

ИЗВЕСТИЯ

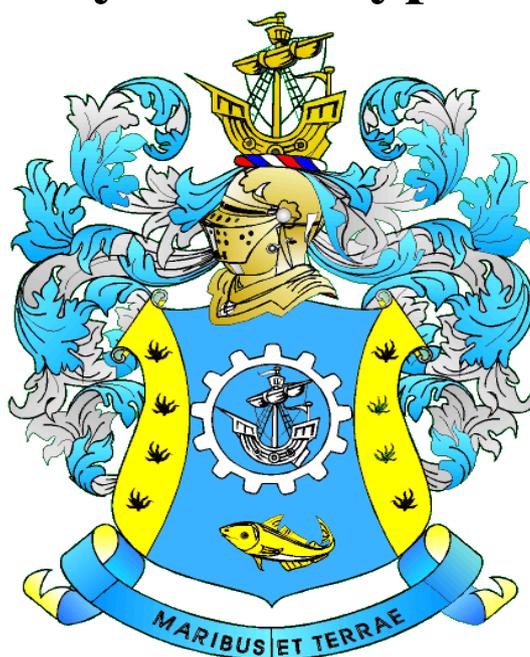
КГТУ

2022

№ 65

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, профессор кафедры 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;

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, д-р 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. Синявский, 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. Федоров, 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»,
2022



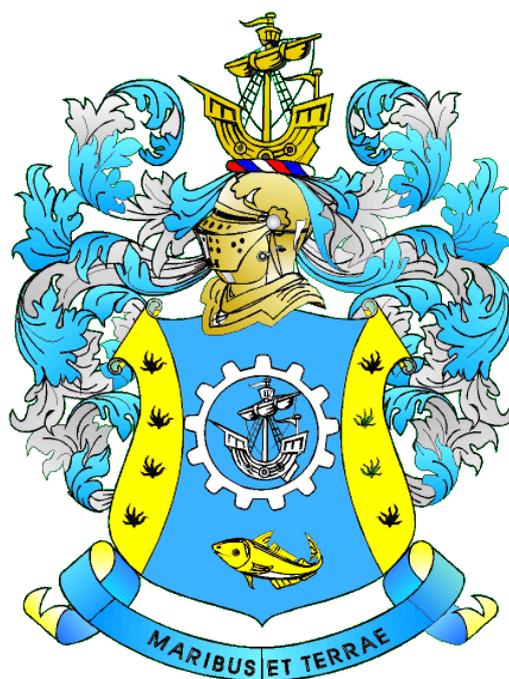
KSTU NEWS

2022

№ 65

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

- Авдеева Е. В., Моисеева А. И. Микробиоценоз карпа (*Cyprinus carpio*) учебно-опытного хозяйства КГТУ (Калининградской области) за трехлетний период с 2018 по 2020 гг. 11
- Анциферова О. А., Юсупова Д. И., Сафонова Д. Н. Влияние экологических условий на состав мезофауны и численность дождевых червей в почвах агрофитоценозов Калининградской области 24

Техника и технология пищевых производств

- Воробьев В. И., Чернега О. П., Садовая А. В. Влияние добавки рыбного коллагенового волокна на качественные показатели пельменного теста 37
- Нугманов А. Х.-Х., Мещерякова Г. С., Лебедев В. А., Алексанян И. Ю., Аджей Д. Й. Термодинамический анализ статических закономерностей влагопоглощения биополимером на базе его гигроскопических характеристик 52
- Рачкова Н. А., Соклаков В. В., Воротников Б. Ю. Биоэкологический потенциал морского плацентарного коллагена в косметологии 66
- Серета Н. А., Федоров С. В. Способ определения реакций в парах одноподвижного механизма технологической машины 81

Судостроение, машиностроение и энергетика

- Бабинцев А. Ю., Суконнов А. В. Исследование взаимосвязей технических характеристик промысловых комплексов рыболовных судов от их характеристик 97
- Зобов П. Г., Дектярев А. В., Казаченко К. В., Морозов В. Н. Исследование физико-механических свойств образцов, полученных по технологии SLM. Часть 1. Предел прочности 107
- Казьмин С. А., Кораблева М. С., Лобанов А. В., Тимофеев О. Я. Особенности классификации судов нефтегазопромыслового флота 118

Экономика и управление АПК

- Яфасов А. Я. Актуализация Дорожной карты «Маринет» в современных условиях 135

CONTENT

Biology, ecology and fisheries

- Avdeeva E. V., Moiseeva A. I.* Microbiocenosis of carp (*Cyprinus carpio*) of the educational and experimental farm of KSTU (Kaliningrad region) for the three-year period from 2018 to 2020 11
- Antsiferova O. A., Yusupova D. I., Safonova D. N.* Influence of environmental conditions on the composition of mesofauna and the number of earthworms in the soils of agrophytocenoses of the Kaliningrad region 24

Processes and technology of food manufacturing

- Vorobyov V. I., Chernega O. P., Sadovaya A. V.* Influence of a fish collagen fiber additive on the qualitative indicators of wheat dumpling dough 37
- Nugmanov A. Kh.-Kh., Meshcheryakova G. S., Lebedev V. A., Aleksanyan I. Yu., Adzhey D. Y.* Thermodynamic analysis of the static patterns of moisture absorption by a biopolymer based on its hygroscopic characteristics 52
- Rachkova N. A., Soklakov V. V., Vorotnikov B. Yu.* Bioecological potential of marine placental collagen in cosmetology 66
- Sereda N. A., Fedorov S. V.* Method for determining reactions in pairs of single-moving mechanisms of a technological machine 81

Shipbuilding, machine manufacturing and power engineering

- Babintsev A. Yu., Sukonnov A. V.* Study of the interconnections of technical features of commercial fishing vessel complexes with the characteristics of trawlers... 97
- Zobov P. G., Dektyarev A. V., Kazachenko K. V., Morozov V. N.* Study of physical and mechanical properties of samples obtained by SLM technology. Part 1. Strength limit 107
- Kazmin S. A., Korableva M. S., Lobanov A. V., Timofeev O. Ya.* Features of the classification of vessels of the oil and gas field fleet 118

Economics and management of AIC

- Yafasov A. Ya.* Updating the Marinet Roadmap in modern conditions 135

БИОЛОГИЯ, ЭКОЛОГИЯ И РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Научная статья

УДК 597-12:576.85

DOI 10.46845/1997-3071-2022-65-11-23

**Микробиоценоз карпа (*Cyprinus carpio*) учебно-опытного хозяйства КГТУ
(Калининградская область) за трехлетний период с 2018 по 2020 гг.**

Елена Витальевна Авдеева¹, Анастасия Ивановна Моисеева²

^{1,2}Калининградский государственный технический университет, Калининград,
Россия

¹elena.avdeeva@klgtu.ru

²nastya.m.1234@mail.ru

Аннотация. Применение в рыбоводных хозяйствах интенсификационных мероприятий для повышения их рыбопродуктивности (кормление рыбы, удобрение прудов, повышенные плотности посадки) приводит к возникновению инфекционных болезней рыб. Учебно-опытное хозяйство КГТУ – полносистемное, имеющее в своем составе нерестовые, выростные, нагульные пруды. В нем выращивают товарного карпа. На его территории также осуществляется любительская рыбалка. Наиболее часто в изучаемом нами прудовом хозяйстве мы регистрируем болезни бактериальной природы. Материалом для исследования послужили карпы разного возраста. Первичный бактериологический посев проводили по общепринятой в ихтиопатологии методике. Микроорганизмы идентифицировали до рода и вида по совокупности культуральных, морфологических и физиолого-биохимических признаков с помощью определителя бактерий Берджи. Патогенность микробов выявляли на основании протеолитической активности. Изучен видовой состав микрофлоры карпа учебно-опытного хозяйства Калининградского государственного технического университета в период с 2018 по 2020 гг. В результате микробиологического анализа были выявлены группы санитарно-показательных, сапрофитных и условно-патогенных микроорганизмов. Выделение из крови и паренхиматозных органов бактерий родов *Pseudomonas* и *Aeromonas*, которые могут служить вирулентными агентами, свидетельствует о возможности возникновения инфекционного процесса у карпа при нарушении технологии выращивания. Инфекции бактериальной природы в прудовом хозяйстве могут вызвать значительный экономический ущерб, а лечение очень дорогостоящее. Условно-патогенные бактерии, обсеменяющие выращиваемого карпа в прудовом хозяйстве, при ослаблении резистентности рыбы и в стрессовых условиях становятся вирулентными и провоцируют начало эпизоотического процесса. Бактериальные эпизоотии развиваются очень быстро и могут вызвать гибель всего стада рыб в прудовом хозяйстве, поэтому любое заболевание лучше предупредить, чем лечить. Но для разработки профилактических мероприятий нужно постоянно проводить мониторинг возбудителей различных бактериальных заболеваний в прудовом хозяйстве.

Ключевые слова: микробиоценоз, контаминация, карп, учебно-опытное хозяйство

Для цитирования: Авдеева Е. В., Моисеева А. И. Микробиоценоз карпа (*Cyprinus carpio*) учебно-опытного хозяйства КГТУ (Калининградской области) за трехлетний период с 2018 по 2020 гг. // Известия КГТУ. 2022. № 65. С. 11–23.

Original article

Microbiocenosis of carp (*Cyprinus carpio*) of the educational and experimental farm of KSTU (Kaliningrad region) for the three-year period from 2018 to 2020

Elena V. Avdeeva¹, Anastasiya I. Moiseeva²

^{1,2}Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

¹elena.avdeeva@klgtu.ru

²nastya.m.1234@mail.ru

Abstract. Increasing fish farm productivity criteria with the help of various intensification measures (feeding fish, fertilizing ponds, increased stocking densities) leads to the emergence of fish infectious diseases. Educational and experimental farm is a multi-level pond farm that contains spawning, nursery and feeding ponds. It is used for commercial carp cultivation. On its territory, amateur fishing is also carried out. While studying pond economy, most frequently we register diseases of a bacterial nature. Test material has been carps of different ages. The primary bacteriological sowing has been carried out according to the method generally accepted in ichthyopathology. Microorganisms have been identified to genus and species with the help of a combination of cultural, morphological and physiological & biochemical signs using the Bergey bacterial manual. Microbial pathogenicity has been identified on the basis of proteolytic activity. The species composition of the carp microflora of the educational and experimental economy of Kaliningrad State Technical University in the period from 2018 to 2020 has been studied. As a result of microbiological analysis, groups of sanitary-indicative, saprophytic and opportunistic microorganisms have been identified. Isolation from the blood and parenchymal organs of bacteria of the genus *Pseudomonas* and *Aeromonas*, which can serve as virulent agents, indicates a possibility of carp infection due to the cultivation technology violation. When bacterial infections in pond farming happen, the economic damage can be significant, and treatment can be very expensive. Opportunistic bacteria that colonize pond farm carp can become virulent and provoke occurrence of epizootic process if fish resistance weakens and stressful conditions for the fish occur. Bacterial epizootics develop very quickly and can cause death of the entire fish stock in a pond farm. Therefore, any disease is better to prevent than to cure. But in order to develop preventive measures, it is necessary to constantly monitor the causative agents of various bacterial diseases in the pond economy.

