анализ аллометрии ряда элементов экзоскелета самок *S. vittata*, залив Нячанг (R – коэффициент Пирсона)

Table 3. Analysis of the allometry of some exoskeleton elements in *S. vittata* females, Nha Trang Bay (R – Pearson's coefficient)

Пластические признаки	Индекс: признак / ДК			Индекс: признак / ШК		
	<i>B</i>	<i>a</i>	R	<i>B</i>	<i>a</i>	R
Длина карапакса	—	—	—	0,984	1,05	0,94
Ширина карапакса	1,404	0,85	0,94	—	—	—
Длина абдомена	1,673	1,03	0,95	0,592	1,12	0,93
Ширина абдомена	0,580	0,97	0,89	0,478	1,07	0,89
Ширина ладони клешни	0,295	0,99	0,82	0,236	1,11	0,83
Длина ладони клешни	0,310	1,02	0,81	0,250	1,13	0,82
Длина клешни	0,681	0,95	0,86	0,513	1,08	0,89
Ширина меруса T3	0,038	1,33	0,74	0,037	1,40	0,70
Длина меруса T3	0,199	1,13	0,84	0,166	1,24	0,82

Для самок крабов определять размер первого полового созревания стоит, оценивая стадию зрелости яичников, где стадия II означает достижение самкой репродуктивного состояния, когда яичники готовы впервые вступить в период активного экзогенного вителлогенеза, стимулом к чему часто выступает линька половозрелости и/или первое спаривание [17, 18].

Время исследования (февраль) пришлось на активный нерест крабов *S. vittata* в заливе Нячанг – яйценосные особи в 6 раз доминировали над самками без яиц; большинство яйценосных особей (85 % от всех самок; ШК 16,3-22,1) вынашивали эмбрионы в начальных и средней стадиях развития, имея созревающие гонады, т.е. готовились к следующему нересту в ближайшее время (рис. 4); одна самка (ШК 19,2 мм), имея неразвитые яичники, вынашивала только что отложенные яйца; среди самок без яиц половина особей (6,5 % от всех самок) созревала (стадии зрелости III—V; ШК 18,4-21,2 мм), вторая половина (7,5 %) отдыхала после предыдущего нереста (стадия зрелости VI-II; ШК 18,9–21,4 мм) (рис. 4). Самки *L. perplexa* тоже активно нерестились в это время [15].

Размеры зрелых ооцитов у *S. vittata* были: 0,210–0,250 мм (ширина) x 0,225–0,253 мм (длина) (0,220±0,01 x 0,245±0,02 мм). Это сопоставимо с таковыми размерами у *L. perplexa* [15]. Самки *S. vittata* вынашивали эмбрионы в стадиях развития от начала до середины эмбриогенеза (табл. 4, рис. 4); развитие вынашиваемых эмбрионов протекало достаточно синхронно с созреванием яичников. Такая же закономерность отмечена для *L. perplexa* [15], некоторых других крабов [25], многих креветок [26]: она позволяет самкам максимально использовать нерестовый сезон – производить несколько кладок.

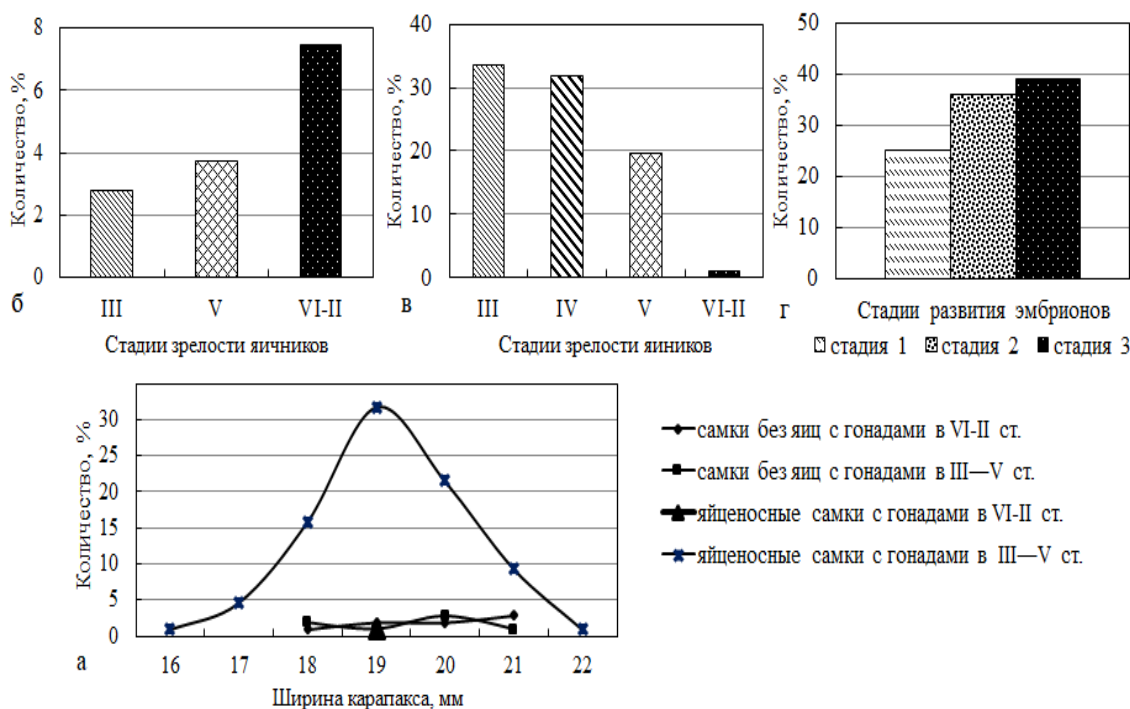


Рис. 4. Репродуктивное состояние самок *S. vittata*: а – размеры; б, в – стадии зрелости яичников у особей без яиц (б) и яйценосных самок (в); г – стадии развития эмбрионов, залив Нячанг

Fig. 4. Reproductive state of *S. vittata* females: а – sizes; б – stages of ovaries maturity in non-ovigerous (б) and ovigerous specimens (в); г – embryonic development stages, the Nha Trang Bay

Таблица 4. Размеры яиц, плодовитость (количество яиц) у краба *S. vittata* (д – диапазон; со – стандартное отклонение; ср – среднее значение)

Table 4. Egg sizes, fecundity (egg quantity) in *S. vittata* crab (д – range; со – standard definition; ср – mean)

Стадия эмбриогенеза	N ♀♀	ШК, мм		Плодовитость		Размеры яиц					
		д	ср±со	д	ср±со	ширина, мм		длина, мм		объем, мм ³	
						д	ср±со	д	ср±со	д	ср±со
1	23	16,3–19,8	18,9±0,8	1715–2548	2167±226	0,18–0,23	0,20±0,01	0,21–0,27	0,24±0,01	0,003–0,007	0,005±0,001
2	33	17,3–21,3	19,7±0,9	1754–2980	2339±343	0,22–0,25	0,24±0,01	0,27–0,30	0,28±0,01	0,006–0,010	0,008±0,001
3	36	17,3–22,1	19,8±1,2	1769–3014	2347±358	0,23–0,26	0,25±0,01	0,27–0,31	0,29±0,01	0,007–0,011	0,009±0,001

Плодовитость 92 самок *S. vittata* (ШК 16,3-22,1 мм) составила 1715–3014 яиц (табл. 4). Это близко к значениям плодовитости, полученным для *L. Perplexa*, – до 3282 яиц [15]. У *S. vittata* можно предположить отсутствие серьезных потерь яиц за начальный период эмбриогенеза (с 1-й по 3-ю стадии) (табл. 4). То же описано для *L. perplexa* [15]. Размеры яиц у *S. vittata* увеличились за период с начала

до середины эмбриогенеза: по ширине и длине – в 1,2 раза, по объему – в 1,8 раз (табл. 6), что схоже с данными для *L. perplexa* (в 1,2 и 1,5 раза, соответственно) [15]. У ряда других десятиногих раков увеличение размеров яиц за весь процесс эмбриогенеза произошло, в среднем, в 1,1–1,6 раз [26–28].

Линяющие особи *S. vittata* не обнаружены, то же описано для *L. perplexa* [15]. У 3,3 % особей *S. vittata* (у семи на карапаксе: пять самцов, ШК 19,4–21,2 мм, и две самки, ШК 19,1–20,6 мм; у одного самца (ШК 20,6 мм) на клешненой ноге) отмечены разрушения экзоскелета неправильной формы, разной степени, напоминающие клинические признаки панцирной болезни ракообразных [23]. Схожие признаки описаны у 2,2 % особей *L. perplexa* [15]. У камчатского краба причиной болезни считают бактерии родов *Pseudomonas*, *Vibrio* и *Aeromonas*; серьезные разрушения экзоскелета могут приводить к тяжелым патологиям внутренних органов и гибели крабов [22, 23].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Общие черты биологии *Seulocia vittata* залива Нячанг (размеры тела, масса особей, размер достижения половозрелости, репродуктивное состояние самок) сравнимы с таковыми, отмеченными для родственных видов семейства кошельковых крабов. Можно описать ряд черт репродуктивного цикла мелководного тропического краба *S. vittata* из залива Нячанг. Самцы достигают функциональной зрелости (у них для успешного спаривания отрастают более крупные клешни), принимают участие в нересте по достижении размера (ширина карапакса) 19–22 мм; самки готовы к первому спариванию при меньших размерах – менее 16 мм. За продолжительный нерестовый сезон, благодаря синхронизации процессов созревания яичников и эмбриогенеза, самки краба могут нереститься несколько раз, откладывая разово до 3 тыс. яиц размерами 0,2х0,3 мм. Из-за хранения спермы самками можно предположить откладку ими нескольких кладок яиц за сезон без повторных спариваний.

Авторы выражают благодарность Ивану Николаевичу Марину (Институт проблем экологии и эволюции имени А. Н. Северцова, г. Москва) за собранный и переданный материал и полезную литературу.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Galil, B. S. Contributions to the knowledge of Leucosiidae IV. *Seulocia* gen. nov. (Crustacea: Brachyura) / B. S. Galil // Zool. Med. Leiden. – 79(3) – 2005. – P. 41–59.
2. Южно-Китайское море. Ворота в подводный сад [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.scharks.ru/oceans/> (дата обращения 18.05.2018).]
3. Galil, B. S. An examination of the genus *Philyra* Leach, 1817 (Crustacea, Decapoda, Leucosiidae) with descriptions of seven new genera and six new species / B. S. Galil // Zoosystema. – 31(2) – 2009. – P. 279–320.
4. Subhash, S. J. First record of the *Lyphira perplexa* (Crustacea: Decapoda: Leucosiidae) in Indian waters, with DNA barcoding data / S. J. Subhash, S. Manjusha,

N. Saravannane et al. // Journal of Biodiversity and Environmental Science. – 2014. – Vol. 4. – P. 25–37.

5. Ng, P. K. L. Systema Brachyurorum: Part 1. An Annotated checklist of extant Brachyuran crabs of the world / P. K. L. Ng, D. Guinot, P. J. F. Davie // Raffles Bulletin of Zoology. – 2008. – 286 p.

6. Liu, J. Y. Checklist of marine biota of China seas / J. Y. Liu. – China Science Press. – 2008. – 1267 p.

7. Miyake, S. Japanese Crustacean Decapods and Stomatopods in Color // Brachyura (Crabs) / S. Miyake. – Vol. 2. – Hoikusha, Osaka, 1983. – 277 pp.

8. Wyrteki, K. Scientific results of marine investigations of the South China Sea and Gulf of Thailand 1959-1961 / K. Wyrteki // Naga Report. – San Diego: Scripps Institution of Oceanography, University of California, 1961. – Vol. 2. – P. 164–169.

9. Трофимов, Р. В. Таксономический статус некоторых крабов (Crustacea: Malacostraca: Decapoda: Brachyura) залива Нячанг, Вьетнам / Р. В. Трофимов // Дни науки: межвуз. науч.-техн. конф. студентов и курсантов: материалы. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2016. – С. 94–98.

10. Поддужева, Е. А. Определение размера половозрелости самцов крабов *Lyphira perplexa* Galil, 2009 (Crustacea: Malacostraca: Decapoda: Brachyura: Leucosiidae) залива Нячанг, Вьетнам / Е. А. Поддужева // Дни науки: межвуз. науч.-техн. конф. студентов и курсантов: материалы. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2017. – С. 132–136.

11. Поддужева, Е. А. Морфометрия и состояние панциря самцов крабов *Lyphira perplexa* Galil, 2009 (Crustacea: Malacostraca: Decapoda: Brachyura: Leucosiidae) залива Нячанг Южно-Китайского моря / Е. А. Поддужева // «PontusEuxinus 2017»: X Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых по проблемам водных экосистем, в рамках проведения Года экологии в Российской Федерации, г. Севастополь, 11-16 сент. 2017 г.: тез. – Севастополь: DigitPrint, 2017. – С. 158–161.

12. Поддужева, Е. А. Анализ морфометрии и размера половозрелости самцов и самок крабов *Lyphira perplexa* Galil, 2009 (CRUSTACEA: MALACOSTRACA: DECAPODA: BRACHYURA: LEUCOSIIDAE) залива Нячанг, Вьетнам / Е. А. Поддужева // Дни науки: межвуз. науч.-техн. конф. студентов и курсантов на базе ФГБОУ ВО «КГТУ» (2-15 апр. 2018 г.): материалы. – Калининград: Изд-во БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ», 2018. – С. 146–152.

13. Поддужева, Е. А. Размерная, половая структура и созревание крабов *Lyphira perplexa* Galil, 2009 (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Leucosiidae) залива Нячанг Южно-Китайского моря / Е. А. Поддужева // ЭКОБИО-2018: Экобиологические проблемы Азово-Черноморского региона и комплексное управление биологическими ресурсами: V науч.-практ. молодежн. конф. (8-11 окт. 2018 г., г. Севастополь): материалы. – Севастополь: Филиал МГУ в г. Севастополе, 2018. – С. 128–132.

14. Судник, С. А. Репродуктивная биология крабов *Lyphira perplexa* Galil, 2009 (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Leucosiidae) залива Нячанг Южно-Китайского моря / С. А. Судник, Е. А. Поддужева // VI Международный Балтийский морской форум (3-6 сентября 2018 г.): в 6 т.: VI Междунар. научн. конф.: материалы. – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2018. – Т. 3. Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов. – С. 266–278.

15. Поддубева, Е. А. Биология крабов *Lyphira perplexa* Galil, 2009 (Crustacea: Brachyura: Leucosiidae) Южно-Китайского моря / С. А. Судник, Е. А. Поддубева // Известия Калининградского государственного технического университета. – 2019. – № 52. – С. 43-59.
16. Руководство по изучению десятиногих ракообразных Decapoda дальневосточных морей / сост. В. Е. Родин, А. Г. Слизкин, В. И. Мясоедов [и др.]. – Владивосток: ТИНРО, 1979. – 60 с.
17. Буруковский, Р. Н. Методика биологического анализа некоторых тропических и субтропических креветок / Р. Н. Буруковский // Промышленно-биологические исследования морских беспозвоночных. – Москва: ВНИРО, 1992. – С. 77–84.
18. Sudnik, S. A. The method of biological analysis for caridean shrimps (Decapoda: Natantia: Caridea) with emphasis on pelagic shrimps / S. A. Sudnik, T. Falkenhaus // Наука и общество в условиях глобализации: Междунар. науч.-практ. конф., г. Уфа, 21–22 апреля 2014 г.: материалы. – Уфа: Изд-во РИО ИЦИПТ, 2014. – С. 7–11.
19. Клитин, А. К. Распределение, биология и функциональная структура ареала камчатского краба в водах Сахалина и Курильских островов: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.18 / Клитин Андрей Константинович; СахНИРО. – Южно-Сахалинск, 2002. – С. 12-17.
20. Живоглядова, Л. А. Морфометрическое созревание самок и самцов равношипного краба (*Lithodes aequispina* Benedict) у северных Курильских островов / Л. А. Живоглядова // Известия ТИНРО-центра. – Владивосток, 2001. – Т. 128. – Ч. 2. – С. 659–662.
21. Шагинян, Э. Р. Размер половозрелости самок и самцов равношипного краба восточной части Охотского моря / Э. Р. Шагинян // Современное состояние популяций крабов Баренцева моря и их взаимодействие с донными биоценозами: междунар. конф.: тр.– Мурманск, 2006. – С. 109–111.
22. Дворецкий, А. Г. Основные симбионты камчатского краба в Баренцевом море / А. Г. Дворецкий, С. А. Кузьмин, Т. А. Бритаев // Современное состояние популяций крабов Баренцева моря и их взаимодействие с донными биоценозами: междунар. конф.: тр. – Мурманск, 2006. – С. 25–28.
23. Устименко, Е. А. Воздействие патогенов различной этиологии на камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius) в Охотском море / Е. А. Устименко, И. В. Карманова, Т. В. Рязанова // Современное состояние популяций крабов Баренцева моря и их взаимодействие с донными биоценозами: междунар. конф.: тр.– Мурманск, 2006. – С. 101–103.
24. Hartnoll, R. G. The determination of relative growth in crustacean / R. G. Hartnoll // Crustacea. – 1978. – Vol. 34. – № 3. – P. 281–293.
25. Залота, А. К. Чужеродные виды десятиногих ракообразных (Crustacea Decapoda) в морях России и сопредельных водах: дис. ... канд. биол. наук: 03.02.10 / Залота Анна Константиновна; ФГБУ ИОРАН. – Москва, 2017. – 255 с.
26. Судник, С. А. Экологические аспекты репродуктивных стратегий креветок: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16 / Судник Светлана Александровна; ФГОУ ВПО «КГТУ». – Калининград, 2008. – 313 с.

27. Lardies, M. A. Aspects of the reproductive biology of *Petrolisthes laevigatus* (Guerin, 1835) (Decapoda, Anomura, Porcellanidae). Reproductive output and chemical composition of eggs during embryonic development / M. A. Lardies, I. S. Wehrtmann // Archive of fishery and marine research. – 1996. – Vol. 43. – Issue 2. – P. 121–135.

28. Gregat, R. A. Population biology of the burrowing crab *Neohelice granulata* (Crustacea: Decapoda: Varunidae) from a tropical mangrove in Brazil / R. A. Gregat, M. L. Negreiros-Fransozo // Zoologia. – 2009. – № 26. – P. 32–37.

REFERENCES

1. Galil B. S. Contributions to the knowledge of Leucosiidae IV. *Seulocia* gen. nov. (Crustacea: Brachyura). *Zool. Med.* Leiden, 2005, vol. 79, no. 3, pp. 41–59.

2. *Yuzhno-Kitayskoe more. Vorota v podvodnyy sad* [The South China Sea. Gates to the underwater garden]. Available at: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/54/30/> (Accessed 18 May 2018).

3. Galil B. S. An examination of the genus *Philyra* Leach, 1817 (Crustacea, Decapoda, Leucosiidae) with descriptions of seven new genera and six new species. *Zoosystema*, 2009, vol. 31, no. 2, pp. 279–320.

4. Subhash S. J., Manyusha S., Saravannane N. et al. First record of the *Lyphira perplexa* (Crustacea: Decapoda: Leucosidae) in Indian waters, with DNA barcoding data. *Journal of Biodiversity and Environmental Science*, 2014, vol. 4, pp. 25–37.

5. Ng P. K. L., Guinot D., Davie P. J. F. Systema Brachyurorum: P. 1. An Annotated checklist of extant Brachyuran crabs of the world. *Raffles Bulletin of Zoology*, 2008, 286 p.

6. Liu J. Y. *Checklist of marine biota of China seas*. China Science Press, 2008, 1267 p.

7. Miyake S. *Japanese Crustacean Decapods and Stomatopods in Color*. Hoikusha, Osaka, 1983, vol. 2. Brachyura (Crabs), 277 p.

8. Wyrski K. Scientific results of marine investigations of the South China Sea and Gulf of Thailand 1959–1961. *Naga Report*, San Diego: Scripps Institution of Oceanography, University of California, 1961, vol. 2, pp. 164–169.

9. Trofimov R. V. Taksonomicheskiy status nekotorykh krabov (Crustacea: Malacostraca: Decapoda: Brachyura) zaliva Nyachang, V'etnam [Taxonomic status of some crabs (Crustacea: Malacostraca: Decapoda: Brachyura) of Nha Trang Bay, Vietnam]. *Materialy mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. studentov i kursantov "Dni nauki"* [Materials of Inter. sci.-tech. conf. of students and cadets "Days of science"]. Kaliningrad, FGBOU VPO "KGTU", 2016, pp. 94–98.

10. Poddueva E. A. Opredelenie razmera polovozrelosti samtsov i samok krabov *Lyphira perplexa* Galil, 2009 (Crustacea: Malacostraca: Decapoda: Brachyura: Leucosiidae) zaliva Nyachang, V'etnam [Determination of the maturity size of males of crab *Lyphira perplexa* Galil, 2009 (Crustacea: Malacostraca: Decapoda: Brachyura: Leucosiidae) of Nha Trang Bay, Vietnam]. *Materialy mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. studentov i kursantov "Dni nauki"* [Materials of Inter. sci.-tech. conf. of students and kadets "Days of science"]. Kaliningrad, FGBOU VPO "KGTU", 2017, pp. 132–136.

11. Poddueva E. A. Morfometriya i sostoyanie pantsirya samtsov krabov *Lyphira perplexa* Galil, 2009 (Crustacea: Malacostraca: Decapoda: Brachyura: Leucosiidae)

zaliva Nyachang Yuzhno-Kitayskogo morya [Morphometry and condition of the exoskeleton of males of crab *Lyphira perplexa* Galil, 2009 (Crustacea: Malacostraca: Decapoda: Brachyura: Leucosiidae) of Nha Trang Bay, the South China Sea]. *Tezisy X Vseross. nauch.-prakt. konf. molodykh uchennykh po problemam vodnykh ekosistem "PontusEuxinus 2017"*, v ramkakh provedeniya Goda ekologii v RF, Sevastopol, 11–16 sentyabrya 2017 [Abstracts X All-Russ. sci.-pract. conf. of young scientists on problems of aquatic ecosystems "PontusEuxinus 2017", as part of the Year of Ecology in the RF, Sevastopol, September 11–16, 2017]. Sevastopol, DigitPrint, 2017, pp. 158–161.

12. Poddueva E. A. Analis morfometrii i razmera polovozrelosti samtsov i samok krabov *Lyphira perplexa* Galil, 2009 (Crustacea: Malacostraca: Decapoda: Brachyura: Leucosiidae) zaliva Nyachang, V'etnam [Analysis of the morphometry and size of maturity of males and females of crab *Lyphira perplexa* Galil, 2009 (Crustacea: Malacostraca: Decapoda: Brachyura: Leucosiidae) of Nha Trang Bay, Vietnam]. *Materialy Mezhdvuz. nauch.-tekhn. konf. studentov i kursantov "Dni nauki", FGBOU VPO "KGTU" (12–15 aprelya 2018 g.)*. [Materials of Interuniv. sci.-tech. conf. of students and cadets "Days of science", FSEI HE "KSTU" (2–15 April 2018)]. Kaliningrad, FGBOU VPO "KGTU", 2018, pp. 146–152.

13. Poddueva E. A. Razmernaya, polovaya struktura i sozrevanie krabov *Lyphira perplexa* Galil, 2009 (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Leucosiidae) zaliva Nyachang Yuzhno-Kitayskogo morya [Size, sexual structure and maturation of crab *Lyphira perplexa* Galil, 2009 (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Leucosiidae) in the Nha Trang Bay of the South China Sea]. *Materialy V nauch.-prakt. molodyozh. konf. "ECOBIO-2018": Ecobiologicheskie problemy Azovo-Chernomorskogo regiona i kompleksnoe upravlenie biologicheskimi resursami (8–11 oktyabrya 2018, Sevastopol)* [Materials of V sci.-pract. youth conf. "ECOBIO-2018": Ecobiological problems of the Azov-Black Sea region and integrated management of biological resources (October 8–11, 2018, Sevastopol)]. Sevastopol, 2018, pp. 128–132.

14. Sudnik S. A., Poddueva E. A. Reproductivnaya biologiya krabov *Lyphira perplexa* Galil, 2009 (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Leucosiidae) zaliva Nyachang Yuzhno-Kitayskogo morya [Reproductive biology of crab *Lyphira perplexa* Galil, 2009 (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Leucosiidae) in the Nha Trang Bay of the South China Sea]. *Materialy VI Mezhdunar. nauch. konf.: VI Mezhdunar. Baltiyskiy morskoy forum (3–6 sentyabrya 2018): v 6 t. T. 3. Vodnye bioresursy, akvakul'tura i ekologiya vodoyomov* [Materials of VI Intern. sci. conf.: VI Intern. Baltic Maritime Forum (September 3–6, 2018): in 6 vol. Vol. 3. Aquatic bioresources, aquaculture and ecology of water reservoirs]. Kaliningrad, FGBOU VO "KGTU", 2018, pp. 266–278.

15. Sudnik S. A., Poddueva E. A. Biologiya kraba *Lyphira perplexa* Galil, 2009 (Crustacea: Brachyura: Leucosiidae) Yuzhno-Kitayskogo morya [Biology of crabs *Lyphira perplexa* Galil, 2009 (Crustacea: Brachyura: Leucosiidae) of the South China Sea]. *Nauchny zhurnal «Izvestia KGTU»*, 2019, no. 52, pp. 43–59.

16. *Rukovodstvo po izucheniyu desyatinogikh rakoobraznykh Decapoda dal'nevostochnykh morey* [Guide to the study of decapod crustaceans of the Far Eastern seas]. (Eds. Rodin V. E., Slizkin A. G. et al.). Vladivostok, TINRO, 1979, 60 p.

17. Burukovskiy R. N. Metodika biologicheskogo analiza nekotorykh tropicheskikh i subtropicheskikh krevetok [Method of biological analysis of some tropical and subtropical shrimps]. *Promyslovo-biologicheskie issledovaniya morskikh bespozvo-*

nochnykh [Commercial and biological studies of marine invertebrates]. Moscow, Tr. VNIRO, 1992, pp. 77–84.

18. Sudnik S. A., Falkenhaus T. The method of biological analysis for caridean shrimps (Decapoda: Natantia: Caridea) with emphasis on pelagic shrimps. *Materialy Mezhevuz. nauch.-prakt. conf. "Nauka i obshchestvo v usloviyakh globalizatsii"*. Ufa, 21-22.04. 2014. [Materials Int. sci.-pract. conf. "Science and society in the context of globalization". Ufa, 21–22.04.2014]. Ufa, RIO ICIPT, 2014, pp. 7–11.

19. Klitin A. K. *Raspredelenie, biologiya i funktsional'naya struktura areala kamchatskogo kraba v vodakh Sakhalina i Kuril'skikh ostrovov. Diss. kand. biol. nauk* [Distribution, biology and functional structure of the Kamchatka crab range in the waters of Sakhalin and the Kuril Islands. Dis. PhD. biol. sci.]. Yuzhno-Sakhalinsk, 2002, 215 p.

20. Zhivoglyadova L. A. *Morfometricheskoe sozrevanie samok i samtsov ravnoshipogo kraba (Lithodes aequispina Benedict) u severnykh Kuril'skikh ostrovov* [Morphometric maturation of females and males of the crab *Lithodes aequispina* Benedict in the northern Kurile Islands]. *Izvestiya TINRO* [News of TINRO-Center]. 2001, vol. 28, Part II, pp. 659–662.

21. Shaginyan E. R. *Razmer polovozrelosti samok i samtsov ravnoshipogo kraba Lithodes aequispina vostochnoy chasti Okhotskogo morya* [Puberty size of females and males of crab *Lithodes aequispina* in the eastern part of the Sea of Okhotsk]. *Tr. mezhdunar. konf. "Sovremennoe sostoyanie populyatsiy krabov Barentseva morya, ikh vzaimodeystvie s donnymi biotsenozami"* [Proc. inter. conf. "Current status of crab populations of the Barents Sea and their interaction with bottom biocenoses"]. Murmansk, 2006, pp. 109–111.

22. Dvoreckiy A. G., Kuzmin S. A., Britaev T. A. *Osnovnye simbioty kamchatskogo kraba v Barentsevom more* [Main symbionts of the Kamchatka crab in the Barents Sea]. *Tr. mezhdunar. konf. "Sovremennoe sostoyanie populyatsiy krabov Barentseva morya i ikh vzaimodeystvie s donnymi biotsenozami"* [Proc. inter. conf. "Current status of crab populations of the Barents Sea and their interaction with bottom biocenoses"]. Murmansk, 2006, pp. 25–28.

23. Ustimenko E. A., Karmanova I. V., Ryazanova T. V. *Vozdeystvie patogenov razlichnoy etiologii na kamchatskogo kraba Paralithodes camtschaticus v Okhotskom more* [Impact of pathogens of various etiologies on Kamchatka crab *Paralithodes camtschaticus* in the Sea of Okhotsk]. *Tr. mezhdunar. konf. "Sovremennoe sostoyanie populyatsiy krabov Barentseva morya i ikh vzaimodeystvie s donnymi biotsenozami"* [Proc. inter. conf. "Current status of crab populations of the Barents Sea and their interaction with bottom biocenoses"]. Murmansk, 2006, pp. 101–103.

24. Hartnoll R. G. The determination of relative growth in crustacean. *Crustacea*, 1978, vol. 34, no. 3, pp. 281–293.

25. Zalota A. K. *Chuzherodnye vidy desyatinogikh rakoobraznykh (Crustacea Decapoda) v moryakh Possii i sopredel'nykh vodakh. Diss. kand. biol. nauk* [Alien species of decapod crustaceans (Crustacea Decapoda) in the seas of Russia and adjacent waters. Dis. PhD. biol. sci.]. Moscow, 2017, 255 p.

26. Sudnik S. A. *Ekologicheskie aspekty reproduktivnykh strategiy krevetok. Diss. kand. biol. nauk* [Ecological aspects of shrimp reproductive strategies. Dis. PhD. biol. sci.]. Kaliningrad, 2008, 313 p.

27. Lardies M. A., Wehrtmann I. S. Aspects of the reproductive biology of *Petrolisthes laevigatus* (Guerin, 1835) (Decapoda, Anomura, Porcellanidae). Reproductive output and chemical composition of eggs during embryonic development. *Archive of fishery and marine research*, 1996, vol. 43, iss. 2, pp. 121–135.

28. Gregat R. A., Negreiros-Fransozo M. L. Population biology of the burrowing crab *Neohelice granulata* (Crustacea: Decapoda: Varunidae) from a tropical mangrove in Brazil. *Zoologia*, 2009, no. 26, pp. 32–37.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Судник Светлана Александровна – Калининградский государственный технический университет; кандидат биологических наук, доцент кафедры аквакультуры, биологии и болезней гидробионтов;
E-mail: svetlana.sudnik@klgtu.ru

Sudnik Svetlana Aleksandrovna – Kaliningrad State Technical University; PhD in Biology, Associate Professor of the Department of Aquaculture, Biology and Diseases of Hydrobionts; E-mail: svetlana.sudnik@klgtu.ru

Поддueva Екатерина Александровна – Атлантический научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (г. Калининград); специалист;
E-mail: katerina.poddueva@mail.ru

Poddueva Ekaterina Aleksandrovna – Atlantic Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography (Kaliningrad); Specialist; E-mail: katerina.poddueva@mail.ru

УДК 574.58 (470.26)(06)

DOI 10.46845/1997-3071-2021-61-39-50

ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЕКИ КРАСНОЙ –
ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ
КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

К. В. Тылик

HYDROECOLOGICAL FEATURES OF THE KRASNAYA RIVER –
NATURE LANDMARK OF THE KALININGRAD REGION HYDROLOGICAL
PROFILE

K. V. Tylik

Гидроэкологические особенности р. Красной обусловлены как природными условиями, так и уровнем антропогенных воздействий. В водном режиме реки довольно четко выделяются: фаза весеннего половодья, относительно низкие летняя и зимняя межени с периодическими паводками. По средним многолетним данным половодье наступает в начале марта и заканчивается в конце апреля. В полноводные годы наибольшие паводковые расходы в апреле могут превышать средние значения в 2–2,5 раза. Сезонная и продольная динамика скорости течения является доминирующим фактором формирования биотопов и биоценозов на разных участках реки, поскольку этот показатель изменяется наиболее сильно. Максимальная скорость течения, превышающая 0,7 м/с во время весеннего половодья, характерна для участков с наибольшим уклоном дна в районе пос. Токаревка. Температура воды в устье реки в целом на 2,5 °С выше, чем в верховье в разных фазах водного режима. В период весеннего половодья при высокой скорости течения и турбулентности водного потока гомооксигения наблюдалась не только в вертикальной плотности, но и по продольному сечению реки. Максимальные в годовом ходе значения концентрации растворенного в воде кислорода могут приходиться на летнюю межень (13,5 мл/дм³, 130 % насыщения). Вероятно, это связано с его интенсивным продуцированием в результате фотосинтетической деятельности гидробионтов. Река Красная в течение вегетационного периода зарастает умеренно. Интенсивность и степень зарастания колеблется от очень слабой до средней. Общая гидроэкологическая ситуация бассейна р. Писсы, к которому относится и р. Красная, на основе опосредованных показателей о природных антропогенных воздействиях, состоянии вод, скорректированных с учетом природно-хозяйственных особенностей Калининградского региона, оценена как удовлетворительная.

река Красная, гидроэкологические особенности, водный режим, половодье, расход воды, гомооксигения

Hydroecological features of the Krasnaya River are caused by both natural conditions and the level of anthropogenic impacts. The phase of spring floods, relatively low summer-winter and winter low-water periods with periodic floods stand out in the water regime of the river quite clearly. According to long-term average data, flood oc-

curs in early March and ends in late April. In water-rich years, the highest flood discharges in April can exceed the average values by 2–2,5 times. Seasonal and longitudinal dynamics of the flow velocity is the dominant factor in the formation of biotopes and biocenoses in different parts of the river, since this indicator varies most strongly. The maximum current velocity exceeding 0,7 m/s during the spring flood is characteristic of the areas with the greatest slope of the bottom in the area of vil. Tokarevka. The water temperature at the mouth of the river as a whole is 2,5 °C higher than in the upper reaches in different phases of the water regime. During the spring flood season, at a high flow rate and turbulence of the water flow, homooxygenia was observed not only in vertical density, but also along the longitudinal section of the river. The maximum values of the concentration of oxygen dissolved in water in the annual cycle can occur in the summer low water (13.5 ml/dm³, 130 % saturation). This is probably due to its intensive production as a result of photosynthetic activity of hydrobionts. The Krasnaya River overgrows moderately during the growing season. Intensity and degree of overgrowing range from very weak to medium. Overall hydroecological situation of the Pissa River basin, to which the Krasnaya River belongs, on the basis of indirect indicators of natural, anthropogenic impacts, the state of the waters, adjusted for the natural and economic features of the Kaliningrad region, has been assessed as satisfactory.

Krasnaya River, hydroecological features, water regime, flood, water flow, homooxygenia

ВВЕДЕНИЕ

Для комплексного изучения малой реки, которой является Красная, необходимы знания о процессах и компонентах ее экосистемы. Этот водоем заслуживает внимания, как имеющий статус особо охраняемой природной территории. Река Красная – региональный памятник природы гидрологического профиля. Она находится под влиянием как природных, так и антропогенных факторов на все процессы, происходящие в водотоке и его бассейне. В этой связи важное значение имеет выявление основных природных средообразующих факторов и их количественная характеристика. Это, прежде всего, особенности морфологии русла реки и элементы ее водного режима, определяющие формирование биотопов и биоценозов в условиях сезонной динамики гидрологических процессов.

Цель работы – характеристика гидроэкологических особенностей р. Красной в связи с расположением ее водосборного бассейна на Виштынецкой возвышенности и уровнем антропогенных воздействий.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследования на р. Красной проводили в разные фазы водного режима с конца апреля по декабрь 2018 и в апреле 2019 г. на семи точках, первая из которых находилась в 1,5 км от государственной границы, последняя – перед г. Гусевом. Гидрологические наблюдения включали измерения скорости течения, температуры, электропроводности, цветности воды реки, а также ширины русла и степени развития растительности.

ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЕКИ КРАСНОЙ

Река Красная (польское название – *Rominta*; *Rominte*) протекает по территориям двух государств – Польши и Российской Федерации в северо-западном направлении. Она берет свое начало на Вармийско-Мазурской возвышенности в

Польше. Исток Красной расположен в ландшафтном парке «Пуца Роминска» на Вармийско-Мазурской возвышенности на территории Польши на высоте 252,1 м. Основное русло образуется на территории Польши в результате слияния р. Блюдзи и и (в 62 км от устья). Устье реки лежит на территории России, оно находится на высоте 41 м в месте впадения в р. Писсу в г. Гусеве.

Река Красная имеет длину 83 км (из них в Калининградской области – 56 км). Площадь ее речного бассейна 548 км². Основные характеристики р. Красной в сравнении с р. Писсой, также берущей начало на Виштынецкой возвышенности, представлены в табл. 1. По морфологическим параметрам Красная относится к малым рекам с хорошо выраженной речной сетью, густота которой такая же, как и у р. Писсы, и составляет 0,88 км/км². Она принимает воды от многочисленных ручьев и речек. Самым крупным правым притоком является р. Кемеровка, впадающая в р. Красную у самой государственной границы Российской Федерации и Польши в 56 км от ее устья. В р. Кемеровку, в свою очередь, впадает р. Протока. Самый крупный левый приток – р. Черная (впадает в 47 км от устья выше пос. Краснолесье) [1].

Таблица 1. Гидрографические и гидрологические характеристики рек Писсы и Красной [2, 3]

Table 1. Hydrographic and hydrological characteristics of the rivers Pissa and Krasnaya [2, 3].

Река	Длина, км	Высота истока, м	Высота устья, м	Расход, м ³ /с	Площадь водосбора, км ²	Уклон, м/км	Ширина, м	Скорость течения, м/с	Глубина, м	Модуль среднего годового стока, л/сек с 1 км ²
Красная	83	252,1	41	3,58	548	2,5	6–10	0,1–0,7	0,1–1,5	3,58
Писса	98	172,4	14,3	8,49	1440	1,6	7–10 в верховьях 15–25 возле г. Гусева	До 0,7 возле г. Гусева 0,1–0,4	0,1–1,5	5,9

Река Красная по гидрологическому режиму разделена плотиной старой мельницы в пос. Липово на два разных участка – до подпора и ниже подпора до устья.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Сток р. Красной, как и других малых рек, подвержен сильному влиянию и климатических, и местных факторов. В связи с этим объем стока и другие гидрологические характеристики сильно варьируют в зависимости от погодных условий конкретного года. Водный режим р. Красной в целом относится к типу равнинных рек со смешанным питанием. Среди отдельных источников питания наибольший вклад в годовой сток вносит дождевой – 37–48 % (процент от годового стока), далее следует снеговой «весенний сток» – 26–37 и грунтовый – 16–37 % [4].

В водном режиме реки можно выделить следующие фазы: высокое половодье, относительно низкие летняя и зимняя межени с периодическими паводками. Это приводит к существенным колебаниям уровня воды в ней.

По средним многолетним данным половодье наступает в начале марта и заканчивается в конце апреля [2]. На гидрологическом посту в пос. Такаревка наивысший уровень воды – 178 см зарегистрирован в начале апреля 1962 г. при среднем высшем уровне 119 см (рис. 1). Различия межгодовых значений высшего (наибольшего) уровня могут превышать 1 м.