Keywords: microbiocenosis, contamination, carp, educational and experimental farm

For citation: Avdeeva E. V., Moiseeva A. I. Microbiocenosis of carp (*Cyprinus carpio*) of the educational and experimental farm of KSTU (Kaliningrad region) for the three-year period from 2018 to 2020. *Izvestiya KGTU = KSTU News*. 2022;(65):11–23. (In Russ.).

ВВЕДЕНИЕ

Изучением микрофлоры рыб в естественных популяциях и аквакультуре в нашей стране занимаются ученые «СахНИРО», Астраханского государственного технического университета, Филиала по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО», Калининградского государственного технического университета [1–5].

Карп, являющийся основным объектом прудового рыбоводства во многих странах и легко адаптируемый к широкому диапазону факторов внешней среды, подвержен различным бактериальным заболеваниям. Применение интенсификации в хозяйствах способствует активизации представителей водной микрофлоры, что приводит к нарушению равновесия между микро- и макроорганизмами, возникновению у объекта разведения инфекционных заболеваний, вызываемых условно-патогенными бактериями (псевдомонадами и аэромонадами) – представителями автохтонной микрофлоры карпа.

Немаловажными факторами, способствующими формированию очагов различных заболеваний в хозяйствах, служат накопление и сохранность возбудителей болезней на ложе прудов. Обилие разнообразных органических веществ в иловых и других отложениях в грунте создает благоприятные условия для сохранения и развития возбудителей [2].

Бактерии, попадая в организм рыб через жабры с водой, разносятся с током крови по внутренним органам, формируя микробный пейзаж, а условно-патогенные, выделяемые из почвы и воды, становятся вирулентными при возникновении определенных условий и поражают рыб, когда у последних снижается уровень резистентности.

В целях профилактики возникновения бактериальных заболеваний необходимо проводить анализ динамики видового разнообразия бактерий в различные годы в микробиоценозе карпа, оценку состояния здоровья рыб и, соответственно, исключить факторы, способствующие возникновению бактериальных инфекций в данном хозяйстве.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для микробиологических исследований послужили 48 экз. карпа (*Cyprinus carpio*) с учебно-опытного рыбоводного хозяйства Калининградского государственного технического университета. Для изучения микробиоценоза были взяты сеголетки и трехлетки в период с 2018 по 2020 гг.

Бактериологический посев осуществляли по общепринятой в ихтиопатологии методике [6]. Родовую и видовую идентификацию выделенных бактерий проводили по совокупности культуральных, морфологических и физиолого-биохимических признаков с помощью Определителя бактерий Берджи [7, 8].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В составе бактериофлоры карпа осенью 2018 г. были обнаружены бактерии, относящиеся к пяти родам: *Bacillus*, *Clostridium*, *Streptococcus*, *Plesiomonas* и

Pseudomonas (рис. 1). Летом внутренние органы были контаминированы девятью видами (рис. 2).

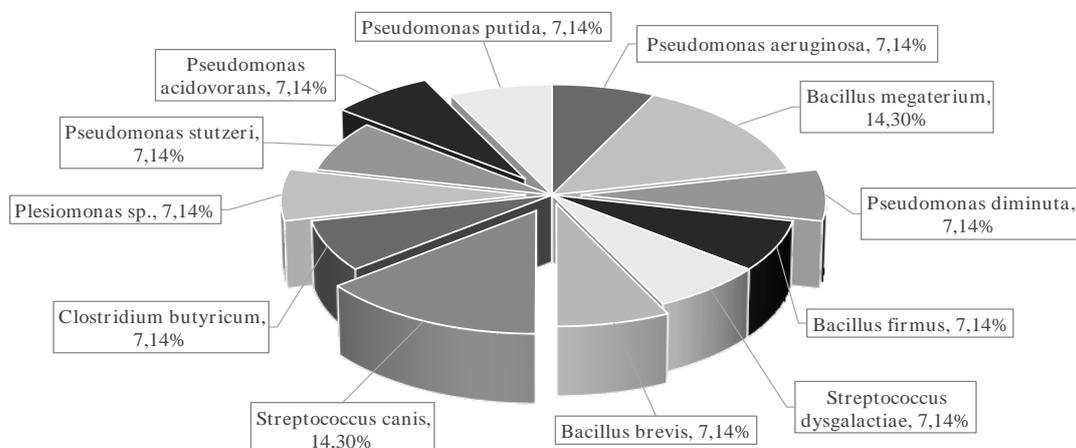


Рис. 1. Видовой состав микрофлоры карпа (*Cyprinus carpio*) в осенний период 2018 г.

Fig. 1. Species composition of the microflora of carp (*Cyprinus carpio*) in the autumn period of 2018

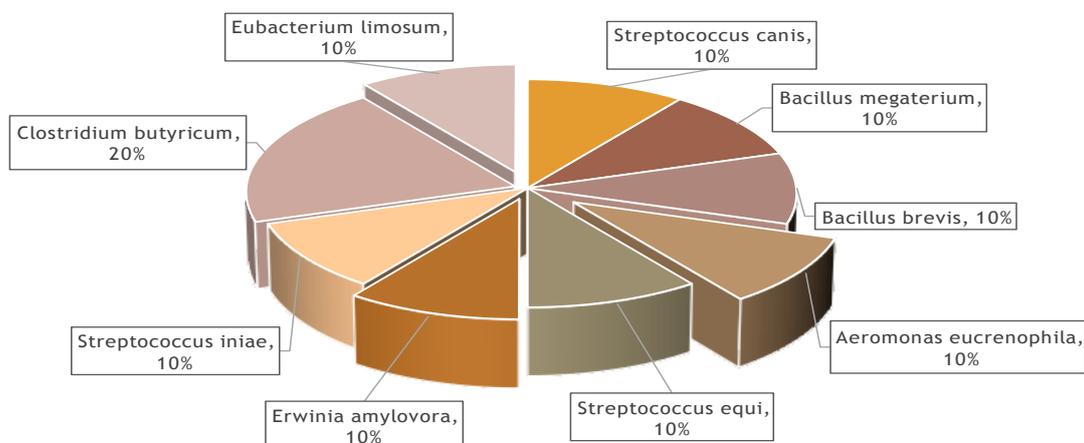


Рис. 2. Состав бактериофлоры карпа (*Cyprinus carpio*) в летний период 2018 г.

Fig. 2. Composition of the bacterioflora of carp (*Cyprinus carpio*) in the summer of 2018

В осенний период преобладали бактерии псевдомонадного комплекса (*Pseudomonas putida*, *P. acidovorans*, *P. stutzeri*, *P. aeruginosa*, *P. diminuta*). Их общая доля в микробиоценозе карпа составила 35,7 %. На долю сапрофитных бактерий приходилось 28,58 %, стрептококков (*Streptococcus canis* и *S. dysgalactiae*) – 21,44 %. В малом количестве в микробиоценозе карпа найдены клостридии и бактерии рода *Plesiomonas* (рис. 1).

В летний период обнаружены стрептококки (*Streptococcus iniae*, *S. equi* и *S. canis*), в микрофлоре карпа на них приходилось 30 %. Бактерии родов *Bacillus* и

Clostridium составили по 20 %. В малом количестве представлены бактерии родов *Erwinia*, *Eubacterium* и условно-патогенные аэромонады (рис. 2).

Нами были проанализированы состав микрофлоры и процент контаминации бактериями внутренних органов исследуемых рыб в 2018 г.

Обсеменение бактериями кожи, жабр и внутренних органов карпа (в процентах) представлено на рис. 3 и 4.

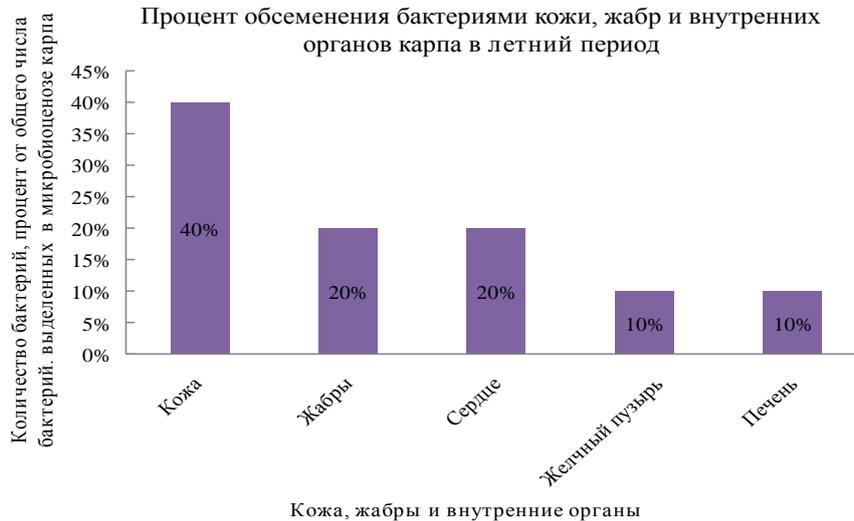


Рис. 3. Процент обсеменения бактериями кожи, жабр и внутренних органов карпа по сезонам в 2018 г.

Fig. 3. Percentage of bacterial contamination of the skin, gills and internal organs of carp by season in 2018



Рис. 4. Процент обсеменения бактериями кожи, жабр и внутренних органов карпа по сезонам в 2018 г.

Fig. 4. Percentage of bacterial contamination of the skin, gills and internal organs of carp by season in 2018

Осенью бактерии контаминировали кожу и жабры на 28,6 %. Сердце, селезенка, желчный пузырь, кишечник, печень и почки были обсеменены незначительно.

В летний период органом с высокой степенью контаминации являлась кожа (40 %). Жабры и сердце были обсеменены на 20 % (каждый). Желчный пузырь и печень контаминированы бактериями на 10 %.

Микрофлора внутренних органов сеголетков карпа в осенний и летний периоды 2018 г. представлена в табл. 1.