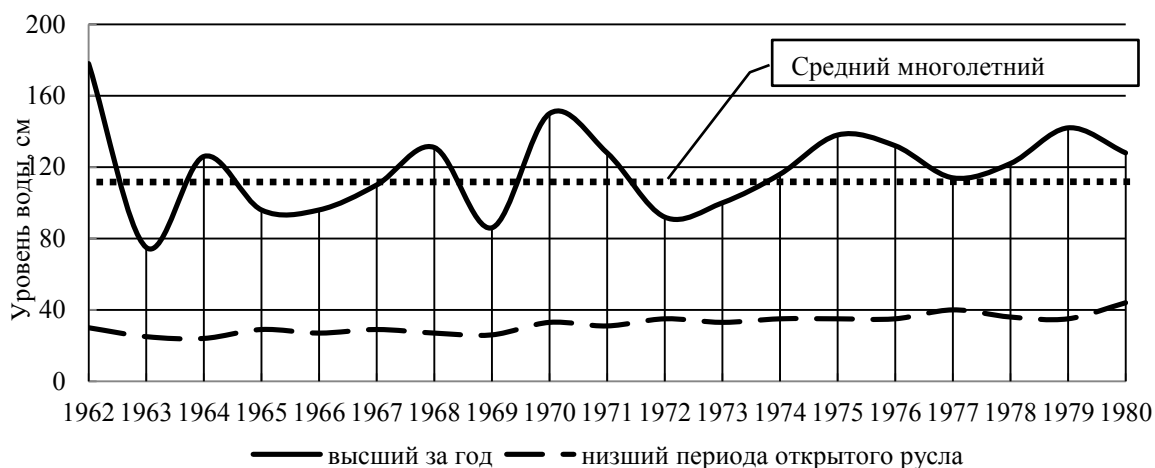


Рис. 1. Межгодовая динамика уровня воды реки Красной (гидрометрический пост – пос. Токаревка) [2]

Fig. 1. Interannual dynamics of the water level of the Krasnaya River (hydrometric post – Tokarevka vil.) [2]

После спада половодья наступает летне-осенняя межень, когда наблюдаются самые низкие уровни воды – 24 см (июль 1964 г.). Колебания уровня за год по среднемноголетним данным составляют 87 см (от 148 до 50 см). В отдельные годы максимальные уровни дождевых паводков могут превышать максимальные уровни весеннего половодья (табл. 2).

Зимняя межень более многоводна, чем летняя (рис. 2). Она прерывается зимними паводками и оттепелями.

Таблица 2. Характерные уровни воды (см) р. Красной за период 1962–1980 гг. (гидрометрический пост – пос. Токаревка. Отметка нуля поста 112,45 м Балтийской системы высот) [2]

Table 2. Typical water levels (cm) of the Krasnaya River for the period 1962–1980 (hydrometric post – Tokarevka vil. Zero point of the post 112.45 m Baltic system of heights) [2]

Характеристика	Высший уровень			Низший уровень		Колебания уровня за год
	за год	зимнего периода	летне-осеннего периода	зимнего периода	периода открытого русла	
Средний	119	105	69	37	32	87
Высший (наиб.)	178	138	104	51	44	148
Низший (наим.)	75	75	44	24	24	50

Наибольший расход воды р. Красной наблюдается в период весеннего половодья в апреле, наименьший – во время летней межени в июне-августе. Межгодовые колебания расхода воды в реке весьма значительные [2]. Так, в полноводные годы наибольшие паводковые расходы в апреле могут превышать средние значения в 2–2,5 раза (до $17,8 \text{ м}^3/\text{с}$), а в маловодные наоборот – быть более чем в 2 раза ниже средних (до $3,2 \text{ м}^3/\text{с}$) (рис. 2). Наибольшие межгодовые различия расхода воды характерны для зимних месяцев – декабря и января и превышают средние значения в 10 раз (в январе наибольший – $11,1$, наименьший – $0,63 \text{ м}^3/\text{с}$). Наибольший паводковый расход воды за период наблюдений составил $43,1 \text{ м}^3/\text{с}$ (6–7.04.1962 г.). Наименьший зимний расход – $0,13$ (13–15.01.1969 г.), а в период открытого русла – $0,50 \text{ м}^3/\text{с}$ (15–16.10.1979 г.).

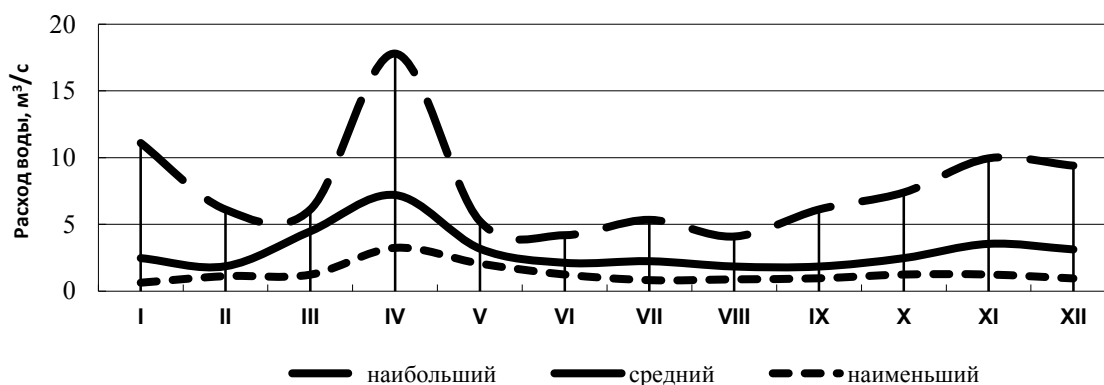


Рис. 2. Динамика среднего месячного расхода воды реки Красной ($\text{м}^3/\text{с}$) по многолетним данным [2]

Fig. 2. Dynamics of the average monthly water flow of the Krasnaya River (m^3/s) according to long-term data [2]

Средний расход воды р. Красной меньше, чем в аналогичный показатель р. Писсы и Анграпы, а его внутригодовая динамика имеет сходный с этими реками характер (рис. 3).

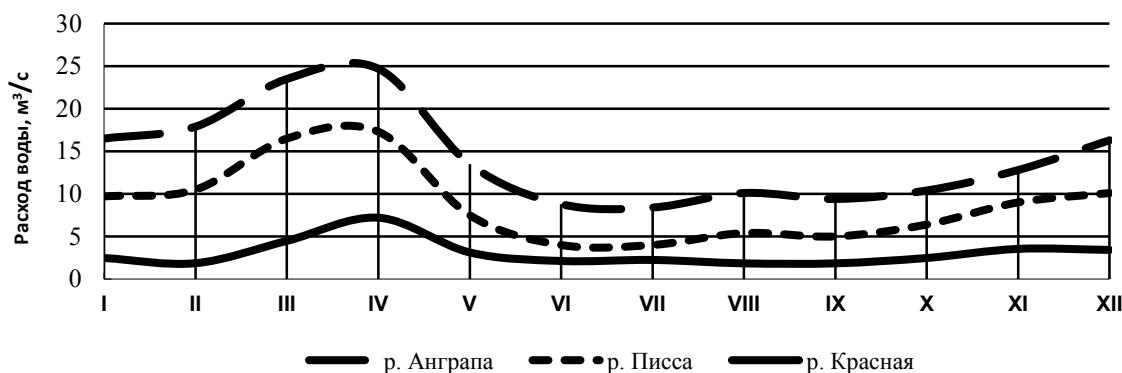


Рис. 3. Динамика среднего месячного расхода воды рек Анграпы, Писсы и Красной ($\text{м}^3/\text{с}$) по многолетним данным [2]

Fig. 3. Dynamics of the average monthly water consumption of the Angrapa, Pissa and Krasnaya rivers (m^3/s) according to long-term data [2]

Скорость течения воды в р. Красной определяется уклоном дна, расходом воды и шириной русла. Она непостоянна как на отдельных участках реки, так и в различные фазы водного режима. Наибольшая скорость течения характерна для участков с наибольшим уклоном дна в районе пос. Токаревка и превышает 0,7 м/с во время весеннего половодья. На верхнем и среднем участках реки в этот период скорость течения воды колеблется от 0,4 до 0,7 м/с. На приплотинном участке в пос. Липово она падает до 0,1 м/с. В летнюю межень, при общем снижении расхода воды, скорость течения воды на перекатах снижается до 0,3–0,6, а у плотины в пос. Липово падает ниже 0,1 м/с (рис. 4).

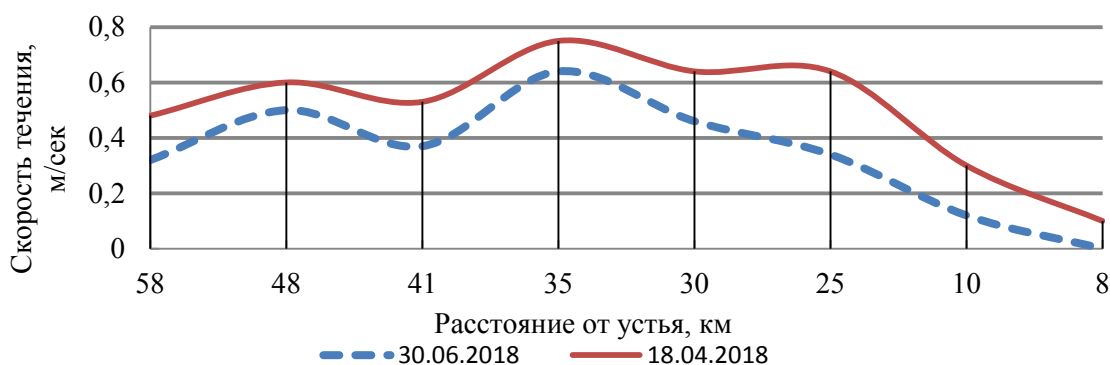


Рис. 4. Динамика скорости течения воды в р. Красной в период весеннего половодья и летней межени

Fig. 4. Dynamics of the speed of water flow in the Krasnaya River in spring flood and summer low water

Термический режим р. Красной при открытом русле находится под непосредственным влиянием атмосферных условий. Период нагревания воды в ней начинается обычно в марте и продолжается до июля. Дата перехода температуры через 0,2 °С, в среднем за многолетний период, здесь приходится на первую декаду марта [2]. В районе пос. Токаревка в годовом ходе среднесуточный максимум температуры приходится на середину июля и равен 14,9 °С при межгодовых колебаниях от 13,5 до 17,3 °С (рис. 5). Продолжительность периода с температурой выше 14 °С обычно около двух месяцев. Лишь в отдельные годы на р. Красной температура воды кратковременно повышается до 20,2 °С (27.05.1979 г.) [2].

Период охлаждения воды начинается в сентябре. Температура понижается плавно и, главным образом, в ночное время. Днем она остается без изменений или даже повышается на 0,1–0,3 °С за счет тепла, получаемого водной поверхностью от поглощения солнечной радиации.

Интенсивность охлаждения водного потока увеличивается в декабре при снижении температуры воздуха ниже нуля. Как и на других реках Калининградской области, среднесуточная величина понижения температуры воды в р. Красной с момента наступления устойчивых отрицательных температур воздуха до появления льда обычно составляет около 0,35 °С. При этом в годы с резким понижением температуры воздуха этот показатель достигает 1,1 °С, а при медленном изменении может равняться 0,1–0,2 °С.

При температуре воды 0,3–0,4 °С на р. Красной появляются зăбереги, при 0,2 °С начинается осенний ледоход.

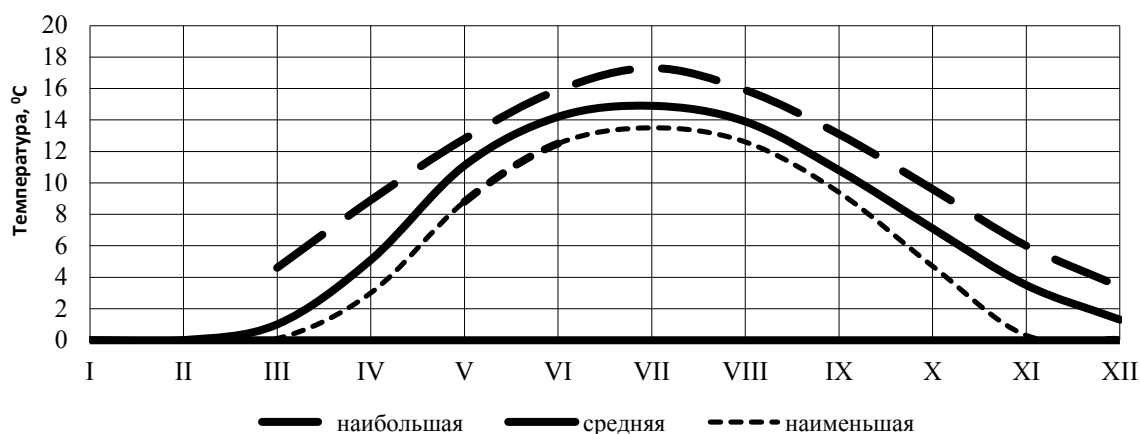


Рис. 5. Сезонный ход температуры воды в реке Красной по осредненным данным за период 1962–1980 гг. [2]

Fig. 5. Seasonal variation of water temperature in the Krasnaya River by the averaged data for the period 1962–1980 [2]

Зимний цикл термического режима р. Красной, Писсы и Анграпы наступает с установлением ледяного покрова. Температура воды при ледоставе 0,0–0,2 °С. В отдельные годы во время зимних вскрытий и очищений температура воды может подниматься до 2 °С и выше (рис. 6).

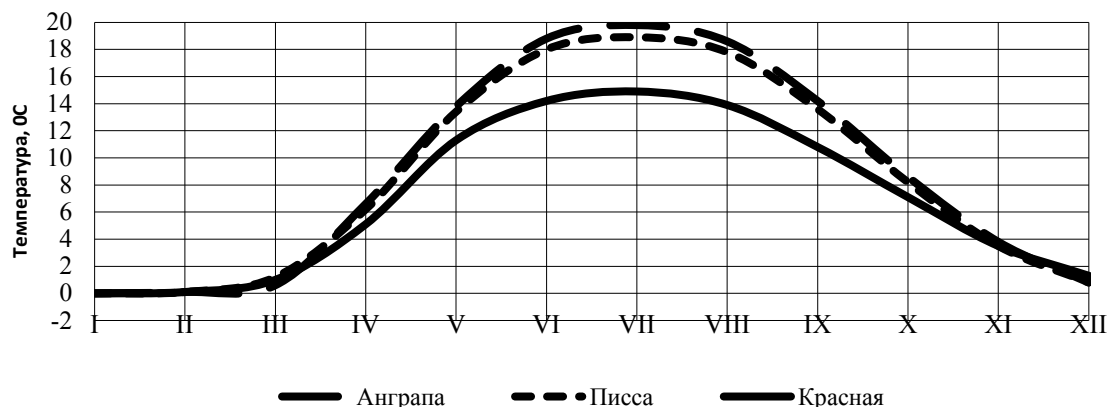


Рис. 6. Сезонный ход температуры воды в р. Красной, Писсе и Анграпе по осредненным данным [2]

Fig. 6. Seasonal variation of water temperature in the Krasnaya, Pissa and Angrapa rivers according to the averaged data [2]

Вода в р. Красной при теплообмене, соприкасаясь с атмосферой, воспринимает изменения температуры воздуха и путем турбулентного перемешивания передает их на всю толщу водного потока. При таком перемешивании всей водной массы характерно равномерное распределение температуры (гомотермия) в толще воды.

По нашим данным, температура воды в устье реки в целом выше, чем в верховье (рис. 7). Разница составляет около 2,5 °С в разных фазах водного режима. При этом в период весеннего половодья температура повышается равномерно,

в то время как в летнюю межень проявляется дифференцировка участков реки на два типа: скрытого под кронами высоких деревьев значительного участка длиной около 18 км в пределах Красного леса, где проявляется также влияние многочисленных лесных ручьев с более холодной водой, и участков с открытым руслом, находящихся под непосредственным влиянием атмосферных условий и солнечной радиации. На лесном участке температура воды несколько понижается, ее повышение происходит уже после выхода р. Красной на открытую равнину (рис. 7).

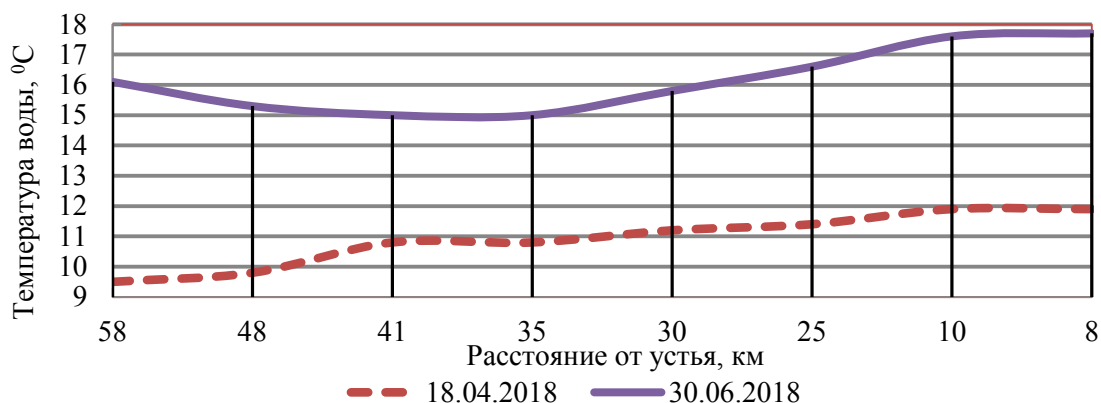


Рис. 7. Продольная динамика температуры воды в р. Красной
Fig. 7. Longitudinal dynamics of water temperature in the Krasnaya River

Ледовый режим на р. Красной отличается большой неустойчивостью, так как ледовые условия отдельных зим сильно отличаются друг от друга. В течение одного года лед может появляться и исчезать по нескольку раз.

Начало осенних ледовых явлений в большинстве случаев приходится на середину декабря. Ледостав обычно устанавливается в первой декаде января, ранние сроки – начало декабря, поздние – середина февраля (табл. 3). В отдельные годы, когда первая половина зимы характеризуется частыми оттепелями, ледостав на реках устанавливается только во второй половине января–начале февраля (табл. 3).

Таблица 3. Характеристики ледовых явлений р. Красной за период 1961–1980 гг. (гидрометрический пост – пос. Токаревка) [2]

Table 3. Characteristics of ice phenomena of the Krasnaya River for the period 1961–1980. (hydrometric post – Tokarevka vil.) [2]

Характеристика	Дата			Продолжительность, сут		
	начало осенних ледовых явлений	начало ледостава	окончание ледовых явлений	осенний ледоход (шугоход)	ледостав	все ледовые явления
Средняя	15.12 (89 %)	07.01 (68 %)	17.03	29(9)	31(30)	101(90)
Ранняя	14.11.68	02.12.73	03.02.72	<u>67</u> 1975/76	<u>84</u> 1989/70	<u>145</u> 1968/69
Поздняя	10.01.1964/ 65	15.02.64	09.04.63	<u>0</u> 1973/74	<u>0</u> 32 %	<u>6</u> 1974/75

Вскрытие водоема обычно начинается в середине марта. В отдельные мягкие зимы устойчивый ледостав на реке не образуется. В суровые зимы ледяной покров удерживается до начала апреля. Продолжительность ледостава составляет около одного месяца, а всех ледовых явлений – в среднем около трех месяцев, наименьшая – 6 сут (1974/75), наибольшая – 145 сут (1968/69).

При интенсивном перемешивании всей водной массы характерно равномерное распределение растворенного кислорода (гомооксигения) в толще воды. В период весеннего половодья при высокой скорости течения и турбулентности водного потока, а также невысокой температуре воздуха гомооксигения наблюдалась не только в вертикальной плотности, но и по продольному сечению реки (рис. 8). Минимальная концентрация растворенного в воде кислорода (а также и насыщение им воды) в течение всего периода наблюдений в 2018–2019 гг. отмечена в период зимней межени в декабре, когда она составила 7,9–8,3 мл/дм³ (94–104 % насыщения). Максимальная концентрация растворенного в воде кислорода отмечена во время летней межени в июне 2018 г. на перекатах у пос. Токаревка (13,5 мл/дм³, 130 % насыщения). Вероятно, это было связано с его интенсивным продуцированием в результате фотосинтетической деятельности гидробионтов, несмотря на максимальный прогрев воды. В этот же период наблюдалось повышение амплитуды колебаний концентрации растворенного кислорода по длине реки от станции у пос. Радужное до устья. В другие фазы водного режима амплитуда этих колебаний была незначительной (рис. 8).

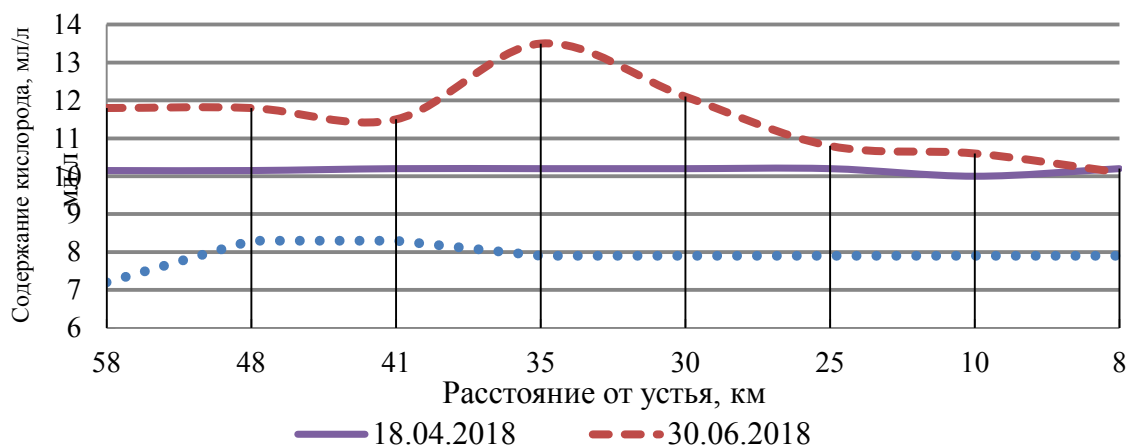


Рис. 8. Продольная динамика концентрации растворенного в воде кислорода в р. Красной

Fig. 8. Longitudinal dynamics of the concentration of dissolved oxygen in water in the Krasnaya River

Для малых рек характерен транзитно-поточный круговорот веществ. По нашим данным, минимальные значения электропроводности воды, характеризующей ее минерализацию, наблюдались в апреле во время весеннего половодья – 334–340 (2018 г.) и 363–398 (2019 г.) мк См/см, вследствие увеличения количества атмосферных осадков. В летнюю межень электропроводность воды повышалась до 402–416 мк См/см, что связано с увеличением роли подземного питания. Различий в электропроводности воды по длине р. Красной во все фазы водного режима не наблюдалось.

Для пересчета значений электропроводности воды в общую минерализацию нами использована зависимость: $M = -2,09 + 0,96 \times Э$ ($r = 0,989$) [5]: весной 2018 г. она составила 334–340 мг/дм³, в другие периоды 402–423 мг/дм³. Необходимо отметить, что общая минерализация воды левого притока р. Черной была ниже, чем в р. Красной и колебалась в диапазоне 324–344 мг/дм³.

Вода р. Красной имеет коричневатый цвет, как и в других малых реках региона. Цвет воды притока р. Черной темно коричневый из-за высокого содержания органических веществ почвенно-гумусовой природы.

Степень зарастания русла р. Красной водной растительностью определяется морфологией ее русла и фазами водного режима. Наибольшего развития водная растительность достигает во время летней межени при низком уровне воды на песчаных грунтах расширенных участков реки у пос. Радужное, и в её нижнем течении. В целом площади зарастания увеличиваются к началу августа. В районе каменистых перекатов у пос. Токаревка водная растительность развита очень слабо во все сезоны года (рис. 9, 10).



Рис. 9. Отсутствие растительности в каменистом русле у пос. Токаревка
Fig. 9. Lack of vegetation in stony bed near the Tokarevka vil.



Рис. 10. Растительность в русле у пос. Радужное в июне 2018 г.
Fig. 10. Vegetation in riverbed at Raduzhnoe vil. in June 2018

В целом р. Красная зарастает умеренно с колебанием интенсивности и степени зарастания от очень слабой до средней. В местах со слабым колебанием уровня воды растительный покров русла довольно стабилен. У поселений, расположенных по берегам реки – Токаревка, Ольховатка, Липово – интенсивного развита растительности не отмечено.

Степень хозяйственного использования уровень мелиорирования земель в бассейне р. Красной невысокие. Значительная территория в пределах Красного леса имеет природоохранный статус. На берегах реки расположены лишь небольшие поселки, которые не оказывают заметного загрязнения вод реки [6].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, гидроэкологические особенности р. Красной обусловлены как природными особенностями в связи с расположением на Виштынецкой возвышенности, так и уровнем антропогенных воздействий. В водном режиме реки довольно четко выделяются фазы: весеннего половодья, относительно низких летней и зимней межени с периодическими паводками. В связи с этим основными факто-

рами, определяющими структуру и функционирование биоты этого водоема, являются: колебания уровня воды, скорости течения, температуры воды, концентрации растворенного в воде кислорода. Сезонная и продольная динамика скорости течения является доминирующим фактором формирования биотопов и биоценозов на разных участках реки, поскольку этот показатель изменяется наиболее сильно. Так, наибольшая скорость течения, превышающая 0,7 м/с, характерна во время весеннего половодья для участков с наибольшим уклоном дна в районе пос. Токаревка, а на приплотинном участке в пос. Липово она падает до 0,1 м/с.

Среднемноголетний максимум температуры в годовом ходе приходится на середину июля и равен 14,9 °С, а продолжительность периода с температурой выше 14 °С обычно около двух месяцев. Значения этих показателей являются самыми низкими для рек Калининградской области, что делает возможным обитание здесь сравнительно холодноводных гидробионтов, в частности редких для региона: ручьевой форели, хариуса, бычка-подкаменщика. Определенное значение для распределения гидробионтов в реке имеет повышение температуры воды от верховьев к устью, составляющее около 2,5 °С в разные фазы водного режима. При этом в летнюю межень проявляется дифференцировка участков реки на два типа: скрытого под кронами высоких деревьев длиной около 18 км в пределах Красного леса, где проявляется также влияние многочисленных лесных ручьев с более холодной водой, и участков с открытым руслом, находящихся под непосредственным влиянием атмосферных условий и солнечной радиации.

Следует отметить, что максимальные в годовом ходе значения концентрации растворенного в воде кислорода могут приходиться на летнюю межень (13,5 мл/дм³, 130 % насыщения), что, вероятно, связано с его интенсивным продуцированием в результате фотосинтетической деятельности гидробионтов, несмотря на максимальный прогрев воды, в свою очередь, способствует поддержанию их высокого биоразнообразия. В целом р. Красная в течение вегетационного периода зарастает умеренно с колебанием интенсивности и степени зарастания от очень слабой до средней.

Общая гидроэкологическая ситуация рек бассейна Писсы, к которой относится и р. Красная, на основе опосредованных показателей о природных антропогенных воздействиях, состоянии вод, скорректированных с учетом природно-хозяйственных особенностей Калининградского региона, оценена как удовлетворительная [7].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Берникова, Т. А. Физико-географическая характеристика реки Красной – памятника природы гидрологического профиля Калининградской области / Т. А. Берникова, К. В. Тылик, Н. Н. Цветкова // Известия Калининградского государственного технического университета. – 2019. – № 52. – С. 11–23.
2. Государственный водный кадастр (Справочное издание). Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши – Ленинград: Гидрометеоздат, 1988. – Т. 1, вып. 4 – 88 с.
3. Гидрографические характеристики речных бассейнов Европейской территории СССР / под ред. В. В. Куприянова. – Ленинград: Гидрометеорологическое издательство, 1971. – 99 с.

4. Маркова, Л. Л. Реки / Л. Л. Маркова // Калининградская область. Очерки природы / под ред. В. М. Литвина. – Калининград: Янтар. сказ, 1999. – С. 69–83.
5. Экосистема малой реки в изменяющихся условиях среды. – Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2007. – 372 с.
6. Цветкова, Н. Н. Оценка качества воды основных водных объектов природного парка «Виштынецкий» после окончания туристического сезона / Н. Н. Цветкова, Т. А. Берникова, С. В. Шибаяев // Известия Калининградского государственного технического университета. – 2018. – № 49. – С. 32–42.
7. Белов, Н. С. Оценка гидроэкологического состояния речных систем Калининградской области / Н. С. Белов, С. И. Зотов // Вестник РГУ им. И. Канта. – 2008. – Вып. 1. – С. 6–16.

REFERENCES

1. Bernikova T. A., Tylik K. V., Tsvetkova N. N. Fiziko-geograficheskaya kharakteristika reki Krasnoy – pamyatnika prirody gidrologicheskogo profilya Kaliningradskoy oblasti [Physico-geographical characteristics of the Krasnaya River – nature landmark of the hydrological profile of the Kaliningrad region]. *Izvestiya KGTU*, 2019, no. 49, pp. 11–23.
2. Gosudarstvennyy vodnyy kadastr (spravochnoe izdanie). Mnogoletnie dannyye o rezhime i resursakh poverkhnostnykh vod sushi. L., Gidrometeoizdat, 1988, vol. 1, iss. 4, 88 p.
3. *Gidrograficheskie kharakteristiki rechnykh basseynov Evropeyskoy territorii SSSR* [Hydrographic characteristics of river basins of the European territory of the USSR]. Leningrad, Gidrometeorologicheskoe izdatel'stvo, 1971, 99 p.
4. Markova L. L. Reki [Rivers]. *Kaliningradskaya oblast'. Ocherki prirody* [Kaliningrad region. Sketches on Nature]. Kaliningrad, Yantarnyy skaz, 1999, pp. 69–83.
5. *Ekosistema maloy reki v izmenyayushchikhsya usloviyakh sredy* [Ecosystem of a small river in changing environmental conditions]. Moscow, Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2007, 372 p.
6. Tsvetkova N. N., Bernikova T. A., Shibaev S. V. Otsenka kachestva vody osnovnykh vodnykh ob'ektov prirodnogo parka “Vishtynetskiy” posle okonchaniya tyristicheskogo sezona [Assessment of water quality of water bodies in the nature park “Vishtynetskiy” after the end of tourism season]. *Izvestiya KGTU*, 2018, no. 49, pp. 32–42.
7. Belov N. S., Zotov S. I. Otsenka gidroekologicheskogo sostoyaniya rechnykh sistem Kaliningradskoy oblasti [Assessment of the hydroecological state of river systems in the Kaliningrad region]. *Vestnik RGU im. I. Kanta*, 2008, iss. 1, pp. 6–16.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Тылик Константин Владимирович – Калининградский государственный технический университет; кандидат биологических наук, профессор кафедры ихтиологии и экологии; E-mail: tylik@klgtu.ru

Tylik Konstantin Vladimirovich – Kaliningrad State Technical University; PhD in Biology, Professor of the Department of Ichthyology and Ecology; E-mail: tylik@klgtu.ru

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

УДК 636.8(06)

DOI 10.46845/1997-3071-2021-61-53-63

ПЕРЕРАБОТКА КИСЛЫХ ЯБЛОЧНЫХ СОКОВ, СПОСОБСТВУЮЩАЯ
ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЮ СОКОСОДЕРЖАЩЕЙ ПРОДУКЦИИ

В. И. Воробьев, Е. В. Нижникова

PROCESSING OF ACID APPLE JUICES PROMOTING IMPORT SUBSTITUTION
OF JUICE-CONTAINING PRODUCTS

V. I. Vorobyov, E. V. Nizhnikova

Обосновано применение одного из способов переработки (термический гидролиз) фруктового сока прямого отжима, полученного из яблок российских сортов (имеющих кислый вкус), с коллагенсодержащим рыбным сырьем (рыбья кожа и чешуя судака) для изготовления сокосодержащих напитков с продуктами гидролиза рыбного коллагена, обладающих хорошим вкусом, без добавления (купажирования) сладких импортных соков, а также сахара, сахарозаменителей и подсластителей. Представлен общий химический состав, органолептические показатели, определены массовая доля яблочной кислоты, кальция, фосфора, а также pH, индекс Brix, сахарно-кислотный индекс яблочного сока и получаемых на его основе сокосодержащих напитков. Установлено, что при термическом гидролизе яблочного сока с рыбьей кожей ($t = 110^{\circ}\text{C}$, $P = 0,11$ МПа) происходит увеличение массовой доли белка (с 0,3 до 4,1%), кальция (с 0,011 до 0,018 %), фосфора (с 0,011 до 0,015 %), pH (с 3,9 до 4,2), сахарно-кислотного индекса (с 11,35 до 16,09 %), а также уменьшение массовой доли углеводов (с 8,9 до 7,1 %) и яблочной кислоты (с 0,96 до 0,87 %) в изготавливаемых сокосодержащих напитках по сравнению с исходным яблочным соком. При аналогичных условиях при гидролизе яблочного сока с рыбьей чешуей имеет место увеличение массовой доли белка (с 0,3 до 2,0 %), кальция (с 0,011 до 0,085 %), фосфора (с 0,011 до 0,048 %), pH (с 3,9 до 5,0), сахарно-кислотного индекса (с 11,35 до 19,44 %), а также уменьшение массовой доли углеводов (с 8,9 до 8,0 %) и яблочной кислоты (с 0,96 до 0,54 %).

яблочный сок, яблочная кислота, рыба кожа и чешуя, термический гидролиз, продукты гидролиза рыбного коллагена, сахарно-кислотный индекс

The use of processing methods (thermal hydrolysis) of directly squeezed fruit juice obtained from apples of Russian varieties (having a sour taste) with collagen-containing fish raw materials (fish skin and pike-perch scales) is substantiated to obtain juice-containing drinks containing products of hydrolysis of fish collagen and having a good taste without adding (blending) sweet imported juices, as well as sugar, sweeteners and sweeteners. The general chemical composition, organoleptic indicators are presented, the mass fraction of malic acid, calcium, phosphorus, as well as pH, Brix index, sugar-acid index of apple juice and juice drinks obtained on its basis are determined. It

was determined that during thermal hydrolysis of apple juice with fish skin ($t = 110^{\circ}\text{C}$, $P = 0,11\text{ MPa}$), an increase in the mass fraction of protein (from 0,3 to 4,1 %) of calcium (from 0,011 to 0,018 %), phosphorus (from 0,011 to 0,015%), as well as pH (from 3,9 to 4,2), sugar-acid index (from 11,35 to 16,09 %) and a decrease in the mass fraction of carbohydrates (from 8,9 to 7,1 %) and malic acid (0,96 to 0,87 %) of the obtained juice drinks in comparison with the original apple juice. Under similar conditions, during the hydrolysis of apple juice with fish scales, an increase in the mass fraction of protein (from 0,3 to 2,0 %) of calcium (from 0.011 to 0.085%), phosphorus (from 0.011 to 0,048 %), as well as pH (from 3, 9 to 5,0), sugar-acid index (from 11,35 to 19,44 %) and a decrease in the mass fraction of carbohydrates (from 8,9 to 8,0 %) and malic acid (from 0,96 to 0,54 %).

apple juice, apple acid, fish skin and scales, thermal hydrolysis, fish collagen hydrolysis products, sugar-acid index

ВВЕДЕНИЕ

Мировой рынок фруктовых соков в 2020 г. составил 44,12 млрд л, и в ближайшие 5 лет (по данным IMARC Group) ожидается стабильный рост их производства [1]. Основными тенденциями развития международного рынка безалкогольных напитков являются:

- сокращение потребления безалкогольных напитков, таких как кола и ароматизированные газированные (высокое содержание в них сахара, подсластителей, искусственных красителей, фосфорной кислоты, кофеина может оказывать негативное воздействие на здоровье человека);

- рост потребления напитков, повышающих иммунитет, особенно актуальных ввиду распространения инфекционной болезни COVID-19,

 - а также увеличение спроса на:

 - натуральные фруктовые соки прямого отжима;
 - инновационные напитки (без консервантов и сахара);
 - функциональные сокосодержащие напитки [1, 2].

В настоящее время самый популярный вид продукции, составляющий большую часть мирового рынка, – это сокосодержащие напитки (имеют высокое содержание витаминов, антиоксидантов и натуральных ароматизаторов).

Основным сырьем мирового рынка соков являются апельсин, яблоко, манго, фруктовый микс.

В 2019 г. в России было произведено более 428 млн л, или 1072349,4 тыс. усл. банок сока из фруктов и овощей (за условную принята банка массой 400 г, или 0,4 л) [3]. В 2020 г. средняя розничная цена за 1 л сока составила 92,4 руб. [3, 4].

Производство соков и соковой продукции в России по технологическому развитию соответствует мировому уровню и обладает высоким рыночным потенциалом. Однако введение антироссийских санкций, девальвация рубля, низкий уровень платежеспособного покупательского спроса, падение цен на нефть не способствуют росту потребления данного вида продукции (отсутствует тенденция к динамике роста производства соков).

Самым популярным из соков в России является яблочный, отличающийся относительной дешевизной и доступностью сырья. В 2020 г. на его долю при-

шло 40,6 % в общем объеме производства соков. Российские сорта яблок имеют более кислый вкус, для нормализации которого требуется разбавление соков из них более сладкой импортной соковой продукцией, а также добавление сахарозаменителей и подсластителей, что приводит к увеличению объема производства и удорожанию конечного продукта [3, 4].

В 2019 г. ряд крупных производителей безалкогольных напитков (ООО УК «Черноголовка», Холдинг «Аква», ООО «Кока-Кола ЭйчБиСи Евразия», ООО «ПепсиКо Холдингс», IDS Bojomi International, ЗАО «Аквалайн», Famous Amazing Brands (FAB), ОАО «Компания "Росинка"» и АО «Мултон») на территории России подписали Кодекс добровольных обязательств, в рамках которого согласились снизить среднее содержание сахара в безалкогольных напитках на 10 % до конца 2024 г. [5].

Растущее сознание людей в отношении сохранения своего здоровья требует создания новых способов переработки и получения сокосодержащих напитков, имеющих функциональную направленность. Использование отечественного сырья (кислые соки) без добавления сахара, сахарозаменителей, искусственных подсластителей и импортной более сладкой соковой составляющей способствует снижению себестоимости и расширению линейки новой пищевой сокосодержащей продукции России.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исходным материалом для исследований являлись сок яблочный прямого отжима, рыба кожа с чешуей судака, сокосодержащие напитки с продуктами гидролиза рыбного коллагена. Места проведения исследований – лаборатория органической химии КГТУ (г. Калининград) и лабораторный сертифицированный центр Атлантического филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АтлантНИРО»). Исследования осуществлялись с применением следующих нормативных документов:

ГОСТ 7636 – Массовая доля влаги, золы, протеина и жира в рыбе и рыбных продуктах;

ГОСТ ISO 2173 – Определение содержания растворимых сухих веществ;

МУК 4.1.3217 – Массовая доля общего фосфора;

ГОСТ 33462-2015 – Продукция соковая. Определение натрия, калия, кальция и магния методом атомно-абсорбционной спектроскопии;

ГОСТ Р 52841-2007 – Продукция винодельческая. Определение органических кислот методом капиллярного электрофореза.

Массовую долю углеводов определяли расчетным способом по разности (100 % минус содержание воды, жира, белка, золы). Измерение pH проводили pH-метром (модель pH-02). Индекс Brix определяли рефрактометром Brix Milwaukee MA871. Сахарно-кислотный индекс рассчитывали как отношение индекс Brix/массовая доля яблочной кислоты.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Сотрудниками кафедры химии КГТУ (г. Калининград) были наработаны опытные образцы сокосодержащих напитков с продуктами гидролиза, определен их химический состав и проведена органолептическая оценка [6, 7]. Общий химический состав яблочного сока прямого отжима (далее по тексту – яблочного

сока) и полученного на его основе готового продукта одной из партий представлен в табл. 1.