Таблица 1. Микрофлора внутренних органов карпа по сезонам в 2018 г.
 Table 1. Microflora of internal organs of carp by season in 2018

| Вид бактерий | Орган локализации |
|-----------------------------------|------------------------|
| Осенний период | |
| <i>Streptococcus canis</i> | Кожа |
| <i>Bacillus megaterium</i> | Жабры, сердце |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | Жабры |
| <i>Pseudomonas diminuta</i> | Жабры |
| <i>Bacillus firmus</i> | Печень |
| <i>Streptococcus dysgalactiae</i> | Кожа |
| <i>Bacillus brevis</i> | Жабры |
| <i>Clostridium butyricum</i> | Кожа |
| <i>Plesiomonas sp</i> | Кишечник |
| <i>Pseudomonas stutzeri</i> | Селезенка |
| <i>Pseudomonas acidovorans</i> | Почки |
| <i>Pseudomonas putida</i> | Желчный пузырь |
| Летний период | |
| <i>Bacillus megaterium</i> | Кожа |
| <i>Streptococcus canis</i> | Кожа |
| <i>Erwinia amylovora</i> | Жабры |
| <i>Bacillus brevis</i> | Кожа |
| <i>Clostridium butyricum</i> | Сердце, желчный пузырь |
| <i>Aeromonas eucrenophila</i> | Кожа |
| <i>Streptococcus equi</i> | Жабры |
| <i>Streptococcus iniae</i> | Сердце |
| <i>Eubacterium limosum</i> | Печень |

В осенний период 2018 г. в микрофлоре жабр были обнаружены сапрофитные бациллы (*Bacillus megaterium* и *B. brevis*) и бактерии псевдомонадного комплекса. Бактерии рода *Clostridium* и стрептококки выявлены в коже. Псевдомонады найдены в желчном пузыре, селезенке и почках. Бактерии рода *Plesiomonas* обнаружены в кишечнике.

Летом в коже были найдены сапрофитные бациллы, стрептококки (*Streptococcus canis*) и условно-патогенные аэромонады (*Aeromonas eucrenophila*). Клостридии обсеменяли сердце и желчный пузырь. Сердце также обсеменяли бактерии рода *Streptococcus*. *Erwinia amylovora* и *Eubacterium limosum* были выделены из печени и жабр.

Изучен состав микробиоценоза карпа по сезонам в период с 2019 по 2020 гг. [9]. Осенью кожа, жабры и внутренние органы карпа были обсеменены

семью видами бактерий: *Pseudomonas diminuta*, *Bacillus brevis*, *Veillonella dispar*, *Bacillus circulans*, *Pseudomonas viridiflava*, *Clostridium butyricum*, *Eubacterium limosum*.

Преобладали санитарно-показательные микроорганизмы рода *Clostridium* (*Clostridium butyricum*), занимающие 25 % от общей доли выделенных нами бактерий. Бациллы (*Bacillus brevis* и *Bacillus circulans*) и бактерии псевдомонадного комплекса *Pseudomonas viridiflava* и *P. diminuta* составили по 25 % в микробиоценозе карпа. В незначительной степени внутренние органы были контаминированы *Eubacterium limosum* и *Veillonella dispar* (рис. 5).

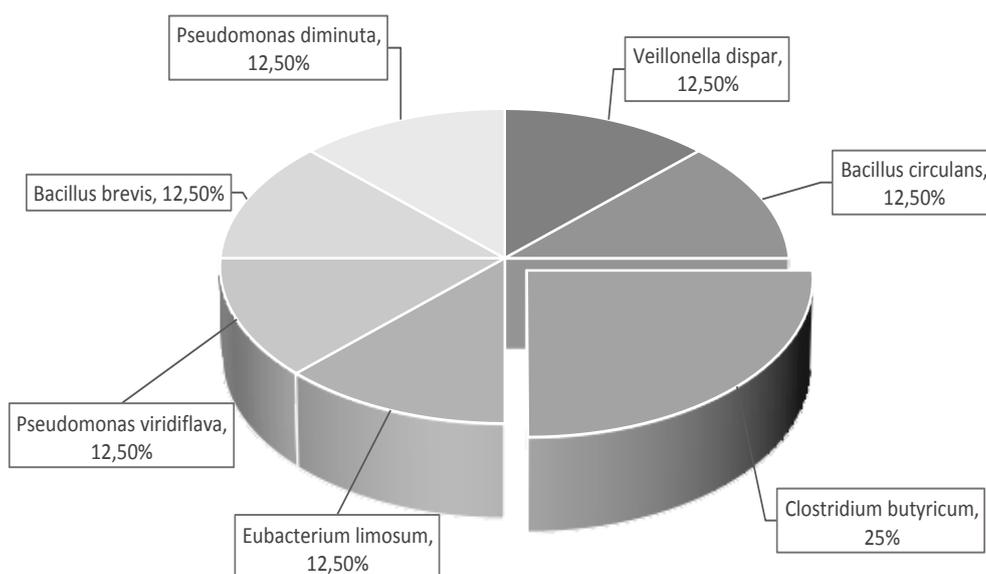


Рис. 5. Видовой состав микрофлоры карпа (*Cyprinus carpio*) учебно-опытного хозяйства КГТУ в осенний период 2019–2020 гг.

Fig. 5. Species composition of the microflora of carp (*Cyprinus carpio*) of KSTU educational and experimental farm in the autumn period 2019–2020

Летом в бактериофлоре карпа были выделены 12 видов бактерий, относящихся к родам: *Moraxella*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Aeromonas*, *Serratia*, *Veillonella*, *Streptococcus*.

Доминировали сапрофитные палочковидные бактерии родов *Bacillus* и условно-патогенные аэромонады (*Aeromonas sobria*, *Aeromonas caviae* и *Aeromonas media*), составляющие по 25 % от общей суммы выделенных бактерий. На бактерии псевдомонадного комплекса (*Pseudomonas diminuta* и *P. acidovorans*) пришлось 17 %. Незначительно контаминировали кожу, жабры и внутренние органы карпа микроорганизмы родов *Moraxella*, *Serratia*, *Veillonella* и *Streptococcus*, составившие по 8 % от общего числа бактерий, выделенных в летний период (рис. 6).

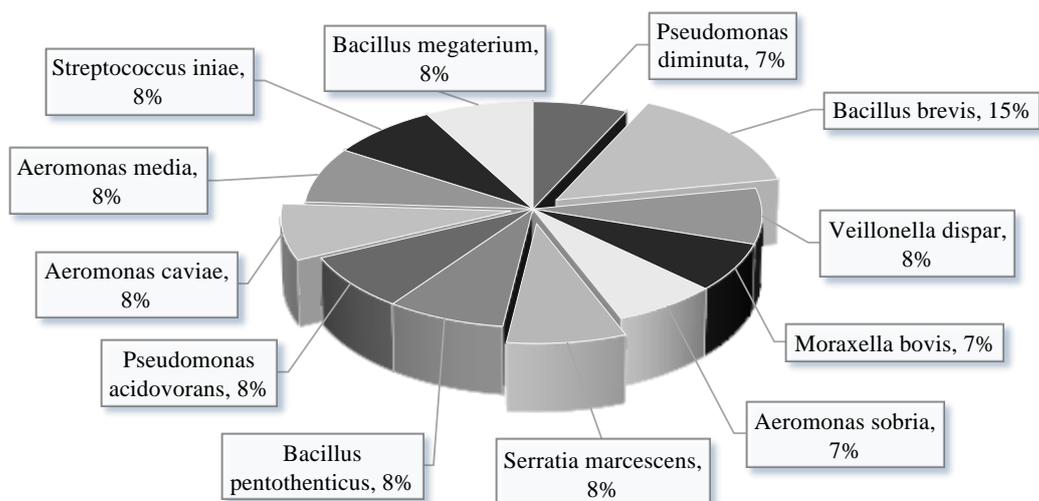


Рис. 6. Состав микрофлоры карпа (*Cyprinus carpio*) в летний период 2019–2020 гг.
Fig. 6. Composition of the microflora of carp (*Cyprinus carpio*) in the summer period 2019–2020

В весенний период в микробиоценозе карпа были обнаружены бактерии родов *Pseudomonas*, *Campylobacter* и семейства *Enterobacteriaceae*. Общая доля энтеробактерий в микрофлоре карпа составила 51 %. Из семейства *Enterobacteriaceae* преобладали *Enterobacter nimipressuralis* (25 %). На бактерии *Enterobacter aerogenes* и *Erwinia uredovora* пришлось по 13 %. Псевдомонады (*Pseudomonas stutzeri*, *P. diminuta* и *Pseudomonas maltophilia*) занимали в сумме 37 %. Бактерии рода *Campylobacter* составили 12 % (рис. 7).

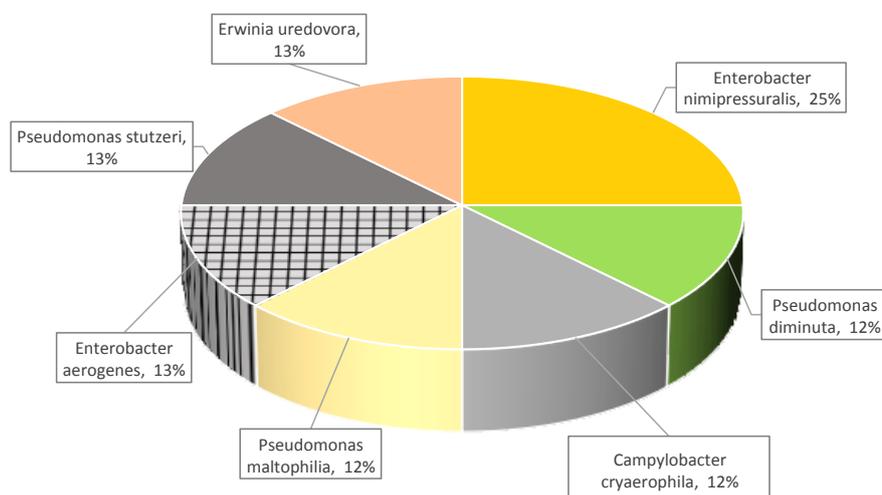


Рис. 7. Состав микробиоценоза карпа (*Cyprinus carpio*) учебно-опытного хозяйства КГТУ в весенний период 2019–2020 гг.
Fig. 7. The composition of the microbiocenosis of carp (*Cyprinus carpio*) of the KSTU educational and experimental farm in the spring period 2019–2020

Процент контаминации бактериями кожи, жабр и внутренних органов карпа по сезонам в 2019–2020 гг. представлен на рис. 8 и 9.

В осенний период в равной степени контаминированы бактериями кожные покровы, жабры, печень и селезенка (22,22 %). В почках обнаружены 11,12 % микроорганизмов. Летом были наиболее обсеменены бактериями печень (30,77 %), желчный пузырь и кишечник (15,39 %). Остальные внутренние органы контаминированы бактериями незначительно (рис. 8).