Таблица 1. Общий химический состав исходного яблочного сока прямого отжима и полученных на его основе сокосодержащих напитков с продуктами термического гидролиза коллагенсодержащего рыбного сырья (рыбья кожа и чешуя судака), %
Table 1. The general chemical composition of the original directly squeezed apple juice and juice drinks obtained on its basis with products of thermal hydrolysis of collagen-containing fish raw materials (fish skin and pike perch scales), %

Наименование образца	Массовая доля определяемого показателя, %				
	влага	белок	зола	углеводы	жир
Сок яблочный прямого отжима	88,2	0,3	0,2	11,6	Менее 0,1
Сокосодержащий напиток с термически гидролизованной очищенной кожей судака	88,4	1,8	0,5	9,3	Менее 0,1
Сокосодержащий напиток с термически гидролизованной очищенной чешуей судака	87,0	4,5	0,4	8,1	Менее 0,1

Как видно из таблицы, полученные сокосодержащие напитки с продуктами гидролиза рыбного коллагена отличаются от исходного яблочного сока повышенным содержанием белка и минеральных веществ и пониженным – углеводов.

Органолептические показатели яблочного сока и изготовленных на его основе сокосодержащих напитков с продуктами гидролиза рыбного коллагена представлены в табл. 2.

Как следует из таблицы, сокосодержащие напитки с продуктами гидролиза рыбного коллагена отличаются от яблочного сока внешним видом, цветом и вкусом.

Сладкий вкус предпочтителен для большинства людей (сладкие соки способствуют быстрому получению энергии для мышц и мозга, выбросу нейромедиатора дофамина, используются как обезболивающие средства и др.) [8, 9]. Поэтому представляет практический интерес производство сокосодержащих напитков из исходных кислых соков, обладающих хорошим вкусом. В пищевой промышленности для раскисления жидкостей (соков, спиртосодержащих и молочнокислых напитков) применяются следующие способы:

- разбавление водой;
- смешивание (купажирование) с более сладкой жидкостью;
- добавление сахара, сахарозаменителей или подсластителей;
- внесение щелочи, оксидов и солей металлов или аммиака;
- электродиализ, ионообмен;
- обработка сорбентами;
- биологический (использование молочнокислых бактерий);
- добавление мраморной крошки, мела, гипса, золы и др.;
- обработка холодом;
- нагрев [10].

Таблица 2. Органолептические показатели яблочного сока и полученных на его основе сокосодержащих напитков с продуктами гидролиза рыбного коллагена
 Table 2. Organoleptic indicators of apple juice and juice drinks obtained on its basis with products of hydrolysis of fish collagen

Наименование показателя	Характеристика		
	яблочный сок	сокосодержащий напиток с продуктами гидролиза кожи судака	сокосодержащий напиток с продуктами гидролиза чешуи судака
Внешний вид	Однородная непрозрачная подвижная жидкость с осадком на дне	Однородная непрозрачная жидкость с осадком на дне, при температуре менее 10°C имеет консистенцию неподвижного мягкого желе	Однородная непрозрачная жидкость с осадком на дне при температуре менее 1°C имеет консистенцию неподвижного мягкого желе
Вкус и аромат	Натуральный, хорошо выраженный кислый, свойственный яблокам	Натуральный, выраженный, насыщенный кисло-сладкий, свойственный яблокам, прошедшим тепловую обработку, без рыбного привкуса и запаха	Натуральный, выраженный, сладкий с кислоткой, свойственный яблокам, прошедшим тепловую обработку, без рыбного привкуса и запаха
Цвет	Однородный по всей массе, коричневый	Однородный по всей массе, мутно-коричневый	Однородный по всей массе, светло-коричневый

Наиболее распространенные из этих способов – разбавление водой (недостатки – снижение сухих веществ сока и изменение вкуса) и добавление сахара, сахарозаменителей или подсластителей (недостатки – высокий гликемический индекс (сахар), посторонний привкус, горечь, необходимость точной дозировки и запрет в разных странах (сахарозаменители, подсластители)).

Известно, что степень сладости (кислотности) овощных и фруктовых соков определяется сахарно-кислотным индексом (отношение содержания сахаров к содержанию кислот в жидкости в процентах). Хорошим вкусом обладают подслащенные яблочные соки, имеющие сахарно-кислотный индекс 20–30 % [11].

С учетом вышеизложенного было определено влияние нагрева исходного яблочного сока прямого отжима на изменение его pH и органолептических характеристик с использованием рыбьей чешуи и кожи судака и без них.

Яблочный сок и напитки, изготовленные на его основе с применением коллагенсодержащего рыбного сырья, нагревали и кипятили в течение 5 мин и затем охлаждали и измеряли pH.

Изменение pH среды термически обработанного яблочного сока, а также полученных сокосодержащих напитков на его основе с продуктами гидролиза рыбного коллагена (чешуя леща, кожа судака) представлено в табл. 3.

Таблица 3. Изменение рН среды термически обработанного яблочного сока и полученных сокодержущих напитков на его основе с продуктами термического гидролиза рыбного коллагена (очищенные чешуя и кожа судака)

Table 3. Change in the pH of the environment of thermally treated apple juice and the resulting juice drinks based on it with products of thermal hydrolysis of fish collagen (peeled scales and skin of pike perch)

Наименование показателя	Яблочный сок прямого отжима	Термически обработанный яблочный сок прямого отжима	Сокодержущий напиток с продуктами гидролиза кожи судака	Сокодержущий напиток с продуктами гидролиза чешуи судака
рН	3,3	3,6	4,0	4,3
Процент увеличения	0,0	9,0	21,2	30,3

Из табл. 3 видно, что кипячение яблочного сока в течение 5 мин привело к увеличению рН на 9,0 %, в то время как рН полученных сокодержущих напитков с продуктами гидролиза рыбного коллагена увеличился на 21,2 % (с рыбьей кожей) и на 30,3 % (с рыбьей чешуей).

Это позволяет сделать вывод о том, что основным определяющим фактором изменения рН среды получаемых сокодержущих напитков является коллагенсодержащее рыбное сырье.

Внешний вид исходного и термообработанного яблочного сока, а также полученных на их основе сокодержущих напитков с продуктами гидролиза рыбного коллагена (чешуя и кожа судака) показаны на рис. 1.

Как видно из рис. 1, термообработанный яблочный сок визуально незначительно отличается от исходного сока (менее мутный), в то время как сокодержущий напиток с продуктами гидролиза рыбьей чешуи имеет выраженную светлую окраску, что связано с переходом (абсорбция) части красящих веществ сока на рыбью чешую в процессе термического гидролиза и последующего удаления ее из жидкости.



Рис. 1. Исходный яблочный сок, термообработанный яблочный сок, сокодержущий напиток с продуктами гидролиза рыбьей чешуи, сокодержущий напиток с продуктами гидролиза рыбьей кожи (слева направо)
 Fig. 1 Original apple juice, heat-treated apple juice, juice-containing drink with products of hydrolysis of fish scales, juice-containing drink with products of hydrolysis of fish skin (from left to right)

Внешний вид термически гидролизованной, отделенной от яблочного сока, высушенной и измельченной рыбьей чешуи представлен на рис. 2.



Рис. 2. Внешний вид исходной высушенной чешуи (слева) и термически гидролизованной в яблочном соке прямого отжима высушенной и измельченной рыбьей чешуи (справа)

Fig. 2. Appearance of the original dried scales (left) and thermally hydrolyzed in directly squeezed apple juice dried and crushed fish scales (right)

Как следует из рис. 2, красящие вещества яблочного сока абсорбировались на рыбьей чешуе, изменив ее окраску.

Рыбья чешуя содержит значительное количество коллагенсодержащих белков и минеральных веществ [5]. Некоторые белки могут обладать сладким вкусом (тауматин, монеллин, браззеин), животный коллаген (желатин) при недостаточной очистке (за счет оставшихся частичек животного или рыбы) имеет неприятный привкус и запах (каприловый), а морской коллаген – рыбные вкус и запах. Хорошо очищенные коллагены (желатины) содержат в своем составе 98 % белка и около 2 % минеральных веществ и в целом обладают нейтральным вкусом и запахом. Минеральные вещества чешуи представлены в основном фосфорнокислым кальцием, карбонатами кальция, калия, натрия, фосфатами магния, солями железа и другими микроэлементами [12].

Известно, что ионы (Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+1} , Na^{+1} и др.) активных металлов (стоящих слева до водорода в электрохимическом ряду напряжений) вытесняют водород из кислот с образованием солей этих кислот. Было выдвинуто предположение, что при термическом гидролизе рыбной чешуи в яблочном соке происходит частичное растворение ее солей (образование ионов), которые, взаимодействуя с органическими кислотами сока, образуют их соли, снижая тем самым содержание кислот и увеличивая рН и сахарно-кислотный индекс сока. Ввиду вышеизложенного был проведен эксперимент по определению влияния термического гидролиза ($t = 110\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P = 0,11\text{ МПа}$) коллагенсодержащего рыбного сырья (очищенные кожа и чешуя судака) в яблочном соке на общий химический состав, массовую долю яблочной кислоты, кальция, фосфора, а также рН, индекс Вrix, сахарно-кислотный индекс получаемых сокодержательных напитков. Термическую обработку смеси (яблочный сок, коллагенсодержащее рыбное сырье) проводили методом автоклавирования в емкости до достижения температуры $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ и давления $0,11\text{ МПа}$, после чего сразу прекращали нагрев, сбрасывали давление; полученную смесь фракционировали (сито $0,2 \times 0,2\text{ мм}$), жидкую часть разливали в стеклянные емкости, герметично закрывали крышками и быстро охлаждали (холодная вода).

Результаты эксперимента представлены в табл. 4.

Из таблицы видно, что с увеличением содержания ионов кальция и фосфора в яблочном соке в процессе его термической обработки с добавлением рыбного

сырья (рыбная кожа и чешуя) уменьшается концентрация яблочной кислоты и соответственно повышаются рН среды и сахарно-кислотный индекс получаемых сокодержавщих напитков.

Сахарно-кислотный индекс сокодержавщего напитка с продуктами термического гидролиза рыбьей чешуи (19,44 %) находится на нижней границе подслащенных яблочных соков, обладающих хорошим вкусом (20–30 %), что позволяет рекомендовать данные способы обработки для изготовления сокодержавщих напитков с продуктами гидролиза рыбного коллагена, имеющих повышенное содержание биодоступного кальция при оптимальном соотношении с фосфором (2 : 1,2–1,8) и обладающих хорошим вкусом без добавления сахара, сахарозаменителей или подсластителей [13].

Необходимо проведение дальнейших исследований для определения параметров температурно-временной зависимости сокодержавщих напитков, получаемых на основе различных жидкостей.

Таблица 4. Влияние термического гидролиза ($t=110^{\circ}\text{C}$, $P = 0,11$ МПа) коллагенсодержавщего рыбного сырья (очищенные кожа и чешуя судака) в яблочном соке на общий химический состав, массовую долю яблочной кислоты, кальция, фосфора, а также рН, индекс Brix, сахарно-кислотный индекс получаемых сокодержавщих напитков

Table 4. Influence of thermal hydrolysis ($t = 110^{\circ}\text{C}$, $P = 0.11$ MPa) of collagen-containing fish raw materials (peeled skin and pike-perch scales) in apple juice on the total chemical composition, mass fraction of malic acid, calcium, phosphorus and pH, index Brix, sugar-acid index, of the obtained juice drinks

Показатели	Яблочный сок	Очищенная кожа судака	Очищенная чешуя судака	Яблочный сок с кожей судака	Яблочный сок с чешуей судака
	Исходные компоненты напитков			Сокодержавщие напитки	
Массовая доля яблочной кислоты, %	0,96	–	–	0,87	0,54
рН	3,9	–	–	4,2	5,0
Массовая доля кальция, %	0,011	0,21	33,90	0,018	0,085
Массовая доля фосфора, %	0,011	0,33	5,95	0,015	0,048
Индекс Brix	10,9	–	–	14,0	10,5
Сахарно-кислотный индекс, %	11,35	–	–	16,09	19,44
Массовая доля влаги, %	90,5	8,1	7,8	88,6	89,5
Массовая доля белка, %	0,3	90,6	42,0	4,1	2,0
Массовая доля общей золы, %	0,3	1,3	50,2	0,2	0,5
Массовая доля углеводов, %	8,9	–	–	7,1	8,0
Массовая доля жира, %	–	Менее 0,1	Менее 0,1	–	–

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Исследован общий химический состав, органолептические показатели, определена массовая доля яблочной кислоты, кальция, фосфора, а также рН, индекс Вrix, сахарно-кислотный индекс яблочного сока прямого отжима и приготовленных на его основе термически гидролизованных сокодержущих напитков с продуктами гидролиза рыбного коллагена (рыбья кожа и чешуя).

2. Предложены способы переработки кислых соков прямого отжима из российских сортов яблок, позволяющие получить сокодержущие напитки с продуктами гидролиза рыбного коллагена (рыбья кожа и чешуя), обладающие хорошим вкусом без добавления (купажирования) сладких импортных соков, а также сахара, сахарозаменителей и подсластителей.

3. Рекомендуемые методы переработки яблочного сока и изготовления сокодержущих напитков с продуктами гидролиза рыбного коллагена способствуют импортозамещению более сладкой сокодержущей продукции, сахарозаменителей и подсластителей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Fruit Juice Market Size, Share, Trends Forecast 2021-2026... [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.imarcgroup.com/fruit-juice-manufacturing-plant> (дата обращения 27.02.2021).

2. Global Fruit and Vegetable Juice Market | Growth | Trend | Forecast ... [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/f...> (дата обращения 28.02.2021).

3. Производство соков в России: почему рынок идет на... [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.delprof.ru/Пресс-центр/...-sokov-v-rossii-rochemu...> (дата обращения 28.02.2021).

4. Рынок соков и нектаров в России – Анализ рынка в 2021... [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.alto-group.ru/...rossija...sokov-i...situaciya-i...2014...delprof.ru/Пресс-центр/...-sokov-v-rossii-rochemu...> (дата обращения 28.02.2021).

5. Производители газировки и соков снизят содержание... [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.gia.ru/20191204/1561971376.html> (дата обращения 28.02.2021).

6. Пат. № 2718862 РФ, МПК А 23L 17/00. Способ обработки рыбной чешуи для получения функционального напитка, функциональной пищевой добавки и косметического скраба / Воробьев В.И.; опубл. 15.04.2020. – Бюл. № 11. – 10 с.

7. Пат. № 2734034 РФ, МПК А 23L 29/281, А 23L 17/00, 23L 33/28. Способ получения пищевых коллагенсодержущих продуктов / Воробьев В.И.; опубл. 12.10.2020. – Бюл. № 29. – 12с.

8. Sweetness and food preference / A. Drewnowski, J. A. Mennella, S. L. Johnson, F. Bellisle //The Journal of nutrition. – 2012. – Т. 142, №. 6. – P. 1142–1148.

9. Determinants of sweetness preference: A scoping review of human studies / C. Venditti, K. Musa-Veloso, H. Y. Lee, T. Poon, A. Mak, M. Darch & Jack, M. // Nutrients. – 2020. – Т. 12, № 3. – С. 718.

10. Кушнерева, Е. В. Сравнительный анализ современных способов кислотопонижения / Е. В. Кушнерева, Н. М. Агеева // Альманах современной науки и образования. – 2010. – № 8. – С. 80–84.
11. Приготовление фруктовых соков... [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.comodity.ru/frozenfood/fruitsvegetables/32.html> (дата обращения 26.02.2021).
12. Кизеветтер, И. В. Биохимия сырья водного происхождения / И. В. Кизеветтер. – Москва: Пищ. пром-сть, 1973. – 424 с.
13. Особенности усвоения кальция. Обсуждение на... [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.liveinternet.ru/users/milenia_nia/post166346462 (дата обращения 26.02.2021).

REFERENCES

1. Fruit Juice Market Size, Share, Trends Forecast 2021–2026... Available at: <https://www.imarcgroup.com/fruit-juice-manufacturing-plant> (Accessed 27 February 2021).
2. Global Fruit and Vegetable Juice Market | Growth | Trend | Forecast... Available at: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/f...> (Accessed 28 February 2021).
3. *Proizvodstvo sokov v Rossii: pochemu rynek idet na...* [Juice production in Russia: why the market goes to...]. Available at: <https://www.delfprof.ru/Пресс-центр/...-sokov-v-rossii-pochemu...> (Accessed 28 February 2021).
4. *Rynok sokov i nektarov v Rossii – Analiz rynka v 2021* [Market of juices and nectars in Russia – Market analysis in 2021]. Available at: <https://www.alto-group.ru/2014/delfprof.ru> (Accessed 28 February 2021).
5. *Proizvoditeli gazirovki i sokov snizyat sodержание* [Producers of soda and juice will reduce the content]. Available at: <https://www.ria.ru/20191204/1561971376.html> (Accessed 28 February 2021).
6. Pat. (RU) 2718862 MPK A 23L 17/00. Sposob obrabotki rybnoy cheshui dlya polucheniya funktsional'nogo napitka, funktsional'noy pishchevoy dobavki i kosmeticheskogo skraba [Patent (RU) 2718862 IPC A 23L 17/00. A method of processing fish scales for obtaining a functional drink, a functional food additive and a cosmetic scrub]. Vorob'yov V. I.; publ. 15.04.2020, Byul. no.11, 10 p.
7. Pat. (RU) 2734034 MPK A 23L 29/281, A 23L 17/00, 23L 33/28. Sposob polucheniya pishchevykh kollagensoderzhashchikh produktov [Patent (RU) 2734034 IPC A 23L 29/281, A 23L 17/00, 23L 33/28 A method of obtaining food collagen-containing products]. Vorob'yov V. I.; publ. 12.10.2020, Byul. no. 29, 12 p.
8. Drewnowski A., Mennella J. A., Johnson S. L., Bellisle F. Sweetness and food preference. *The Journal of nutrition*, 2012, vol. 142, no. 6, pp. 1142–1148.
9. Venditti C., Musa-Veloso K., Lee H. Y., Poon T., Mak A., Darch M. & Jack M. Determinants of sweetness preference: a scoping review of human studies. *Nutrients*, 2020, vol. 12, no. 3, p. 718.
10. Kushnerova E. V., Ageeva N. M. Sravnitel'nyy analiz sovremennykh sposobov kislotoponizheniya [Comparative analysis of the modern methods of reducing acidity]. *Al'manakh sovremennoy nauki i obrazovaniya*, 2010, vol. 8, pp. 80–84.

11. *Prigotovlenie fruktovykh sokov* [Making fruit juices]. Available at: <http://www.comodity.ru/frozenfood/fruitsvegetables/32.html> (Accessed 26 February 2021).
12. Kizevetter I. V. *Biokhimiya syr'ya vodnogo proiskhozhdeniya* [Biochemistry of raw materials of water origin]. Moscow, Pishch. prom-st' Publ., 1973, 424 p.
13. *Osobennosti usvoeniya kal'tsiya. Obsuzhdenie na...* [Features of calcium assimilation. Discussion on...] Available at: http://www.liveinternet.ru/users/milenia_nia/post166346462 (Accessed 26 February 2021).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Воробьев Виктор Иванович – Калининградский государственный технический университет; кандидат технических наук, доцент кафедры химии;
E-mail: mobi.dik.10@mail.ru

Vorobyov Victor Ivanovich – Kaliningrad State Technical University;
PhD in Engineering, Associate Professor of the Department of Chemistry;
E-mail: mobi.dik.10@mail.ru

Нижникова Елена Владимировна – Калининградский государственный технический университет; кандидат биологических наук, доцент кафедры химии;
E-mail: nizhnikova6462@mail.ru

Nizhnikova Elena Vladimirovna – Kaliningrad State Technical University;
PhD in Biology, Associate Professor of the Department of Chemistry;
E-mail: nizhnikova6462@mail.ru

УДК 533.5:621.526

DOI 10.46845/1997-3071-2021-61-64-75

ИЗМЕНЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ВАКУУМНОЙ РЫБОНАСОСНОЙ УСТАНОВКИ
С УВЕЛИЧЕНИЕМ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ РОТОРА

В. А. Наумов

CHANGING PERFORMANCE AND ENERGY EFFICIENCY OF THE VACUUM
FISH-PUMP SYSTEM WITH INCREASING ROTOR SPEED

V. A. Naumov

Вакуумные рыбонасосные установки (ВРУ) обеспечивают наименьшую повреждаемость рыбы при ее перемещении. Большинство современных ВРУ сконструированы на базе водокольцевых компрессорных машин (ВКМ). ВКМ могут бесперебойно функционировать в тяжелых условиях, в том числе и на промысловых судах. Компания Samson Pumps (Дания) с 2019 г. поставляет на международный рынок ВКМ серии Ocean Master. Одной из ее особенностей является возможность работы с различными частотами вращения ротора (ЧВР). Ранее в Калининградском государственном техническом университете (КГТУ) был разработан метод математического моделирования этапов работы ВРУ. Влияние ЧВР было исследовано лишь на перекачивание воздуха (первая фаза работы ВРУ). Влияние ЧВР на производительность и энергетическую эффективность за весь цикл работы ВРУ изучено автором на примере ВКМ KS625. Необходимые дополнения, учитывающие изменение ЧВР, внесены в математическую модель работы ВРУ. Увеличение ЧВР приводит к возрастанию перепада давления. Поэтому больший объем водорыбной смеси закачивается в резервуар за один цикл работы ВРУ. Расход ее во время первого этапа увеличивается, но не столь значительно, как во втором. Рост ЧВР почти не отражается на продолжительности первого этапа, тогда как длительность второго заметно уменьшается. Поскольку продолжительность цикла работы ВРУ уменьшается, а объем смеси, перекачиваемой за один цикл, увеличивается, то средняя производительность ВРУ возрастает. Коэффициент полезного действия ВРУ изменяется незначительно с ростом ЧВР. Тогда как показатель энергоемкости заметно ухудшается. Эксплуатацию ВРУ на высоких оборотах ВКМ следует рекомендовать лишь при необходимости быстро опорожнить емкость с водорыбной смесью (например, при разгрузке промысловых судов). Целесообразно снизить частоту вращения ротора ВКМ при длительной эксплуатации ВРУ. Это позволит уменьшить энергетические затраты на перекачивание водорыбной смеси.

вакуумные рыбонасосные установки, водокольцевые компрессорные машины, производительность, затраченная мощность, частота вращения ротора

Vacuum fish-pump units (VFU) provide the least damage to the fish when it is moved. Most modern VFUs are designed on the basis of water-ring compressor machines (VCM). VCM can operate smoothly in difficult conditions, including on fishing vessels. Samson Pumps (Denmark) has been supplying the Ocean Master series of VCM since 2019. The ability to change the rotor speed (RS) is one of the features of this series. Earlier, Kaliningrad State Technical University (KSTU) developed a method for mathematical modeling of the operational stages of the VRU. The effect of changing the PMR was studied only on air pumping (the first phase of the VFU operation). The change in productivity and energy efficiency with an increase in RS over the entire cycle of the VFU has been studied in this article on the example of the KS625 VCM. The necessary additions, taking into account the change in the RS, were made to the mathematical model of the work of the VFU. An increase in the RS leads to a greater pressure drop. Therefore, a larger volume of the water-sample mixture is pumped into the tank in one cycle of the VFU operation. The consumption of the water mixture during the first stage increases, but not as much as during the second stage. The increase in RS has almost no effect on the duration of the first stage, while the duration of the second stage is significantly reduced. Since the duration of the VFU cycle decreases, and the volume of the mixture pumped in one cycle increases, the average performance of the VFU increases. The efficiency of the VFU changes slightly with the growth of the RS while the energy intensity indicator is noticeably deteriorating. Operation of the VFU at high speeds of the VCM should be recommended only if it is necessary to quickly empty the container with the water mixture (for example, when unloading fishing vessels). It is advisable to reduce rotation speed of the VCM rotor during long-term operation of the VFU. This will reduce energy costs for pumping the water mixture.

vacuum fish-pump units, water-ring compressor machines, performance, power consumed, rotor speed

ВВЕДЕНИЕ

Насосы различных типов широко применяются в пищевой промышленности с целью непрерывной подачи материала. Для перемещения рыбы уже давно используется гидротранспорт. В 1970-80-е годы под руководством профессора А. Л. Фонарева были выполнены экспериментальные исследования и разработан метод расчета гидротранспорта рыбы с помощью центробежных насосов (ЦРН) [1, 2]. ЦРН обладают высокой надежностью, неплохой производительностью и энергетической эффективностью. Насосы типа РБ-100, 150, 200, 250 (число означает диаметр рабочего колеса в миллиметрах) до сих пор используются для подъема рыбы на борт российских промысловых судов [3, 4]. Однако применение ЦРН приводит к повреждаемости рыбы. Причем она существенно возрастает с увеличением подачи ЦРН и размера рыбы [5, 6].

В настоящее время во многих странах ЦРН заменены на осевые рыбонасосы (ОРН) либо вакуумные рыбонасосные установки [7]. Французская компания Faivre [8] известна как производитель оборудования для аквакультуры и представляет на международном рынке серию пропеллерных (осевых) рыбонасосов, технические характеристики которых показаны в таблице. Прочерк означает отсутствие данных на Интернет-ресурсе компании. В таблице указан максимальный размер живой рыбы, предназначенной для дальнейшего выращивания. При от-

грузке ее с целью реализации размер может быть увеличен. Обратим внимание, что ВРУ (в последней колонке таблицы) позволяет перемещать без повреждений более крупную рыбу, чем ОРН, но с меньшей производительностью. При этом требуется двигатель большей мощности.

Таблица. Технические характеристики рыбонасосов компании Faivre [6]
Table. Technical characteristics of Faivre fish pumps [6]

Параметры	Модель рыбонасоса				
	Pescamotion 2.5 Plus	Pescamotion 4 Plus	Pescamotion 6 Plus	Pescamotion 8	Pescavac 8
Максимальная масса рыб, кг	0,04	0,30	0,70	2,5	3,5
Производительность по рыбе, т/ч	20	20	20	25	8
Производительность по воде, м ³ /ч	232	232	232	550	-
Мощность двигателя, кВт	3	3	3	11	5,1
Диаметр входа/выхода, мм	65	101	152	203	200
Общая высота подъема, м	12	12	12	13	9
Частота вращения, об/мин	200-540	200-540	200-540	100-390	-

В работе [9] был разработан метод проектирования ОРН, который включает алгоритмы вычислительной гидродинамики и эмпирическую модель повреждаемости рыбы лопастями. Предложено усовершенствовать конструкцию лопастей рабочего колеса существующего ОРН с целью снижения повреждаемости рыбы при одновременном контроле ее гидродинамических характеристик. Анализ течения вблизи ступицы сильно наклоненных лопастей показал, что для обеспечения поведения потока, благоприятного для транспортировки рыбы, требуются специальные изменения конструкции. При этом авторы [9] утверждают, что рабочие характеристики ОРН ухудшились незначительно. Они остались приемлемыми для практического применения ОРН.

Вакуумные рыбонасосные установки обеспечивают наименьшую повреждаемость рыбы при ее перемещении. Большинство современных ВРУ сконструированы на базе водокольцевых компрессорных машин (ВКМ), которые могут бесперебойно работать в тяжелых условиях, включая промысловые суда [10, 11]. Samson Pumps (Дания) [12] является одной из наиболее известных компаний по производству ВКМ для ВРУ. С 2019 г. компания поставляет на международный рынок ВКМ серии Ocean Master. В соответствии с технической документацией [12] они могут действовать в диапазоне частоты вращения ротора (ЧВР) от 800 до 1800 об/мин.

Высокопрочные ВКМ серии Ocean Master предназначены для транспортировки водорыбной смеси в агрессивных условиях, в том числе в морской воде. Они являются модификацией ранее выпускавшихся ВКМ серий KE и KS, резуль-

таты испытаний которых находились в открытом доступе и были использованы в КГТУ для моделирования нагрузочных характеристик.

В [13] был предложен метод построения нагрузочных характеристик ВКМ по результатам испытаний при фиксированной ЧВР n . Математическая модель этапов работы ВРУ при $n = \text{const}$ представлена в [14]. Влияние ЧВР на нагрузочные характеристики ВКМ исследовано в [15]. На рис. 1 точками показаны экспериментальные зависимости производительности ВКМ фирмы Samson [12] от давления P при различных значениях n . Эти нагрузочные характеристики использованы в [16] для расчета процессов закачки и откачки воздуха из рабочей камеры.

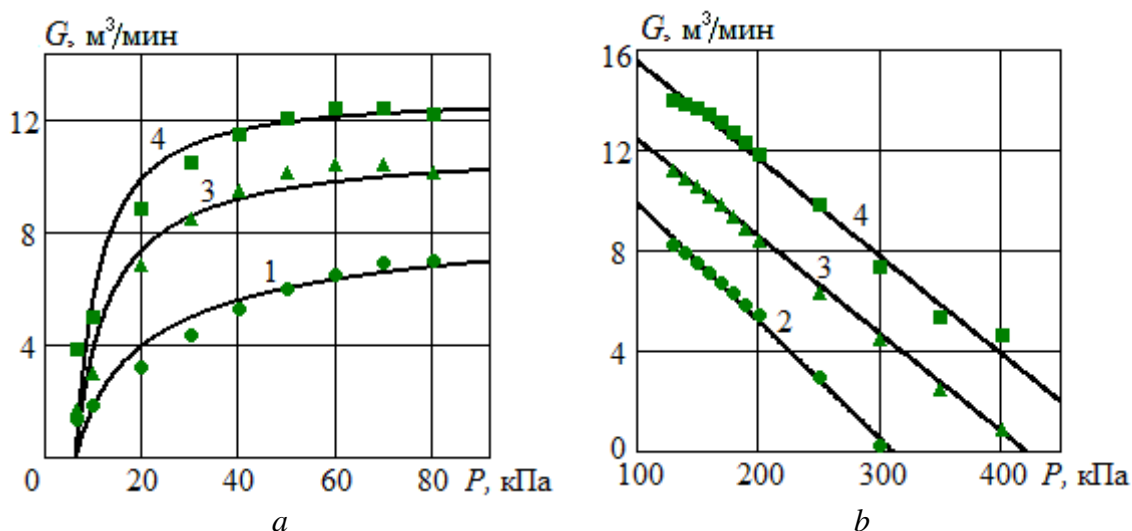


Рис. 1. Зависимость производительности ВКМ KS 625 от давления при различной ЧВР: 1 – 1000 об/мин; 2 – 1200 об/мин; 3 – 1450 об/мин; 4 – 1750 об/мин; a – в режиме вакуумного насоса; b – в режиме компрессора.

Точки – экспериментальные данные [12], линии – расчет по формулам (8, 9)
 Fig. 1. Dependence of the VCM KS625 performance on the pressure at different rotor speeds: 1 – 1000 rpm; 2 – 1200 rpm; 3 – 1450 rpm; 4 – 1750 rpm; a – in the vacuum pump mode; b – compressor. Points are experimental data [12], lines are calculation according to formulas (8, 9)

Откачка и закачка воздуха в резервуар являются лишь первыми фазами этапов функционирования ВРУ. Движение водорыбной смеси происходит во второй фазе как первого, так и второго этапа. Цель данной статьи – исследование влияния ЧВР ВКМ на полный цикл работы ВРУ, включая гидротранспорт рыбы.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

За основу приняты математические модели этапов функционирования ВРУ, предложенные в [14]. Далее укажем элементы модели, которые учитывают изменение ЧВР ВКМ. Дифференциальное уравнение откачки воздуха из бака в первой фазе первого этапа запишем как в [16]:

$$V_0 \cdot \frac{dP}{dt} = f_1(P(t), n) \cdot (k \cdot P_A - P(t) \cdot (1+k)), \quad P(0) = P_A, \quad (1)$$

где V_0 – объем бака, м^3 ; P – давление в резервуаре, Па; P_A – атмосферное давление, Па; t – текущее время, с; $G=f_1(P,n)$ – зависимость эффективной производительности ВКМ в режиме вакуумного насоса от давления и ЧВР, $\text{м}^3/\text{с}$; k – коэффициент утечек воздуха. Параметр k равен отношению расхода утечки к текущему. Он считался постоянным в данной статье ($k = 0,05$). Время первой фазы первого этапа было задано: $T_{11} = 60$ с. Давление в конце фазы откачки воздуха определялось как $P_1 = P(T_{11})$.

Дифференциальные уравнения для второй фазы первого этапа работы ВРУ:

$$L_1 \frac{dW}{dt} = \frac{1}{\rho} \cdot \left(P_A - P_1 \frac{V_0}{V_0 - V(t)} \right) - gH_1 - \frac{W^2}{2} \cdot (1 + \zeta), \quad W(0) = 0; \quad (2)$$

$$\frac{dV}{dt} = Q(t), \quad W(t) = \frac{Q(t)}{S_0}, \quad V(0) = 0, \quad H_1 = H_{10} + \frac{V(t)}{S_1}, \quad (3)$$

где L_1 , H_{10} , ζ_1 – длина, начальная высота подъема, обобщенный коэффициент гидравлического сопротивления всасывающего трубопровода, соответственно; V – объем водорыбной смеси в резервуаре, м^3 ; W – средняя по поперечному сечению скорость движения водорыбной смеси, $\text{м}/\text{с}$; ρ – плотность водорыбной смеси, $\text{кг}/\text{м}^3$; g – ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$; $Q(t)$ – объемный расход жидкости в трубопроводе, $\text{м}^3/\text{с}$; $S_0 = \pi d^2/4$ – площадь поперечного сечения трубопровода, м^2 ; S_1 – площадь основания емкости с водорыбной смесью, м^2 .

Вторая фаза первого этапа заканчивается, когда давление в резервуаре увеличивается до значения P_2 , равного атмосферному за вычетом давления столба жидкости H_1 . В отличие от [16] учтем увеличение H_1 из-за понижения уровня в емкости с водорыбной смесью. Поэтому найдем P_2 и минимальный объем воздуха в резервуаре V_{min} из системы алгебраических уравнений:

$$V_{min} = V_0 P_1 / P_2, \quad P_2 = P_A - \rho g (H_{10} + (V_0 - V_{min}) / S_1). \quad (4)$$

Дифференциальные уравнения для второго этапа работы ВРУ:

$$(V_0 - V(t)) \cdot \frac{dP}{dt} = f_2(P(t), n) \cdot ((1 - k) \cdot P(t) + k \cdot P_A) - P(t) \cdot Q(t), \quad P(0) = P_2; \quad (5)$$

$$L_2 \frac{dW}{dt} = \frac{1}{\rho} \cdot (P(t) - P_A) - gH_2 - \frac{W^2}{2} \cdot (1 + \zeta_2), \quad W(0) = 0; \quad (6)$$

$$\frac{dV}{dt} = -Q(t), \quad V(0) = V_M = V_0 - V_{min}, \quad H_2 = H_{20} - \frac{V(t)}{S_2}, \quad (7)$$

где S_2 – площадь основания резервуара, L_2 , H_2 , ζ_2 – соответственно, длина, перепад высот, коэффициент гидравлических потерь нагнетательного трубопровода.

Заметим, что на втором этапе также можно выделить первую фазу – нагнетание воздуха в резервуар. Движение водорыбной смеси (вторая фаза) начинается лишь тогда, когда правая часть уравнения (5) становится положительной. До этого ее объем в резервуаре V не изменяется. Продолжается вторая фаза второго этапа до опорожнения резервуара. Затем весь цикл повторяется.

В уравнениях (1) и (5) необходимо задать зависимость производительности ВКМ от давления в резервуаре P и ЧВР. Для этого воспользуемся формулами, полученными в [15, 16]:

$$f_1(P, n) = G_M(n) \cdot \frac{1 - (P_V / P)^\alpha}{1 - (P_V / P_A)^\alpha} \quad (P > P_V); \quad (8)$$

$$f_2(P, n) = G_A(n) - K(n) \cdot (P - P_A), \quad (9)$$

где P_V – минимальное абсолютное давление, создаваемое вакуумным насосом, кПа; G_M – производительность (скорость откачки) вакуумного насоса при атмосферном давлении, м³/мин; α – эмпирический показатель степени; G_A – производительность компрессора при атмосферном давлении, м³/мин; K – эмпирический коэффициент, м³/(мин·кПа).

Эмпирические функции для ВКМ Samson KS625 были найдены в [15]:

$$\alpha = 0,001174 \cdot n - 0,723, \quad G_M = V_1 \cdot n, \quad V_1 = 0,00710 \text{ м}^3; \quad (10)$$

$$K = 0,0861 - 3,26 \cdot 10^{-5} \cdot n, \quad G_A = a + b \cdot n, \quad (11)$$

где V_1 – объем воздуха, откачиваемый вакуумным насосом за один оборот при атмосферном давлении.

Чтобы рассчитать показатели энергетической эффективности ВРУ, потребуются найденные в [14] зависимости затраченной мощности от давления и ЧВР в режиме вакуумного насоса и компрессора KS625, соответственно:

$$N \equiv \varphi_1(P, n) = \begin{cases} N_M(n) - B_0 \cdot P \cdot (P - P_0(n)), & \text{при } P \geq P_0(n); \\ N_M(n), & \text{при } P < P_0(n). \end{cases} \quad (12)$$

$$N \equiv \varphi_2(P, n) = N_A(n) + B_1(n) \cdot (P - P_A). \quad (13)$$

$$N_M(n) = 6,739 \cdot 10^{-5} \cdot n^{1,739}, \quad P_0(n) = 66,84 - 0,0263 \cdot n.$$

Коэффициент B_0 в формуле (12) с ростом частоты меняется незначительно, он может быть принят постоянным, в частности, для Samson KS625 $B_0 \approx 8,729 \cdot 10^{-4}$ кВт/Па³.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Три поставленные задачи Коши были решены последовательно, численным методом в среде Mathcad. Причем решение (1) стало начальным условием для (2), (3), а решения второй задачи – для (5), (7). Были приняты следующие значения технических параметров: $V_0 = 4 \text{ м}^3$; $k = 0,05$; $H_{10} = H_{20} = 4 \text{ м}$; $L_1 = 50 \text{ м}$; $L_2 = 100 \text{ м}$; $d = 0,3 \text{ м}$; $S_1 = 1,5 \text{ м}^2$.

На рис. 2–4 представлено изменение рассчитанных функций по времени (начиная со второй фазы первого этапа) при разных значениях ЧВР n . Динамика предшествующей откачки воздуха из резервуара (первая фаза первого этапа) была подробно изучена в [16].

По рис. 2 увеличение ЧВР приводит к большему перепаду давления. При всасывании водорыбной смеси в резервуар становится глубже вакуум (рис. 2а), на рис. 2б – выше избыточное давление. Из-за этого за один цикл работы ВРУ в резервуар закачивается больший объем водорыбной смеси (см. рис. 3).