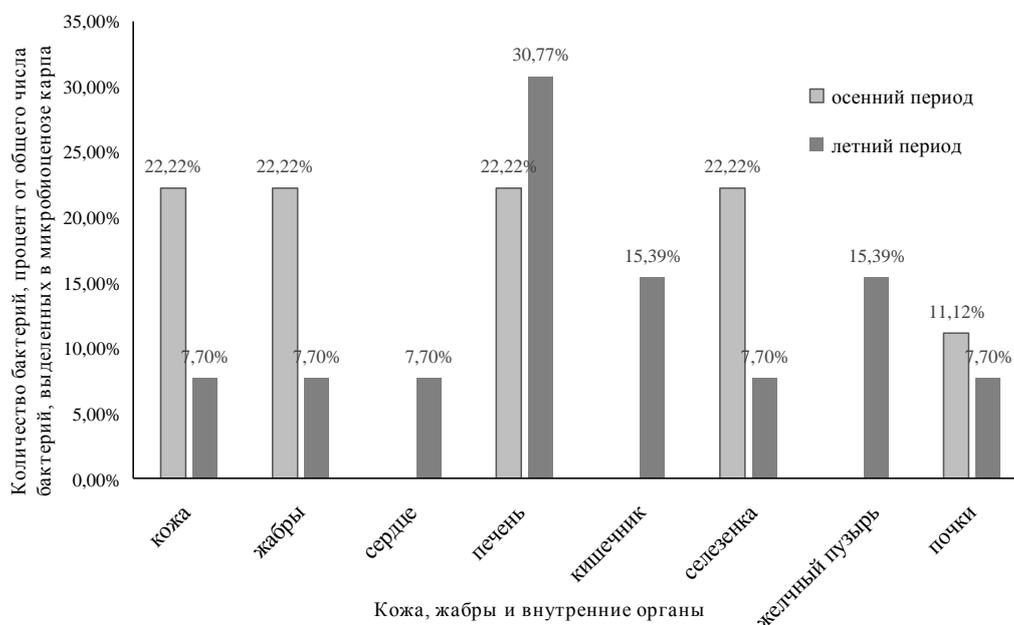


Рис. 8. Процент обсеменения бактериями кожи, жабр и внутренних органов карпа в осенний и летний периоды 2019–2020 гг.

Fig. 8. Percentage of bacteria contamination of the skin, gills and internal organs of carp in the autumn and summer periods of 2019–2020

Высокий процент контаминации микроорганизмами был характерен для жабр и составил 37,50 %. Почки, сердце, желчный пузырь, селезенка и печень обсеменены бактериями (каждый орган) на 12,50 % (рис. 9).

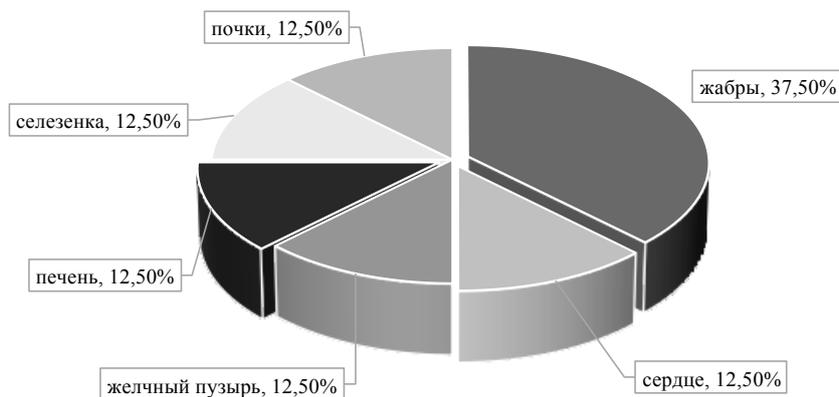


Рис. 9. Процент обсеменения бактериями кожи, жабр и внутренних органов карпа в весенний период 2019 г.

Fig. 9. Percentage of bacteria contamination of the skin, gills and internal organs of carp in the spring of 2019

Циркуляция выделенных нами видов бактерий у сеголетков карпа в 2019–2020 гг. по сезонам представлена в табл. 2.

Таблица 2. Циркуляция бактерий в микрофлоре кожи, жабр и внутренних органов карпа по сезонам в 2019–2020 гг.

Table 2. Circulation of bacteria in the microflora of the skin, gills and internal organs of carp by season in 2019–2020

| Вид бактерий | Орган контаминации |
|-------------------------------------|-----------------------|
| Весенний период | |
| <i>Enterobacter nimipressuralis</i> | Жабры, желчный пузырь |
| <i>Pseudomonas diminuta</i> | Жабры |
| <i>Pseudomonas maltophilia</i> | Сердце |
| <i>Enterobacter aerogenes</i> | Печень |
| <i>Pseudomonas stutzeri</i> | Селезенка |
| <i>Campylobacter cryaerophila</i> | Жабры |
| <i>Erwinia uredovora</i> | Почки |
| Осенний период | |
| <i>Veillonella dispar</i> | Кожа |
| <i>Bacillus circulans</i> | Жабры |
| <i>Clostridium butyricum</i> | Желчный пузырь |
| <i>Eubacterium limosum</i> | Кожа, желчный пузырь |
| <i>Pseudomonas viridiflava</i> | Печень |
| <i>Bacillus brevis</i> | Печень |
| <i>Pseudomonas diminuta</i> | Жабры, почки |
| Летний период | |
| <i>Bacillus pentothenticus</i> | Печень |
| <i>Pseudomonas acidovorans</i> | Желчный пузырь |
| <i>Aeromonas caviae</i> | Желчный пузырь |
| <i>Aeromonas media</i> | Селезенка |
| <i>Streptococcus iniae</i> | Селезенка |
| <i>Bacillus megaterium</i> | Кишечник |
| <i>Pseudomonas diminuta</i> | Жабры |
| <i>Bacillus brevis</i> | Сердце, кишечник |
| <i>Veillonella dispar</i> | Печень |
| <i>Moraxella bovis</i> | Кожа |
| <i>Aeromonas sobria</i> | Печень |
| <i>Serratia marcescens</i> | Печень |

В весенний период 2019 г. в микрофлоре жабр были обнаружены энтеробактерии (*Enterobacter nimipressuralis*), кампилобактерии и условно-патогенные бактерии рода *Pseudomonas*. Псевдомонады (*Pseudomonas maltophilia* и *P. stutzeri*) найдены в микрофлоре сердца и селезенке. Желчный пузырь, печень и почки контаминированы бактериями семейства *Enterobacteriaceae*. Осенью 2019–2020 гг. в микробиоценозе карпа бактерии рода *Bacillus* обнаружены в селезенке и жабрах. Условно-патогенные псевдомонады выявлены в жабрах, селезенке и почках. Печень контаминирована бактериями рода *Clostridium* (*Clostridium butyricum*). В микрофлоре кожных покровов найдены бактерии родов *Veillonella* и *Eubacterium*. Обнаружение условно-патогенных бактерий в паренхиматозных органах свидетельствует о септическом процессе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В микрофлоре карпа в 2018 г. в летний период преобладали стрептококки, сапрофитные палочковидные бациллы и санитарно-показательные клостридии. Незначительно обсеменяли внутренние органы условно-патогенные аэромонады, осенью доминировали бактерии рода *Pseudomonas*, сапрофитные бациллы и стрептококки.

Летом в 2019–2021 гг. в микробиоценозе карпа были выделены сапрофитные палочковидные бактерии рода *Bacillus* и условно-патогенные аэромонады. В весенний период обнаружены энтеробактерии, составляющие 51 % в микрофлоре карпа. Также выделены условно-патогенные псевдомонады. Осенью преобладали санитарно-показательные бактерии рода *Clostridium*, бациллы и бактерии псевдомонадного комплекса.

Органами с высокой степенью контаминации в осенний период 2018 г. были кожа, жабры, селезенка и печень, летом – жабры и кожные покровы. Высокая степень обсемененности бактериями осенью 2018 г. наблюдалась в коже, летом – в жабрах и кожных покровах. Летом в 2019–2021 гг. наиболее контаминированы микроорганизмами были печень, желчный пузырь и кишечник, осенью – кожные покровы, жабры и селезенка. В весенний период высокий процент обсемененности бактериями был характерен для жабр и составил 37,50 %. Условно-патогенные бактерии найдены в паренхиматозных органах (печени и селезенке), что свидетельствует о возможном септическом процессе. Обнаружение условно-патогенных бактерий в паренхиматозных органах предположительно связано с отсутствием очистки и недостаточной дезинфекцией воды в данном хозяйстве.

Список источников

1. Вялова Г. П., Шкурина З. К. Микрофлора и бактериальные болезни тихоокеанских лососей естественных популяций и в аквакультуре. Южно-Сахалинск: Изд-во ФГБНУ «СахНИРО», 2005. 118 с.
2. Ларцева Л. В., Обухова О. В., Лисицкая И. А. Микрофлора рыб и других гидробионтов: учеб. пособие / под ред. д-ра биол. наук, проф. Ю. В. Алтуфьева. Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2008. 108 с.
3. Профилактика как основа противоэпизоотических мероприятий в современной аквакультуре / Л. Н. Юхименко, А. Н. Зюкин, М. Н. Реперьяш, Л. И. Бычкова, Н. Н. Романова // Сб. науч. трудов ВНИИПРХ. Москва: Эконом-Информ, 2011. Вып. 86. С. 134–138.
4. Авдеева Е. В., Котлярчук М. Ю., Казимирченко О. В. Формирование микробиоценоза рыбы в условиях выращивания в хозяйствах различного типа Калининградской области // Проблемы гидробиологии и ихтиопатологии: сб. науч. трудов. Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2003. С. 4–14.
5. Авдеева Е. В. Мониторинг инфекционных и инвазионных болезней разводимых видов рыб в Калининградской области // Проблемы иммунологии, патологии и охраны здоровья рыб и других гидробионтов-2 // Междунар. науч.-практ. конф.: расширенные материалы. Борок (17–20 июля 2007). Москва: Россельхозакадемия, 2007. С. 475–477.

6. Практикум по ихтиопатологии: учеб. пособие / Н. А. Головина [и др.]. Москва: МОРКНИГА, 2016. 417 с.
7. Определитель бактерий Берджи / под ред. Дж. Хоулта, Н. Крига, П. Снита, Дж. Стейли, С. Уильямса. Москва: Мир, 1997. Т. 1. 432 с.
8. Определитель бактерий Берджи / под ред. Дж. Хоулта, Н. Крига, П. Снита, Дж. Стейли, С. Уильямса. Москва: Мир, 1997. Т. 2. 368 с.
9. Avdeeva E. V., Moiseeva A. I. Microflora of carp (*Cyprinus carpio*) of the educational and experimental farm of KSTU (Kaliningrad region) in the period from 2019 to 2020 // German International Journal of Modern Science. 2021. No 14. P. 9–11.