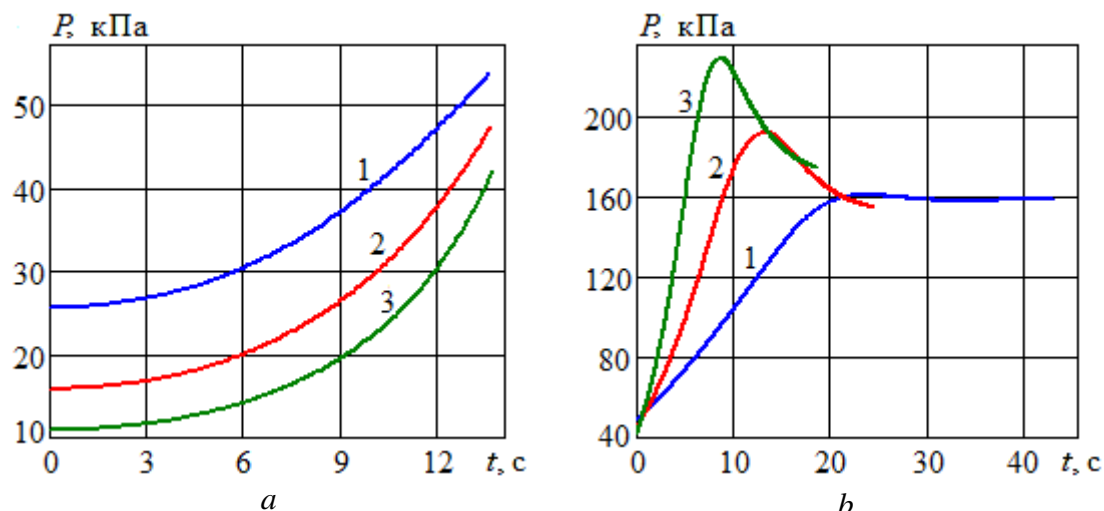


Рис. 2. Изменение давления в резервуаре во время работы ВРУ при различных значениях ЧВР ВКМ KS625: 1 – 1000 об/мин; 2 – 1400 об/мин; 3 – 1800 об/мин; *a* – вторая фаза первого этапа; *b* – второй этап

Fig. 2. Pressure change in the tank during the operation of the VFU at different values of the VCM KS625 rotor speed: 1 – 1000 rpm; 2 – 1400 rpm; 3 – 1800 rpm; *a* – the second phase of the first stage; *b* – the second stage

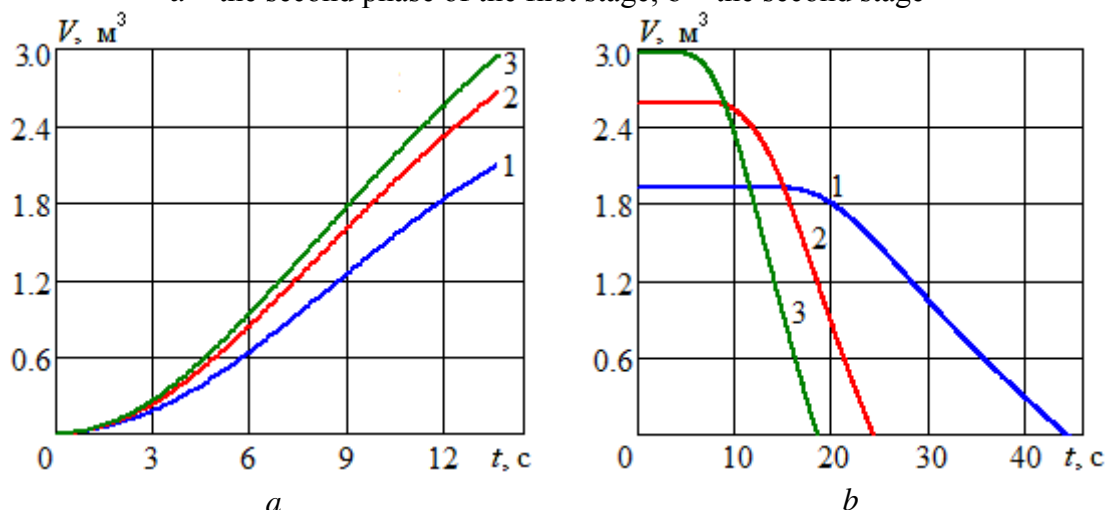


Рис. 3. Изменение объема смеси в резервуаре во время работы ВРУ при различных значениях ЧВР ВКМ KS625: 1 – 1000 об/мин; 2 – 1400 об/мин, 3 – 1800 об/мин; *a* – вторая фаза первого этапа; *b* – второй этап

Fig. 3. Change in the volume of the mixture in the tank during the operation of the VFU at different values of the VCM KS625 rotor speed: 1 – 1000 rpm; 2 – 1400 rpm, 3 – 1800 rpm; *a* – the second phase of the first stage; *b* – the second stage

С увеличением ЧВР с 1000 до 1800 об/мин максимум расхода водорыбной смеси на первом этапе возрастает с 207,6 до 256,1 $\text{дм}^3/\text{с}$, при этом время достижения максимума меняется незначительно (рис. 4*a*). Гораздо более существенные изменения расхода наблюдаются во время второго этапа (рис. 4*b*). Максимум возрастает с 84,4 до 221,2 $\text{дм}^3/\text{с}$, время его достижения сокращается с 27,9 до 18,3 с.

Рост n почти не отражается на продолжительности первого этапа, тогда как длительность второго заметно уменьшается.

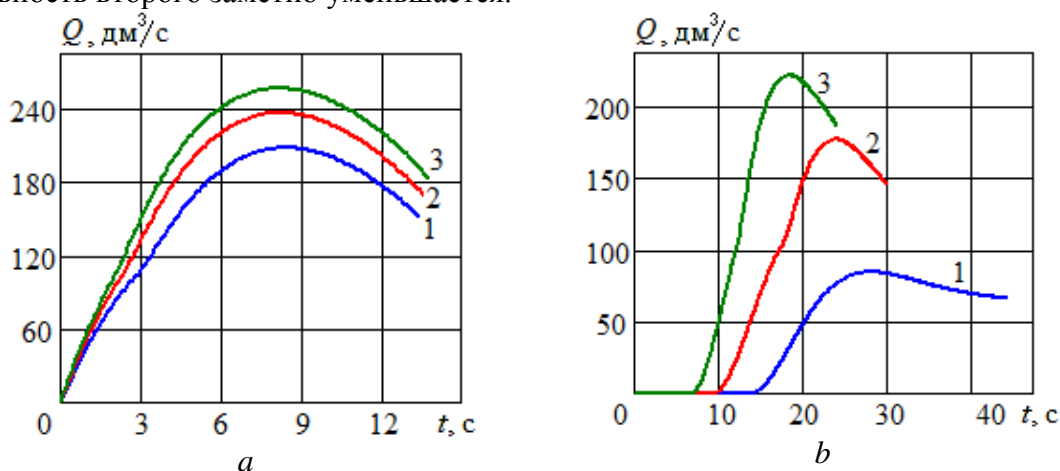


Рис. 4. Изменение расхода в трубопроводе во время работы ВРУ при различных значениях ЧВР ВКМ KS625: 1 – 1000 об/мин; 2 – 1400 об/мин; 3 – 1800 об/мин; a – вторая фаза первого этапа; b – второй этап

Fig. 4. Flow rate change in the pipeline during the operation of the VFU at different values of the VCM KS625 rotor speed: 1 – 1000 rpm; 2 – 1400 rpm; 3 – 1800 rpm; a – the second phase of the first stage; b – the second stage

На рис. 5, 6 представлено влияние увеличения ЧВР на показатели производительности и энергетической эффективности ВРУ. Абсолютное давление в конце первой фазы первого этапа P_1 снижается (на рис. 5b вакуум глубже). Так как продолжительность цикла работы ВРУ T уменьшается, а объем смеси V_C , перекачиваемой за один цикл, увеличивается (рис. 5a), то средняя производительность $\bar{Q} = V_C / T$ на рис. 5b возрастает, где время полного цикла $T = T_1 + T_2 = (T_{11} + T_{12}) + (T_{21} + T_{22})$.

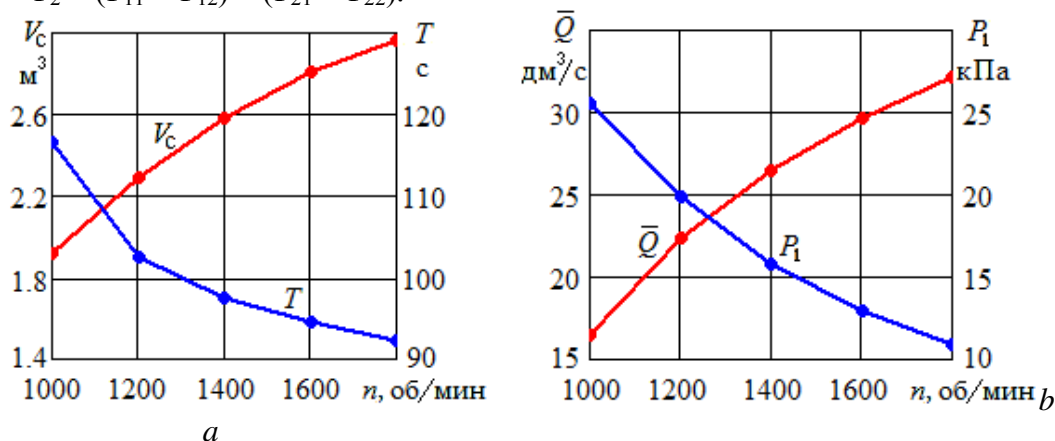


Рис. 5. Зависимость показателей производительности ВКМ KS625 от ЧВР: a – объем водорыбной смеси и продолжительность цикла;

b – средняя подача за цикл и давление в конце первой фазы первого этапа
Fig. 5. Dependence of the performance indicators of the VCM KS625 on the rotor speed: a – volume of the water-fish mixture and cycle duration; b – average flow per cycle and pressure at the end of the first phase of the first stage

Компания Euskan Fish Systems [17] указывает в технической документации производительность ВРУ на базе ВКМ KS625 180 м³/ч или 50 дм³/с. Как видно по рис. 5b, даже при $n = 1800$ об/мин в расчетах получается значение всего 32,2 дм³/с. Результаты расчетов показали, что столь высокая производительность ВРУ может быть получена лишь при малых перепадах высот и длинах трубопровода.

Рассчитаем затраченную и полезную работу (рис. 6a). Механическая работа, затрачиваемая ВКМ KS625 для перекачивания воздуха на первом и втором этапе, соответственно:

$$A_{Z1}(n) = \int_0^{T_{11}} \varphi_1(P(t, n), n) dt, \quad A_{Z2}(n) = \int_{T_1}^T \varphi_2(P(t, n), n) dt. \quad (14)$$

Полезная работа на первом и втором этапах, соответственно:

$$A_{P1}(n) = \int_{T_{11}}^{T_1} Q(t, n) \cdot (P_A - P(t, n)) dt, \quad A_{P2}(n) = \int_{T_1}^T Q(t, n) \cdot (P(t, n) - P_A) dt. \quad (15)$$

На рис. 6b показаны результаты расчета коэффициента полезного действия и показателя энергоемкости по формулам, соответственно:

$$\eta = 100 \cdot A_P / A_Z, \quad E = A_Z / V_C; \quad (16)$$

$$A_P = A_{P1} + A_{P2}; \quad A_Z = A_{Z1} + A_{Z2}.$$

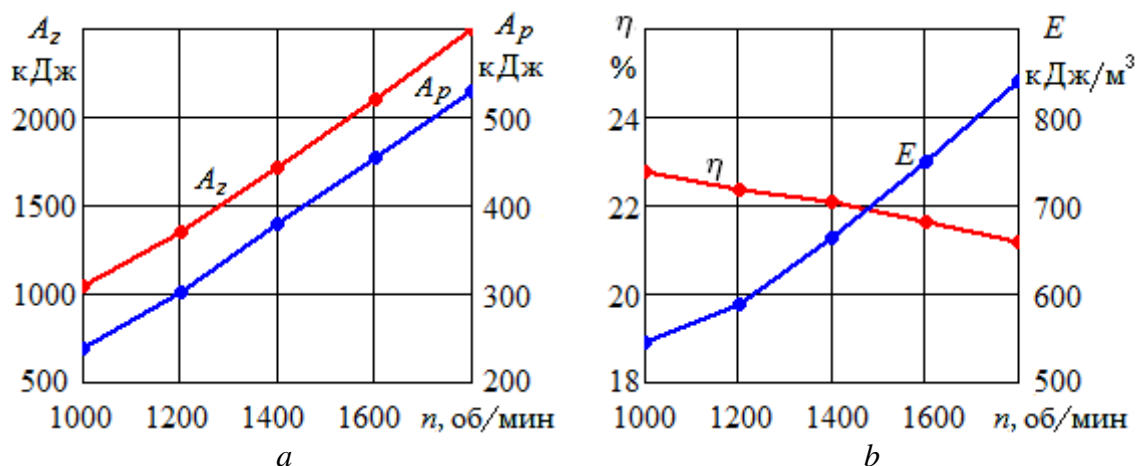


Рис. 6. Зависимость показателей энергетической эффективности ВКМ KS625 от ЧВР: a – затраченная и полезная работа за цикл; b – КПД и показатель энергоемкости

Fig. 6. Dependence of the energy efficiency indicators of the VCM KS625 on the rotor speed: a – spent and useful work per cycle; b – efficiency and energy intensity indicator

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рассмотренных условиях увеличение ЧВР ВКМ KS625 с 1000 до 1800 об/мин приводит к уменьшению времени цикла работы ВРУ с 117 до 92 с, росту объема перекачиваемой водорыбной смеси с 1,92 до 2,97 м³. В результате средняя производительность ВРУ возрастает с 15,5 до 32,2 дм³/с. При этом коэф-

коэффициент полезного действия изменяется незначительно (с 22,7 до 21,2 %), тогда как показатель энергоёмкости заметно ухудшается с 545 до 842 кДж/м³.

Таким образом, эксплуатацию ВРУ на высоких оборотах ВКМ следует рекомендовать лишь при необходимости быстро опорожнить ёмкость с водорыбной смесью (например, при разгрузке промысловых судов). При длительной эксплуатации ВРУ целесообразно снизить ЧВР ВКМ, что позволит уменьшить энергетические затраты на перекачивание водорыбной смеси при обеспечении приемлемой производительности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Фонарев, А. Л. Расчет гидротранспорта рыбы: монография / А. Л. Фонарев. – Москва: Пищевая промышленность, 1977. – 166 с.
2. Фонарев, А. Л. Гидравлика и гидравлические машины в промышленном рыболовстве: учебник / А. Л. Фонарев. – Москва: Колос, 1993. – 208 с.
3. Таран, В. Е. Гидромеханизация промысловых судов / В. Е. Таран // Рыболовство – аквакультура: III Междунар. науч.-техн. конф.: материалы (Владивосток, 18–20 апреля 2017 г.). – Владивосток: Изд-во Дальрыбвтуз, 2017. – С. 19–24.
4. Рязанова, Т. В. Судовое промышленное оборудование и его эксплуатация: учеб. пособие / Т. В. Рязанова. – Керчь: Изд-во ФГБОУ ВО «КГМТУ», 2019. – 103 с.
5. Терентьев, А. В. Влияние режима работы центробежных рыбонасосов на повреждаемость рыбы / А. В. Терентьев, Б. С. Краковский, Н. В. Гусин // Рыбное хозяйство. – 1972. – № 2. – С. 53–56.
6. Фатыхов, Ю. А. Классификация повреждений рыбного сырья при гидротранспортировании / Ю. А. Фатыхов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 1986. – № 4. – С. 9–12.
7. Кудакаев, В. В. Автоматизированные гидравлические системы транспортировки рыбы из орудий лова рыбонасосами / В. В. Кудакаев, Т. П. Карпелев, А. Н. Бойцов // Известия ТИНРО. – 2016. – Т. 186. – С. 207–213.
8. Faivre Company. Fish Pumps [Электронный ресурс]. – URL: <https://faivre.ru/production/rybonasosy> (Дата обращения: 03.03.2021).
9. Fish-friendly design of an axial flow pump impeller based on a blade strike model / Q. Pan, W.D. Shi, D.S. Zhang, B.P.M. van Esch [et al.] // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Power and Energy. – 2020. Vol. 234, No. 2. – P. 173–186.
10. Yu, H. M. Analysis on selection of water ring vacuum pumps in the chemical industry / H. M. Yu // Applied Mechanics and Materials. – 2013. – Vol. 325–326. – P. 1435–1439.
11. Performance monitoring analysis of liquid ring vacuum pumps / G. Q. Qiu, S. Huang, L. L. Zhu, Y. Chen, J. He // Applied Mechanics and Materials. – 2017. – Vol. 853. – P. 463–467.
12. Samson Pumps [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.samson-pumps.com/downloads/vacuum-pumps.html> (Дата обращения: 03.03.2021).

13. Великанов, Н. Л. Моделирование характеристик водокольцевых вакуумных насосов / Н. Л. Великанов, В. А. Наумов // Известия вузов. Машиностроение. – 2019. – № 10. – С. 70–77.
14. Наумов, В. А. Этапы работы вакуумной рыбонасосной установки / В. А. Наумов, Н. Л. Великанов // Рыбное хозяйство. – 2020. – № 2. – С. 108–112.
15. Наумов, В. А. Характеристики водокольцевых компрессорных машин вакуумных рыбонасосных установок / В. А. Наумов, Н. Л. Великанов // Рыбное хозяйство. – 2021. – № 1. – С. 94–98.
16. Наумов, В. А. Влияние частоты вращения ротора водокольцевых компрессорных машин на перекачивание воздуха / В. А. Наумов // Известия Калининградского государственного технического университета. – 2021. – № 60. – С. 111–122.
17. Euskan Fish Systems [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.euskan.com/> (Дата обращения: 02.02.2021).

REFERENCES

1. Fonarev A. L. *Raschet gidrotransporta ryby* [Calculation of hydrotransport of fish]. Moscow, Pishchevaya promyshlennost', 1977, 166 p.
2. Fonarev A. L. *Gidravlika i gidravlicheskie mashiny v promyshlennom rybolovstve: uchebnyk* [Hydraulics and hydraulic machines in industrial fishing: textbook]. Moscow, Kolos, 1993, 208 p.
3. Taran V. E. *Gidromekhanizatsiya promyslovykh sudov* [Hydromechanization of commercial vessels]. *Rybolovstvo – akvakul'tura. Materialy III Mezhdunar. nauch.-tekhn. konferentsii (Vladivostok, 18–20 Aprelya 2017g.)* [Fishery-aquaculture. Proceedings of the III International scientific and technical conference (Vladivostok, 18-20 April 2017)]. Vladivostok, Dal'rybvuz Publ., 2017, pp. 19–24.
4. Ryazanova T. V. *Sudovoe promyslovoe oborudovanie i ego ekspluatatsiya: uchebnoe posobie* [Ship fishing equipment and its operation: textbook]. Kerch', KSMTU Publ., 2019, 103 p.
5. Terent'ev A. B., Krakovskiy B. S., Gusin N. V. *Vliyanie rezhima raboty centrobeznykh rybonasosov na povrezhdaemost' ryby* [Influence of the operation mode of centrifugal fish pumps on the damage to fish]. *Rybnoe khozyaystvo*, 1972, no. 2, pp. 53–56.
6. Fatykhov Yu. A. *Klassifikatsiya povrezhdeniy rybnogo syr'ya pri gidrotransportirovani* [Classification of damage to fish raw materials during hydrotransportation]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Pishchevaya tekhnologiya*, 1986, no. 4, pp. 9–12.
7. Kudakaev V. V., Karpelev T. P., Boytsov A. N. *Avtomatizirovannye gidravlicheskie sistemy transportirovki ryby iz orudiy lova rybonasosami* [Automated hydraulic systems for transporting fish from fishing gear with fish pumps]. *Izvestiya TINRO*, 2016, vol. 186, pp. 207–213.
8. Faivre Company. Fish Pumps. Available at: <https://faivre.ru/production/rybonasosy> (Accessed 03 March 2021).
9. Pan Q., Shi W.D., Zhang D.S. et al. Fish-friendly design of an axial flow pump impeller based on a blade strike model. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Power and Energy*, 2020, vol. 234, no. 2, pp. 173–186.

10. Yu H. M. Analysis on selection of water ring vacuum pumps in the chemical industry. *Applied Mechanics and Materials*, 2013, vol. 325–326, pp. 1435–1439.

11. Qiu G.Q., Huang S., Zhu L.L. et al. Performance monitoring analysis of liquid ring vacuum pumps. *Applied Mechanics and Materials*, 2017, vol. 853, pp. 463–467.

12. Samson Pumps. Available at: <https://www.samson-pumps.com/downloads/vacuum-pumps.html> (Accessed 03 March 2021).

13. Velikanov N. L., Naumov V. A. Modelirovanie kharakteristik vodokol'tsevykh vakuurnykh nasosov [Modeling of water-ring vacuum pumps characteristics]. *Izvestiya vuzov. Mashinostroenie*, 2019, no. 10, pp. 70–77.

14. Naumov V. A., Velikanov N. L. Etapy raboty vakuurnoy rybonasosnoy ustanovki [Operation stages of the vacuum fish-pump unit]. *Rybnoe khozyaystvo*, 2020, no. 2, pp. 108–112.

15. Naumov V. A., Velikanov N. L. Kharakteristiki vodokol'tsevykh kompressornykh mashin vakuurnykh rybonasosnykh ustanovok [Characteristics of liquid ring compressors vacuum of fish-pump units]. *Rybnoe khozyaystvo*, 2021, no. 21 pp. 94–98.

16. Naumov V. A. Vliyanie chastoty vrashcheniya rotora vodokol'tsevykh kompressornykh mashin na perekachivanie vozdukha [Influence of the rotation frequency of the rotor of water-ring compressor machines on air pumping]. *Izvestiya KGTU*, 2021, no. 60, pp. 111–122.

17. Euskan Fish Systems. Available at: <http://www.euskan.com/> (Accessed 02 February 2021).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Наумов Владимир Аркадьевич – Калининградский государственный технический университет; доктор технических наук, профессор;
зав. кафедрой водных ресурсов и водопользования;
E-mail: van-old@rambler.ru

Naumov Vladimir Arkadievich – Kaliningrad State Technical University; Doctor of Technical Sciences, Professor; Head of the Department of Water Resources and Water Management; E-mail: van-old@rambler.ru

УДК 573.6.086.83:664.022.3

DOI 10.46845/1997-3071-2021-61-76-82

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФЕРМЕНТАТИВНОГО ГИДРОЛИЗА
ОПОРНО-КАРКАСНЫХ И ПОКРОВНЫХ ТКАНЕЙ ГИДРОБИОНТОВ

И. О. Орлов, Е. С. Землякова

STUDY OF THE PROCESS OF ENZYMATIC HYDROLYSIS
OF THE SUPPORT-SKELETON AND INTEGUMENTARY TISSUES
OF HYDROBIONTS

I. O. Orlov, E. S. Zemlyakova

В условиях современного ритма жизни особенно остро встает проблема увеличения количества людей с заболеваниями суставов и хрящей. Для проведения профилактических мер и снижения случаев возникновения острой формы заболеваний специалистами рекомендуется применение в пищу биологически активных добавок и препаратов, содержащих естественные компоненты хрящевой ткани – гликозаминогликаны (ГаГ). Их также называют хондропротекторами или веществами, обладающими хондропротекторным действием. Одним из наиболее эффективных способов получения таких веществ является ферментативный гидролиз сырья, богатого гликозаминогликанами. Таким источником традиционно выступают ткани крупного рогатого скота. Однако для повышения экономической эффективности перспективнее вторичное сырье гидробионтов. Ряд исследований подтверждает, что хондроитин сульфат (входящий в состав комплекса ГаГ), вырабатываемый из сырья гидробионтов, по своему строению ближе к человеческому. Так, в гидробионтах преобладает хондроитин-6-сульфат, который отличается своим паттерном сульфатирования от хондроитин-4-сульфата. Целевой композицией, получаемой в процессе ферментативного гидролиза, является комплекс легкоусвояемых веществ, в том числе и сульфатированные гликозаминогликаны (сГаГ). При использовании тканей судака суммарная доля сГаГ, полученная после ферментации, составила 3,3 %, тканей минтая – 2,8 % в пересчете на сухое вещество. В процессе проведения гидролиза были изучены такие показатели, как формольнотитруемый азот (ФТА), степень гидролиза, накопление сухих веществ и накопление сульфатированных гликозаминогликанов. Изучение этих показателей позволяет не только более точно оценивать состояние процесса, но и оптимизировать сами параметры гидролиза для достижения больших показателей выхода целевого вещества.

ферментативный гидролиз и его показатели, вторичное сырье гидробионтов, хондропротекторы, сульфатированные гликозаминогликаны, папаин

In the conditions of the modern rhythm of life, a problem of increasing the number of people with diseases of diarthrosis and cartilage is particularly acute. To carry out preventive measures and reduce the occurrence of acute diseases, experts recommend

the use of dietary supplements and preparations containing natural components of cartilage tissue-glycosaminoglycans. Such substances are also called chondroprotectors or substances that have a chondroprotective effect. One of the most effective ways to obtain such substances is enzymatic hydrolysis of raw materials rich in glycosaminoglycans (GaG). Such a source is traditionally the tissue of cattle. However, to increase economic efficiency, a promising raw material is the secondary raw material of hydrobionts. A number of studies confirm that chondroitin sulfate (which is part of the GaG complex) obtained from raw materials of hydrobionts is closer to human in its structure. Thus, chondroitin-6-sulfate predominates in hydrobionts, which differs in its sulfation pattern from chondroitin-4-sulfate. The target composition obtained in the process of enzymatic hydrolysis is a complex of easily digestible substances, including sulfated glycosaminoglycans (sGAG), when using walleye tissues, the total proportion of sGAG obtained after fermentation was 3.3 %, pollock tissues – 2.8 % in terms of dry matter. In the process of hydrolysis, such indicators as formol-titrated nitrogen (FTN), the degree of hydrolysis, the accumulation of dry substances and the accumulation of sulfated glycosaminoglycans were studied. The study of these indicators allows not only to more accurately assess the state of the process, but also to optimize the hydrolysis parameters themselves to achieve high yield indicators of the target substance.

enzymatic hydrolysis and its parameters, secondary raw materials of hydrobionts, chondroprotectors, sulfated glycosaminoglycans, papain

ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных факторов ухудшения качества жизни человека являются заболевания опорно-двигательного аппарата. Среди всей группы этих заболеваний основная доля приходится на остеоартроз.

Остеоартроз – это дегенеративно-дистрофическое заболевание суставов. Причиной развития данного заболевания, как правило, является нарушение метаболизма хрящевой и суставной тканей. Это может быть связано как с невозможностью организма синтезировать новые тканевые соединения, так и с нарушениями самого процесса продуцирования, вызванного недостатком основных веществ, а также катализаторов данного процесса.

Морфология остеоартроза крайне сложна и комплексна, что делает невозможным купировать или же полностью вылечить его, используя только один вектор лечения. Поэтому современная терапия делает упор на комплексный подход. Одним из этапов лечения является остановка разрушения хрящевой ткани путем введения в организм особой группы веществ, называемой хондропротекторами.

Хондропротекторы – это гликозаминогликаны – естественные компоненты хрящевой ткани. В организме они связаны пептидной связью с коллагеном. Современные исследования показывают, что гликозаминогликаны способны не только участвовать в метаболизме новой ткани, но и запускать данные реакции, что позволяет значительно ускорить терапию [1–5].

Сырьем для производства хондропротекторов служат хрящи крупного рогатого скота, а также акул и скатов. В связи с этим итоговая стоимость продукта становится достаточно высокой, что ограничивает круг людей, способных приобрести данные препараты. Поэтому на сегодняшний день большой интерес вызывают исследования, направленные на удешевление получаемых хондропротекторов путем оптимизации параметров производства и использования более доступного сырья [6–8].

Традиционно для получения гликозаминогликанов применяется кислотный гидролиз. Такой способ хоть и позволяет обеспечить высокий выход целевого вещества, но из-за большого количества операций, необходимых для предподготовки и постобработки, процесс становится не только дорогостоящим для производства, но также неэкологичным, да еще и занимает значительно больше времени, чем при других способах получения.

Цель исследования: оценить процесс ферментативного гидролиза вторичного рыбного сырья, а именно опорно-каркасных и покровных тканей судака и минтая, через такие показатели, как накопление формольнотитруемого азота, сухих веществ, суммарного количества гликозаминогликанов в готовом полуфабрикate и степень гидролиза.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для исследования процесса ферментативного гидролиза опорно-каркасных и покровных тканей (ОКиПТ) судака и минтая использовались два ферментных препарата: папаин (производство Aromarti, Россия) и алкалаза (производство Animox, Германия). В соответствии с литературными данными выбранные ферментные препараты обладают протеолитической и коллагеназной активностью, что позволяет применять их для сырья, содержащего большое количество соединительной ткани. С целью увеличения выхода целевой композиции ткани подвергались дополнительной обработке – проварке, это способствовало частичному удалению нежелательных легкоокисляющихся липидов, а также в дальнейшем значительно облегчало процесс измельчения сырья.

После термообработки последнее измельчалось с использованием мясорубки для достижения более высокой степени взаимодействия с ферментом. В табл. 1 представлен план исследований: вид сырья, ферментные препараты и их количество, вводимое в систему.

Показатель формольнотитруемого азота (ФТА) определяли по методике формольного титрования, предназначенной для определения аминного азота свободных (концевых) аминокрупп в препаратах аминокислот, пептидов, белков и других с содержанием азота 1,5–5,0 мг в 1 мл испытуемого раствора. Данный метод (метод Серенсена) основан на защите формальдегидом свободных аминокрупп с образованием оснований Шиффа и алкалометрическом титровании эквивалентного количества карбоксильных групп. Он неприменим в присутствии ионов аммония, обуславливающих получение завышенных результатов определения.

Таблица 1. План исследований

Table 1. Research plan

Номер исследования	Сырье	Ферментный препарат	Количество фермента, %
1	ОКиПТ судака	Папаин	1,5
2	То же	То же	3
3	– « –	Папаин + алкалаза	1,5 + 1,5
4	ОКиПТ минтая	Папаин	3

В качестве одного из показателей процесса ферментативного гидролиза использовался показатель степени гидролиза (СГ), который вычислялся по формуле (1)

$$СГ = \left(\frac{N_{AA} - N_{AA0}}{N_{OA} - N_{AA0}} \right) * 100\%, \quad (1)$$

где N_{OA} – содержание общего азота, %; N_{AA0} – содержание аминного азота в негидролизованном сырье, %; N_{AA} – содержание аминного азота в гидролизате после гидролиза в течение периода времени τ , %.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

График накопления ФТА, который является наиболее наглядным динамическим показателем стабильности протекания гидролиза, показан на рис. 1. Лучшее накопление ФТА проходило в опыте с ОКипТ минтая при использовании фермента папаина в количестве 3 % к массе сырья, и к 300 мин гидролиза составило 9,44 %.

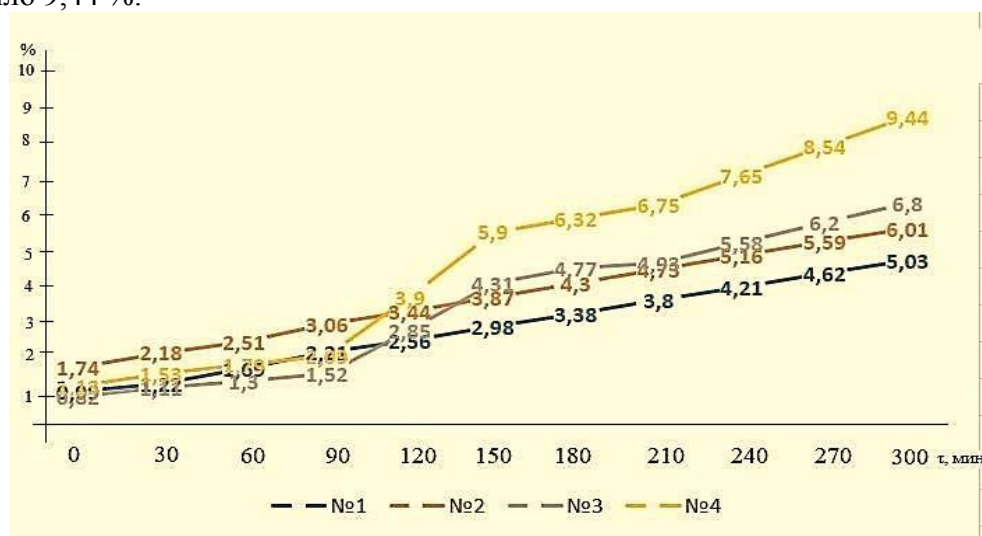


Рис. 1. График накопления ФТА в процессе гидролиза
Fig. 1. Graph of FTN accumulation during hydrolysis

Как видно из графика, представленного на рис. 1, по показателю ФТА лучшим оказался образец № 4, хотя на графике рис. 3 видно, что при наивысшем показателе ФТА выход целевого вещества не всегда будет соразмерен. Это позволяет нам утверждать, что такой показатель, как ФТА нельзя оценивать в абсолютном значении, поскольку он является динамическим. Благодаря ему мы можем лишь оценивать общее состояние процесса гидролиза путем отслеживания самого факта накопления ФТА.

Помимо показателя ФТА контролировалось количество накопившихся сухих веществ и показатель накопления суммы гликозаминогликанов (рис. 2, 3). По этим показателям лучшим оказался образец № 2. Можно сделать вывод, что накопление сульфатированных гликозаминогликанов лучше отражает процент накопления сухих веществ. Это наглядно показывает, что для исследования параметров гидролиза важно отслеживать оба показателя.

Сравнивая данные, представленные на рис. 2 и 3, мы видим, что накопление сульфатированных гликозаминогликанов динамически коррелирует с накоплением сухих веществ и в случае, когда оценка сГаГ невозможна из-за продолжительного времени, требуемого для проведения анализа. Мы можем ориентироваться на накопление сухих веществ, оценивая скорость или глубину гидролиза.

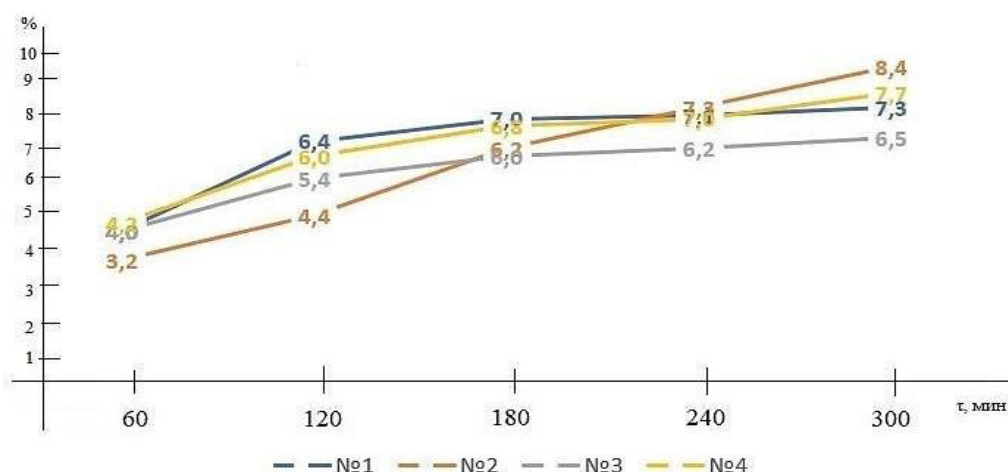


Рис. 2. График накопления сухих веществ в процессе гидролиза
 Fig. 2. Graph of accumulation of dry matter during hydrolysis

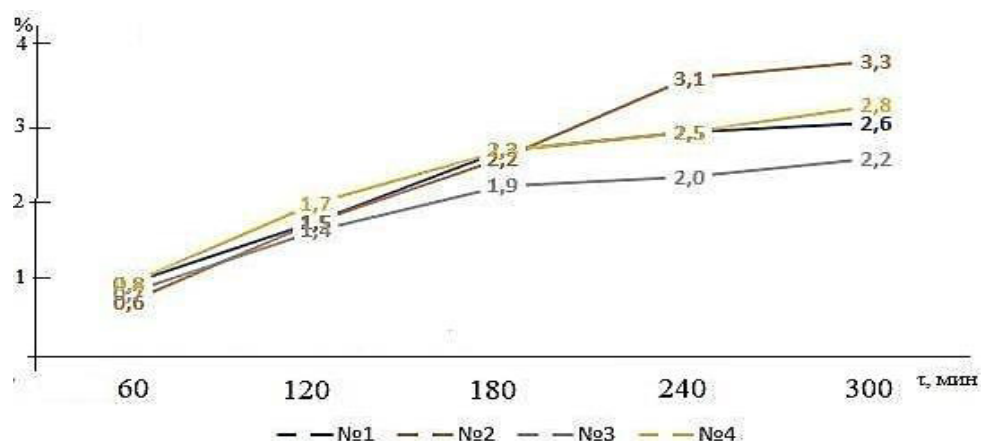


Рис. 3. График накопления сГаГ в процессе гидролиза
 Fig. 3. Graph of sGaG accumulation during hydrolysis

По показателям содержание общего азота, аминного азота в негидролизованном сырье и в гидролизате после гидролиза в течение периода времени τ были рассчитаны показатели степени гидролиза. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2. Расчетные показатели степени гидролиза сырья в зависимости от его вида, ферментных препаратов и их количества
 Table 2. Calculated indicators of the degree of hydrolysis of raw materials depending on its type, enzyme preparations and their quantity

Сырье	Фермент	Количество фермента, %	Степень гидролиза, %
ОКиПТ судака	Папаин	1,5	48
То же	То же	3	60
– « –	Папаин + алкалаза	1,5 + 1,5	54
ОКиПТ минтая	Папаин	3	65

Как видно из данных табл. 2, самой высокой степени гидролиза удалось добиться в образцах № 2 и 4. В обоих случаях было использовано 3 % папаина к массе сырья. Задействие 1,5 % фермента показало наихудший результат, так как это количество не способно гидролизовать хрящевую ткань за такой промежуток времени. Добавление к 1,5 % папаина 1,5 % алкалазы позволило перейти 50%-ную границу степени гидролиза.

ВЫВОДЫ

На основании полученных данных мы можем сделать выводы о том, что показатель ФТА позволяет оценить общее состояние процесса гидролиза, и его следует наблюдать именно в динамическом состоянии.

Исследования позволили определить, что показатели накопления сГаГ и сухих веществ находятся в близкой зависимости. Оценку проведения гидролиза для получения сГаГ лучше всего делать по показателю накопления гликозаминогликанов или сухих веществ.

Оценивая степень гидролиза, мы получили информацию о том, что гидролиз тканей как судака, так и минтая лучше всего проходит под действием папаина. Накопление ФТА активнее протекает при гидролизе ОКиПТ минтая.

Благодаря полученным данным можно с бóльшей точностью проводить оценку параметров для выявления оптимальных значений при математическом моделировании.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Стейси, М. Углеводы живых тканей / М. Стейси, С. Баркер. – Москва: Мир, 1965. – 324 с.
2. Йиргенсонс, Б. Природные органические макромолекулы / Б. Йиргенсонс. – Москва, 2001. – 558 с.
3. Arvanitoyannis I. S. *Fish industry waste: treatments, environmental impacts, current and potential uses*. Food Science and Technology. – United States, Academic Press, 2008, 726–745 p.
4. Стецюк, В. В. Современное состояние и проблемы рыбной промышленности Российской Федерации / В. В. Стецюк // Таможенная политика России на Дальнем Востоке. – 2019. – № 2 (87). – С. 65–76.
5. Казакова, В. С. Источники получения гиалуроновой кислоты / В. С. Казакова, Е. С. Землякова // VII Международный Балтийский морской форум. VIII Международная научно-практическая конференция «Пищевая и морская биотехнология» (7–12 октября 2019 г.): материалы. – Калининград: Изд-во БГАРФ, 2019. – С. 64–68.
6. Бочков, Н. П. Медицинская генетика / Н. П. Бочков, А. Ф. Захаров, В. И. Иванов. – Москва, 1984. – 404 с.
7. Ayaz, F. A. Nutrient contents of kale (*Brassica oleraceae* L. var. *acephala* DC.) / F. A. Ayaz [et al.] // Food Chemistry. – 2006. – Т. 96, №. 4. – С. 572–579.
8. Землякова, Е. С. Комплексная переработка опорно-каркасных и покровных тканей судака на функциональные продукты: дис...канд. техн. наук: 05.18.04, 05.18.07 / Землякова Евгения Сергеевна; КГТУ. – Калининград, 2009. – 233 с.

REFERENCES

1. Steysi M. *Uglevody zhivvykh tkaney* [Carbohydrates of living tissues]. Moscow, Mir, 1965, 324 p.
2. Yirgensons B. *Prirodnye organicheskie makromolekuly* [Natural organic macromolecules]. Moscow, 2001, 558 p.
3. Arvanitoyannis I. S. *Fish industry waste: treatments, environmental impacts, current and potential uses*. Food Science and Technology. United States, Academic Press, 2008, pp. 726–745.
4. Stetsyuk V. V. *Sovremennoe sostoyanie i problemy rybnoy promyshlennosti Rossiyskoy Federatsii* [Current state and problems of the fishing industry of the Russian Federation]. *Tamozhennaya politika Rossii na Dal'nem Vostoke*. 2019, no. 2(87), pp. 65–76
5. Kazakova V. S., Zemlyakova E. S. *Istochniki polucheniya gialuronovoy kisloty* [Sources of hyaluronic acid]. *Materialy VII Mezhdunarodnogo Baltiyskogo morskogo foruma "Pishchevaya i morskaya biotekhnologiya". VIII Mezhdunarodnaya nauchno-prkticheskaya konferentsiya "Pishchevaya i morskaya biotekhnologiya" (7-12 oktyabrya 2019 g.)* [Proceedings of the VII International Baltic Maritime Forum "Food and Marine Biotechnology. VIII International Scientific and Practical Conference "Food and Marine Biotechnology" (7–12 October 2019)]. Kaliningrad, 2019, pp. 64–68.
6. Bochkov N. P., Zakharov A. F., Ivanov V. I. *Meditinskaya genetika* [Medical genetics]. Moscow, 1984, 404 p.
7. Ayaz F. A. et al. Nutrient contents of kale (*Brassica oleraceae* L. var. *acephala* DC.). *Food Chemistry*, 2006, vol. 96, no. 4, pp. 572–579.
8. Zemlyakova E. S. *Kompleksnaya pererabotka oporno-karkasnykh i pokrovnykh tkaney sudaka na funktsional'nyye produkty*. *Diss. kand. tekhn. nauk* [Complex processing of support-skeleton and integumentary tissues of pike perch on functional products. Dis. cand. tech. sci.] Kaliningrad, 2009, 233 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Орлов Игорь Олегович – Калининградский государственный технический университет; аспирант кафедры пищевой биотехнологии;
E-mail: igor.orlov.workmail@gmail.com

Orlov Igor Olegovich – Kaliningrad State Technical University; graduate student of the Department of Food Biotechnology; E-mail: igor.orlov.workmail@gmail.com

Землякова Евгения Сергеевна – Калининградский государственный технический университет; кандидат технических наук, доцент;
E-mail: Evgeniya.zemljakova@klgtu.ru

Zemlyakova Evgeniya Sergeevna – Kaliningrad State Technical University; Associate Professor, PhD in Engineering; E-mail: evgeniya.zemljakova@klgtu.ru

СУДОСТРОЕНИЕ, МАШИНОСТРОЕНИЕ И ЭНЕРГЕТИКА

УДК 621.436

DOI 10.46845/1997-3071-2021-61-85-92

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТРАКТА ОТРАБОТАВШИХ
ГАЗОВ ГЛАВНЫХ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ С ГАЗОТУРБИНЫМ НАДДУВОМ
ПОСРЕДСТВОМ ИНВАРИАНТНЫХ ЭТАЛОНОВ

Л. И. Ковальчук, К. С. Ткаченко

FUNCTIONAL DIAGNOSTICS OF THE EXHAUST GAS PATH
OF THE TURBO-CHARGED MAIN MARINE DIESEL ENGINES BY MEANS
OF INVARIANT STANDARDS

L. I. Kovalchuk, K. S. Tkachenko

Диагностические эталоны могут быть образованы только при наличии количественных атрибутов, позволяющих производить поверку изменения характеристик операторов и образующих структуру эталона. В определенных случаях главное значение приобретают количественная оценка степени линейной зависимости операторов и влияние на достижение погрешности измерений и вычислений. В статье рассмотрен метод построения инвариантных эталонов для функционального диагностирования тракта отработавших газов главных судовых дизелей с газотурбинным наддувом. Стендовые испытания двигателя по серии нагрузочных характеристик являются наиболее объективными основными данными для определения алгоритма. Реализован пример построения эталонов конкретного двигателя. Установлены теоретические предпосылки, которые позволяют в конкретном случае сформировать количественные структуры, устанавливающие закономерности изменения параметров рабочего процесса судового дизеля в различных режимах работы. Наличие такого типа данных дает возможность установить номенклатуру инвариантных эталонов, а также уменьшить количество вычислительных операций и минимизировать влияние ошибок при определении базовых данных на параметры эталона. Установлено, что посредством решения системы уравнений осуществимо определение параметров эталона при использовании идентичного количества исходных данных и известной структуре диагностического эталона. Из приведенных систем уравнений видно, что они неустойчивы с точки зрения их решений, так как параметры эталона значительно меняются даже при несущественных колебаниях исходных данных. В статье представлен один из возможных вариантов численной оценки влияния погрешностей исходных данных на параметры инвариантных диагностических эталонов при реализации различных вычислительных алгоритмов.

главный судовой дизель, тракт отработавших газов, инвариантные эталоны, функциональное диагностирование

Diagnostic standards can be formed only in the presence of quantitative features that make it possible to control changes in the properties of operators and form the structure of the standard. In this regard, quantitative assessment of the degree of linear dependence of operators and the impact on the results of measurement and calculation

errors is of particular importance. The article considers a method for constructing invariant standards for functional diagnostics of the exhaust gas path of turbo-charged main marine diesel engines. The most objective basic data are bench tests of the engine according to a series of load characteristics for verification of the algorithm. An example of building standards for a specific engine has been implemented. Theoretical prerequisites have been established, allowing, in a certain case, to form quantitative structures that establish patterns of change in the parameters of the working process of a marine diesel engine in various operating modes. The structure of invariant standards makes it possible to establish the presence of this type of data, as well as to reduce the number of computational operations and to minimize the error of the initial data on the parameters of the standard. It has been determined that by solving the system of equations, it is possible to determine the parameters of the reference when using an identical amount of initial data and known structure of the diagnostic standard. From the given systems of equations, it is clear that they are unstable from the point of view of their solutions, since the parameters of the standard change significantly even with insignificant fluctuations in the initial data. This article presents one of the possible options for the numerical assessment of the influence of errors in the initial data on the parameters of invariant diagnostic standards when implementing various computational algorithms.

main marine diesel engine, exhaust gas path, invariant standards, functional diagnostics

ВВЕДЕНИЕ

Эталоны являются необходимым атрибутом для установления свойств предметов или явлений. Инвариантными диагностическими эталонами характеризуются экспериментально-теоретические модели, определяющие взаимосвязь между входными и выходными параметрами в рабочих цилиндрах, которые будут справедливы для всего поля возможных режимов работы двигателя.

Внедрение судовых систем функционального диагностирования позволяет перейти от системы обслуживания по регламенту к системе обслуживания по фактическому техническому состоянию. В результате на 30–40 % сокращается трудоемкость обслуживания и ремонта, на 2–4 % увеличивается экономия топлива, а также повышается безопасность мореплавания морских судов [1].

В судовых дизелях количество диагностируемых компонентов пытаются максимально сократить. При этом учитывают тот факт, что в первую очередь в систему функционального диагностирования включают компоненты дизеля, которые влияют на сроки технического обслуживания.

Процессы, протекающие в цилиндрах, воздушном тракте, трактах отработавших газов и топливной аппаратуре, – это главные объекты функционального диагностирования, так как их исправное состояние обуславливает надежность главных судовых дизелей. И энергетические, и экологические характеристики двигателей зависят от технического состояния элементов цилиндропоршневой группы, элементов систем воздухообеспечения и топливоподачи. Эти факторы определяют надежность функционирования двигателей, в первую очередь – деталей цилиндропоршневой группы, подвергающейся высоким тепловым нагрузкам [2].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Техническое состояние элементов тракта отработавших газов оказывает большое влияние на рабочие процессы в цилиндрах и проявляется через коэффи-

циент наполнения последних свежим зарядом воздуха: увеличением газодинамического сопротивления тракта отработавших газов, снижением коэффициента наполнения цилиндров свежим зарядом воздуха, что приводит к ухудшению качества процессов смесеобразования, воспламенения и сгорания топлива, увеличению теплонапряженности деталей цилиндропоршневой группы [3, 4].

Функциональное диагностирование технического состояния двигателя основывается на сравнении текущих значений диагностических параметров с эталонными. Причем последние должны соответствовать техническому состоянию двигателя, принятому за исходное [5].

Протекание процессов в тракте отработавших газов определяется техническим состоянием проточных частей газотурбинного наддува, для которого рабочим телом являются отработавшие газы двигателя внутреннего сгорания. Термодинамические параметры обуславливаются фактическими режимами работы двигателя, характеризующимися неустойчивостью во времени и зависящими от условий плавания [6, 7]. Это обстоятельство определяет необходимость использования для функционального диагностирования тракта отработавших газов главных судовых дизелей инвариантных эталонов, а также позволяет разделить влияние внешних возмущений на показатели процессов, протекающих в тракте отработавших газов, от возмущений, вызываемых изменением технического состояния элементов тракта.

Стендовые испытания нового двигателя по серии нагрузочных характеристик являются наиболее подходящими исходными данными для анализа и формирования инвариантных эталонов, экспериментальных закономерностей изменения информативных параметров, характеризующих протекание термодинамических процессов в тракте отработавших газов главных судовых дизелей в поле возможных режимов работы. Расчет параметров инвариантных эталонов осуществляется в определенной последовательности, только если имеются такие данные [3].

Функциональное диагностирование технического состояния тракта отработавших газов главных судовых дизелей с газотурбинным наддувом формируем с учетом инвариантных эталонов на базе нижеизложенных параметров:

S_x – положение указателя нагрузки, см;

n – частота вращения коленчатого вала, мин⁻¹;

P_2 – давление отработавших газов за турбиной, бар.

В качестве основных данных использованы результаты стендовых испытаний нового двигателя 6ЧН 25/34 по серии нагрузочных характеристик.

В приведенных расчетах будут применяться безразмерные значения информативных параметров:

$$S_{x0} = \frac{S_x}{S_{xH}}; n_0 = \frac{n}{n_H}; P_{20} = \frac{P_2}{P_{2H}}, \quad (1)$$

где численные значения нормирующих показателей приняты следующими:

$$S_x = 4,9 \text{ см}, n = 500 \text{ мин}^{-1}, P_{2H} = 0,034 \text{ бар}.$$

Графическое представление нагрузочных характеристик $P_{20} = f(S_x)$ двигателя 6ЧН 25/34 показано на рис 1.

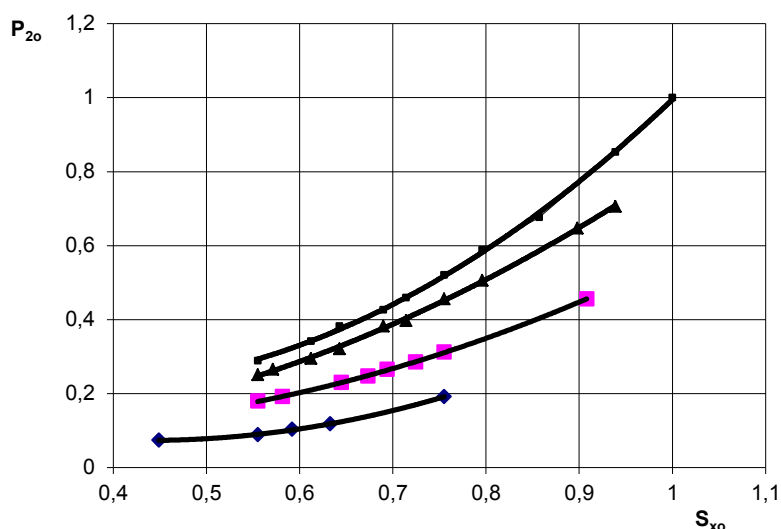


Рис. 1. Нагрузочные характеристики $P_{2o} = f(S_x)$ двигателя 6ЧН 25/34
 Fig. 1. Load characteristics $P_{2o} = f(S_x)$ of engine 6ЧН 25/34

Из рисунка видно, что это нелинейные зависимости. Поэтому каждая из них может быть аппроксимирована полиномом второго порядка вида:

$$x_1(n_o) \times S_{x_o}^2 + x_2(n_o) \times S_{x_o} + x_3(n_o) = P_{2o}, \quad (2)$$

где $x_1(n_o)$, $x_2(n_o)$, $x_3(n_o)$ – определяемые параметры эталона функции частоты вращения коленчатого вала.

Для установления явного вида функций $x_i(n_o)$ будем использовать систему полиномов, аппроксимирующих зависимости, которая в данном случае следующая:

$$\begin{aligned} P_{2o}^1 &= 1,8562 \times S_{x_o}^2 - 1,3087 \times S_{x_o} + 0,4475 \times n_o = 1,0; \\ P_{2o}^2 &= 1,1924 \times S_{x_o}^2 - 0,5374 \times S_{x_o} + 0,1803 \times n_o = 0,9; \\ P_{2o}^3 &= 0,7279 \times S_{x_o}^2 - 0,3249 \times S_{x_o} + 0,1353 \times n_o = 0,8; \\ P_{2o}^4 &= 1,1587 \times S_{x_o}^2 - 1,0132 \times S_{x_o} + 0,2932 \times n_o = 0,7. \end{aligned} \quad (3)$$

Система (3) позволяет выявить закономерности $x_i=f(n_o)$, графически представленные на рис. 2.

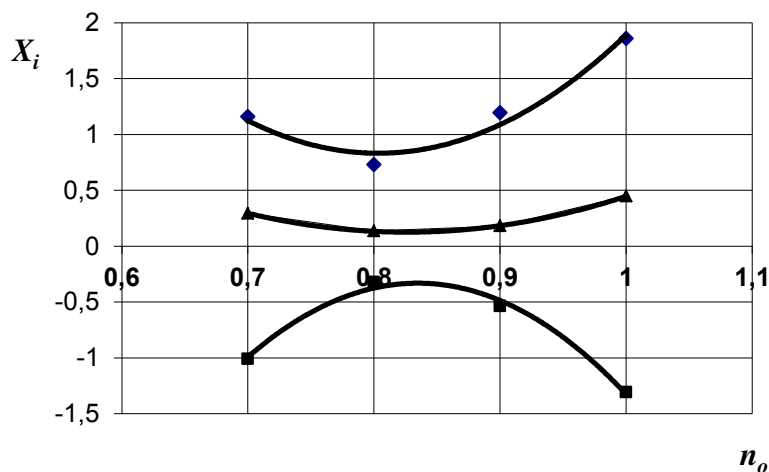


Рис. 2. Зависимости определяемых параметров от относительной частоты вращения коленчатого вала $x_i = f(n_o)$
 Fig. 2. Dependence of the determined parameters on the relative frequency of rotation of the crankshaft $x_i = f(n_o)$

Из нижеследующих уравнений видно, что это нелинейные зависимости, поэтому аппроксимированы полиномами второго порядка:

$$\begin{aligned} x_1(n_0) &= 27,365 \times n_0^2 - 43,963 \times n_0 + 18,489; \\ x_2(n_0) &= -36,41 \times n_0^2 + 60,788 \times n_0 + 25,704; \\ x_3(n_0) &= 10,627 \times n_0^2 - 17,559 \times n_0 + 7,3779. \end{aligned} \quad (4)$$

Подстановкой (4) в (2) получаем уравнение поверхности, образованной последовательным смещением зависимости при переходе от одной нагрузочной характеристики к другой:

$$P_{2op} = (27,365 \times n_0^2 - 43,963 \times n_0 + 18,489) \times S_{x0}^2 + (-36,41 \times n_0^2 + 60,788 \times n_0 + 25,704) \times S_{x0} + (10,627 \times n_0^2 - 17,559 \times n_0 + 7,3779). \quad (5)$$

На рис. 3 проиллюстрирована гистограмма распределения погрешностей расчета по всему массиву исходных данных [8].

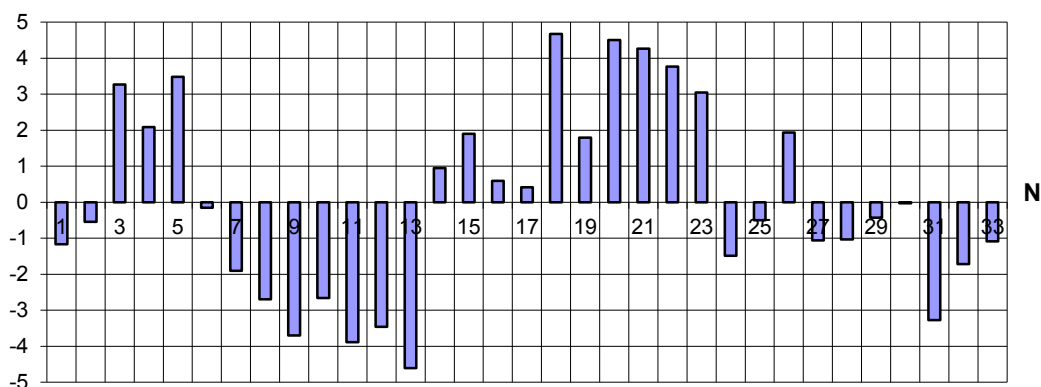


Рис. 3. Гистограмма распределения погрешностей расчета по всему массиву исходных данных

Fig. 3. Distribution histogram of calculation errors over the entire array of initial data

Уравнение (5) воспроизводит весь массив исходных данных с погрешностью, не превышающей $\pm 5\%$, что несущественно превышает погрешности измерения исходных данных. Таким образом, для функционального диагностирования технического состояния тракта отработавших газов главных судовых дизелей с газотурбинным наддувом может быть использовано уравнение (5).

При наличии эталона типа (5), сформированного для конкретного двигателя, функциональное диагностирование технического состояния тракта отработавших газов производится по данному алгоритму [9]:

1. Посредством представления $P_{2o} = f(P_{2op})$ поверхности, принятой за эталон, преобразуется в прямую-эталон, представленную на рис. 4.

2. Осуществляется измерение параметров S_x , n , P_2 на трех-четырех режимах, принадлежащих области, принятой за эталоны.

3. По соотношениям (1) определяются безразмерные значения зафиксированных параметров.

4. По уравнению (5) устанавливаются расчетные значения $P_{2o} = f(n_o, S_{x_o})$ для тех же режимов.

5. Строятся зависимости $P_{2o} = f(P_{2op})$, соответствующие фактическому состоянию проточных частей тракта отработавших газов.

6. Если учитывать реальные отклонения построенных зависимостей от эталона, делается заключение о техническом состоянии тракта отработавших газов.

Для оценки диагностических возможностей эталона (5) в двигатель 6ЧН 25/34 последовательно вводились следующие неисправности:

- – снижено усилие затяжки пружины 1-го цилиндра;
- ⊕ – снижена термическая эффективность охлаждения наддувочного воздуха;
- ★ – уменьшено проходное сечение воздушного фильтра;
- ⊗ – увеличено противодавление за газовой турбиной.

Результаты диагностирования приведены на рис. 4.

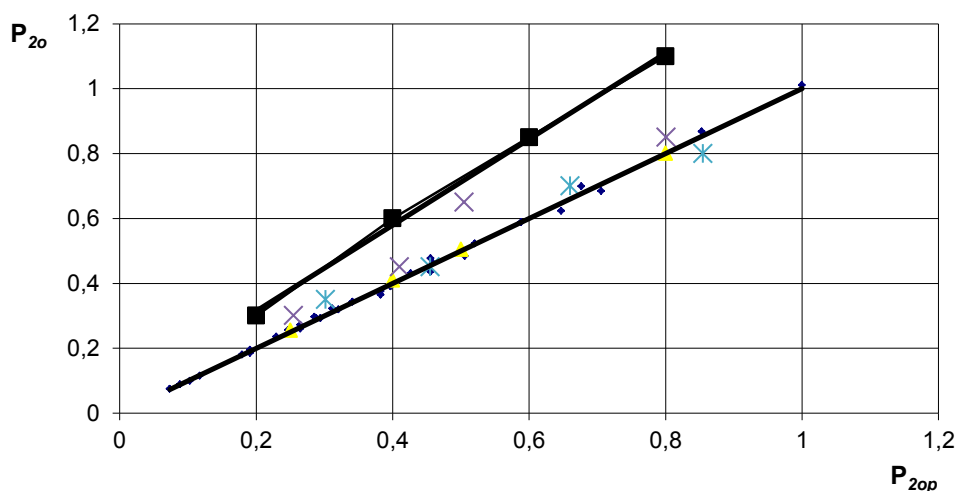


Рис. 4. Результаты функционального диагностирования
Fig. 4. Functional diagnostics results

Реакция эталона (5) на проявление неисправностей в системе топливоподачи и воздушном тракте не превышает погрешностей измерения и расчета информативных параметров. В то же время его реакция на проявление неисправностей в самом тракте отработавших газов достаточно очевидно обнаруживается по направлению отклонения замеренных значений P_{2o} от расчетных P_{2op} – замеренные оказываются существенно больше расчетных $P_{2o} \geq P_{2op}$. Из вышеизложенного можно утверждать, что эталон (5) обладает свойствами инвариантности относительно неисправностей, возникающих в компонентах двигателя, расположенных вне тракта отработавших газов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Стендовые испытания двигателя по серии скоростных или нагрузочных характеристик являются оптимальными исходными данными для построения таких эталонов. Полученные результаты дают возможность, используя приведенный в работе алгоритм, установить структуру инвариантных диагностических эталонов, а также минимизировать количество вычислительных операций и размер погрешностей исходных данных на конечные значения.

Практическую значимость имеют инвариантные эталоны типа (5) в тех случаях, если они построены на основе информативных параметров, доступных для оперативного контроля в судовых условиях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мясников, Ю. Н. Проблемы технической диагностики в задачах обеспечения и повышения эксплуатационной надежности судовых технических средств / Ю. Н. Мясников // Всесоюзная научно-техническая конференция: тезисы докладов. – Ленинград: Судостроение, 1989. – С. 11–12.
2. Техническое использование и диагностика судовых дизелей. Тексты лекций. – Москва: ЦРИА Морфлот, 1982. – 78 с.
3. Ковальчук, Л. И. Теоретические предпосылки и алгоритм формирования моделей для контроля режимов ограничительных по тепловой напряженности характеристик судовых дизелей / Л. И. Ковальчук, М. В. Исаева // Судостроение. – 2015. – № 4. – С. 29–32.
4. Камкин, С. В. Эксплуатация судовых дизелей / С. В. Камкин, И. В. Возницкий, В. П. Шмелев. – Москва: Транспорт, 1990. – 343 с.
5. Кузькин, В. Г. Регулировка дизелей промысловых судов / В. Г. Кузькин, А. А. Минько. – Москва: ВО «Агропромиздат», 1988. – 255 с.
6. Henrici, P. On the speed of convergence of cyclic and quasi-cyclic Jacobi methods for computing eigenvalues of Hermitian matrices. *J. Soc. Industr. and Appl. Math.*, 1958, 6, № 2, 144 – 162; *РЖМ*, 1960, 919.
7. Fox L., Huskey H. D. and Wilkinson J. H. Notes on the solution of algebraic linear simultaneous equations. *Quart. J. Mech. And Appl. Math.* 1, 1948, № 2, 149–173.
8. Ковальчук, Л. И. Построение инвариантных экспериментально-теоретических моделей для функционального диагностирования воздушного тракта судовых дизелей с наддувом / Л. И. Ковальчук, М. В. Исаева // Морские интеллектуальные технологии. – 2017. – № 3 (37). – Т. 1. – С. 85–89.
9. Ковальчук, Л. И. Оценка влияния погрешностей исходных данных на параметры инвариантных диагностических эталонов / Л. И. Ковальчук, М. В. Исаева // Известия Калининградского государственного технического университета. – 2016. – № 42. – С. 195–204.

REFERENCES

1. Myasnikov Yu. N. Problemy tekhnicheskoy diagnostiki v zadachakh obespecheniya i povysheniya ekspluatatsionnoy nadezhnosti sudovykh tekhnicheskikh sredstv [Problems of technical diagnostics in the tasks of ensuring and increasing operational reliability of ship technical means]. *Vsesoyuznaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya: tezisy dokladov*. L., Sudostroenie, 1989, pp. 11–12.
2. Tekhnicheskoe ispol'zovanie i diagnostika sudovykh dizeley [Technical use and diagnostics of marine diesel engines]. *Teksty lektsiy*. Moscow, TSRYA Morflot, 1982, 78 p.
3. Koval'chuk L. I., Isaeva M. V. Teoreticheskie predposylki i algoritm formirovaniya modeley dlya kontrolya rezhimov ogranichitel'nykh po teplovoy napryazhyonnosti kharakteristik sudovykh dizeley [Theoretical prerequisites and an algorithm for the formation of models for controlling the modes of thermal stress-limiting characteristics of marine diesel engines]. *Sudostroenie*, 2015, no. 4, pp. 29–32.
4. Kamkin S. V. *Ekspluatatsiya sudovykh dizeley* [Operation of marine diesel engines]. Moscow, Transport, 1990, 343 p.

5. Kuz'kin V. G., Min'ko A. A. *Regulirovka dizeley promyslovykh sudov* [Adjustment of diesel engines of fishing vessels]. Moscow, VO "Agropromizdat", 1988, 255 p.

6. Henrici P. On the speed of convergence of cyclic and quacyclic Jacobi methods for computing eigenvalues of Hermitian matrices. *J. Soc. Industr. and Appl. Math.*, 1958, 6, no. 2, pp. 144–162; РЖМ, 1960, 919.

7. Fox L., Huskey H. D. and Wilkinson J. H. Notes on the solution of algebraic linear simultaneous equations. *Quart. J. Mech. And Appl. Math.* 1, 1948, no. 2, pp. 149–173.

8. Koval'chuk L. I., Isaeva M. V. Postroenie invariantnykh eksperimental'no-teoreticheskikh modeley dlya funktsional'nogo diagnostirovaniya vozdušnogo trakta sudovykh dizeley s nadduvom [Development of invariant experimental-theoretical models for functional diagnosis of air path of forced-induction ship diesel engines]. *Morskije intellektual'nye tekhnologii*, 2017, vol. 1, no. 3(37), pp. 85–89.

9. Koval'chuk L. I., Isaeva M. V. Otsenka vliyaniya pogreshnostey iskhodnykh dannykh na parametry invariantnykh diagnosticheskikh etalonov [Assessment of the impact of initial errors on the parameters of invariant diagnostic standards]. *Nauchnyy zhurnal "Izvestiya KGTU"*, 2016, no. 42, pp. 195–204.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Ковальчук Леонид Игнатьевич – Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота; доктор технических наук, профессор;
E-mail: bgarf1988@inbox.ru

Kovalchuk Leonid Ignatievich – Baltic Fishing Fleet State Academy;
Doctor of Technical Sciences, Professor;
E-mail: bgarf1988@inbox.ru

Ткаченко Кирилл Сергеевич – Калининградский государственный технический университет; аспирант кафедры судовых энергетических установок;
E-mail: tkachenko.k.s@mail.ru

Tkachenko Kirill Sergeevich – Kaliningrad State Technical University; Postgraduate student of the Department of Ship Power Plants; E-mail: tkachenko.k.s@mail.ru

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 535.37

DOI 10.46845/1997-3071-2021-61-95-104

ОПТИЧЕСКИЕ СПЕКТРЫ ИЗЛУЧЕНИЯ ОКСИДА ВИСМУТА И ИТТЕРБИЯ
В УСЛОВИЯХ ИК-ВОЗБУЖДЕНИЯ

Д. А. Артамонов, Н. А. Мыслицкая, А. В. Цибульникова, И. Г. Самусев,
В. В. Брюханов

OPTICAL EMISSION SPECTRA OF BISMUTH OXIDE AND YTTERBIUM OXIDE
UNDER IR-EXCITATION CONDITIONS

D. A. Artamonov, N. A. Myslitskaya, A. V. Tsibulnikova, I. G. Samusev,
V. V. Bryukhanov

В работе представлены результаты исследования спектров отражения порошков оксида висмута Bi_2O_3 и смеси оксидов висмута и иттербия $\text{Bi}_2\text{O}_3/\text{Yb}_2\text{O}_3$. Описана методика приготовления образцов порошков оксидов из металлов, а также результаты спектральных эллипсометрических и люминесцентных измерений. Установлена зависимость изменения коэффициента отражения в среде Bi_2O_3 в присутствии Yb_2O_3 . Получены значения оптических характеристик коэффициентов отражения р- и s-поляризованного света для Bi_2O_3 и $\text{Bi}_2\text{O}_3/\text{Yb}_2\text{O}_3$. На длине волны $\lambda = 590$ нм образец, содержащий оксид иттербия, имеет коэффициенты отражения $R_p = 0,321$ и $R_s = 0,331$. Коэффициенты отражения для образца оксида висмута без добавления оксида иттербия $R_p = 0,223$ и $R_s = 0,220$. Спектры стоксовой ИК и анти-стоксовой апконверсионной красной люминесценции образцов получены при возбуждении в ИК-диапазоне. Зарегистрировано увеличение интенсивности люминесценции ионов висмута, распределенных в кристаллической решетке оксида в присутствии ионов иттербия, на длине волны 640 нм, что объясняется переносом энергии между энергетическими уровнями ионов. Интенсивность апконверсионной люминесценции нелинейно зависит от мощности возбуждающего ИК-излучения полупроводникового лазера. Проведено численное моделирование этой зависимости в рамках экспоненциальной и квадратичной моделей.

спектры отражения, коэффициент отражения, поляризация света, эллипсометрия, ИК-возбуждение, апконверсионная люминесценция

This paper presents the results of studying the reflection spectra of bismuth oxide powders Bi_2O_3 and a mixture of bismuth and ytterbium oxides $\text{Bi}_2\text{O}_3/\text{Yb}_2\text{O}_3$. A technique for preparing samples of oxide powders from metals, and the results of spectral ellipsometric and luminescence measurements are described. The dependence of the change in the reflection coefficient in a Bi_2O_3 medium in the presence of Yb_2O_3 has been established. The values of the optical characteristics of the reflection coefficients of p- and s-polarized light for Bi_2O_3 and $\text{Bi}_2\text{O}_3/\text{Yb}_2\text{O}_3$ are obtained. At a wavelength $\lambda = 590$ nm, a sample containing ytterbium oxide has reflection coefficients $R_p = 0,321$ and $R_s = 0,331$. The reflection coefficients for the bismuth oxide sample

without the addition of ytterbium oxide are $R_p = 0,223$ and $R_s = 0,220$. The IR Stokes and anti-Stokes upconversion red luminescence spectra of the samples have been obtained upon excitation in the IR range. An increase in the luminescence intensity of bismuth ions, distributed in the crystal lattice of the oxide in the presence of ytterbium ions, at a wavelength of 640 nm was recorded, which is explained by the transfer of energy between the energy levels of the ions. The intensity of upconversion luminescence depends nonlinearly on the power of the exciting IR radiation of the semiconductor laser. Numerical modeling of this dependence has been carried out within the framework of exponential and quadratic models

reflection spectra, reflection coefficient, emission, light polarization, ellipsometry, IR-excitation, upconversion luminescence

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время происходит интенсивное развитие лазерных технологий. Это приводит к тому, что лазеры все чаще используются в различных отраслях науки и техники (медицине, промышленности, телекоммуникации, наукоемкие и военные технологии) [1, 2]. Одним из самых важных направлений исследований в этих областях является поиск новых типов активных сред с уникальными свойствами. Существует необходимость создания лазеров с определенными параметрами (высокой стабильностью, компактностью, качеством пучка, высокой мощностью выходного излучения и т. п.). В 2005 г. был создан первый волоконный (висмутовый) лазер, не имеющий аналога среди объемных твердотельных [3, 4]. Он излучал в области 1140–1215 нм и был реализован с использованием волоконного световода с сердцевиной из алюмосиликатного стекла, легированного висмутом. Недавно на висмутовых световодах получили лазерную генерацию в новой области 1625–1775 нм [5]. Из этого следует, что столь широкий спектральный диапазон, в котором могут работать устройства на основе световодов с висмутом, открывает большие перспективы применения.

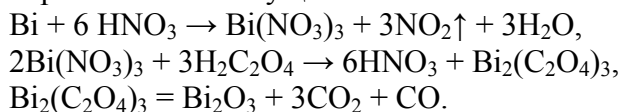
В настоящей работе было проведено спектральное изучение процессов отражения и испускания сред Vi_2O_3 и $\text{Vi}_2\text{O}_3/\text{Yb}_2\text{O}_3$. Цель работы – исследование спектров отражения р- и s-поляризованного излучения, спектров испускания, а также определение зависимости интенсивности люминесценции среды $\text{Vi}_2\text{O}_3/\text{Yb}_2\text{O}_3$ от мощности ИК-лазерного излучения.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Эксперимент

В данной работе оксид висмута Vi_2O_3 был приготовлен следующим образом: металлический висмут массой $m=2$ г растворили в HNO_3 объемом 20 мл. Далее, после полного растворения был приготовлен оксалат висмута. Полученный осадок поместили в тигель с последующим спеканием в муфельной печи при $t = 700$ °С в течение 2 ч.

Процесс приготовления осуществлялся согласно следующим реакциям:



Оксид иттербия Yb_2O_3 и комбинированный оксид $\text{Bi}_2\text{O}_3/\text{Yb}_2\text{O}_3$ были изготовлены по аналогичной технологии при растворении исходного металла в азотной кислоте с последующим приготовлением оксалата и спеканием при температуре 700°C . Соотношение $\text{Bi}_2\text{O}_3 : \text{Yb}_2\text{O}_3$ в общей смеси составляло 5 : 95.

Спектры отражения исследуемых сред измеряли на спектрофотометре Shimadzu (Япония). Коэффициенты отражения поляризованного излучения были определены на спектральном эллипсометре AUTO-SE (Horiba, Франция). Люминесцентные эксперименты проводились на оптической системе Fluorolog-3 (Horiba и Jobin Yvon, Франция), оснащенной детектором FL-1073, работающим в UV-VIS диапазонах излучения. В качестве источника возбуждения использовался ИК-лазер (модель LSR-PS-II) с плавной регулировкой энергии (0,1–1,0 Вт) и длиной волны излучения 980 нм. Для измерения люминесценции в ИК-области применялся охлаждаемый твердотельный ИК-детектор (модель 1427C) с контроллером PS/TC-1.

Обсуждение результатов

В первой серии экспериментов были исследованы спектры отражения Bi_2O_3 и $\text{Bi}_2\text{O}_3 / \text{Yb}_2\text{O}_3$, а также поляризованного излучения R_p и R_s . Как видно из рис. 1, на длине волны 400 нм в спектре Bi_2O_3 наблюдается минимум. Значение величины отражения в минимуме составляет 40 %. В работах [6, 7] спектр отражения тонких пленок оксида висмута также имеет минимум на длине волны 400 нм. Из рис. 1 видно, что минимум спектра отражения для $\text{Bi}_2\text{O}_3/\text{Yb}_2\text{O}_3$ смещается в красную область и приходится на $\lambda = 550$ нм. Коэффициент R для данной среды 55 %.

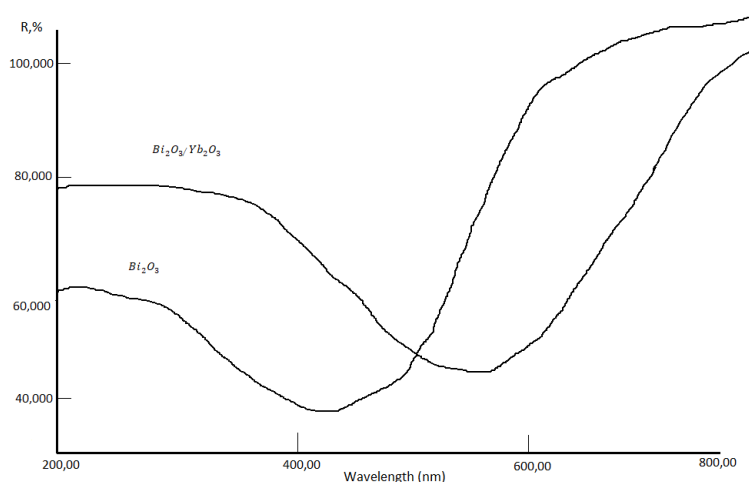


Рис. 1. Спектры отражения Bi_2O_3 и $\text{Bi}_2\text{O}_3 / \text{Yb}_2\text{O}_3$
 Fig.1. Reflection spectra of Bi_2O_3 and $\text{Bi}_2\text{O}_3 / \text{Yb}_2\text{O}_3$

В работе [8] авторы утверждают, что высокая фотокаталитическая активность Bi_2O_3 в синей области спектра обусловлена большим числом кислородных вакансий в среде. Согласно представленным экспериментальным данным приблизительно 60 % падающего излучения поглощается средой в условиях длинноволнового сдвига в присутствии оксида иттербия. Согласно рис. 1 можно заметить, что спектры Bi_2O_3 и $\text{Bi}_2\text{O}_3/\text{Yb}_2\text{O}_3$ довольно широкие – с полушириной спектра $\Delta\lambda \sim 100$ нм, поэтому представляло интерес исследовать оптические спектры поля-

ризованного излучения для данных сред в Vis-IR областях. Результаты приведены на рис. 2 и 3.

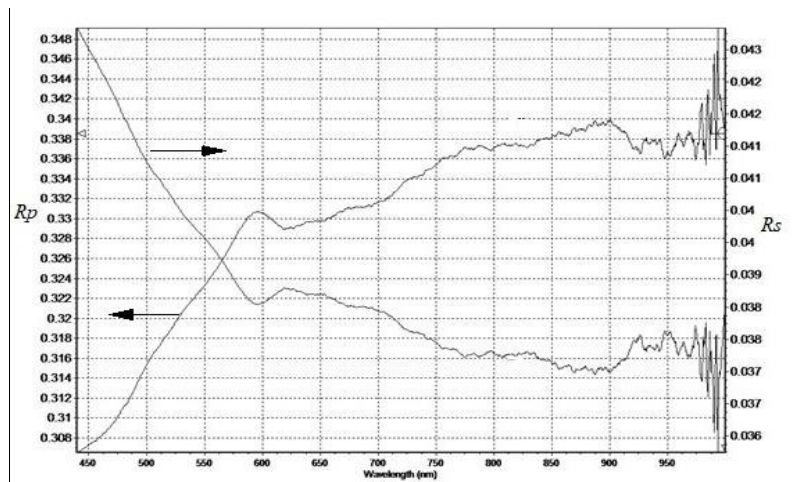


Рис. 2. Спектры коэффициентов отражения R_p и R_s для $\text{Bi}_2\text{O}_3 / \text{Yb}_2\text{O}_3$
 Fig. 2. Spectra of reflection coefficients of R_p and R_s for $\text{Bi}_2\text{O}_3 / \text{Yb}_2\text{O}_3$

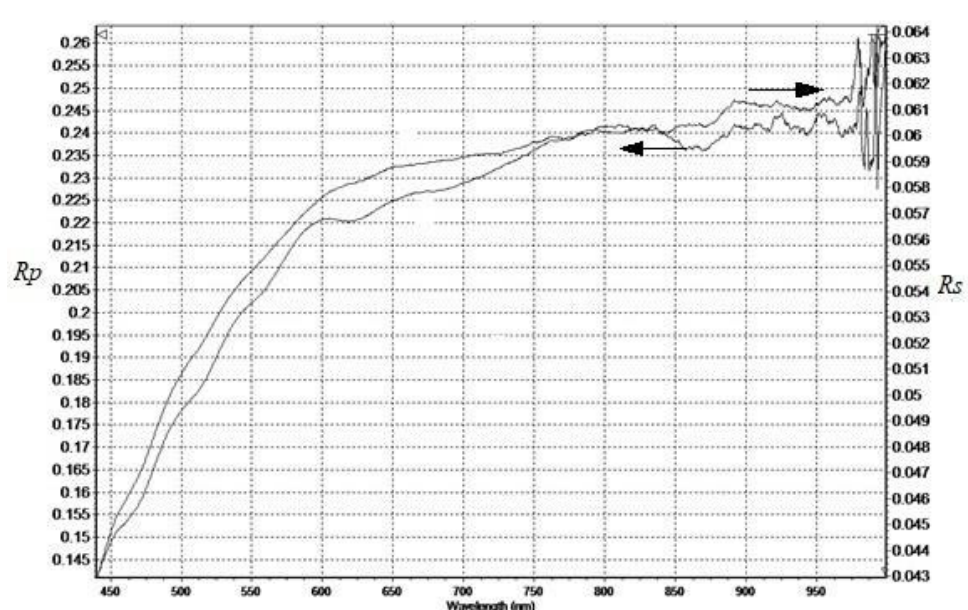


Рис. 3. Спектры коэффициентов отражения R_p и R_s для Bi_2O_3
 Fig. 3. Spectra of reflection coefficients of R_p and R_s for Bi_2O_3

Из рис. 2 и 3 видно, что для образца $\text{Bi}_2\text{O}_3/\text{Yb}_2\text{O}_3$ характерны значения R_p и R_s коэффициентов, в 1,43 раза превышающие предыдущие для образца Bi_2O_3 без Yb_2O_3 . Также на длине волны 600 нм присутствует пик R_p и R_s коэффициентов (рис. 2). На длине волны 590 нм образец с Yb_2O_3 имеет значения $R_p = 0,321$ и $R_s = 0,331$, для образца Bi_2O_3 без Yb_2O_3 – $R_p = 0,223$ и $R_s = 0,220$. Таким образом, присутствие оксида иттербия в среде Bi_2O_3 позволяет увеличивать коэффициенты отражения р- и s-поляризованного света. В работах [9, 10] авторы также утвер-

ждают о наличии пика поглощения на $\lambda = 600$ нм для среды, содержащей ионы висмута в многокомпонентном составе стеклянной матрицы.