References

1. Vyalova G. P., Shkurina Z. K. *Mikroflora i bakterial'nye bolezni tikhoookeanskikh lososey estestvennykh populyatsiy i v akvakul'ture* [Microflora and bacterial diseases of Pacific salmon of natural populations and in aquaculture]. Yuzhno-Sakhalinsk, FGBNU «SakhNIRO» Publ., 2005. 118 p.
2. Lartseva L. V., Obukhova O. V., Lisitskaya I. A. *Mikroflora ryb i drugikh gidrobiontov: uchebnoe posobie* [Microflora of fish and other hydrobionts: textbook]. Astrakhan', Astrakhan' University Publ. 2008. 108 p.
3. Yukhimenko L. N., Zyukin A. N., Reper'yash M. N., Bychkova L. I., Romanova N. N. Profilaktika kak osnova protivoevizooticheskikh meropriyatiy v sovremennoy akvakul'ture [Prevention as the basis of anti-epizootic measures in modern aquaculture]. *Sb. nauch. trudov VNIIPRKH*, Moscow, Econ-Inform, 2011, iss. 86, pp. 134–138.
4. Avdeeva E. V., Kotlyarchuk M. Yu., Kazimirchenko O. V. Formirovanie mikrobiotsenoza ryby v usloviyakh vyrashchivaniya v khozyaystvakh razlichnogo tipa Kaliningradskoy oblasti [Formation of fish microbiocenosis under growing conditions in farms of different types in the Kaliningrad region]. *Problemy gidrobiologii i ikhtiopatologii: Sb. nauch. trudov*, Kaliningrad, FGBOU VO "KSTU" Publ., 2003, pp. 4–14.
5. Avdeeva E. V. Monitoring infektsionnykh i invazionnykh bolezney razvodimykh vidov ryb v Kaliningradskoy oblasti [Monitoring of infectious and invasive diseases of fish species bred in the Kaliningrad region]. *Problemy immunologii, patologii i okhrany zdorov'ya ryb i drugikh gidrobiontov-2: Rasshirennyye materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Borok, 17–20 iyulya 2007 goda* [Problems of immunology, pathology and health protection of fish and other hydrobionts-2: Extended materials of the International Scientific and Practical Conference, Borok, 17–20 July 2007]. Moscow, Rosselkhozakademiya, 2007, pp. 475–477
6. Golovina N. A. [i dr]. *Praktikum po ikhtiopatologii: uchebnoe posobie* [Practicum on ichthyopathology: textbook]. Moscow, Morkniga, 2016, 417 p.
7. Khoult Dzh., Krig N., Snit P., Steyli Dzh., Uil'yams S. *Opredelitel' bakteriy Berdzhii* [Bergey's bacteria identifier]. Moscow, Mir, 1997, vol. 1, 432 p.
8. Khoult Dzh., Krig N., Snit P., Steyli Dzh., Uil'yams S. *Opredelitel' bakteriy Berdzhii* [Bergey's bacteria identifier]. Moscow, Mir, 1997, vol. 2, 368 p.
9. Avdeeva E. V., Moiseeva A. I. Microflora of carp (*Cyprinus carpio*) of the educational and experimental farm of KSTU (Kaliningrad region) in the period from 2019 to 2020. *German International Journal of Modern Science*, 2021, no. 14, pp. 9–11.

Информация об авторах

Е. В. Авдеева – кандидат биологических наук, профессор кафедры аквакультуры, биологии и болезней гидробионтов

А. И. Моисеева – аспирант кафедры аквакультуры, биологии и болезней гидробионтов

Information about the authors

E. V. Avdeeva – PhD in Biology, Professor of the Department of Aquaculture, Biology and Diseases of Aquatic Organisms

A. I. Moiseeva – Graduate student of the Department of Aquaculture, Biology and Diseases of Aquatic Organisms

Статья поступила в редакцию 09.11.2021; одобрена после рецензирования 13.01.2022; принята к публикации 12.04.2022.

The article was submitted 09.11.2021; approved after reviewing 13.01.2022; accepted for publication 12.04.2022.

Научная статья

УДК 504.3.06 : 631.4

DOI 10.46845/1997-3071-2022-65-24-34

**Влияние экологических условий на состав мезофауны и численность
дождевых червей в почвах агрофитоценозов Калининградской области**

Ольга Алексеевна Анциферова¹, Динара Ильгизовна Юсупова²,
Дарья Николаевна Сафонова³

^{1,2,3}Калининградский государственный технический университет, Калининград,
Россия

¹anciferova@inbox.ru

Аннотация. Статья посвящена выявлению биоразнообразия *Lumbricidae* в осушенных окультуренных почвах разной степени оглеения. Исследования проведены в 2020–2021 гг. на сенокосе в Черняховском районе Калининградской области (Лава-Прегольская низменность) и на пахотном поле в Зеленоградском районе (Самбийская равнина). Представители типов *Annelida* и *Mollusca* в мезофауне почв имеют сходное доленое участие, преобладают виды *Nematoda*. Во всех почвах встречаются представители восьми основных классов типа *Arthropoda*. Нейтральная реакция в дерново-подзолистых почвах на сенокосе благоприятна для дождевых червей (115–159 шт./м²), а повышенная кислотность в глееватых буроземах под культурой ячменя отрицательно сказывается на их численности (в среднем 58 шт./м²). В дерново-глеевых почвах с периодом поверхностного затопления содержится в среднем 95 червей на 1 м². В катенах происходит увеличение их численности от повышенных и менее увлажненных участков к пониженным и более увлажненным. В дерново-подзолистых глееватых почвах на сенокосе обнаружены *Dendrodrilus rubidus f. tenuis*, *Octolasion lacteum*, *Lumbricus rubellus*, *Aporrectodea caliginosa*, *Lumbricus castaneus*, редко *Eiseniella tetraedra*. В пахотных глееватых буроземах преобладают *Aporrectodea caliginosa*, *Lumbricus rubellus*. Наибольшее количество дождевых червей сосредоточено обычно в слое 0–10 см. Но в глееватых буроземах в июне он пересыхает, и наблюдается сезонная миграция червей на глубину 10–20 см. Такой вид дождевых червей, как *Octolasion lacteum*, является индикатором почв с близким залеганием карбонатов (CaCO₃), а *Eiseniella tetraedra* встречается преимущественно в почвах с периодом поверхностного затопления.

Ключевые слова: мезофауна почв, дождевые черви, почвенно-экологические условия, сенокос, пахотное поле

Для цитирования: Анциферова О. А., Юсупова Д. И., Сафонова Д. Н. Влияние экологических условий на состав мезофауны и численность дождевых червей в почвах агрофитоценозов Калининградской области // Известия КГТУ. 2022. № 65. С. 24–34.

Original article

Influence of environmental conditions on the composition of mesofauna and the number of earthworms in the soils of agrophytocenoses of the Kaliningrad region

Olga A. Antsiferova¹, Dinara I. Yusupova², Daria N. Safonova³

^{1,2,3}Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

¹antsiferova@inbox.ru

Abstract. The article is devoted to identification of the biodiversity of *Lumbricidae* in drained cultivated soils of varying degrees of gleying. The studies were carried out in 2020–2021 in the hay field in the Chernyakhovsky district of the Kaliningrad region (Lava-Pregolskaya lowland) and in the arable field of the Zelenogradsk district (Sambian plain). Representatives of *Annelida* and *Mollusca* types in the mesofauna of soils have a similar share, Nematoda species predominate. Representatives of eight main classes of the *Arthropoda* type are found in all soils. A neutral reaction in Sodosolic soils (Aric, Siltic, Drainic) in haymaking is favorable for earthworms (115–159 pcs/m²), and increased acidity in gley Cambisols (Aric, Loamic, Drainic) under barley culture negatively affects their numbers (on average 58 pcs/m²). Gleysols (Aric, Siltic, Drainic) with a period of surface flooding contain an average of 95 worms per 1 m². In catenas, there is an increase in the number of earthworms from elevated and less moistened areas to lowered and more moistened soils. *Dendrodrilus rubidus f. tenuis*, *Octolasion lacteum*, *Lumbricus rubellus*, *Aporrectodea caliginosa*, *Lumbricus castaneus*, rarely *Eiseniella tetraedra* were found in Gleyic Albeluvisols (Aric, Siltic, Drainic) in the hay field. *Aporrectodea caliginosa*, *Lumbricus rubellus* predominate in arable Cambisols (Aric, Loamic, Drainic). The largest number of earthworms is usually concentrated in a layer of 0–10 cm. But in the Cambisols in June, this layer dries up and seasonal migration of worms to a depth of 10–20 cm is observed. Such a type of earthworms as *Octolasion lacteum* is an indicator of soils with a close occurrence of carbonates (CaCO₃), and *Eiseniella tetraedra* occurs mainly in soils with a period of surface flooding.

Keywords: mesofauna of soils, earthworms, soil and ecological conditions, haymaking, arable field

For citation: Antsiferova O. A., Yusupova D. I., Safonova D. N. Influence of environmental conditions on the composition of mesofauna and the number of earthworms in the soils of agrophytocenoses of the Kaliningrad region. *Izvestiya KGTU = KSTU News*. 2022;(65):24–34. (In Russ.).

ВВЕДЕНИЕ

Почвенная мезо- и макрофауна включает несколько трофических групп (фитофаги, зоофаги, некрофаги, сапрофаги). Животные в почвах выполняют биохимическую и механическую функции, влияют на физические, водные, свойства, питательный режим почв. Дождевые черви являются биологическим фактором образования почвенной структуры. В связи с этим большую актуальность приобретают исследования экологической роли фауны почв и дождевых червей, в частности, в формировании плодородия почв [1–5]. Однако в Калининградской области мезо- и макрофауна почв в этом аспекте практически не изучена. Известны

лишь отдельные работы, посвященные индикаторной роли дождевых червей [6], влиянию муравьев на физические и химические свойства почв [7, 8]. В ряде исследований учитывался объем почвы, вынесенной на поверхность кротоми и муравьями [8, 9].

Задачи работы: 1) выявить соотношение основных типов представителей мезо- и макрофауны в гумусовом горизонте почв под агрофитоценозами Лава-Прегольской низменности и Самбийской равнины; 2) изучить влияние физико-химических и гидрологических условий почв на численность и видовые особенности дождевых червей.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в 2020–2021 гг. в Калининградской области на двух ключевых участках: 1) в пределах сеяного сенокоса на Лава-Прегольской низменности (Черняховский район, 12 км от пос. Междуречье, рядом с урочищем Светаевка); 2) на пахотном поле, расположенном на Самбийской равнине (Зеленоградский район, в 1 км от пос. Холмогоровка).

Диагностика почв выполнена в разрезах глубиной 150–180 см с использованием классификации 1977 г. В образцах из гумусового горизонта определяли рН водной и солевой суспензии (потенциометрическим методом на приборе Эко-тест 120) и содержание гумуса (титриметрическим методом по И. В. Тюрину в модификации Симакова с индикатором «фенилантраниловая кислота») [10]. Изучение фауны проводили в раскопках методом прямого подсчета на площадках размером 1 м² в 3-кратной повторности в каждом ареале почв по слоям 0–10 и 10–20 см в пределах гумусового горизонта. Общая выборка составила 12 площадок на сенокосе и 21 площадку на пашне. Видовой состав дождевых червей диагностировали по определителям [11, 12]. Некоторые виды имеют синонимы названий: *Aporrectodea caliginosa caliginosa* (*Allolobophora caliginosa*, *Nicodrilus caliginosus*), *Dendrodrilus rubidus f. tenuis* (*Bimastus constrictus* (Rosa, 1845) [*B. tenuis* (Eisen, 1874)]). Статистическая и графическая обработка осуществлялась в программе MS Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для развития фауны почв важными являются почвенно-химические и гидрологические условия, которые определяют экологическую амплитуду существования видов. Почвенный покров ключевых участков принципиально отличается друг от друга (табл. 1).