Далее было проведено исследование спектров люминесценции Bi_2O_3 , Yb_2O_3 и $\text{Bi}_2\text{O}_3/\text{Yb}_2\text{O}_3$. Спектры представлены на рис. 4.

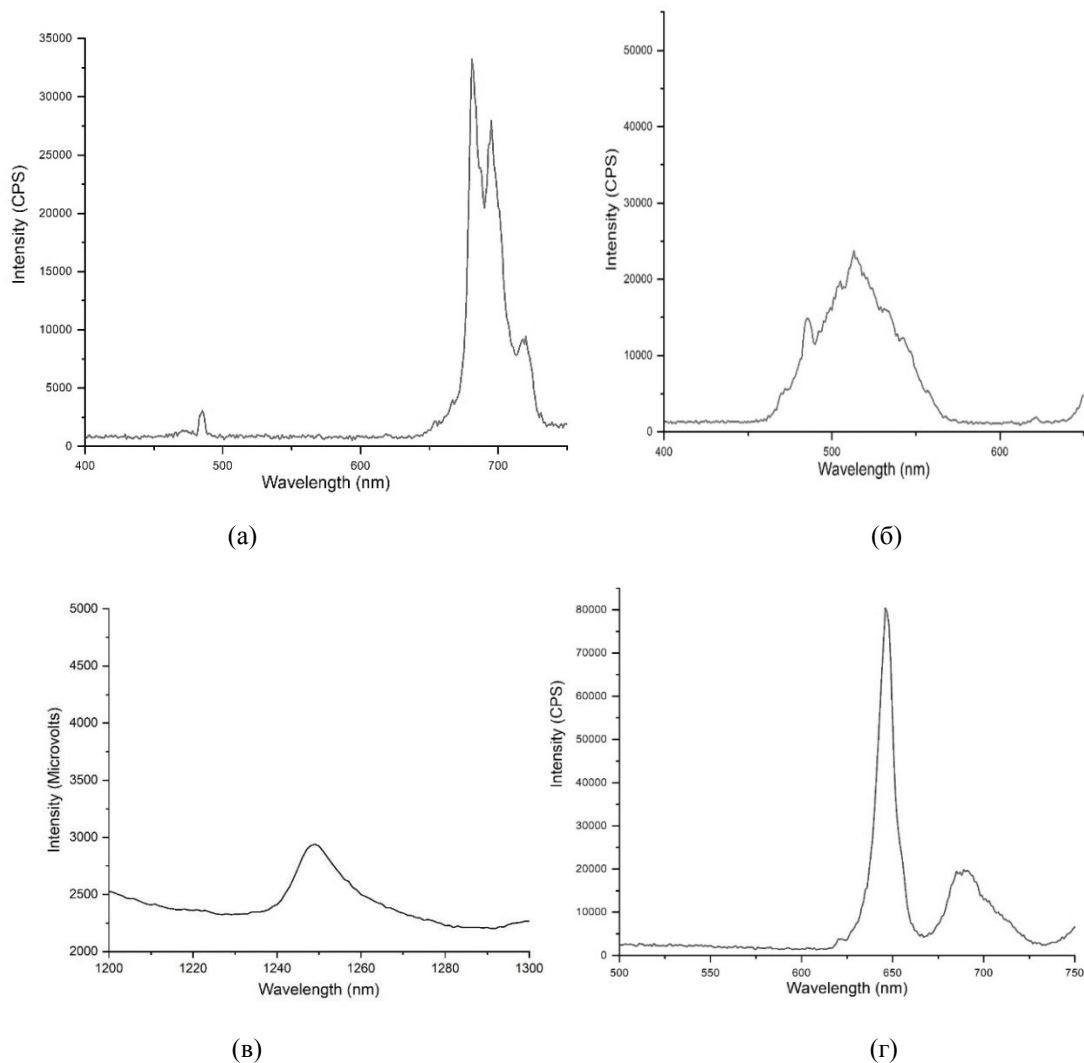


Рис. 4. Спектры люминесценции Yb_2O_3 (а), Bi_2O_3 (б,в) и $\text{Bi}_2\text{O}_3/\text{Yb}_2\text{O}_3$ (г).

Мощность лазера $P = 0.8$ Вт. Длина волны возбуждения $\lambda_{\text{ex}} = 980$ нм

Fig. 4. Luminescence spectra of Yb_2O_3 (a), Bi_2O_3 (б, в) and $\text{Bi}_2\text{O}_3/\text{Yb}_2\text{O}_3$ (г).

Laser power is $P=0.8$ W. Excitation wavelength $\lambda_{\text{ex}} = 980$ nm

Из рис. 4, а следует, что максимумы испускания приходятся на $\lambda = 650, 680$ и 720 nm, интенсивность пиков составляет 35000, 28000, 9000 CPS соответственно. Люминесценция в данной области чистого оксида иттербия обусловлена механизмом кооперативной люминесценции ионов иттербия Yb^{3+} [11]. Как видно из рис. 4, б, спектр испускания Bi_2O_3 имеет пик на $\lambda = 525$ нм при возбуждении длиной волны 980 нм. Интенсивность пика 25000 CPS. В работах [12, 13] авторами также установлено наличие данного пика испускания Bi^{3+} , однако фотовозбуждение осуществлялось длинами волн УФ диапазона (270–360 nm). Заметим, что по-

луширина экспериментального спектра испускания на $\lambda = 525$ нм равна приблизительно 50 нм (рис. 4, б). Возникновение данного максимума в спектре при возбуждении ИК-излучением, по-видимому, может быть обусловлена механизмом апконверсии и требует дополнительных спектрально-энергетических исследований.

На рис. 4, в представлена люминесценция Bi_2O_3 на длине волны регистрации $\lambda=1250$ нм, соответствующая классическому механизму даунконверсии для Bi_2O_3 . На рис. 4, г спектр испускания для комбинированной среды $\text{Bi}_2\text{O}_3/\text{Yb}_2\text{O}_3$ имеет максимумы на $\lambda = 647$ и 689 нм. Интенсивность апконверсионной люминесценции ионов иттербия Yb^{3+} в области 700 нм в присутствии оксида висмута уменьшилась приблизительно в 2 раза в результате процесса тушения. Вместе с тем интенсивность люминесценции среды $\text{Bi}_2\text{O}_3/\text{Yb}_2\text{O}_3$ на $\lambda=640$ нм составляет 80000 CPS.

Таким образом, в комбинированной среде в результате механизмов апконверсионной генерации люминесценции в средах, содержащих ионы редкоземельных элементов ($\text{Bi}_2\text{O}_3/\text{Yb}_2\text{O}_3$), можно наблюдать интенсивные процессы люминесценции в красной области спектра ($\lambda=640$ нм). Испускание в этой области может быть обусловлено энергетическим соотношением возбужденных уровней ионов Yb^{3+} и Bi^{3+} и возможности резонансного переноса энергии электронного возбуждения от $^2\text{F}_{5/2}$ (Yb^{3+}) к резонансным уровням энергии Bi^{3+} , за которым следует население испускающих состояний [14]. Данные процессы можно рассмотреть в условиях изменения мощности лазерного воздействия на среду $\text{Bi}_2\text{O}_3/\text{Yb}_2\text{O}_3$ в диапазоне 0,1–0,8 Вт. Зависимости интенсивности максимума люминесценции от мощности лазерного возбуждения для длин волн регистрации 645 и 685 нм представлены на рис. 5.

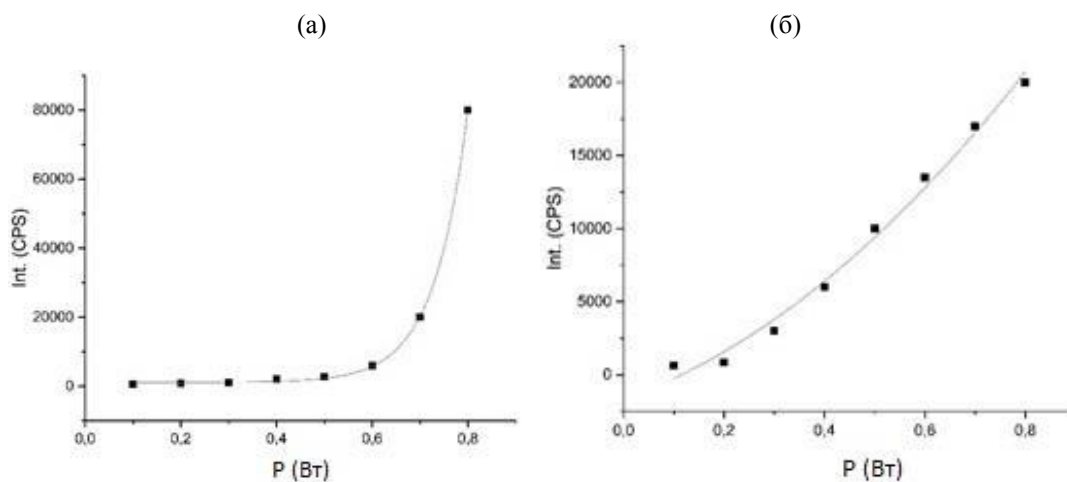


Рис. 5. Зависимость интенсивности максимумов люминесценции от мощности лазерного возбуждения среды $\text{Bi}_2\text{O}_3/\text{Yb}_2\text{O}_3$ на длинах волн $\lambda_1 = 645$ нм (а) и $\lambda_2 = 685$ нм (б) при возбуждении $\lambda_{\text{ex}} = 980$ нм

Fig. 5. Dependence of luminescence maximum intensity on laser excitation power of the $\text{Bi}_2\text{O}_3/\text{Yb}_2\text{O}_3$. Luminescence maxima wavelengths $\lambda_1 = 645$ nm (a) and $\lambda_2 = 685$ nm (b), excitation wavelength $\lambda_{\text{ex}} = 980$ nm

Анализируя рис. 5, можно отметить, что интенсивность максимумов люминесценции в красной спектральной области нелинейно зависит от энергии возбуждающего ИК-излучения для двух длин волн регистрации: $\lambda = 645$ и 685 нм. Аппроксимация экспериментальных точек осуществлялась экспоненциальной моделью для длины волны $\lambda=645$ нм:

$$I(E) = 32.42 \cdot \exp\left(\frac{P}{0.07}\right) + 1140.37 \quad (1)$$

и квадратичной функцией для длины волны $\lambda=685$ нм:

$$I(E) = -1671 + 12339 \cdot P + 19583 \cdot P^2. \quad (2)$$

Квадратичное изменение интенсивности люминесценции на $\lambda = 685$ нм свидетельствует о резонансном переносе энергии от Yb^{3+} на Bi^{3+} в результате ИК-поглощения ионами иттербия. Заметим, что на $\lambda = 645$ нм функция $I(P)$ в диапазоне энергий (0.1–0.5) Вт в условиях данного процесса переноса практически постоянна и не зависит от энергии фотовозбуждения, в то время как второй спектральный максимум на $\lambda = 685$ нм на данном интервале возрастает.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно полученным экспериментальным результатам было установлено, что присутствие Yb_2O_3 в образце с Bi_2O_3 приводит к смещению минимума отражения в красную область. Значения R_p и R_s коэффициентов в 1,43 больше для образца $\text{Bi}_2\text{O}_3/\text{Yb}_2\text{O}_3$ в сравнении с образцом Bi_2O_3 без Yb_2O_3 . Установлено, что в результате процесса тушения происходит уменьшение интенсивности апконверсионной люминесценции Yb^{3+} примерно в 2 раза в результате переноса энергии возбуждения от Yb^{3+} на Bi^{3+} . В работе также показано, что зависимость интенсивности люминесценции среды $\text{Bi}_2\text{O}_3/\text{Yb}_2\text{O}_3$ от энергии фотовозбуждения представляет собой нелинейные процессы, которые могут быть аппроксимированы экспоненциальной и квадратичной моделями.

Работа выполнена при поддержке Российского Фонда Фундаментальных исследований и Правительства Калининградской области (Проект № 19-42-390002).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Sadick, N. S. The utilization of a new yellow light laser (578 nm) for the treatment of class i red telangiectasia of the lower extremities / N. S. Sadick, R. Weiss // *Dermatologic Surgery*. – 2002. – V. 28. – Is. 1. – P. 21–25.
2. Direct and feeder vessel photocoagulation of retinal angiomas with dye yellow laser / C. F. Blodi, S. R. Russell, J. S. Pulido, J. C. Folk // *Ophthalmology*. – 1990. – V. 97. – Is. 6. – P. 791–797.
3. Absorption, fluorescence and optical amplification in MCVD bismuth-doped silica glass optical fibres / V. V. Dvoyrin, V. M. Mashinsky, E. M. Dianov, A. A. Umnikov, M. V. Yashkov, and A. N. Guryanov // 31st European Conference on Optical Communications, ECOC 2005. Glasgow. United Kingdom, 2005. – P. 949–950.
4. Firstov S. V. Bismuth-doped optical fibers – a new active medium for nir lasers and optical amplifiers / S. V. Firstov, S. V. Alyshev, M. A. Melkumov, K. E. Rumkin, A. V. Shubin, E. M. Dianov // *Optics Letters*. – 2014. – V. 39. – Is. 24. – P. 6927–6930.

5. A new bismuth-doped fibre laser, emitting in the range 1625 – 1775 nm / E. M. Dianov, S. V Firstov, S. V Alyshev, K. E. Riumkin, A. V Shubin, V. F. Khopin, A. N. Gur'yanov, O. I. Medvedkov, and M. A. Mel'kumov // *Quantum Electronics*. – 2014. – V. 44. – №. 6. – P. 503–504.
6. Condurache-Bota S. Important physical parameters of Bi₂O₃ thin films found by applying several models for optical data / S. Condurache-Bota, G. I. Rusu, N. Tigau, and L. Leontie // *Crystal Research and Technology*. – 2010. – V. 45. – Is 5. – P. 503–511.
7. Enhanced luminescence and photocatalytic activity of Bi₂O₃:Ho³⁺ needles / J. Divya, N. J. Shivaramu, E. Coetsee, R. E. Kroon, W. Purcell, and H. C. Swart // *Journal of Alloys and Compounds*. – 2020. – V. 842. – P. 155641.
8. Prasad N. Broad band and enhanced photocatalytic behaviour of Ho³⁺-doped Bi₂O₃ micro-rods / N. Prasad and B. Karthikeyan // *Appl. Phys. A*. – 2018. – V. 124. – P. 6.
9. Structural, optical features and gamma ray shielding properties of Bi₂O₃–TeO₂–B₂O₃–GeO₂ glass system / S. Stalin, D. K. Gaikwad, M. A. Samee, A. Edukondalu, S. K. Ahmmad, A. A. Joshi, and R. Syed // *Ceramics International*. – 2020. – V. 46. – P. 17325–17334.
10. Leontie L. Optical properties of bismuth oxide thin films prepared by reactive d.c. magnetron sputtering onto p-GaSe (Cu) / L. Leontie, M. Caraman, I. Evtodiev, E. Cuculescu, and A. Mija // *Physica Status Solidi (a)*. – 2008. – V. 205. – P. 2052–2056.
11. Cooperative luminescence of Yb³⁺ ions of the ytterbium oxide porous surface / A. V. Tsibulnikova, V. A. Slezhkin, V. V. Bruykhanov, I. G. Samusev, A. S. Kozhevnikov, V. V. Savin, P. N. Medvedskaya, and I. I. Lyatun // *Optics Communication*. – 2020. – V. 459. – P. 125006.
12. Luminescence of Bi³⁺ and Bi²⁺ ions in novel Bi-doped SrAl₄O₇ phosphor / M. Puchalska, P. Bolek, K. Kot, E. Zych // *Optical Materials*, 2020. – V. 107. – P. 109999.
13. Puchalska M. Luminescences of Bi³⁺ and Bi²⁺ ions in Bi-doped CaAl₄O₇ phosphor powders obtained via modified Pechini citrate process / M. Puchalska, E. Zych, P. Bolek // *Journal of Alloys and Compounds*. – 2019. – V. 806. – P. 798–805.
14. Explaining the Nanoscale Effect in the Upconversion Dynamics of β-NaYF₄:Yb³⁺, Er³⁺ Core and Core-Shell Nanocrystals / M. Y. Hossan, A. Hor, Q. Luu, S. J. Smith, P. S. May, and M. T. Berry // *Journal of Physical Chemistry C*. – 2017. – V. 121. – Is. 30. – P. 16592–16606.

REFERENCES

1. Sadick N. S., Weiss R. The utilization of a new yellow light laser (578 nm) for the treatment of class I red telangiectasia of the lower extremities. *Dermatologic Surgery*, 2002, vol. 28, iss. 1, pp. 21–25.
2. Blodi C. F., Russell S. R., Pulido J. S., Folk J. C. Direct and feeder vessel photocoagulation of retinal angiomas with dye yellow laser. *Ophthalmology*, 1990, vol. 97, iss. 6, pp. 791–797.
3. Dvoyrin V. V., Mashinsky V. M., Dianov E. M., Umnikov A. A., Yashkov M. V., Guryanov A. N. Absorption, fluorescence and optical amplification in MCVD bismuth-doped silica glass optical fibres. *31st European Conference on Optical Communications, ECOC 2005*, Glasgow, United Kingdom. 2005, pp. 949–950.

4. Firstov S. V., Alyshev S. V., Melkumov M. A., Rumkin K. E., Shubin A. V., Dianov E. M. Bismuth-doped optical fibers – a new active medium for nir lasers and optical amplifiers. *Optics Letters*, 2014, vol. 39, iss. 24, pp. 6927-6930.
5. Dianov E. M., Firstov S. V., Alyshev S. V., Riumkin K. E., Shubin A. V., Khopin V. F., Gur'yanov A. N., Medvedkov O. I., Mel'kumov M. A. A new bismuth-doped fibre laser, emitting in the range 1625 – 1775 nm. *Quantum Electronics*, 2014, vol. 44, no. 6, pp. 503–504.
6. Condurache-Bota S., Rusu G. I., Tigau N., Leontie L. Important physical parameters of Bi₂O₃ thin films found by applying several models for optical data. *Crystal Research and Technology*, 2010, vol. 45, iss 5, pp. 503–511.
7. Divya J., Shivaramu N. J., Coetsee E., Kroon R. E., Purcell W., Swart H. C. Enhanced luminescence and photocatalytic activity of Bi₂O₃:Ho³⁺ needles. *Journal of Alloys and Compounds*, 2020, vol. 842, pp. 155641.
8. Prasad N., Karthikeyan B. Broad band and enhanced photocatalytic behaviour of Ho³⁺-doped Bi₂O₃ micro-rods. *Appl. Phys. A*, 2018, vol. 124, p. 6.
9. Stalin S., Gaikwad D. K., Samee M. A., Edukondalu A., Ahmmad S. K., Joshi A. A., Syed R. Structural, optical features and gamma ray shielding properties of Bi₂O₃–TeO₂–B₂O₃–GeO₂ glass system. *Ceramics International*, 2020, vol. 46, pp. 17325–17334.
10. Leontie L., Caraman M., Evtodiev I., Cuculescu E., Mija A. Optical properties of bismuth oxide thin films prepared by reactive d.c. magnetron sputtering onto p-GaSe (Cu). *Physica Status Solidi (a)*, 2008, vol. 205, pp. 2052–2056.
11. Tsubulnikova A. V., Slezhkin V. A., Bruykanov V. V., Samusev I. G., Kozhevnikov A. S., Savin V. V., Medvedskaya P. N., Lyatun I. I. Cooperative luminescence of Yb³⁺ ions of the ytterbium oxide porous surface. *Optics Communication*, 2020, vol. 459, pp. 125006.
12. Puchalska M., Bolek P., Kot K., Zych E. Luminescence of Bi³⁺ and Bi²⁺ ions in novel Bi-doped SrAl₄O₇ phosphor. *Optical Materials*, 2020, vol. 107, pp. 109999.
13. Puchalska M., Zych E., Bolek P. Luminescences of Bi³⁺ and Bi²⁺ ions in Bi-doped CaAl₄O₇ phosphor powders obtained via modified Pechini citrate process. *Journal of Alloys and Compounds*, 2019, vol. 806, pp. 798–805.
14. Hossan M. Y., Hor A., Luu Q., Smith S. J., May P. S., Berry M. T. Explaining the Nanoscale Effect in the Upconversion Dynamics of β-NaYF₄:Yb³⁺, Er³⁺ Core and Core-Shell Nanocrystals. *Journal of Physical Chemistry C*, 2017, vol. 121, iss. 30, pp. 16592–16606.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Артамонов Дмитрий Александрович – Балтийский федеральный университет
им. Иммануила Канта; магистрант института
физико-математических наук и информационных технологий;
E-mail: euroset2016ig98@icloud.com

Artamonov Dmitriy Alexandrovich – Immanuel Kant Baltic Federal University;
master's student of the Institute of Physics, Mathematics and IT;
E-mail: euroset2016ig98@icloud.com

Мыслицкая Наталья Александровна – Калининградский государственный
технический университет; кандидат физико-математических наук, доцент кафедр
ры физики; E-mail: natalya.myslitskaya@klgtu.ru

Myslitskaya Natalia Aleksandrovna – Kaliningrad Technical State University;
PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor of the Department of Physics;
E-mail: natalya.myslitskaya@klgtu.ru

Цибульникова Анна Владимировна – Балтийский федеральный университет
им. Иммануила Канта; кандидат физико-математических наук, научный сотруд-
ник НОЦ «Фундаментальная и прикладная фотоника. Нанопотоника»;
E-mail: anna.tsibulnikova@mail.ru

Tsibulnikova Anna Vladimirovna – Immanuel Kant Baltic Federal University;
PhD in Physics and Mathematics, Senior Researcher of SEC «Fundamental and Applied
Photonics. Nanophotonics»;
E-mail: anna.tsibulnikova@mail.ru

Самусев Илья Геннадьевич – Балтийский федеральный университет
им. Иммануила Канта; кандидат физико-математических наук, директор НОЦ
«Фундаментальная и прикладная фотоника. Нанопотоника»;
E-mail: is.cranz@gmail.com

Samusev Ilya Gennadievich – Immanuel Kant Baltic Federal University;
PhD in Physics and Mathematics, Head of SEC «Fundamental and Applied Photonics.
Nanophotonics»;
E-mail: is.cranz@gmail.com

Брюханов Валерий Вениаминович – Балтийский федеральный университет
им. Иммануила Канта; доктор физико-математических наук, профессор; ведущий
научный сотрудник НОЦ «Фундаментальная и прикладная фотоника.
Нанопотоника»;
E-mail: bryukhanov_v.v@mail.ru

Bryukhanov Valeriy Veniaminovich – Immanuel Kant Baltic Federal University;
Doctor of Physics and Mathematics, Professor; Leading
Researcher of SEC «Fundamental and Applied Photonics. Nanophotonics»;
E-mail: bryukhanov_v.v@mail.ru

УДК 621.395

DOI 10.46845/1997-3071-2021-61-105-118

О ПРОБЛЕМЕ СБОРА ДАННЫХ В СЕТЯХ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ
С ДИНАМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ (ОБЗОР)

Н. А. Жукова, А. Б. Тристанов, Тин Тун Аун, Аунг Мьо То

ON THE PROBLEM OF DATA COLLECTION IN THE NETWORK
OF THE INTERNET OF THINGS WITH A DYNAMIC STRUCTURE

N. A. Zhukova, A. B. Tristanov, Tin Tun Aun, Aung Myo Thaw

Сбор данных представляет собой процесс их получения от конечных устройств и представления в форме, позволяющей проводить обработку этих данных. При сборе таковых в системах Интернета вещей (ИВ) необходимо учитывать ряд требований, которые определены в статье. Авторами проведен анализ технологий при сборе данных ИВ. Подробно рассмотрены существующие модели их сбора, архитектуры систем ИВ, представлены требования к системам со сложной динамической структурой, дана оценка соответствия существующих моделей требованиям систем мобильного ИВ. Уделено внимание технологиям и способам обеспечения безопасности при сборе и обработке данных. Отдельно рассматриваются вопросы производительности сетей ИВ. Приведенный в работе аналитический обзор существующих моделей сбора данных позволил продемонстрировать дефицит разработок, обеспечивающих выполнение требований по динамическим сетям мобильного ИВ. На основе анализа существующих моделей и технологий сделан вывод о том, какие технологии позволят реализовать сбор, соответствующий заявленным требованиям.

Интернет вещей, безопасность сбора, передачи, хранения данных, Fog-вычисления, эффективность энергопотребления при сборе данных, задержки сбора данных, мобильные сети

Data collection is the process of receiving data from end devices and presenting it in a form that allows them to be processed. When collecting data in the Internet of Things (IoT) systems, it is necessary to take into account a number of requirements that we define in this article. The authors have analyzed the data collection technologies in the IoT systems. The existing models of data collection and IoT system architecture have been considered in detail. Requirements for systems with complex structure have been presented; assessment of the compliance of the existing models of data collection with the requirements of the mobile IoT systems is given. Attention is paid to technologies and methods of ensuring security in data collection and processing. Separately, the issues of the performance of IoT networks have been considered. The analytical review of the existing data collection models presented in the paper allowed us to demonstrate the lack of developments that

meet the requirements for data collection in mobile IOT networks. Based on the analysis of the existing models and data collection technologies, it has been concluded which data collection technologies will allow implementing the collection that meets the stated requirements.

Internet of Things, security of data collection, transmission and storage, Fog computing, energy efficiency in data collection, delays in data collection, mobile networks

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы Интернет вещей (ИВ) стал оказывать большое влияние на развитие многих сфер жизни и деятельности человека (промышленность, здравоохранение, транспорт и пр.). В свете этого представляется актуальным рассмотреть современное состояние систем ИВ и очертить круг задач, которые требуют решения для построения систем ИВ и организации их эффективной работы.

Современные сети ИВ имеют сложную динамическую структуру: в состав сети входит множество разнородных устройств, количество которых постоянно увеличивается. Производительность имеющихся сетей зависит от количества ресурсов, которые затрачиваются на сбор и обработку данных. Увеличение производительности напрямую влияет на срок жизни сетей, безопасность данных и скорость работы. Для сбора данных, их своевременной обработки и передачи потребителям системы ИВ должны быть способны воспринимать большие объемы информации, поступающие от множества устройств, а также реагировать на изменения структуры сети. Традиционно к системам ИВ предъявляются следующие общие требования: надежный и безопасный сбор данных, высокая скорость их сбора, обработки и передачи, а также низкий уровень энергопотребления.

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ СБОРА ДАННЫХ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

К современным технологиям сбора данных относятся следующие:

1. *Технологии облачных вычислений.* Это веб-ориентированные технологии. Ими обеспечивается доступ конечных приложений к распределенным вычислительным ресурсам. Данные технологии предусматривают предоставление многих сервисов, включая сервисы хранения данных и их обработки. При этом приложения обращаются к ресурсам как к локальным сервисам.

2. *Технологии промежуточных платформ.* Промежуточные платформы являются интерфейсом между аппаратным и прикладным уровнями (уровень приложений), который отвечает за взаимодействие с устройствами и управление информацией. Роль платформы заключается в предоставлении единой модели для взаимодействия с различными устройствами. Платформа также позволяет решать проблемы распределения устройств, которые возникают при обращении к ним конечных потребителей.

3. *Технологии Fog-вычислений.* Технологии предоставляют вычислительные ресурсы, информационные хранилища и другие сервисы, которые размещаются между пользовательскими устройствами и облачными серверами. Fog-узлы располагаются близко к конечным пользователям, что сокращает задержки при передаче (инфор-

мации). Пространственное распределение ресурсов Fog позволяет использовать эти технологии в сетях мобильных устройств.

4. *Сенсорные технологии.* Приложения ИВ предполагают использование большого числа сенсорных датчиков для сбора данных об окружающей среде. Сенсорные датчики являются важными компонентами интеллектуальных объектов. В основном они имеют низкую стоимость и потребляют достаточно мало энергии. Устройства характеризуются такими параметрами, как емкость аккумулятора и простота развертывания.

5. *Шифрование информации.* Основной целью применения методов шифрования информации является предотвращение несанкционированного мониторинга данных и доступа к ним, их нецелевого использования, модификации при сборе, обработке и хранении. Традиционные криптографические алгоритмы не могут использоваться для обеспечения безопасного сбора и передачи данных с устройств, имеющих ограниченные ресурсы. При сборе их с таких устройств применяются облегченные методы шифрования.

6. *Методы анализа социальных сетей.* Такие методы позволяют определять отношения между объектами ИВ с использованием отношений между людьми в социальных сетях. «Социальные отношения», устанавливаемые между объектами, применяются для поиска и сбора данных в сетях ИВ.

7. *Методы маршрутизации данных.* Устройства ИВ генерируют огромные потоки информации. Методы маршрутизации данных направлены на обеспечение безопасной передачи данных большого объема от устройств в хранилища.

АРХИТЕКТУРА СИСТЕМ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

В современных системах ИВ чаще всего используются следующие архитектурные решения: трехуровневая архитектура систем ИВ, архитектура систем ИВ с промежуточными платформами, архитектура Fog-систем и систем социального ИВ.

Трехуровневую архитектуру можно рассматривать как классическую. В ней выделяют три уровня: физический, сетевой и уровень приложений или сервисов (прикладной). В таких системах сервисы независимы друг от друга и от физического оборудования, за счет чего обеспечивается легкий доступ к ресурсам сети из прикладного уровня.

В системах ИВ *технология промежуточных платформ* появилась параллельно с концепцией Fog-вычислений. Такие платформы позволяют выполнять требования по повышению уровня безопасности информации, совместному использованию ресурсов и призваны обеспечивать доступ к собираемым данным об объектах внешней среды и их взаимодействиях в любое время, в любом месте и с любого устройства.

Архитектура Fog-систем ориентирована на децентрализованную обработку исходных данных, собираемых с устройств. Для обработки могут применяться различные методы их анализа, включая методы машинного обучения. Fog-обработка осуществляется в непосредственной близости от источников данных. Повышение производительности систем достигается за счет сокращения объема данных, передаваемых в облако для обработки, анализа и длительного хранения. В настоящее время облачные и Fog-вычисления являются наиболее востребованными, поскольку позво-

ляют строить системы, имеющие достаточно высокую производительность, способные обеспечить защиту и управление данными в среде ИВ.

Архитектура систем социального ИВ предусматривает наличие в системах ИВ следующих новых функций: регистрацию новых социальных объектов, создание новых групп устройств, определение «социальных отношений» между устройствами, управление установленными отношениями. Социально ориентированный подход к описанию сетей ИВ позволяет расширить традиционные модели ИВ, дополняя их социальными элементами.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ В СИСТЕМАХ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

Безопасность сетей ИВ должна обеспечиваться с учетом требований к оперативности передачи информации, а также ограничений на объемы энергоресурсов. К возможным атакам злоумышленников, наносящих вред безопасности данных на сетевом уровне, относятся: атаки типа «отказ в обслуживании» (DoS), «человек посередине», атаки на шлюзы, информационные хранилища, а также атаки, построенные на основе анализа трафика, и спуфинг-атаки.

Атаки на облачные сервисы и Fog-узлы являются одними из самых распространенных. Наибольшим угрозам подвержены данные, передаваемые и размещаемые в облаке. На уровне приложений возникновение проблем безопасности связано с созданием и использованием компьютерных вирусов, червей, троянских коней, шпионских программ и другого вредоносного программного обеспечения.

Выполненный анализ показывает следующее:

– для построения систем ИВ на разных уровнях используется большое число разнообразных технологий, платформ и архитектур, что вызвано в первую очередь спецификой систем ИВ и жесткостью предъявляемых к ним требований;

– основные противоречия возникают между требованиями к скорости сбора, обработки и передачи информации, потребляемым сетью энергоресурсам и информационной безопасности;

– для систем ИВ остро стоит вопрос безопасности, поскольку, с одной стороны, передаваемые по беспроводным сетям данные достаточно легко доступны, с другой – возможность использования «тяжелых» протоколов шифрования ограничена;

– требования должны выполняться для сетей с динамической структурой.

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СБОРУ ДАННЫХ В СЕТЯХ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

При сборе данных в системах ИВ необходимо учитывать требования к уровню их безопасности, уровню энергопотребления сети и задержкам, возникающим при сборе и передаче. Эти требования достаточно тесно связаны друг с другом. Например, повышение уровня безопасности информации может привести к увеличению задержек при ее сборе и передаче и увеличению объемов потребляемой энергии. В сетях, обеспечивающих высокую скорость сбора и передачи данных, а также низкий уровень энергопотребления, как правило, уровень безопасности оказывается достаточно низким.

1. *Требования к безопасности данных.* Необходимо обеспечивать безопасность информации, передаваемой от устройств, обладающих собственными вычислительны-

ми ресурсами, а также от устройств с ограниченными ресурсами. Кроме того, должна обеспечиваться безопасность различных типов данных.

2. *Требования к энергопотреблению.* Большинство сенсорных устройств имеют ограниченные энергоресурсы. Время жизни сети сенсорных устройств зависит от объемов получаемой и передаваемой информации. Использование средств, обеспечивающих безопасность данных, приводит к увеличению объемов передаваемой информации, что напрямую влияет на срок жизни сети. Снизить уровень энергопотребления, а также сократить задержки при передаче данных возможно за счет адаптации и масштабирования сети. Однако такой подход позволяет решить проблему сокращения энергопотребления только частично.

3. *Требования к скорости сбора и передачи данных.* При их сборе и передаче могут возникать задержки. Большинство сетей мобильных устройств накладываются жесткие ограничения на допустимое время передачи информации. Кроме того, наличие задержек в сети может привести к «взрыву данных», потере пакетов информации и другим сбоям в ее работе.

СБОР ДАННЫХ В СЕТЯХ С ДИНАМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ

В системах мобильного ИВ данные поступают не только от статических, но также и от мобильных устройств. Мобильные сети ИВ имеют динамическую структуру.

Основными характеристиками сетей мобильного ИВ являются:

- изменение структуры сети во времени;
- возможность динамического подключения и отключения устройств;
- увеличение вероятности возникновения ошибок в сетях, повышение сложности обеспечения надежного сбора и передачи данных.

Имеющиеся модели в основном ориентированы на сбор данных в статических сетях. Существуют несколько моделей, разработанных для динамических сетей, но они не отвечают требованиям по обеспечению безопасности данных ИВ и скорости их передачи [1]. Сбор данных в сетях мобильного ИВ должен быть адаптивным к динамическим структурам сетей, отвечать требованиям по безопасности, объему потребляемой энергии, скорости отклика и т. д. Для выполнения этих требований необходимо обеспечить управление информацией.

Для решения проблем, возникающих в динамических сетях при сборе данных, были разработаны модели, основанные на формировании кластеров устройств и определении центральных элементов кластеров. При такой организации сети информация от устройств передается центральным элементам, а затем – на серверы.

Возможности динамической кластеризации изучались многими исследовательскими сообществами. Полученные результаты позволили показать преимущества кластерного подхода с точки зрения объемов потребляемой энергии и возможностей масштабирования сетей [2].

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ СЕТЕЙ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

Сети ИВ могут включать несколько миллиардов разнообразных устройств, которые производят огромные объемы данных. Необходимо обеспечить повсемест-

ную доступность сетей ИВ, возможность использования различных устройств. С этой целью сбор данных в сетях ИВ должен отвечать следующим требованиям: низкое энергопотребление, высокая скорость отклика сети, высокая пропускная способность и надежность, масштабируемость и безопасность.

Для выполнения указанных требований исследовались возможности технологий облачных вычислений, применение которых позволяет обеспечить предоставление сервисов по требованию, совместное использование имеющихся ресурсов и пр. Однако имеется ряд требований, которые облачные технологии выполнить не позволяют, в частности, сбор огромного объема неструктурированных данных из распределенных источников, динамическое управление ресурсами сетей.

В настоящее время существующие проблемы могут решаться с помощью Fog-технологий, предусматривающих, что обработка данных выполняется на узлах, размещаемых близко к пользователям. Использование Fog-технологий позволяет обеспечить повсеместную доступность ИВ, высокую пропускную способность сетей благодаря тому, что серверы располагаются рядом с пользователями, уменьшение размера данных, которые передаются в облако.

ПРОБЛЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДАННЫМИ В СЕТЯХ МОБИЛЬНОГО ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

Настоящая проблема обусловлена большим объемом информации. Управление требуется осуществлять при сборе, передаче, хранении, очистке, анализе, фильтрации, поиске, обмене данными и их защите. На физическом уровне информация поступает от большого числа разнородных пространственно распределенных устройств. Основной задачей является управление данными, включая управление обработкой информации, а также маршрутизация при их передаче на Fog-узлы или в облако.

1. *Управление данными на физическом уровне.* На физическом уровне для сбора информации в системах ИВ широко используются беспроводные сенсорные сети, с помощью которых данные передаются от узлов на шлюзы. Появление и широкое использование интеллектуальных мобильных устройств позволило строить интеллектуальные инфраструктуры, в состав которых входит множество таких аппаратов. Информация, собираемая устройствами, стала динамичной, повысилась сложность ее структуры. Сети из-за своей крупномасштабности, динамической структуры и ограниченных ресурсов стали более уязвимы [3]. Требуется обеспечить защиту собираемых данных и управление ими в динамических беспроводных сетях ИВ со сложной структурой.

К настоящему времени для управления информацией предложены линейные протоколы и протоколы, предусматривающие построение кластеров устройств. По сравнению с линейными протоколами маршрутизации на основе кластеров имеют значительные преимущества при решении задач маршрутизации информации в сетях мобильного ИВ [4–6].

2. *Управление данными на уровне платформы промежуточного программного обеспечения.* Управление данными может осуществляться с помощью блокчейн-систем, расположенных между источниками данных ИВ и облачными серверами [1].

Платформа на основе блокчейна предоставляет децентрализованные механизмы контроля доступа к данным. Основной недостаток использования блокчейн-систем – высокое энергопотребление.

3. *Управление данными в облаке и на уровне Fog.* Облачные технологии обеспечивают хранение данных в облаке, а также выполнение запросов пользователей. Сервисы облачных вычислений для хранения данных рассмотрены в [7, 8]. Облачные технологии могут предоставлять большие ресурсы для хранения и управления данными, что необходимо в ИВ.

Из-за низкой пропускной способности сетей и высокой задержки при сборе и передаче данных в сетях ИВ возрастает актуальность использования технологий вычислений. Вопросы применения Fog-технологий для управления большими объемами данных ИВ с использованием методов интеллектуального анализа рассматриваются в [9, 10].