На Лава-Прегольской низменности преобладает слабоволнистый и плоский равнинный рельеф с оглеенными в разной степени дерново-подзолистыми почвами преимущественно тяжелого гранулометрического состава. Почвообразующие породы содержат карбонаты, которые в изученных почвах встречаются с глубины 40–60 см, поэтому реакция среды в гумусовом горизонте почв нейтральная или близка к ней (рН_{Н2О} 6,8–7,3). Глинистые породы богаты питательными веществами, но их отрицательным качеством является затрудненная фильтрация влаги. Поэтому почвы в понижениях подвергаются поверхностному затоплению в весенний период и переувлажнению при обильных ливневых осадках летом. Все оглеенные почвы осушаются открытым и закрытым дренажем. Сеяный травостой

сенокоса состоит из райграса пастбищного (*Lolium perenne* L.), фестулолиума (*Festulolium*), овсяницы луговой (*Festuca pratensis* Huds.), ежи сборной (*Dactylis glomerata* L.). Удобрение трав проводится в форме минеральных подкормок аммонийной селитрой в начале апреля после возобновления вегетации в дозе N₅₁ (кг/га по действующему веществу).

Таблица 1. Характеристики почв на ключевых участках

Table 1. Soil characteristics at key sites

| Рельеф | Почвы | Гранулометрический состав | Почвообразующие породы | Свойства гумусового горизонта в слое 0–20 см | |
|---|--|--|--|--|-------------|
| | | | | pH _{H2O} / pH _{KCl} | гумус, % |
| Ключевой участок Светаевка. Лава-Прегольская низменность. Сенокос | | | | | |
| Повышение | Дерново-подзолистая глубоко-глееватая | Средний и тяжелый суглинок, подстилаемый глинами | Озерно-ледниковые карбонатные глины | 7,3 / 6,4 | 3,3 |
| Плоский пониженный участок | Дерново-подзолистая профильно-глееватая* | Тяжелый суглинок, подстилаемый глинами | | 6,8 / 5,9 | 2,8 – 4,0 |
| Ключевой участок Перелески. Самбийская равнина. Пашня | | | | | |
| Вершины и склоны холмов | Буроземы глееватые | Легкий суглинок и супесь | Моренные валунные супеси, суглинки | 5,5 / 4,6 | 2,2 – 2,4 |
| Ключевой участок Перелески. Самбийская равнина. Незасеянные понижения. Разнотравно-злаковая сорная растительность | | | | | |
| Понижения замкнутые | Дерново-глеевые | Средний суглинок | Водно-ледниковые и моренные супеси, суглинки, глины, карбонатные с глубины 80 см | 5,8 / 4,7 | 4,5 – 6,8** |

Примечания: * – наиболее интенсивное оглеение (сильная степень глееватости) в слое 10–30 см, глубже – средняя степень глееватости (по шкале Ф. Р. Зайдельмана);

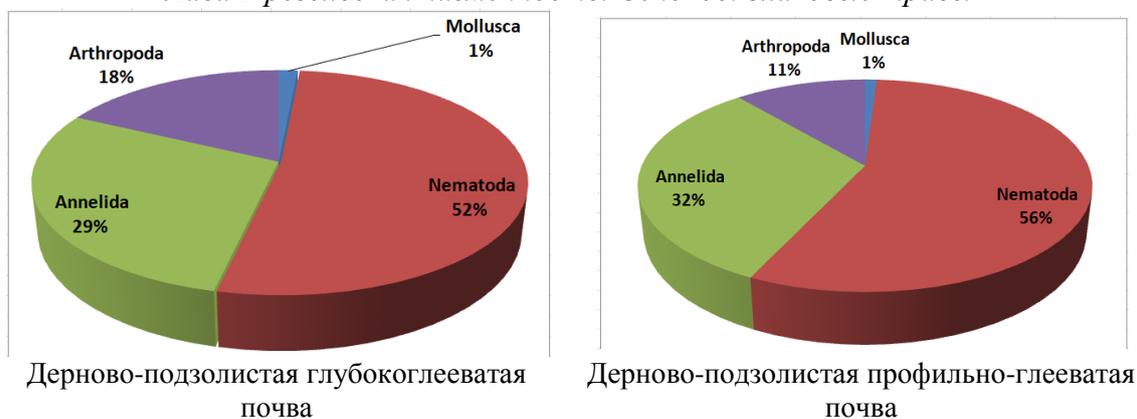
** – почва с меньшим содержанием гумуса подвержена затоплению до конца мая, с большим содержанием гумуса затопливается до начала или середины апреля в годы со средним количеством осадков, близким к среднемноголетней норме.

Продуктивность сенокоса – два укоса трав (в июне и сентябре). На участке изучена фауна почв на двух ареалах: глубокоглееватой на повышении и профильно-глееватой с поверхностным застоем воды в весенний период.

На Самбийской равнине типичным является холмистый рельеф полей. Вершины и склоны холмов занимают буроземы легкого гранулометрического состава (легкие опесчаненные суглинки и супеси) на выщелоченных (кислых) валунных отложениях. Высокая плотность и низкая аэрация почвообразующих пород приводят к формированию верховодок в профиле и развитию оглеения. В по-

нижениях типичны дерново-глеевые почвы атмосферно-грунтового питания, подверженные поверхностному затоплению в весенний период. Все оглеенные почвы осушаются закрытым дренажем. На ключевом участке преобладает кислая реакция среды в гумусовом горизонте по причине длительно не проводившегося известкования. На пашне выращиваются зерновые культуры и озимый рапс. В период исследований поле было занято яровым ячменем. Удобрение культуры осуществляется минеральными подкормками (карбамид в апреле, N_{92} по д. в. и аммонийная селитра в июне, N_{34}). Следует отметить высокую пестицидную нагрузку в пахотных агрофитоценозах на ключевом участке (по пять обработок различными смесями гербицидов, фунгицидов, инсектицидов под предшественник – озимую пшеницу – и две обработки непосредственно по ячменю). На поле изучена фауна почв на шести ареалах: четырех буроземах под ячменем и двух дерново-глеевых разной длительности поверхностного заболачивания в замкнутых незасеянных понижениях (занятых сорной разнотравно-злаковой растительностью) (рис. 1).

Лава-Прегольская низменность. Сенокос. Злаковые травы



Самбийская равнина

Пашня. Яровой ячмень

Незасеянные понижения. Разнотравно-злаковая сорная растительность

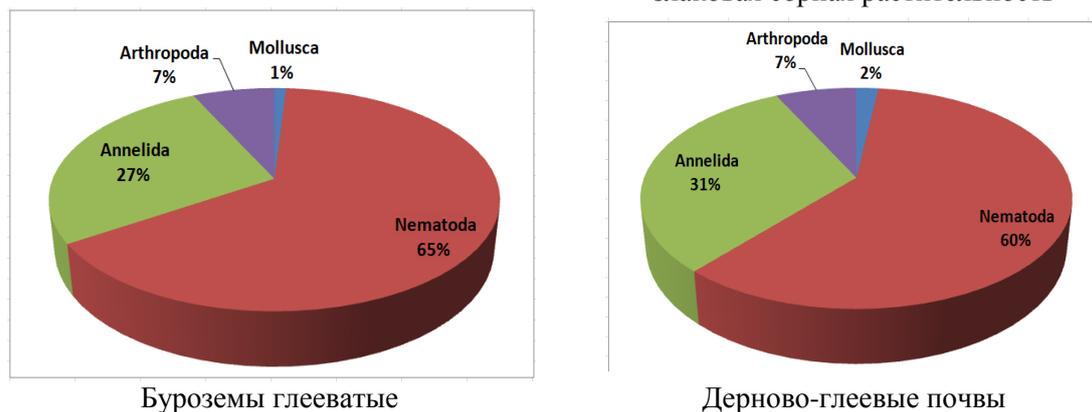


Рис. 1. Процентное соотношение типов беспозвоночных в составе мезофауны в гумусовом горизонте (0–20 см) различных почв под агрофитоценозами
 Fig. 1. Percentage ratio of invertebrate types in the mesofauna in the humus horizon (0–20 cm) of various soils under agrophytocenoses

Во всех изученных почвах встречаются четыре основных типа представителей мезофауны: *Mollusca*, *Nematoda*, *Annelida*, *Arthropoda*. Обращает внимание слабое варьирование долевого участия (27–32 %) представителей кольчатых червей (*Annelida*) в разных ареалах. Однако при этом абсолютное количество экземпляров (шт./м²) значительно выше в гумусовом горизонте дерново-подзолистых почв на сенокосе под злаковым травостоем в условиях оптимальной для развития реакции среды (табл. 2). Различия между четырьмя группами почв достоверны (наименьшая существенная разница НСР₀₅ 30).

Таблица 2. Среднее количество (шт./м²) представителей типов мезофауны в слое 0–20 см разных почв

Table 2. Average number (pcs/m²) of representatives of mesofauna types in a layer of 0–20 cm of different soils

| Тип | Лава-Прегольская низменность. Сенокос. Злаковые травы | | Самбийская равнина | |
|---------------------|--|--|-------------------------|--------------------------|
| | | | Пашня. Яровой ячмень | Сорные фитоценозы |
| | дерново-подзолистая глубокоглееватая почва | дерново-подзолистая профильно-глееватая почва | буроземы глееватые | дерново-глеевые почвы |
| <i>Mollusca</i> | 6 | 5 | 2 | 6 |
| <i>Nematoda</i> | 208 | 280 | 129 | 180 |
| <i>Annelida</i> | 115 | 159 | 58 | 95 |
| <i>Arthropoda</i> * | 71 | 56 | 14 | 22 |

Примечания: *без количественного учета муравьев

Известно, что большая часть нематод-сапробионтов в почве относится к микрофауне [13]. Нами учитывались только крупные, хорошо различимые нематоды размером 3–7 (до 10) мм. Исследование подтвердило, что этот тип является преобладающим во всех почвах. Основная масса их сосредоточена в верхней части гумусового горизонта мощностью 10 см. Однако в профильно-глееватой почве и на глубине 10–20 см обнаруживается достоверно большее количество нематод по сравнению с глубокоглееватой почвой (120 против 51 шт./м²). Причиной, скорее всего, является замедленное разложение органических остатков в условиях повышенного гидроморфизма почвы на плоском участке. Эта закономерность повторяется и в дерново-глеевых почвах.

Долевое участие членистоногих (*Arthropoda*, без учета муравьев) значительно выше в почвах сенокоса (рис. 1). Абсолютное количество экземпляров (шт./м²) также выше в дерново-подзолистых окультуренных почвах Лава-Прегольской низменности. Во всех ареалах встречаются представители восьми отрядов: геофилы, кивсяки, жесткокрылые, чешуекрылые, двукрылые, перепончатокрылые, двухвостки, пауки. Этот список неполный, потому что исследования находятся на начальной стадии. В частности, в почвах встречается акариформный клещ краснотелка (*Trombidium holosericeum*) и другие неучтенные членистоногие. Среди муравьев обычны виды родов *Lasius*, *Myrmica*. Количественный их учет

затруднен, легче считать надземные сооружения. Однако на пашне присутствуют только внутрипочвенные муравейники.