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ СБОРА ДАННЫХ В СЕТЯХ МОБИЛЬНОГО ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

Модели сбора данных ИВ, разработанные в рамках большого количества проведенных исследований, в основном ориентированы на выполнение требований по снижению уровня энергопотребления; объемов ресурсов, затрачиваемых на обработку и хранение информации. Выполнение этих требований не позволяет реализовывать общие сложные механизмы обеспечения безопасности данных ИВ. Необходимые механизмы должны обеспечивать безопасность данных статических и динамических устройств с различным объемом собственных вычислительных ресурсов. Таким образом, требуется разработка механизма обеспечения безопасности данных сетей ИВ.

1. *Безопасность данных ИВ на уровне устройств.* С ростом числа устройств увеличивается объем производимых ими данных, возрастает сложность управления их безопасностью. Злоумышленники, получив доступ к устройствам ИВ, получают ключи или параметры безопасности последних, что позволяет им их дублировать. Дублирующее устройство может использоваться также для загрузки ложных данных на сервер, получения конфиденциальной информации о пользователе с сервера или из сети. В рамках исследований, направленных на обеспечение безопасности ИВ, рассматривались атаки с применением сторонних каналов, направленные на получение ключей шифрования RSA (Rivest–Shamir–Adleman) и ECC (Elliptic-Curve Cryptography) [11]. Возможные варианты атак по сторонним каналам с помощью шифрования AES (Advanced Encryption Standard) приведены в [12]. Поскольку устройства ИВ подключены к Интернету, то они оказываются подвержены атакам через интернет-сеть. Чтобы их избежать, необходимо при взаимодействии с аппаратами ИВ использовать аутентификацию и контроль доступа. Системы аутентификации основываются на алгоритме RSA, требующем наличия на устройствах собственных ресурсов. Для повышения достоверности аутентификации на прикладных уровнях с достаточными вычислительными ресурсами и ресурсами памяти могут применяться методы машинного обучения, такие как ANN [13], а также другие, использующие возможности искусственного интеллекта [14, 15]. Для контроля доступа при-

меняются следующие методы машинного обучения: SVM (Support Vector Machines), K-NN (K-Nearest Neighbors), NNs (Neural Networks) и др. С учетом того, что в сетях ИВ используются устройства с ограниченными вычислительными ресурсами, имеющиеся схемы аутентификации в них невозможны. В таких ситуациях необходимы методы облегченной аутентификации, например [16].

2. *Безопасность обработки данных в сетях ИВ.* Одной из наиболее важных задач ИВ является защита безопасности данных сетей, в том числе информации, получаемых от устройств с ограниченными ресурсами. В имеющихся сетях при маршрутизации данных применяется протокол RPL (Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks). Это протокол с низким энергопотреблением, однако при его использовании вероятно потеря пакетов. RPL может подвергаться различным атакам [17, 18]. В условиях сетей ИВ для обеспечения безопасности информацией требуется поиск и применение более эффективных механизмов.

Системы обнаружения вторжений (Intrusion Detection System, IDS) также достаточно широко используются для обеспечения безопасности данных в ИВ. Системой осуществляется мониторинг поведения элементов сетей, оценивается поведение узлов. Последнее может быть признано нормальным или быть распознано как проникновение вредоносного узла. Было предложено достаточно много разных типов IDS, в том числе для систем с централизованной архитектурой и распределенных систем. Также разрабатывались гибридные IDS, однако из-за большого объема потребляемых ресурсов они плохо подходят для ИВ, где разрабатываются устройства с ограниченными ресурсами.

Для обеспечения безопасности данных ИВ могут также использоваться SDN-решения (Software-Defined Networking) (см., например [19, 20]). Основная идея SDN заключается в динамическом управлении конфигурацией сетей. За счет централизованного управления возможно обеспечить применение большинства ресурсов сети. Одним из недостатков SDN является уязвимость контроллера. Кроме того, такие системы имеют достаточно высокую стоимость из-за необходимости конфигурирования.

3. *Безопасность данных ИВ при их хранении и обработке в облаке и на узлах Fog.* В большинстве приложений ИВ применяются облачные технологии или технологии Fog для хранения и обработки данных. Сами по себе узлы, реализующие облачные и Fog-вычисления, не являются безопасными. Требуется обеспечение безопасности и целостности данных, которые размещаются и обрабатываются на облачных узлах (см., например [21–23]).

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

В целом существующие решения не позволяют обеспечить безопасность данных мобильного ИВ, они уязвимы для атак, имеют ограниченные возможности по восстановлению данных. Кроме того, большинство существующих проверок целостности этих данных основаны на RSA [24] и BLS-схемах (Boneh–Lynn–Shacham (BLS) signature) [25]. Недостатком этих схем являются большие вычислительные затраты, которые необходимы для работы с электронными подписями. В связи с этим рассмотренные решения по обеспечению безопасности информации, требующие затрат больших ресурсов, не подходят для использования в системах мобильного ИВ. Методы,

ориентированные на централизованное обеспечение безопасности данных, невозможно применять в динамических сетях, не сработает и автоматическая генерация программ [26]. В сложившейся ситуации перспективным для выявления и устранения угроз безопасности можно считать развитие методов интеллектуального анализа данных и машинного обучения, в частности методов классификации и кластеризации. При этом решения IDS могут быть использованы, однако при их применении необходимо учитывать особенности мобильного ИВ, предполагающего использование беспроводной сенсорной сети и устройств с ограниченными ресурсами.

По результатам анализа существующих моделей сбора данных установлено:

1. Применение шифрования и промежуточных платформ может привести к увеличению энергопотребления, накладных расходов на передачу данных, задержки в передаче их по сети при необходимости управления ключами или соглашениями о безопасности.

2. Для обеспечения безопасности устройств с ограниченными ресурсами могут использоваться алгоритмы облегченного шифрования.

3. Анализ данных, выполняемый на узлах, обладающих собственными вычислительными ресурсами, приводит к высокой перегрузке в сетях.

4. Кластеризация позволяет значительно повысить энергоэффективность сети и сократить задержку передачи данных сети.

5. Разработка технологий Fog при передаче данных между конечными устройствами и облаком позволяет сократить задержку, увеличить пропускную способность сети.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, анализ существующих моделей показывает, что отсутствует модель, обеспечивающая выполнение требований, предъявляемых к сбору данных в сетях мобильного ИВ. Значительная часть рассмотренных моделей обеспечивает увеличение времени жизни сетей, сокращение энергопотребления, масштабируемость сетей, однако в них не учитываются требования к безопасности информации, собираемой с устройств различного типа. Имеются модели, способные решать задачи управления данными и их безопасностью в статических сетях, но при сборе данных в динамических сетях они не применимы. С учетом этого требуются решения по управлению данными и их безопасностью, позволяющие обеспечить выполнение требований, предъявляемых к сбору данных в динамических сетях мобильного ИВ.

Совместное использование технологий Fog и технологий кластеризации может позволить разработать решение, которое будет отвечать современным требованиям к сбору и передаче данных в мобильном ИВ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Online allocation of virtual machines in a distributed cloud / F. Hao, M. Kodialam, T. V. Lakshman, S. Mukherjee // IEEE/ACM Transactions on Networking. – 2017. – Vol. 25. – Iss. 1. – P. 238–249.

2. Resource Management with Deep Reinforcement Learning / H. Mao, M. Alizadeh, I. Menache, S. Kandula // *HotNets'16: Proceedings of the 15th ACM Workshop on Hot Topics in Networks* (Atlanta, GA, USA, 9–10 Nov. 2016). HotNets'16, 2016. – P. 50–56.
3. Data Collection for Security Measurement in Wireless Sensor Networks: A Survey / H. Xie, Z. Yan, Z. Yao, M. Atiquzzaman // *IEEE Internet of Things Journal*. – 2019. – Vol. 6. – Iss. 2. – P. 2205–2224.
4. Suwandhada, K. ALEACH-Plus: An Energy Efficient Cluster Head Based Routing Protocol for Wireless Sensor Network / K. Suwandhada, K. Panyim // *7th International Electrical Engineering Congress (iEECON)* (Hua Hin, Thailand, 6–8 Mar. 2019). – IEEE, 2019. – P. 1–4.
5. Mobility Based Genetic Algorithm Hierarchical Routing Protocol in Mobile Wireless Sensor Networks / A. Rady, N. Sabor, M. Shokair, E.-S. M. El-Rabaie // *International Japan-Africa Conference on Electronics, Communications and Computations (JAC-ECC)* (Alexandria, Egypt, 17–19 Dec. 2018). – IEEE, 2018. – P. 83–86.
6. New Energy-Efficient Hierarchical Clustering Approach Based on Neighbor Rotation for Edge Computing of IoT / D. Zhang, J.-N. Qiu, T. Zhang, H. Wu // *28th International Conference on Computer Communication and Networks (ICCCN)* (Valencia, Spain, 29 July – 1 Aug. 2019). – IEEE, 2019. – P. 1–2.
7. Singh, R. Ensuring Data Storage Security in Cloud Computing / R. Singh, S. Kumar, S. K. Agrahari // *IOSR Journal of Engineering*. – 2012. – Vol. 2. – Iss. 12. – P. 17–21.
8. Enabling Public Verifiability and Data Dynamics for Storage Security in Cloud Computing / Q. Wang, C. Wang, J. Li et al. // *Computer Security – ESORICS 2009: Lecture Notes in Computer Science*. Vol 5789. – P. 355–370.
9. Mukherjee, M. Security and Privacy in Fog Computing: Challenges / M. Mukherjee, R. Matam, L. Shu et al. // *IEEE Access*. – 2017. – Vol. 5. – P. 19 293–19 304.
9. Mukherjee M., Matam R., Shu L. et al. Security and Privacy in Fog Computing: Challenges, *IEEE Access*. 2017, vol. 5, pp. 19293–19304. DOI: 10.1109/ACCESS.2017.2749422.
10. Khan, S. Fog computing security: a review of current applications and security solutions / S. Khan, S. Parkinson, Y. Qin // *Journal of Cloud Computing*. – 2017. – Vol. 6. – P. 1–22.
11. Stealing Keys from PCs Using a Radio: Cheap Electromagnetic Attacks on Windowed Exponentiation / D. Genkin, L. Pachmanov, I. Pipman, E. Tromer // *Cryptographic Hardware and Embedded Systems (CHES 2015): Proceedings of 17th International Workshop* (Saint-Malo, France, 13–16 Sept. 2015): *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 9293 / Ed. by T. Güneysu, H. Handschuh. – Berlin; Heidelberg: Springer, 2015. – P. 207–228.
12. Interceptive side channel attack on AES-128 wireless communications for IoT applications / A. A. Pammu, K.-S. Chong, W.-G. Ho, B.-H. Gwee // *IEEE Asia Pacific Conference on Circuits and Systems (APCCAS)* (Jeju, South Korea, 25–28 Oct. 2016). – IEEE, 2016. – P. 650–653.

13. RF-PUF: Enhancing IoT Security Through Authentication of Wireless Nodes Using In-Situ Machine Learning / B. Chatterjee, D. Das, S. Maity, S. Sen // IEEE Internet of Things Journal. – 2019. – Vol. 6. – Iss. 1. – P. 388–398.
14. Musale, P. Lightweight gait based authentication technique for IoT using subconscious level activities / P. Musale, D. Baek, B. J. Choi // IEEE 4th World Forum on Internet of Things (WF-IoT) (Singapore, 5–8 Feb. 2018). – IEEE, 2018. – P. 564–567.
15. Belyaev, S. A. Monte Carlo Tree Search Modification for Computer Games / S. A. Belyaev, D. A. Chentsov // 2020 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIconRus) (St. Petersburg and Moscow, Russia, 2020). – IEEE, 2020. – P. 252–255.
16. Artificial Intelligence/ Machine Learning in IoT for Authentication and Authorization of Edge Devices / M. S. Zareen, S. Tahir, M. Akhlaq, B. Aslam // International Conference on Applied and Engineering Mathematics (ICAEM) (Taxila, Pakistan, 27–29 Aug. 2019). – IEEE, 2019. – P. 220–224.
17. Mayzaud, A. A Taxonomy of Attacks in RPL-based Internet of Things / A. Mayzaud, R. Badonnel, I. Chrisment // International Journal of Network Security. – 2016. – Vol. 18. – P. 459–473.
18. Wallgren, L. Routing Attacks and Countermeasures in the RPL-Based Internet of Things / L. Wallgren, S. Raza, T. Voigt // International Journal of Distributed Sensor Networks. – 2013. – Vol. 9.
19. Flauzac, O. New Security Architecture for IoT Network / O. Flauzac, C. Gonzalez, F. Nolot // Procedia Computer Science. – 2015. – Vol. 52. – P. 1028–1033.
20. Zheng, J. Defending SDN-based IoT Networks Against DDoS Attacks Using Markov Decision Process / J. Zheng, A. S. Namin // IEEE International Conference on Big Data (Big Data) (Seattle, WA, USA, 10–13 Dec. 2018). – IEEE, 2018. – P. 4589–4592.
21. Blockchain Based Data Integrity Service Framework for IoT Data / B. Liu, X. L. Yu, S. Chen et al. // IEEE International Conference on Web Services (ICWS) (Honolulu, HI, USA, 25–30 June 2017). – IEEE, 2018. – P. 468–475.
22. Certificateless Provable Data Possession Scheme for Cloud-Based Smart Grid Data Management Systems / D. He, N. Kumar, S. Zeadally, H. Wang // IEEE Transactions on Industrial Informatics. – 2018. – Vol. 14. – Iss. 3. – P. 1232–1241.
23. Cloud data integrity checking with an identity-based auditing mechanism from RSA / Y. Yu, L. Xue, Man Ho Au et al. // Future Generation Computer Systems. – 2016. – Vol. 62. – P. 85–91.
24. A secure and efficient public auditing scheme using RSA algorithm for cloud storage / Z. Xu, L. Wu, M. K. Khan et al. // The Journal of Supercomputing. – 2017. – Vol. 73. – P. 5285–5309.
25. Liu, Ch. MuR-DPA: Top-Down Levelled Multi-Replica Merkle Hash Tree Based Secure Public Auditing for Dynamic Big Data Storage on Cloud / Ch. Liu, R. Ranjan, C. Yang // IEEE Transactions on Computers. – 2014. – Vol. 64. – Iss. 9. – P. 2609–2622.
26. Development of the Program for Creating Data Accounting Software Systems Mockups / S. A. Belyaev, P. V. Korytov, A. V. Ekalo, E. V. Postnikov // 2020 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIconRus) (St. Petersburg and Moscow, Russia, 2020). – IEEE, 2020. – P. 359–362.

REFERENCES

1. Hao F., Kodialam M., Lakshman T. V., Mukherjee S. Online allocation of virtual machines in a distributed cloud IEEE/ACM Transactions on Networking, 2017, vol. 25, iss. 1, pp. 238–249, DOI: 10.1109/TNET.2016.2575779.
2. Mao H., Alizadeh M., Menache I., Kandula S. Resource Management with Deep Reinforcement Learning HotNets'16: Proceedings of the 15th ACM Workshop on Hot Topics in Networks (Atlanta, GA, USA, 9–10 Nov. 2016). HotNets'16, 2016, pp. 50–56, DOI: 10.1145/3005745.3005750.
3. Xie H., Yan Z., Yao Z. Data Collection for Security Measurement in Wireless Sensor Networks: A Survey Atiquzzaman IEEE Internet of Things Journal, 2019, vol. 6, iss. 2, pp. 2205–2224. DOI: 10.1109/JIOT.2018.2883403.
4. Suwandhada K., Panyim K. ALEACH-Plus: An Energy Efficient Cluster Head Based Routing Protocol for Wireless Sensor Network 7th International Electrical Engineering Congress (iEECON) (Hua Hin, Thailand, 6–8 Mar. 2019). IEEE, 2019, pp. 1–4. DOI: 10.1109/iEECON45304.2019.8938948.
5. Rady A., Sabor N., Shokair M., El-Rabaie E.-S. M. Mobility Based Genetic Algorithm Hierarchical Routing Protocol in Mobile Wireless Sensor Networks International Japan-Africa Conference on Electronics, Communications and Computations (JAC-ECC) (Alexandria, Egypt, 17–19 Dec. 2018). IEEE, 2018, pp. 83–86, DOI: 10.1109/JEC-ECC.2018.8679548.
6. Zhang, D., Qiu J.-N., Zhang T., Wu H. New Energy-Efficient Hierarchical Clustering Approach Based on Neighbor Rotation for Edge Computing of 28th International Conference on Computer Communication and Networks (ICCCN) (Valencia, Spain, 29 July – 1 Aug. 2019). IEEE, 2019, pp. 1–2, DOI: 10.1109/ICCCN.2019.8847073.
7. Singh, R., Kumar S., Agrahari S. K. Ensuring Data Storage Security in Cloud Computing. IOSR Journal of Engineering, 2012, vol. 2, iss. 12, pp. 17–21. DOI: 10.9790/3021-021221721.
8. Wang, Q., Wang C., Li J. et al. Enabling Public Verifiability and Data Dynamics for Storage Security in Cloud Computing. Computer Security – ESORICS 2009: Lecture Notes in Computer Science. Vol 5789. Ed. by M. Backes, P. Ning. Berlin, Heidelberg: Springer, 2009, pp. 355–370, DOI: 10.1007/978-3-642-04444-1_22.
9. Mukherjee M., Matam R., Shu L. et al. Security and Privacy in Fog Computing: Challenges, IEEE Access. 2017, vol. 5, pp. 19293–19304, DOI: 10.1109/ACCESS.2017.2749422.
10. Khan S., Parkinson S., Qin Y. Fog computing security: a review of current applications and security solutions, Journal of Cloud Computing, 2017, vol. 6, pp. 1–22, DOI: 10.1186/s13677-017-0090-3.
11. Genkin D., Pachmanov L., Pipman I., Tromer E. Stealing Keys from PCs Using a Radio: Cheap Electromagnetic Attacks on Windowed Exponentiation. Cryptographic Hardware and Embedded Systems (CHES 2015): Proceedings of 17th International Workshop (Saint-Malo, France, 13–16 Sept. 2015): Lecture Notes in Computer Science, vol. 9293. Ed. by T. Güneysu, H. Handschuh. Berlin; Heidelberg: Springer, 2015, pp. 207–228, DOI:10.1007/978-3-662-48324-4_11.

12. Pammu A. A., Chong K.-S., Ho W.-G., Gwee B.-H. Interceptive side channel attack on AES-128 wireless communications for IoT applications IEEE Asia Pacific Conference on Circuits and Systems (APCCAS) (Jeju, South Korea, 25–28 Oct. 2016). IEEE, 2016, pp. 650–653. DOI: 10.1109/APCCAS.2016.7804081.
13. Chatterjee B., Das D., Maity S., Sen S. RF-PUF: Enhancing IoT Security Through Authentication of Wireless Nodes Using In-Situ Machine Learning. IEEE Internet of Things Journal, 2019, vol. 6, iss. 1, pp. 388–398. DOI: 10.1109/JIOT.2018.2849324.
14. Musale P., Baek D., Choi B. J. Lightweight gait based authentication technique for IoT using subconscious level activities. IEEE 4th World Forum on Internet of Things (WF-IoT) (Singapore, 5–8 Feb. 2018). IEEE, 2018, pp. 564–567, DOI: 10.1109/WF-IoT.2018.8355210.
15. Belyaev S. A., Chentsov D. A. Monte Carlo Tree Search Modification for Computer Games 2020 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus) (St. Petersburg and Moscow, Russia, 2020), IEEE, 2020, pp. 252–255, DOI: 10.1109/EIConRus49466.2020.9039281.
16. Zareen M. S., Tahir S., Akhlaq M., Aslam B. Artificial Intelligence/ Machine Learning in IoT for Authentication and Authorization of Edge Devices International Conference on Applied and Engineering Mathematics (ICAEM) (Taxila, Pakistan, 27–29 Aug. 2019), IEEE, 2019, pp. 220–224, DOI: 10.1109/ICAEM.2019.8853780.
17. Mayzaud A. A., Badonnel R., Chrisment I. Taxonomy of Attacks in RPL-based Internet of Things International Journal of Network Security, 2016, vol. 18, pp. 459–473. DOI:10.6633/IJNS.201605.18(3).07.
18. Wallgren L., Raza S., Voigt T. Routing Attacks and Countermeasures in the RPL-Based Internet of Things International Journal of Distributed Sensor Networks, 2013, vol. 9, DOI: 10.1155/2013/794326.
19. Flauzac O., Gonzalez, Nolot F. New Security Architecture for IoT Network Procedia Computer Science. 2015, vol. 52, pp. 1028–1033, DOI: 10.1016/j.procs.2015.05.099.
20. Zheng, J., Namin A. S. Defending SDN-based IoT Networks Against DDoS Attacks Using Markov Decision Process, IEEE International Conference on Big Data (Big Data) (Seattle, WA, USA, 10–13 Dec. 2018). IEEE, 2018, pp. 4589–4592, DOI: 10.1109/BigData.2018.8622064.
21. Liu, B., Yu X. L., Chen S. et al. Blockchain Based Data Integrity Service Framework for IoT Data IEEE International Conference on Web Services (ICWS) (Honolulu, HI, USA, 25–30 June 2017), IEEE, 2018, pp. 468–475, DOI: 10.1109/ICWS.2017.54.
22. He D., Kumar N., Zeadally S., Wang H. Certificateless Provable Data Possession Scheme for Cloud-Based Smart Grid Data Management Systems IEEE Transactions on Industrial Informatics. 2018, vol. 14, iss. 3, pp. 1232–1241, DOI: 10.1109/TII.2017.2761806.
23. Yu Y., Xue L., Man Ho Au et al. Cloud data integrity checking with an identity-based auditing mechanism from RSA Future Generation Computer Systems, 2016, vol. 62, pp. 85–91, DOI: 10.1016/j.future.2016.02.003.
24. Xu Z., Wu L., Khan M. K. et al. A secure and efficient public auditing scheme using RSA algorithm for cloud storage. The Journal of Supercomputing. 2017, vol. 73, pp. 5285–5309, DOI:10.1007/s11227-017-2085-8.

25. Liu, Ch., Ranjan R., Yang C. MuR-DPA: Top-Down Levelled Multi-Replica Merkle Hash Tree Based Secure Public Auditing for Dynamic Big Data Storage on Cloud IEEE Transactions on Computers. 2014, vol. 64, iss. 9, pp. 2609–2622, DOI: 10.1109/TC.2014.2375190.

26. Belyaev S. A., Korytov P. V., Ekalo A. V., Postnikov E. V. Development of the Program for Creating Data Accounting Software Systems Mockups 2020 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus) (St. Petersburg and Moscow, Russia, 2020). IEEE, 2020, pp. 359–362, DOI: 10.1109/EIConRus49466.2020.9039515.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Жукова Наталия Александровна – Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр Российской академии наук; кандидат технических наук, доцент; старший научный сотрудник; E-mail: nazhukova@mail.ru

Zhukova Natalia Alexandrovna – St.-Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences; PhD, Associate Professor; Senior Researcher; E-mail: nazhukova@mail.ru

Тристанов Александр Борисович – Калининградский государственный технический университет; кандидат технических наук, доцент; зав. кафедрой информатики и информационных технологий; E-mail: alexander.tristanov@klgtu.ru

Tristanov Alexander Borisovich – Kaliningrad State Technical University; PhD in Engineering, Associate Professor; Head of the Department of Informatics and Information Technologies; E-mail: alexander.tristanov@klgtu.ru

Тин Тун Аун – Национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики ИТМО (г. Санкт-Петербург); аспирант факультета программной инженерии и компьютерной техники; E-mail: tnavy50@gmail.com

Tin Tun Aun – National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics ITMO (St.-Petersburg); Post-graduate student, Faculty of Software Engineering and Computer Systems; E-mail: tnavy50@gmail.com

Аунг Мьо То – Национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики ИТМО (г. Санкт-Петербург); аспирант факультета программной инженерии и компьютерной техники; E-mail: aungmyothaw52660@gmail.com

Aung Myo Thaw – National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics ITMO (St.-Petersburg); Post-graduate student, Faculty of Software Engineering and Computer Systems; E-mail: aungmyothaw52660@gmail.com

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ АПК

УДК 330.3

DOI 10.46845/1997-3071-2021-61-121-132

РОЛЬ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ В ДИВЕРСИФИКАЦИИ РЫБНОЙ
ОТРАСЛИ НА ПРИМЕРЕ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОГО
ПИТАНИЯ В РЕГИОНЕ

А. Я. Яфасов, А. А. Меркулов, Ф. Г. Майтаков

THE ROLE OF DIGITAL TRANSFORMATION IN THE DIVERSIFICATION
OF THE FISH INDUSTRY ON THE EXAMPLE OF ORGANIZING
PERSONALIZED MEALS IN THE REGION

A. Ya. Yafasov, A. A. Merkulov, F. G. Maitakov

Статья является частью концепции создания модели цифровой платформы единой коммуникационной среды для рыбной отрасли региона. Использование цифровых технологий меняет инновационный процесс, в значительной степени снимая проблему координации участников, обеспечивая оценку рисков на каждом этапе НИОКТР и последующей стадии коммерциализации продукции. Показаны потенциальные возможности диверсификации экономики рыбной отрасли региона путем расширения сферы деятельности – созданием региональной системы персонального питания на основе местной сельскохозяйственной и морепродукции с использованием цифровой платформы «Питание XXI век». Цифровая платформа обеспечивает создание экосистемы множества независимых участников регионального рынка FoodNetRegion, ориентированного на потребителя. В региональную экосистему FoodNetRegion может подключиться каждый житель региона, юридическое лицо, стать участником в любой роли – автора новых рецептов, кулинара, производителя продукции, маркетолога, логиста, перевозчика и т. д. Новая экосистема учитывает выработанные рекомендации по питанию для различных групп населения и отдельных лиц. Цифровая платформа «Питание XXI век» позволяет получить новое качество: систему социального кейтеринга – персонализированного полноценного питания по цене массовой продукции. По оценкам это может дать прирост в региональный ВВП отрасли в 2,7 раза. Срок окупаемости системы социального кейтеринга составляет не более одного года.

рыбная отрасль, цифровая платформа, экосистема, водные биологические ресурсы, персонализированное питание, коммуникационная среда

The article is part of the concept of creating a digital platform model of a unified communication environment for the fishing industry of the region. The use of digital technologies changes the innovation process, largely eliminating the problem of coordination of participants, providing risk assessment at each stage of R&D and the subsequent stage of product commercialization. The paper shows potential opportunities for diversifying the economy of the regional fishing industry by expanding the scope of activities – by creating a regional personalized catering system based on local agricultural

products and seafood using the digital platform «Nutrition XXI Century». The digital platform enables creation of a consumer-oriented ecosystem of many independent participants in the regional FoodNetRegion market. Every resident of the region, a legal entity, can join the regional ecosystem FoodNetRegion and become a participant in any role – the author of new recipes, culinary specialist, product manufacturer, marketer, logistician, carrier, etc. The new ecosystem takes into account the developed dietary recommendations for different groups of the population and individuals. The digital platform «Nutrition XXI Century» allows you to get new quality: a system of social catering – personalized nutritious food at the price of mass products. According to the estimates, this can give an increase in the regional GDP of the industry by 2.7 times. The payback period for the social catering system is no more than one year.

fish industry, digital platform, ecosystem, aquatic biological resources, personalized nutrition, communication environment

ВВЕДЕНИЕ

За последнее десятилетие внедрение цифровых технологий и инструментов начало быстро формировать новый облик экономики и стало глобальным вызовом традиционным методам хозяйствования. К цифровым технологиям относятся облачные технологии, сетевые системы, цифровые платформы и ситуационные центры, блокчейн, мобильные сети, блогосфера, интернет вещей (IoT), набирающие скорость в развитии продуктов питания 3D-печать, в опытно-конструкторских работах (ОКР) и прототипировании цифровые двойники и др. Ускорение развития экосистемы стартапов в цифровой экономике последних лет свидетельствует о том, что региональные экосистемы становятся тенденцией цифровой трансформации во всем мире [1–5]. При этом надо понимать, что цифровизация меняет не только бизнес-модели, но и поведение людей, всю систему производства и управления, наиболее ярко проявившуюся в России в 2020 г. в развитии Сбербанка и компании «Магнит» [6, 7]. Опыт Сбербанка в цифровизации своих процессов и расширении сферы деятельности показывает значительные возможности развития других отраслей экономики, в первую очередь – реальных, в части повышения производительности и трансформации рынка товаров в рынок услуг, охвата населения высококачественным сервисом при минимизации ресурсных трат. Образно говоря, наряду с цифровизацией идет «цифровое» развитие технологий, открываются новые возможности не только для диверсификации отраслей экономики, но и повышения качества жизни населения, возможности значительного ресурсосбережения.

Ряд крупнейших компаний – ритейлеров в стратегических целях повышения устойчивости своего бизнеса в обострившийся период социальных и ресурсных вызовов, вызванных пандемией COVID-19, пересматривают свои бизнес-модели, вводя все больше и больше производственные операции, проводя трансформацию в производственной и транспортной логистике, управлении персоналом. В качестве примера можно привести компанию «Магнит», которая системно занялась диверсификацией своей деятельности. В 2020 г. ее 17 предприятий в разных регионах страны превысили годовой объем производства по сравнению с предыдущим годом в среднем на 30 %. Они обеспечили выпуск около 500 наименований продовольственных товаров общим объемом, превышающим 300 тыс. т,

которые реализуются под собственными торговыми марками. Причем с учетом сложившейся в экономике ситуации и изменившегося спроса компания пересмотрела свою продуктовую линейку и запустила новую серию брендов, преимущественно в низком и среднем ценовых сегментах – «Моя цена» и «Магнит» [7]. Рост мучных изделий за 2020 г. составил 20 % (25 400 т), кондитерских и сыров – 80 % (16 700 и 31000 т соответственно), свежих овощей и фруктов – 30 % (около 92 000 т); рост объемов фасовки круп вырос: гречки – на 70 % (5 500 т), риса – на 350 % (4 700 т) и т. д. Наряду с объемами производства расширился ассортимент собственной продукции, появились новые наименования крекеров и печеньиц, конфет, мармеладных мини-долек, снеков, сухих завтраков, замороженныхпельменей, блинов, вареников и т. д. Эта тенденция продолжается у «Магнита» и в 2021 г.

Приведенные два примера цифровой трансформации компаний свидетельствуют о больших возможностях цифровой трансформации рыбной отрасли России, являющейся монополистом в части поставки высококачественного пищевого сырья населению страны и на экспорт. Ранее в работах [8–11] отмечались преимущества развития сетевых платформенных экосистем, позволяющих значительно повысить эффективность использования ресурсов. В статье рассмотрена модель цифровой трансформации рыбной отрасли на примере организации персонализированного питания в регионе, в частности в Калининградской области.

Необходимо обратить внимание на особенность развития цифровых технологий: каждый крупный актор экономики [12], а таким является рыбохозяйственный комплекс (РХК) России, во избежание потери глобальной конкурентоспособности должен разрабатывать и создавать собственную экосистему инноваций, в противном случае он становится зависимым от цифровых инструментов и технологий других компаний, работающих на тех же сегментах рынка. Для этого необходимо развитие научного, кадрового и инновационного потенциала рыбной отрасли, обеспечение доступа его предприятий и организаций, научных и образовательных подразделений к новым технологиям, оборудованию и ресурсам.

ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА «ПИТАНИЕ XXI ВЕК»

В работе [9] рассмотрены общие подходы к созданию концепции цифровой платформы региональной системы персонального питания, показано свойство информационных технологий переводить промышленные технологии в разряд эмерджентных [10, 11, 13] и обеспечить эффективное управление развитием территорий, организовать взаимодействие населения с бизнесом и органами власти. Эта сетевая парадигма в данной работе нашла свое продолжение в раскрытии роли цифровой трансформации в развитии рыбной отрасли.

Рассмотрим потенциальные возможности диверсификации экономики рыбной отрасли в части расширения сферы деятельности созданием типовой региональной системы персонального питания на основе местной сельскохозяйственной и морепродукции с использованием ЦП «Питание XXI век». Данная ЦП является типичным примером полного изменения бизнес-процессов в системе обеспечения населения морепродуктами, организации общественного питания, переводит рынок продавца в рынок покупателя, рынок товаров в рынок персонализированных услуг, делает его рациональным и клиентоориентированным. Она позволяет объединить в единую экосистему алгоритмизированное взаимодей-

стве между большим числом независимых участников рынка здоровых продуктов питания и сформировать, во-первых, рынок, ориентированный на потребителя, а во-вторых, создать систему социального кейтеринга – персонализированного полноценного питания по цене массовой продукции [9]. Создается, по сути, новая экосистема, учитывающая выработанные рекомендации по питанию для выделенных групп населения и отдельных лиц (рис. 1).



Рис. 1. Сегменты рынка персонализированного питания
 Fig. 1. Segments of the market of personalized meals

Ряд питательных веществ незаменимы, жизненно важны и должны поступать в организм регулярно, ряд – рекомендуется включать в специализированные диеты для различных групп населения, для конкретных лиц с учетом результатов ДНК анализа. Оптимальным вариантом формирования персонального пищевого рациона являются данные анализа ДНК.

Существующая система организации питания не обеспечивает персонализированное питание для широких слоев населения. Оно достижимо только для высокодоходной части населения, так как стоимость однодневного рациона достигает нескольких тысяч рублей. Предлагаемая цифровая платформа позволяет разработать персональную диету каждому человеку с помощью ИИ, подбора компонентов, изготовителя и способа доставки готовой пищи. Тем самым обеспечивается снижение транзакционных и производственных издержек различных участников цифровой платформы по сравнению с существующими системами персонализированного питания. Каждая социальная группа может получать сбалансированное питание по приемлемым ценам с учетом их доходов.

В настоящее время производители специализированной пищи руководствуются данными о персональном или групповом пищевом статусе в конкретном регионе, либо опираются на региональные, национальные или мировые рекомендации, так как решение проблемы персонализированного или группового питания на базе индивидуального (группового) пищевого статуса основано на непрерывной обработке большого массива данных. Для обеспечения гибкой системы организации и управления персонализированным питанием необходима специальная гибкая модель цифровой платформы, ядром которой является быстро перенастраиваемый СЦ. Авторами и специалистами технопарка КГТУ модернизирована концепция цифровой платформы, включающей СЦ, организационно-программно-технические комплексы с данными о пищевом статусе клиентов, библиотеку рецептов, банки данных по производителям с/х продукции и поставщикам морепродуктов, специализированным предприятиям питания, программы управления производствами и доставкой персонального питания (рис. 2).

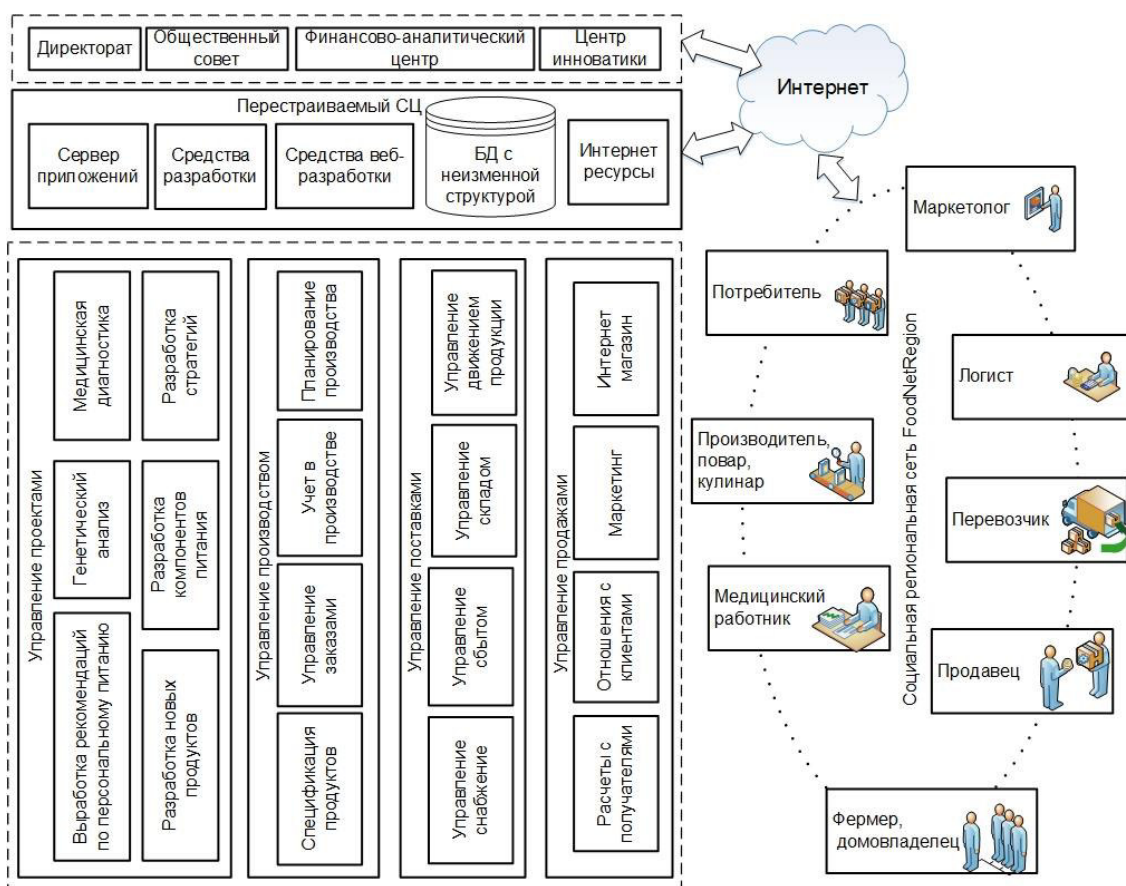


Рис. 2. Концепция региональной цифровой платформы «Питание XXI век»
 Fig. 2. Concept of the regional digital platform «Nutrition for the XXI century»

Концепция базируется на идее объединения цепочек участников в социальную сеть FoodNetRegion, при этом организационно поддерживается возможность неограниченного увеличения количества ее участников (фермеров, домовладельцев, ИП, медицинских работников и т. д.) и смены вида их деятельности.

На рис. 2 сеть показана в виде эллипса с разрывными линиями. Центральный компонент рассматриваемой концепции – быстро перенастраиваемый ЦЦ, разработанный группой программистов технопарка КГТУ, с помощью которого осуществляется управление функциональной составляющей (проектами, производством, поставками, продажами продуктов питания и т. д.). Основные потребители технологической информации, которую предоставляет ЦЦ через веб-ориентированный доступ, – административные отделы. Веб-интерфейс обеспечивает взаимодействие всех пользователей в системе единого информационного пространства.

Создание такой цифровой платформы позволяет на основе информации, полученной от медицинских учреждений, по согласованию с клиентом сформировать ему персональное меню, приготовить и доставить пищу в соответствии с меню и обеспечить обратную связь с помощью сенсорных датчиков – носимых устройств, центров обработки информации – ЦЦ и Web 4.0. Предлагаемые решения являются новыми в части технологии сбора и хранения информации, технологии обработки, алгоритмике и технологии взаимодействия пользователей, технических устройств и программных сервисов. Здесь использована новая методология сбора, хранения и обработки данных «Категории сущностей и связей» (КСС), которая включает в себя в качестве способа создания программной платформы три слоя [14]:

- базу данных, построенную на модели КСС;
- средний слой, выполненный в плагинной архитектуре;
- интерфейс, связанный с базой данных на уровне справочников и структурообразующего контента и со средним слоем на уровне событий.