Дождевые черви являются наиболее активными агентами почвообразования. Поэтому их экологическим особенностям уделяется важное внимание. Среди почвенно-экологических условий важны физические (гранулометрический состав), физико-химические (реакция среды почвенного раствора), а также режим влажности.

Значительно меньшая численность дождевых червей в пахотных почвах объясняется повышенной кислотностью последних в гумусовом горизонте, угнетающим действием минеральных удобрений, остаточных количеств пестицидов, недостаточным количеством свежих органических остатков.

В отношении гранулометрического состава дождевые черви предпочитают почвы средне- и тяжелосуглинистые, потому что они обладают лучшей влагоемкостью. Наименьшая численность червей отмечена в супесчаном кислом буроземе, подстилаемом песками. Как было отмечено выше, наиболее оптимальная реакция среды характерна для дерново-подзолистых почв на карбонатных озерно-ледниковых глинах.

На обоих участках наибольшая численность и видовое разнообразие дождевых червей приурочены к более влажным почвам (профильно-глееватой на сенокосе и дерново-глеевым на пахотном поле), имеющим стадию весеннего заболачивания или сильного переувлажнения (влажность около полной влагоемкости).

Влажность почвенного слоя и наличие пищи имеют для червей первостепенное значение. При учете в летний период (июнь) нами обнаружено, что максимальная концентрация люмбрицид приурочена к слою 0–10 см (рис. 2).

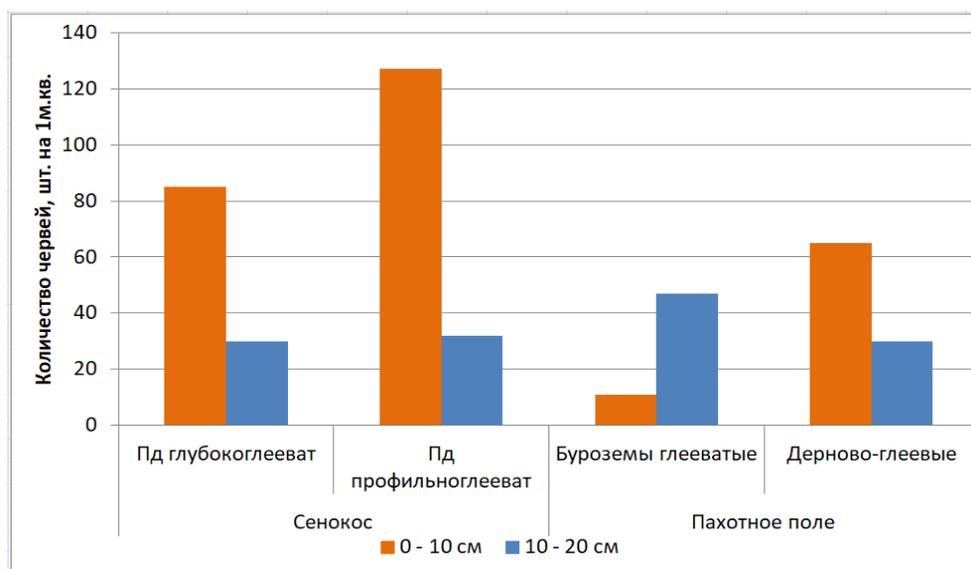


Рис. 2. Распределение дождевых червей (*Oligochaeta, Lumbricidae*) по слоям в гумусовом горизонте разных почв. Период учета – июнь 2020–2021 гг.
Fig. 2. Distribution of earthworms (*Oligochaeta, Lumbricidae*) by layers in the humus horizon of different soils. The period of record is June 2020–2021

Исключение составили легкосуглинистые и супесчаные буроземы под ячменем. В этот период влажность верхнего 10-сантиметрового слоя этих почв приближалась к влажности разрыва капилляров (ВРК), т. е. была близка к биологическому иссушению. Поэтому произошла миграция червей в нижележащий слой (10–20 см), в котором влажность сохранялась в интервале от ВРК до НВ (наименьшая влагоемкость). К тому же в этом слое присутствуют остатки запаханной и разлагающейся стерни от предшественника (озимой пшеницы). При пересыхании верхних горизонтов на пашне черви впадают в диапаузу. Так как Калининградская область расположена в гумидном климате, период почвенной засухи непродолжительный.

Интересно, что при учете численности червей в буроземах в первой декаде апреля наблюдается обратное их распределение: максимум в слое 0–10 см (который быстрее прогревается) и минимум в слое 10–20 см (сыром и холодном). Таким образом, в пахотных буроземах выражена сезонная миграция червей в пределах гумусового горизонта в зависимости от влажности и температуры. В дерново-глеевых почвах понижений такой резкой разницы нет. Обнаружен факт большей концентрации червей в поверхностном слое в апреле (на участке с коротким сроком весеннего затопления). В летний период происходит частичная миграция в слой 10–20 см в малогумусной дерново-глеевой почве с длительным затоплением. Видовой состав червей в ней приспособлен к постоянному повышенному увлажнению.

На сенокосе основная масса червей сосредоточена в ризосфере злаковых трав. Миграция в нижние слои затруднена по причине их высокой твердости и глинистого состава. Видовой состав люмбрицид на сенокосе разнообразен. В гумусовом горизонте обнаружены пять видов и одна форма червей: *Dendrodrilus rubidus f. tenuis* (Eisen, 1874), *Octolasion lacteum* (Örley, 1881), *Lumbricus rubellus* Hoffmeister, 1843), *Aporrectodea caliginosa* (Savigny, 1826), *Lumbricus castaneus* (Savigny, 1826), редко *Eiseniella tetraedra* (Savigny, 1826). Биоразнообразие является результатом комплекса факторов (наличие отмерших частей злаков, повышенная влажность почв, близость смешанного леса, благоприятная реакция среды, карбонатность почв).

Размерный ряд включает две группы: 1) мелкие, до 4 см длиной: *Dendrodrilus rubidus f. tenuis*, *Octolasion lacteum*, *Eiseniella tetraedra*; 2) крупные, от 6 до 15 см: *Lumbricus rubellus*, *Aporrectodea caliginosa*, *Lumbricus castaneus*.

Обнаруженные виды входят в две морфо-экологические группировки: 1) подстилочные дождевые черви (epigeic species): *Eiseniella tetraedra*, *Lumbricus rubellus*, *Lumbricus castaneus*, *Dendrodrilus rubidus f. tenuis*; 2) внутрпочвенные (endogeic species): *Aporrectodea caliginosa*, *Octolasion lacteum*.

Преобладают подстилочные черви, питающиеся на поверхности или в приповерхностном слое. Часто они обнаруживались в зоне корневой шейки трав в слое 0–2 см и до глубины 10 см. Как правило, это мелкие черви, за исключением *Lumbricus rubellus*.

В обеих почвах на сенокосе типичными являются *Lumbricus rubellus* и *Aporrectodea caliginosa*.

В общей численности червей в слое 0–10 см в глубокоглеевой почве на вершине холма резко доминируют мелкие формы, они же составляют половину

всех особей и в более сырой почве плоского участка. В слое 10–20 см количество мелких и крупных форм примерно поровну в обеих почвах.

Нижняя часть гумусового горизонта (10–20 см) имеет специфические отличия. В глубокоглееватой почве воздухоносная пористость выше, чем в поверхностно-глееватой (где часто возникают анаэробные условия). Поэтому в почве на вершине холма в слое 10–20 см встречаются больше *Aporrectodea caliginosa*, в меньшей степени *Octolasion lacteum*. В сырой почве с периодическим полным насыщением пор водой отмечается большая доля *Octolasion lacteum*, редко появляется *Eiseniella tetraedra* и уменьшается количество *Aporrectodea caliginosa*. Важно, что *Octolasion lacteum* и *Eiseniella tetraedra* типичны для влажных и сырых почв. Первый вид является еще и калькофилом, а второй способен выдерживать затопление [11, 12].

На пахотном поле в глееватых буроземах преобладает *Aporrectodea caliginosa*, встречается *Lumbricus rubellus*, реже – *Dendrodrilus rubidus f. tenuis*.

В дерново-глеевой почве разнообразие червей немного выше: *Aporrectodea caliginosa*, *Lumbricus rubellus*, *Dendrodrilus rubidus f. tenuis*, *Eiseniella tetraedra* (последний вид преимущественно в почве с длительным поверхностным затоплением).

ВЫВОДЫ

1. Процентное соотношение типов беспозвоночных в почвах сенокоса на Лава-Прегольской низменности и пахотном поле на Самбийской равнине имеет близкое доленое участие представителей *Annelida* и *Mollusca*. В пахотных почвах значительно меньше членистоногих (*Arthropoda*). Преобладают среди мезофауны особи типа *Nematoda*.

2. Количество дождевых червей выше в средне- и тяжелосуглинистых почвах сенокоса, обладающих близкой к нейтральной и нейтральной реакцией среды и богатыми отмершими частями злаковых трав.

3. Очень низкое количество люмбрицид (в среднем 58 шт./м²) характерно для гумусового горизонта глееватых супесчаных и легкосуглинистых буроземов с кислой реакцией среды, малым содержанием гумуса. По-видимому, отрицательное влияние оказывают остаточные количества пестицидов.

4. Общей закономерностью является увеличение количества дождевых червей в гумусовом горизонте от почв с меньшей влажностью (повышения и склоны) к почвам с большей (пониженные участки, замкнутые понижения). Видовой состав люмбрицид также разнообразнее в почвах понижений.

5. Основная масса дождевых червей концентрируется в слое 0–10 см в дерново-подзолистых оглеенных почвах на сенокосе Лава-Прегольской низменности и в дерново-глеевых почвах западин на Самбийской равнине. Однако подсчеты люмбрицид на глееватых буроземах, выполненные в первую декаду апреля и в июне, выявили сезонную миграцию в зависимости от влажности в пределах гумусового горизонта.

6. Начальные исследования люмбрицид показали индикаторную роль червей: в почвах с близким залеганием к поверхности карбонатных отложений встречается калькофильный вид (*Octolasion lacteum*), а в ареалах с периодом поверхностного затопления – *Eiseniella tetraedra*.