Ядром цифровой платформы является база данных, имеющая неизменную структуру и настраиваемая под конкретную организацию или сферу деятельности в процессе заполнения ее уникальным контентом. Этот подход позволяет представить платформу в виде независимых программных модулей, которые также настраиваются на конкретную предметную область. Цифровая платформа представляется в виде многослойного программного продукта, каждый слой которого легко конфигурируется с учетом сферы деятельности предприятия. Она состоит из трёх функциональных уровней (слоев). Слой данных включает в себя БД, которая обеспечивает хранение, обработку и выборку данных. Слой логики состоит из моделей и методов анализа данных и связывает слой данных со слоем пользовательского интерфейса, основное назначение которого – представление информации в удобном для пользователя виде. В этом слое обеспечивается интерактивное взаимодействие пользователя с системой. ЦЦ позволяет представить программные инструменты в виде плагинов – независимо компилируемых динамически подключаемых программных модулей, осуществить интеграцию всех участников проекта регионального персонального питания. Она основывается на концепции использования единого цифрового информационного пространства, что позволяет обеспечить широкий спектр взаимодействий различных категорий пользователей. В системе персонализированного питания такое взаимодействие необходимо для обеспечения непрерывности поставок и поддержки жизненного цикла готовой продукции.

Разработанная новая методология и алгоритмика формирования ЦЦ регионального кейтеринга связывает модель каждой организации с предметными областями и участниками процесса в виде типовых проектных решений с учетом от-

личительных свойств каждой организации и их изменений во времени. Настройка на конкретную организацию или предприятие осуществляется посредством модификации содержимого базы данных (рис. 3). Это позволяет выделить в модели каждой организации неизменяемую часть и связать ее с инструментальными средствами, обеспечивая тем самым создание гибкой экосистемы, в данном случае конкретного проекта – создание региональной ЦП социального кейтеринга – системы организации персонального и группового питания.



Рис. 3. Настройка БД ЦП на предметную область организации

Fig. 3. Configuring the digital platform database for the subject area of the organization

Таким образом, в развитие работ [9, 11] предлагается региональная пищевая сетевая система FoodNetRegion, куда каждый житель может подключиться и стать участником как автор новых рецептов, кулинар, маркетолог, логист, перевозчик и пр. То есть, это уже новая социализированная сеть с горизонтальными связями, в первую очередь минимизирующая затраты на питание каждому с учетом выбора им своего меню, без дискриминации в качестве питания. С ее помощью решаются проблемы с питанием у населения с различными доходами: высокими – с эксклюзивным, средними – с ценным, низкими – с качественным питанием. FoodNetRegion будет обеспечивать качественным питанием всех вследствие минимизации расходов на связи, перевалке, хранении, рекламе, оптовых базах и складах и т. д., причем по социальным бюджетным ценам, обеспечивая метаморфоз региональной системы общественного питания. Резюмируя, можно говорить не просто о создании сетевой системы питания, а о создании определенной активной социальной среды, в которой каждый человек может выбрать для себя наиболее комфортные условия питания с точки зрения меню, времени и количества питания, пункта доставки, цены, меняя свои желания и соизмеряя их со своими возможностями. Таким образом, цифровизация рыбной отрасли, сопровождающаяся модернизацией технологических процессов и диверсификацией деятельности, приводит помимо решения важной экономической задачи – эффективного развития региональной экономики, ресурсосбережения – к развитию социализации ре-

гионального сообщества, обеспечивает тем самым триединство целей устойчивого развития: экономического, экологического и социального.

Калининградская область может стать хорошей площадкой для отработки пилотного проекта системы регионального персонализированного кейтеринга. Среднедушевые денежные доходы населения составили по итогам 2019 г.¹ 28,77 тыс. руб., среднемесячная номинальная начисленная заработная плата – 34,37 тыс. руб. в месяц (https://kaliningrad.gks.ru/statistical_compilations), средний размер назначенных пенсий – 14,19 тыс. руб. При определении бюджетной цены суточного питания в 200 руб. (ок. 3 \$ USA), месячные траты на специализированное питание составят от 20 % для лиц, получающих среднюю зарплату по региону, до 42 % для пенсионеров со средней пенсией.

Очевидно, цены на персонализированное питание будут колебаться в зависимости от индивидуальных потребностей и пожеланий клиентов и могуткратно превышать бюджетные цены. Бюджетные цены взяты в качестве минимальной цены персонализированного питания для того, чтобы оценить минимальный объем регионального рынка персонализированного питания. Общая численность целевых групп в Калининградской области, представленных на рис. 1, составляет около 165 000 чел. Оценки показывают, что при бюджетных ценах суточного питания объем регионального рынка по целевым группам будет не менее 12 млрд руб./год, объем национального рынка – 1 трлн руб. Таким образом, цифровая трансформация рыбной отрасли только в одном сегменте персонализированного питания для отдельных групп населения, в общей сложности составляющих шестую его часть, по минимальной оценке может дать дополнительные объемы в ВВП отрасли, в 2,7 раз превышающие оборот организаций рыболовства и рыбоводства (в 2019 г. он составил, по данным Коллегии Росрыболовства, 369 млрд руб.).

Реальность проведенной оценки подтверждается на примере Калининградской области. Объем всех продовольственных товаров, реализованных за 2019 финансовый год в Калининградской области, без учета объема скрытой деятельности, составил 77,4 млрд руб., т. е. на каждого человека в среднем 6450 руб./мес. Если занять 30 % этого рынка только по целевым группам (16,5 % от общей численности населения), то объем производства товаров и услуг рыбной отрасли региона вырастет примерно в два раза. Срок окупаемости рассмотренного проекта системы социального кейтеринга составляет не более одного года. Целевыми сегментами рынка питания являются формованные и замороженные полуфабрикаты, готовые блюда с доставкой потребителю. В условиях карантина во время эпидемии или пандемии население оказывается готовым к обеспечению бесперебойного безопасного питания с учетом потребностей и предпочтений каждого человека.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Переход рыбной отрасли в цифровую экономику с одновременной назревшей глубокой модернизацией технологических процессов [15] позволит решить масштабную комплексную проблему расширения производства широкого спектра продуктовых линий с обеспечением конкурентоспособности на мировом рынке. Для Российской Федерации цифровая трансформация с диверсификацией дея-

¹ 2020 год не берется за базу расчетов вследствие искажения многолетних трендов социально-экономического развития пандемией COVID-19.

тельности рыбной отрасли является новой возможностью кратного повышения ВВП РХК в ближайшие 5–7 лет, возможностью максимального раскрытия инновационного потенциала приморских регионов страны. Приморские регионы должны превратиться в своеобразные инновационные хабы персонализированных продуктов питания на основе ВБР и местной с/х продукции на основе органического земледелия, продуктов питания, обладающих высоким экспортным потенциалом.

Следует отметить один важный момент в рыночном мышлении. Клиенту нужно продать то, что ему нужно, но человек зачастую не знает, что ему нужно. Но лучше продается то, что человек хочет, а не то, что ему нужно. Сложная дилемма в случае персонализации питания разрешается просто: клиент становится покупателем уже с конкретными знаниями и особенностями питания своего организма теми или иными продуктами после посещения врача причем в идеальном варианте – с данными ДНК-анализа. Таким образом, совершенствуется не только система питания для каждого конкретного человека, но и общая культура потребления пищи и, что важно, – совпадение желания клиента с покупкой необходимого продукта. С учетом биоресурсов океана, оцениваемых в 6,9 трлн дол. США [16], приморские регионы России имеют все возможности стать значимыми акторами в экономике Российской Федерации, создавая новые бизнес-процессы, привлекательные для инвесторов. Рыбная отрасль – одна из немногих в экономике России, способная развиваться по аналогии с компаниями-«газелями», быстро создавать новые рабочие места и наращивать выручку, играть роль катализатора перемен в экономике и обществе, имидже и международном статусе приморских регионов России.

Исследования выполнены в рамках государственного задания ФГБОУ ВО «КГТУ» (тема 21 «Разработка модели сетевой организации рыбной отрасли региона с использованием цифровой платформы»).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. The Global Startup Ecosystem Report 2020 (GSER 2020). – <https://startupgenome.com/report/gser2020>. Обращение 14 марта 2021 г.
2. Прохоров, А. Цифровая трансформация. Анализ, тренды, мировой опыт / А. Прохоров, Л. Коник. – Москва: ООО «ЛитРес», 03 ноября 2018. – 460 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.litres.ru
3. Accelerate Startup Ecosystem Development. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://startupgenome.com/>. Обращение 14 марта 2021 г.
4. Региональное программно-целевое развитие рыбной отрасли России / под ред. Л. И. Сергеева. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2018. – 206 с.
5. Моazed, А. Платформа. Практическое применение революционной бизнес-модели / А. Моazed, Н. Джонсон. – Москва: Альпина Паблицер, 2019. – 288 с.
6. Сбербанк. Кухня на районе. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://web.localkitchen.ru/?utm_source=sberbank.ru&utm_medium=partners&utm_campaign=sberbank_main_page. Доставка домашней еды <https://www.sber.ru/food>. Обращение 14 марта 2021 г.

7. Интерфакс. Центр раскрытия корпоративной информации. ПАО «Магнит». Сообщение о выпуске собственными предприятиями «Магнита» рекордных 310 000 тонн продукции. 08.02.2021. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://e-disclosure.ru/portal/event.aspx?EventId= MnZTVxJxo0WG41prF9CRcw-B-B>. Обращение 14 марта 2021 г.
8. Яфасов, А. Я. Проблемы трансформации социально-экономических систем в постCOVID-19-ой экономике / А. Я. Яфасов, Н. А. Кострикова // Известия Калининградского государственного технического университета. – 2020. – № 58. – С. 193–207.
9. Майтаков, Ф. Г. Концепция цифровой платформы региональной системы персонального питания / Ф. Г. Майтаков, А. Я. Яфасов // Морские интеллектуальные технологии. – 2020. – Т. 1, № 1 (47). – С. 176–185.
10. Diamandis, Peter H., Kotler, Steven. The future is faster than you think: how converging technologies are transforming business, industries, and our lives. Description: New York: Simon & Schuster, 2020. ISBN 978-1-9821-0968-4 (ebook).
11. Яфасов, А. Я. Экосистема рыбной отрасли в цифровой экономике / А. А. Меркулов, Р. К. Поляков, Ф. Г. Майтаков // Морские интеллектуальные технологии. – 2020. – № 4. – С. 85–95.
12. Заславская, Т. И. Успешные экономические акторы как потенциальная модернизационная общность / Т. И. Заславская, М. А. Шабанова // Общественные науки и современность. – 2012. – № 4. – С. 5–23.
13. Deloitte. Singularity University. Exponential technologies in manufacturing/ Transforming the future of manufacturing through technology, talent, and the innovation ecosystem/2018, 64 p.
14. Меркулов, А. А. Методы обработки информации в ситуационных центрах на основе моделей организаций: автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.13.10 – «Управление в социальных и экономических системах» / Меркулов Александр Алексеевич. – Брянск, 2019. – 20 с.
15. Шестаков, И. В. О ходе реализации мероприятий Стратегии развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года: доклад на заседании Комиссии Правительства Российской Федерации по вопросам развития рыбохозяйственного комплекса. 4 февраля 2021 года. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fishcom.ru/obiedinennaya-press-sluzhba / novosti/33026-ilya-shestakov-predstavil-doklad-o-khode-realizatsii-meropriyatij-strategii-razvitiya-rybokhozyajstvennogo-kompleksa-rf-na-period-do-2030-goda>. Обр. 14 марта 2021 г.
16. Hoegh-Guldberg, O. et al. 2015. Reviving the Ocean Economy: the case for action – 2015. WWF International, Gland, Switzerland, Geneva, 60 pp.

REFERENCES

1. The Global Startup Ecosystem Report 2020 (GSER 2020). Available at: <https://startupgenome.com/report/gser2020> (Accessed 14 March 2021).
2. Prokhorov A., Konik L. Tsifrovaya transformatsiya. Analiz, trendy, mirovyy opyt [Digital transformation. Analysis, trends, world experience]. *LitRes*: 03 November 2018, 460 p. ISBN: 9785449366474.

3. Accelerate Startup Ecosystem Development. Available at: <https://startupgenome.com/> (Accessed 14 March 2021).
4. Sergeev L. I., Volkogon V. A., Kuzin V. I. *Regionalnoe programmno-tselevoe razvitie rybnoy otrasli Rossii* [Regional program and target development of the Russian fishing industry]. (Pod red. Sergeeva L. I.). Izdatelstvo KGTU, Kaliningrad, 2018, 206 p.
5. Moazed A., Johnson N. *Platforma. Prakticheskoe primenenie revolyutsionnoy biznes-modeli* [The platform. Practical application of the revolutionary business model]. M., Alpina publisher, 2019, 288 p. ISBN 978-5-9614-1245-1.
6. Sberbank. *Kukhnya na rayone* [Sberbank. Kitchen on the block]. Available at: https://web.localkitchen.ru/?utm_source=sberbank.ru&utm_medium=partners&utm_campaign=sberbank_main_page. Dostavka domashney edy [Home food delivery]. Available at: <https://www.sber.ru/food> (Accessed 14 March 2021).
7. Interfaks. Tsentr raskrytiya korporativnoy informatsii. PAO "Magnit". Soobshchenie o vypuske sobstvennymi predpriyatiyami "Magnita" rekordnykh 310 000 tonn produktsii. 08.02.2021 [Interfax. Corporate Information Disclosure Center. PJSC "Magnit". A report on the release of the record 310 000 tons of products by Magnit's own enterprises. 08.02.2021]. Available at: <https://e-disclosure.ru/portal/event.aspx?EventId=MnZTVxJxo0WG41prF9CRcw-B-B> (Accessed 14 March 2021).
8. Yafasov A. Ya., Kostrikova N. A. Problemy transformatsii sotsial'no-ekonomicheskikh sistem v postCOVID-19-oy ekonomike [Problems of transformation of socio-economic systems in the post-COVID-19 economy]. *Izvestiya KGTU*, 2020, no. 58, pp. 193–207.
9. Maytakov F. G., Yafasov A. Ya. Kontseptsiya tsifrovoy platformy regionalnoy sistemy personalnogo pitaniya [The concept of the digital platform of the regional personalized nutrition system]. *Morskie intellektualnye tekhnologii*, 2020, vol. 1, no. 1 (47), pp. 176–185.
10. Diamandis Peter H., Kotler Steven. The future is faster than you think: how con-verging technologies are transforming business, industries, and our lives. Description: New York: Simon & Schuster, 2020. ISBN 978-1-9821-0968-4 (ebook).
11. Yafasov A. Ya., Merkulov A. A., Polyakov R. K., Maytakov F. G. Ekosistema rybnoy otrasli v tsifrovoy ekonomike [The ecosystem of the fishing industry in the digital economy]. *Morskie intellektualnye tekhnologii*, 2020, no. 4, pp. 85–95.
12. Zaslavskaya T. I., Shabanova M. A. Uspeshnye ekonomicheskie aktory kak potentsialnaya modernizatsionnaya obshchnost' [Successful economic actors as a potential modernization community]. *Obshchestvennye nauki i sovremennost'*, 2012, no. 4, pp. 5–23.
13. Deloitte. Singularity University. Exponential technologies in manufacturing. Transforming the future of manufacturing through technology, talent, and the innovation ecosystem, 2018, 64 p.
14. Merkulov A. A. *Metody obrabotki informatsii v situatsionnykh tseentrakh na osnove modeley organizatsii. Avtoreferat diss. kand. tekhn. nauk* [Methods of information processing in situation centers based on organization models. Abstract of diss. cand. sci.]. Bryansk, 2019, 20 p.
15. Shestakov I. V. O khode realizatsii meropriyatiy Strategii razvitiya rybokhozyaystvennogo kompleksa Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda. Doklad na zasedanii Komissii Pravitelstva Rossiyskoy Federatsii po voprosam razvitiya ry-

bokhozyaystvennogo kompleksa. 4 fevralya 2021g. [On the implementation of the measures of the Strategy for the Development of the Fisheries Complex of the Russian Federation for the period up to 2030. Report at the meeting of the Commission of the Government of the Russian Federation on the Development of the Fisheries complex. 4 February 2021]. Available at: <http://www.fishcom.ru/obiedinennaya-press-sluzhba/novosti/33026-ilya-shestakov-predstavil-doklad-o-khode-realizatsii-meropriyatij-strategii-razvitiya-rybokhozyajstvennogo-kompleksa-rf-na-period-do-2030-goda> (Accessed 14 March 2021).

16. Hoegh-Guldberg, O. et al. 2015. Reviving the Ocean Economy: the case for action - 2015. WWF International, Gland, Switzerland, Geneva, 60 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Яфасов Абдурашид Яруллаевич – Калининградский государственный технический университет; доктор технических наук, старший научный сотрудник; начальник управления инновационной деятельностью; E-mail: yafasov@list.ru

Yafasov Abdurashid Yarullaevich – Kaliningrad State Technical University; Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher; Head of the Innovation Activity Department; E-mail: yafasov@list.ru

Меркулов Александр Алексеевич – Калининградский государственный технический университет; кандидат технических наук; руководитель технопарка; E-mail: vsmcenose@mail.ru

Merkulov Aleksandr Alekseevich – Kaliningrad State Technical University; PhD in Technical Sciences; Head of the Technopark; E-mail: vsmcenose@mail.ru

Майтаков Федор Георгиевич – Калининградский государственный технический университет; ведущий специалист технопарка; E-mail: maitakov@mail.ru

Maitakov Fyodor Georgievich – Kaliningrad State Technical University; leading specialist of the Technopark; E-mail: maitakov@mail.ru

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ ЖУРНАЛА «ИЗВЕСТИЯ КГТУ»

Общие требования

Журнал публикует оригинальные неопубликованные ранее статьи, удовлетворяющие критериям высокого научного качества по научным направлениям: естественно-научные и математические, биологические и сельскохозяйственные, технические, экономические науки, промышленное рыболовство. Срок сдачи статей в редакцию – за два месяца до выхода журнала «в свет», график выхода: 1 февраля, 1 мая, 1 августа, 1 ноября. Все присланные статьи проходят проверку системой «Антиплагиат».

В редакцию журнала авторы представляют:

– **распечатку рукописи**, подписанную всеми авторами, и ее электронную версию. Текст рукописи должен полностью соответствовать тексту электронного варианта;

– **внешнюю или внутреннюю рецензию доктора наук** (на стандартном бланке), заверенную подписью и печатью ученого секретаря со словами: «Подпись рецензента такого-то заверяю, должность заверяющего, фамилия, роспись, число». Бланк рецензии можно скачать на сайте университета в разделе «Наука и инновации – Научный журнал». Рецензент должен являться признанным специалистом по тематике рецензируемого материала и иметь в течение последних трех лет публикации по тематике рецензируемой статьи;

– **экспертное заключение** с печатью о степени секретности сведений, содержащихся в статье (иногородние могут выслать электронной почтой).

В дальнейшем с автором заключается **Лицензионный договор** и оформляется **Акт передачи – приемки рукописи**.

Объем статьи

Объем статьи составляет от восьми до четырнадцати страниц текста, включая рисунки, таблицы и список литературы.

Структура статьи

– **Введение** (состояние проблемы, задачи исследования) по центру, прописными буквами, кегль 12, шрифт не жирный);

– **Основная часть** (постановка задачи, методы и результаты исследования, их обсуждение – прописными буквами, кегль 12, шрифт обычный). Основную часть рекомендуется разбивать на разделы с названиями, отражающими их содержание;

– **Заключение** (выводы – прописными буквами, кегль 12, шрифт обычный).

Составные части статьи и порядок их следования

1. **Индекс** по универсальной десятичной классификации (УДК) размещается в левом верхнем углу без отступа (прописными буквами, кегль 12, шрифт обычный).

2. Через один интервал по центру – **название статьи** (прописными буквами, кегль 12, шрифт обычный).

3. Через один интервал по центру – **инициалы и фамилия(и) автора(ов)** (кегель 12, шрифт обычный).

4. Через один интервал по центру – **название статьи на английском языке** (прописными буквами, кегль 12, шрифт обычный).

5. Через один интервал по центру – **инициалы и фамилия(и) автора(ов) на английском языке** (кегель 12, шрифт обычный).

6. Через два интервала с отступом Tab. 1,27 – **аннотация** (кегель 12, шрифт обычный, слово «Аннотация» не указывается).

Рекомендуемый объем аннотации 1000–2000 знаков (200–250 слов). Запрещается использовать дословный текст из статьи во избежание повторов, название работы, а также таблицы, графики и внутритекстовые ссылки. В начале не повторяется название статьи, аннотация не разбивается на абзацы. Аннотация должна быть полноценной и информативной, не содержать общих слов, отражать содержание статьи и результаты исследований, строго следовать структуре статьи. Следует избегать использования вводных слов и оборотов, лишних вводных фраз, например, «автор статьи рассматривает...», не нужно подчеркивать личный вклад автора. Исторические справки, если они не составляют основное содержание документа, описание ранее опубликованных работ и общеизвестные положения в аннотации не приводятся. В тексте аннотации следует применять значимые слова из текста статьи, избегать сложных грамматических конструкций. Вводная часть минимальна, место исследования уточняется до области (края). Изложение результатов содержит конкретные сведения (выводы, рекомендации и т.п.). Допускается введение сокращений в пределах аннотации (понятие из 2-3 слов заменяют на аббревиатуру из соответствующего количества букв, в 1-й раз дается полностью, сокращение – в скобках, далее используется только сокращение). Числительные, если не являются первым словом, передаются цифрами. Нельзя использовать аббревиатуры (например, названий учреждений) без расшифровки и сложные элементы форматирования (например, верхние и нижние индексы). Категорически не допускаются вставки через меню «Символ», знак разрыва строки, знак мягкого переноса, автоматический перенос слов. Значения t° обозначать как «град. С», в английском варианте – как «deg С».

7. С новой строки с отступом Tab. 1,27 – **ключевые слова** со строчной, через запятую (кегель 12, шрифт обычный, курсив, фраза «Ключевые слова» не указывается, точка в конце не ставится).

8. Через два интервала с отступом 1,27 – **аннотация на английском языке** (кегель 12, обычный, слово «Аннотация» не указывается).

Недопустимо использование машинного перевода, вместо десятичной запятой используется точка. Все русские аббревиатуры передаются в расшифрованном виде, если у них нет устойчивых аналогов в английском языке (допускается: ВТО – WTO, ФАО – FAO и т.п.). Безличные конструкции переводятся с использованием пассива.

9. С новой строки с отступом Tab. 1,27 – **ключевые слова на английском языке** со строчной через запятую (кегель 12, шрифт обычный, курсив, фраза «Ключевые слова» не указывается, точка в конце не ставится).

10. Через два интервала с отступом – **текст статьи** (кегель 12), включающий в себя обязательные структурные элементы (см. Структура статьи). **Нельзя использовать в текстах формулы-картинки и прочие искусственно вставленные символы.**

11. Через два интервала после текста статьи по центру **список использованных литературных источников** (прописными буквами, кегль 12, шрифт обычный). Список литературы в научных публикациях обязателен (оформляется по ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления», ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка. Правила составления»). Список литературы должен содержать все цитируемые и упоминаемые в тексте работы. В список включаются только те работы, на которые автор ссылается в тексте. Источники в списке литературы нумеруются и располагаются в порядке их упоминания в тексте (в порядке цитирования). Для размещения статьи в международной базе Agriis (по рекомендации редактора рубрики) требуется не менее семи источников, среди них должны быть зарубежные авторы.

Образцы оформления списка использованных литературных источников:

Монография

1. Агеев, В. В. Грузопассажирские суда в военных конфликтах: моногр. / В. В. Агеев. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2013. – 106 с.

2. Бухановский, А. В. Моделирование нелинейных систем в сложных динамических средах: моногр. / А. В. Бухановский, С. В. Иванов, Ю. И. Нечаев. – Санкт-Петербург: Издательский центр НИУ ИТМО, 2013. – 263 с.

Книга

Книги одного - трех авторов

1. Розенштейн, М. М. Методы оптимизации проектных характеристик орудий рыболовства: моногр. / М. М. Розенштейн. – Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2013. – 185 с.

2. Новикова, А. М. Универсальный экономический словарь / А. М. Новикова, Н. Е. Новиков, К. А. Погосов. – Москва: Экономика, 1995. – 135 с.

Книги более трех авторов

Религии мира: пособие для преподавателей / Я. Н. Шапов [и др]. – Санкт-Петербург: Питер, 1996. – 496 с.

Книги, не имеющие индивидуальных авторов (под редакцией)

Сборник задач по физике: учеб. пособие для вузов / под ред. С. М. Павлова. – 2-е изд., доп. – Москва: Высшая школа, 1995. – 347 с.

Статья в журнале

1. Толкачева, О. В. Влияние барьерных факторов на стойкость пресервов / О. В. Толкачева, Б. Л. Нехамкин, В. И. Шендерюк // Рыбная промышленность. – 2006. – №2. – С. 14–16.

2. Байдалинова, Л. С. Перспективы использования растительных антиоксидантов для стабилизации гидролитических и окислительных процессов в препа-

ратах полиненасыщенных жирных кислот / Л. С. Байдалинова, С. В. Андропова // Известия Калининградского государственного технического университета. – 2013. – № 29. – С. 74–80.

Статья в электронном журнале

1. Белоус, Н. А. Прагматическая реализация коммуникативных стратегий в конфликтном дискурсе / Н. А. Белоус // Мир лингвистики и коммуникации: электронный научный журнал. – 2006. – № 4 [Электронный ресурс]. URL: http://www.tverlingua.by.ru/archive/005/5_3_1.htm (дата обращения: 15.12.2007).

2. Орехов, С. И. Гипертекстовый способ организации виртуальной реальности / С.И. Орехов // Вестник Омского государственного педагогического университета: электронный научный журнал. – 2006 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.omsk.edu/article/vestnik-omgpru-21.pdf> (дата обращения: 10.01.2007).

Статья, опубликованная в сборниках научных трудов вузов, материалах конференций и семинаров

1. Авдеева, Е. В. Биоразнообразие паразитов рыб и ее особенности в бассейне Вислинского залива (Балтийское море) / Е. В. Авдеева, Е. Б. Евдокимова, С. К. Заостровцева // I Всерос. науч. интернет-конф. (12 февр. 2013): материалы. – Казань, 2013. – С. 52–56.

2. Александров, Ю. П. Измерение динамической твердости титановых сплавов / Ю. П. Александров // Инновации в науке, образовании и бизнесе – 2013: XI Междунар. научн. конф. (25-27 сент.): тр.: к 100-летию высш. рыбохоз. образования в России: в 2 ч. / Федер. Агентство по рыболовству; ФГБОУ ВПО «КГТУ». – Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2013. – Ч. 2. – С. 29–32.

Диссертация или автореферат диссертации

1. Данилов, Г. В. Как же быть?: дис. ... канд. экон. наук: 05.13.10 / Данилов Геннадий Петрович; МАИ. – Москва, 1999. – 138 с.

2. Манилов А. В. Кто виноват?: автореф. дис. ... канд. юрид. наук: 05.13.10 / Манилов Алексей Владимирович; МЮИ. – Москва, 1999. – 16 с.

Переводная книга

1. Себехей, В. Теория орбит: ограниченная задача трех тел / В. Себехей: пер. с англ. / под ред. Г. Н. Дубошина. – Москва: Наука, 1982. – 656 с. [Victor G. Szebehely. Theory of Orbits: the Restricted Problem of Three Bodies. New York : Academic Press, 1967].

2. Дейт, К. Дж. Введение в системы баз данных / К. Дж. Дейт: пер. с англ. – Москва: Вильямс, 2006. – 1328 с. [Date C. J. An Introduction to Database Systems. 8th ed. Addison-Wesley, 2003. – 1024 p.].

Ссылки на все приведенные в списке литературы источники в тексте заключаются в квадратные скобки, например: [2], [4–7], [1, 18, 25]. Если в тексте есть прямая цитата, заключенная в кавычки, то обязательно должна быть указана страница, на которой эта цитата находится в цитируемом источнике. Например:

[7, с. 28]. Ссылки на неопубликованные работы и работы, находящиеся в печати, не допускаются.

12. Через строку по центру – список литературы на латинице (должен быть озаглавлен – **references**, прописными буквами, кегль 12, шрифт обычный). Транслитерировать список литературы можно автоматически, зайдя на сайт <http://translit-online.ru/> и настроив перевод: ё → **yo**; й → **y**; х → всегда **kh**; ц → **ts**; щ → **shch**; э → **e** (транслитерируют только после оформления списка по образцу).

Образцы оформления ссылок:

Монография, книга

1. Shorygin A. A. *Pitanie i pishchevye vzaimootnosheniya ryb Kaspiyskogo morya* [Diet and food relations of fish in the Caspian Sea]. Moscow, Pishchepromizdat Publ., 1952, 268 p.
2. Latyshev V. N. *Tribologiya rezaniya. Kn. 1: Friksionnye protsessy pri rezanii metallov* [Tribology of Cutting, Vol. 1: Frictional Processes in Metal Cutting]. Ivanovo, Ivanovskiy Gos. Univ., 2009.

Статья в журнале

1. Zagurenko A. G., Korotovskikh V. A., Kolesnikov A. A., Timonov A. V., Kardymon D.V. Tekhniko-ekonomicheskaya optimizatsiya dizayna gidrorazryva plasta [Techno-economic optimization of the design of hydraulic fracturing]. *Neftyanoe khozyaystvo*, 2008, no. 11, pp. 54-57.
2. Sokolov L. I. Pitaniye sibirskogo osetra *Acipenser baerii* Brandt r. Leny [Diet of the Siberian sturgeon of the river Lena]. *Voprosy ikhtiologii*, 1966, vol. 6, iss. 3 (40), pp. 550–560.

Статья в электронном журнале

1. Ivanova A. E. Problemy smertnosti v regionakh Tsentral'nogo federal'nogo okruga [Problems of mortality in regions of the Central Federal Okrug]. *Sotsial'nye aspekty zdorov'ya naseleniya*, 2008, no. 2, available at: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/54/30/> (Accessed 19 September 2008).

Статья, опубликованная в материалах конференций

1. Usmanov T. S., Gusmanov A. A., Mullagalin I. Z., Muhametshina R. Ju., Chervyakova A. N., Sveshnikov A. V. Osobennosti proektirovaniya razrabotki mestorozhdeniy s primeneniem gidrorazryva plasta [Features of the design of field development with the use of hydraulic fracturing]. *Trudy 6 Mezhdunarodnogo Simpoziuma "Novye resursoberegayushchie tekhnologii nedropol'zovaniya i povysheniya neftegazootdachi"* [Proc. 6th Int. Technol. Symp. "New Energy Saving Subsoil Technologies and the Increasing of the Oil and Gas Impact"]. Moscow, 2007, pp. 267-272.

Диссертация и автореферат

1. Turkovskaia O. V. *Biologicheskie i tekhnologicheskie aspekty mikrobnoy ochistki stochnykh vod i prirodnykh ob"ektov ot poverkhnostno-aktivnykh veshchestv i*

nefteproduktov. Diss. dokt. biol. nauk [Biological and technical aspects of microbial purification of sewage and nature objects from surface-active substances and oil products. Dis. dr. biol. sci.]. Saint-Petersburg, 2000, 360 p.

2. Dolganova N. V. *Razrabotka ekologicheski chistykh tekhnologiy belkovykh kormovykh produktov na osnove vtorichnykh resursov. Avtoreferat diss. dokt. tekhn. nauk* [Development of ecological pure technologies of protein feeding products on the basis of water resources. Abstract of dis. dr. sci.]. Saratov, 1997, 54 p.

Переводная книга

1. Timoshenko S.P., Yound D.H., Weaver W. *Vibration problems in engineering*. 4th ed. New York, Wiley, 1974. 521 p. (Russ. Ed.: Timoshenko S.P., Iang D.Kh., Uiver U. *Kolebaniya v inzhenernom dele*. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1985, 472 p.).

13. Через два интервала по центру – **информация об авторе(ах)** (прописными буквами, кегль 12, шрифт обычный). Через интервал по центру дается следующая информация: *Фамилия, имя, отчество автора (курсивом)*, далее прямой шрифт – место работы (аббревиатуру расшифровать) и город; научная степень, ученое звание; должность; E-mail (для всех данных кегль 12, точка в конце не ставится); телефон (лучше мобильный, остаётся в редакции, нужен на случай, если у редактора возникнут вопросы по тексту). Через интервал по центру информация дублируется на английском языке.

Образец:

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Петров Иван Иванович – Калининградский государственный технический университет; доктор технических наук, профессор; зав. кафедрой пищевых и холодильных машин; E-mail: petrov@mail.ru; тел. 8(905)31-33-456

Petrov Ivan Ivanovich – Kaliningrad State Technical University; Doctor of Technical Sciences, Professor; Head of the Department of Food and Refrigeration Machines; E-mail: petrov@mail.ru

Кужлева Елизавета Петровна – Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта (г. Калининград); аспирант кафедры машиноведения и технических систем; E-mail: roza@bk.ru; тел. 8(952)31-39-654

Kuzhleva Elizaveta Petrovna – Immanuel Kant Baltic Federal University (Kaliningrad); Post-graduate student; Department of Engineering Science and Technical Systems; E-mail: roza@bk.ru

Правила оформления рукописей

- формат бумаги: А4;
- ориентация: книжная;
- поля сверху, слева, справа – 3 см, снизу – 3,5 см;
- гарнитура шрифта: Times New Roman;
- кегль – 12;

- абзац с отступом Tab. 1,27;
- межстрочный интервал – одинарный;
- при наборе текста:
 - не допускается: применять стили при формировании текста; вносить изменения в шаблон или создавать свой для формирования текста; ставить пробелы перед знаками препинания; применять любые разрядки слов;
 - необходимо: слова внутри абзаца разделять одним пробелом; набирать текст без принудительных переносов; установить автоматическую расстановку переносов (путь: меню СЕРВИС → подменю ЯЗЫК → пункт РАССТАНОВКА ПЕРЕНОСОВ → поставить галочку в открывшемся окне «автоматическая расстановка переносов»).

Таблицу, в зависимости от ее размера, помещают под текстом, в котором впервые дана ссылка на нее, или на следующей странице. Допускается помещать таблицу вдоль длинной стороны листа, при этом нумеруют арабскими цифрами графы и строки первой части таблицы. Слово «Таблица» указывают один раз слева (без отступа) над первой частью таблицы, после номера ставят точку, следом с прописной идет название таблицы, точку в конце не ставят; над другими частями пишут: «Продолжение таблицы», с указанием номера таблицы. Таблица должна быть вставлена автоматически (через «Таблица: Добавить таблицу»). Название таблицы дублируют на английском языке под русским названием, и наоборот, если статья на английском языке (Таблица 1. Table 1.).

Рисунки. Допускаются только черно-белые четкие рисунки, выполненные средствами компьютерной графики или сканированные (сканированные необходимо распечатывать на лазерном или струйном принтере). Рисунки могут быть введены в текст статьи или выполнены в виде отдельных графических файлов. В последнем случае необходимо указать место расположения рисунка, написав на полях рукописи после абзаца, в котором он впервые упоминается: Рис. 1. и т. д. Все рисунки должны быть пронумерованы (Рис. 1. и т. д.) и иметь подрисовочные подписи. Номер рисунка и подрисовочная подпись располагаются под рисунком. Название рисунка дублируют на английском языке под русским названием, и наоборот, если статья на английском языке (Рис. 1. Fig. 1.). Точка в конце подрисовочной подписи не ставится.

Все обозначения на рисунке должны соответствовать обозначениям в тексте. Фотографии должны быть сделаны с хорошего негатива контрастной печатью. Ссылки на все рисунки в тексте обязательны. Ширина рисунка не должна быть больше ширины полосы набора текста.

Если в статье один рисунок или одна таблица, они не нумеруются.

Не допускается заканчивать статью рисунком или таблицей.

Все рисунки и таблицы должны быть расположены по центру полосы набора.

Формулы. Все формулы набираются в формульном редакторе, нумеруются, на них должны быть ссылки в тексте в круглых скобках. Формулы выносятся отдельной строкой после ссылки с отступом два Таб. Номер формулы вводится в круглые скобки и выравнивается вправо. При наборе формул рекомендуется использовать следующие кегли шрифтов: основной – 11; крупный индекс – 7; мелкий индекс – 5; крупный символ – 14; мелкий символ – 10. Гарнитура шрифта Times New Roman. Для набора математических формул используют буквы латин-

ского алфавита (светлый курсив), греческого алфавита (светлый прямой шрифт) и готический шрифт (светлый прямой). Индексы формул, обозначенные буквами латинского алфавита, набирают курсивом (m_i – масса i -го элемента), а обозначенные буквами русского алфавита – прямым шрифтом (l_p – длина разбега; $V_{\text{пос}}$ посадочная скорость). Сокращенные обозначения физических величин и единиц измерения (кВт, Ф/м, W/m) – светлым прямым без точек. Числа и дроби в формулах должны быть набраны светлым прямым шрифтом. Прямым шрифтом набирают также некоторые математические обозначения (sin, tg; max, min; const; log, det, exp и т. д.). Векторные величины следует обозначать жирным курсивом, а не надсимвольной чертой: e не \bar{e} . Перенос в формулах допускается делать в первую очередь на знаках (=, », <, > и др.), во вторую очередь – на отточии (...), на знаках сложения и вычитания (+, –), в последнюю – на знаке умножения в виде косоугольного креста (\times). Перенос на знаке деления не допускается. Математический знак, на котором разрывается формула при переносе, обязательно должен быть повторен в начале второй строки. При переносе формул нельзя отделять выражения, содержащиеся под знаком интеграла, логарифма, суммы, произведения, от самих знаков. Небольшие формулы, не имеющие самостоятельного значения, набираются внутри строк текста. Наиболее важные формулы, все нумерованные формулы, а также длинные и громоздкие формулы, содержащие знаки суммирования, произведения и т. п., набирают отдельными строками. Отбивка до и после строки с формулой в этом случае – 6 пунктов. Вместо выражения вида $\frac{a}{b}$ рекомендуется писать a/b. Отдельные элементы математических формул, вынесенные в текст, набираются по приведенным выше правилам (прямой шрифт в формуле – прямой шрифт в тексте, курсив в формуле – курсив в тексте).

Химические символы (Ag, Cu) набирают прямым шрифтом. Для набора рекомендуется использовать редактор Chem Window.

Единицы физических величин следует приводить в международной системе СИ по ГОСТ 8.417-2002. ГСИ. Единицы величин.

Все аббревиатуры в тексте должны быть расшифрованы. Разрешаются лишь общепринятые сокращения названий мер, физических, химических и математических величин.

Электронный вариант материалов

Текст статьи, рефераты, ключевые слова и сведения об авторе(ах) размещаются в одном файле. Материалы должны быть оформлены с применением средств Microsoft Office 2003 (расширение текстового файла *.doc). Для передачи информации подойдут любые электронные носители.

Редакция журнала оставляет за собой право производить сокращения и редакционные изменения рукописи.

Статьи, не соответствующие вышеперечисленным требованиям, могут быть возвращены автору(ам) для доработки.

Рукописи статей, принятых к публикации, авторам не возвращаются.

Публикации статей бесплатные. Рукописи статей сотрудников ФГБОУ ВПО «КГТУ» направляются в редакционную коллегию журнала по рекомендациям научно-методических семинаров кафедр. Все статьи проходят обязательное внешнее или внутреннее рецензирование. Автор самостоятельно или в соавтор-

стве может представить в номер не более одной статьи. Статьи публикуются на русском или английском языке. Страницы не нумеровать.

Адрес редакции:

236022, г. Калининград, Советский проспект, 1,
Калининградский государственный технический университет
Тел. (4012) 99-59-74
E-mail: svetlana.suprunova@klgtu.ru
<http://klgtu.ru/science/magazine/index.php>

Издание зарегистрировано в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор),
Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-47915
от 22.12.2011 г.

Редакторы: Е. В. Билко, Г. А. Смирнова

Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
236022, г. Калининград, Советский проспект, 1
Лицензия № 05609 от 14.08.2001

Подписано в печать 29.04.2021. Выход в свет 01.05.2021. Формат 60 x 88 (1/8)
Уч.-изд. л. 11,4. Печ. л. 17,8. Тираж 1000 экз. Заказ № 31.