Список источников

1. Атлавините О. П. Экология дождевых червей и их влияние на плодородие почвы в Литовской ССР / под ред. М. С. Гилярова. Вильнюс: Мокслас, 1975. 202 с.
2. Гиляров М. С. Зоологический метод диагностики почв. Москва: Наука, 1965. 277 с.
3. Кутовая О. В. Влияние дождевых червей (*Oligochaeta*, *Lumbricidae*) на биоту и органическое вещество дерново-подзолистых почв при разных системах землепользования: автореф. Дис.... канд. с.-х. наук: 03.02.13. Москва, 2012. 25 с.
4. Lee K. E. Earthworms. Their ecology and relationships with soils and land use. Academic Press (Harcourt Brace Jovanovich, Publishers). 1985. 411 p.
5. Bohlen P. J., Parmelee R. W., McCartney D. A., Edwards C. A. Earthworm effects on carbon and nitrogen dynamics of surface litter in corn agroecosystems. *Ecological Applications*, 1997. Vol. 7. PP. 1341–1349.
6. Виноградова О. Л. Видовой состав *Lumbricidae* как индикатор генетической и агрономической диагностики аллювиальных почв // Проблемы сельского хозяйства: сб. науч. тр. Калининград, 2000. С. 34–36.
7. Паракшина Э. М., Анциферова О. А. К вопросу о роли муравьев в формировании структур почвенного покрова // Проблемы сельского хозяйства: сб. науч. тр. КГТУ. Калининград, 1999. С. 120–123.
8. Анциферова О. А. Динамика растительности и свойств почв на молодых залежах Тамбовской равнины и Замландского полуострова. Калининград: Изд-во КГТУ, 2005. 304 с.
9. Юсов А. И. Эрозия почв Вармийской возвышенности. Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2011. 201 с.
10. Воробьева Л. А. Химический анализ почв. Москва: Изд-во МГУ. 1998. 272 с.
11. Максимова Л. С., Гурина Н. В. Дождевые черви (*Lumbricidae*) фауны Беларуси: справочник-определитель. Минск: Беларуская навука, 2014. 56 с.
12. Всеволодова-Перель Т. С. Дождевые черви фауны России: Кадастр и определитель. Москва: Наука. 1997. 102 с.
13. Звягинцев Д. Г., Бабьева И. П., Зенова Г. М. Биология почв. Москва: Изд-во МГУ, 2005. 445 с.

References

1. Atlavinite O. P. *Ekologiya dozhdevykh chervey i ikh vliyaniye na plodorodiye pochvy v Litovskoy SSR* [Ecology of earthworms and their influence on soil fertility in the Lithuanian SSR]. Vilnius, Mokslas, 1975, 202 p.
2. Gilyarov M. S. *Zoologicheskiy metod diagnostiki pochv* [Zoological method of soil diagnostics]. Moscow, Nauka, 1965, 277 p.
3. Kutovaya O. V. *Vliyaniye dozhdevykh chervey (Oligochaeta, Lumbricidae) na biotu i organicheskoye veshchestvo dernovo-podzolistykh pochv pri raznykh sistemakh zemlepol'zovaniya. Avtoref. dis. kand. s.-kh. nauk.* [Influence of earthworms (*Oligochaeta*, *Lumbricidae*) on the biota and organic matter of sod-podzolic soils under different land use systems. Abstract. diss. cand. of agric. sci]. Moscow, 2012, 25 p.

4. Lee K. E. Earthworms. Their ecology and relationships with soils and land use. Academic Press. Harcourt Brace Jovanovich, Publishers, 1985, 411 p.
5. Bohlen P. J., Parmelee R. W., McCartney D. A., Edwards C. A. Earthworm effects on carbon and nitrogen dynamics of surface litter in corn agroecosystems. *Ecological Applications*, 1997, vol. 7, pp. 1341–1349.
6. Vinogradova O. L. Vidovoy sostav Lumbricidae kak indikator geneticheskoy i agronomicheskoy diagnostiki allyuvial'nykh pochv [Species composition of Lumbricidae as an indicator of genetic and agronomic diagnostics of alluvial soils]. *Sbornik nauchnykh trudov KGTU "Problemy sel'skogo khozyaystva"* [Collection of scientific proc. of KSTU "Issues of agriculture"]. Kaliningrad, 2000, pp. 34–36.
7. Parakshina E. M., Antsiferova O. A. K voprosu o roli murav'yev v formirovaniy struktur pochvennogo pokrova [Revisiting the role of ants in the formation of soil cover structures]. *Sbornik nauchnykh trudov KGTU "Problemy sel'skogo khozyaystva"* [Collection of scientific proc. KSTU "Issues of agriculture"]. Kaliningrad, 1999, pp. 120–123.
8. Antsiferova O. A. *Dinamika rastitel'nosti i svoystv pochv na molodykh zalezkhakh Tambovskoy ravniny i Zamlandskogo poluostrova* [Dynamics of vegetation and soil properties on young deposits of the Tambov plain and the Zamland Peninsula]. Kaliningrad, KSTU Publ., 2005, 304 p.
9. Yusov A. I. *Eroziya pochv Varmiyskoy vozvysheynosti* [Soil erosion of the Warmian upland]. Kaliningrad, KSTU Publ., 2011, 201 p.
10. Vorobyova L. A. *Khimicheskyy analiz pochv* [Chemical analysis of soils]. Moscow, Moskovskiy Gos. Univ., 1998, 272 p.
11. Maksimova L. S., Gurina N. V. *Dozhdevyye chervi (Lumbricidae) fauny Belarusi: spravochnik-opredelitel'*. [Earthworms (Lumbricidae) of the fauna of Belarus: a reference guide]. Minsk, Belorusskaya navuka, 2014, 56 p.
12. Vsevolodova-Perel T. S. *Dozhdevyye chervi fauny Rossii: Kadastr i opredelitel'*. [Earthworms of the fauna of Russia: Cadastre and determinant]. Moscow, Nauka, 1997, 102 p.
13. Zvyagintsev D. G., Babyeva I. P., Zenova G. M. *Biologiya pochv* [Soil biology]. Moscow, Moskovskiy Gos. Univ., 2005, 445 p.

Информация об авторах

О. А. Анциферова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Д. И. Юсупова – аспирант
Д. Н. Сафонова – аспирант

Information about the authors

O. A. Antsiferova – PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor
D. I. Yusupova – post-graduate student
D. N. Safonova – post-graduate student

Статья поступила в редакцию 09.02.2022; одобрена после рецензирования 15.02.2022; принята к публикации 01.04.2022.

The article was submitted 09.02.2022; approved after reviewing 15.02.2022; accepted for publication 01.04.2022.

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Научная статья
УДК 664.95 (06)
DOI 10.46845/1997-3071-2022-65-37-51

Влияние добавки рыбного коллагенового волокна на качественные показателипельменного теста

Виктор Иванович Воробьев¹, Ольга Павловна Чернега², Алена Викторовна Садовая³

^{1,2,3}Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия

¹viktor.vorobev @klgtu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8209-7851>

²olga.chernega@klgtu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4150-2731>

³alenasadovaia@mail.ru

Аннотация. Исследована возможность применения фракции коллагенового волокна (ФКВ), полученной из рыбьей чешуи, в качестве добавки в тестовуюпельменную оболочку на основе пшеничной муки. Представлен общий химический состав (включая кальций и фосфор) внесенной добавки, произведенной из чешуи судака и сазана, где содержание влаги – 5,1 %; белка – 76,3; жира – 1,4; общей золы – 17,2; кальция – 5,1; фосфора – 3,9 %. Получены опытные образцы теста с добавлением различных концентраций (1, 2, 4, 6, 8, 10 %) ФКВ, из которых были приготовлены тестовыепельменные оболочки, заложенные на хранение при температуре минус 18 °С в течение 2 мес. Определено, что с добавкой ФКВ они имели повышенную массовую долю влаги по сравнению с контролем (без добавки) до варки и меньший прирост массы после нее (в интервале внесения добавки в тесто от 1 до 8 %). Отмечено, что с увеличением массовой доли добавки ФКВ, %, в тестовойпельменной оболочке увеличивался массовый выход вареного изделия. Выявлено, что включение ФКВ в рецептуру тестовойпельменной оболочки в количестве 2–3 % является оптимальным. Изготовлены опытные образцыпельменей с начинкой из минтая с добавками ФКВ в тесто в количестве 2 и 3 % и определен общий химический состав вареной тестовой оболочки и готового продукта. Установлено, что при варке в водепельмени с добавками ФКВ имели меньший прирост массы по сравнению с контролем, а их внесение в тестовуюпельменную оболочку способствовало улучшению органолептических показателей последней (насыщенному вкусу и мягкой текстуре), а также увеличению массовой доли белка в оболочке.

Ключевые слова: фракция коллагенового волокна, рыба чешуя, рыбныепельмени, тестоваяпельменная оболочка

Для цитирования: Воробьев В. И., Чернега О. П., Садовая Е. В. Влияние добавки рыбного коллагенового волокна на качественные показателипельменного теста // Известия КГТУ. 2022. № 65. С. 37–51.

Original article

Influence of a fish collagen fiber additive on the qualitative indicators of wheat dumpling dough

Viktor I. Vorobyov¹, Olga P. Chernega², Alyona V. Sadovaya³

^{1,2,3}Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

¹viktor.vorobev @klgtu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8209-7851>

²olga.chernega@klgtu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4150-2731>

³alenasadovaia@mail.ru

Abstract. A possibility of using a collagen fiber fraction (CFF) obtained from fish scales as an additive in the test dumpling shell (based on wheat flour) has been studied. General chemical composition (including calcium and phosphorus) of the additive obtained from pikeperch and carp scales is presented, where the content of moisture is 5.1 %; protein – 76.3 %; fat – 1.4 %; total ash – 17.2 %; calcium – 5.1 %, and phosphorus – 3.9 %. Test samples have been obtained, with the addition of various concentrations (1 %, 2 %, 4 %, 6 %, 8 %, 10 %) of CFF, from which test dumplings have been prepared, stored at 18 deg C for 2 months. It has been found that the test dumpling shells with the addition of CFF had an increased mass fraction of moisture compared to the control (without additive) before cooking and a smaller weight gain after cooking (in the range of adding the additive to the dough from 1 to 8 %). It has been noted that with an increase in the mass fraction of the CFF additive in the test dumpling shell, the mass yield of the boiled product increases. It has been found that inclusion of CFF in the recipe of the test dumpling shell in the amount of 2–3 % is optimal. Experimental samples of dumplings stuffed with pollock with CFF additives in the dough in an amount of 2 % and 3 % have been made, and the general chemical composition of the boiled test shell and the finished product has been determined. It was found that when cooking in water, dumplings with CFF additives also had a smaller weight gain compared to the control. Addition of CFF to the test dumpling shell contributed to the improvement of its organoleptic characteristics (rich taste and soft texture), as well as to an increase in the mass fraction of protein in the casing.

Keywords: collagen fiber fraction, fish scales, fish dumplings, test dumpling shell

For citation: Vorobyov V. I., Chernega O. P., Sadovaya E. V. Influence of a fish collagen fiber additive on the quality indicators of dumpling dough. *Izvestiya KGTU = KSTU News*. 2022;(65):37–51. (In Russ.).

ВВЕДЕНИЕ

Пшеничная мука – один из основных компонентов продуктов питания человека. Она является низкобелковой (8–15 % белка от общей массы зерна) растительной пищей, основную массу которой составляют крахмалы и другие полисахариды. Потребность человека в белках находится в пределах 80–125 г в сутки, поэтому в настоящее время наметилась тенденция по обогащению пшеничной муки различными белковыми добавками растительного (соя, горох, люпин) и животного (альбумин, коллаген и его гидролизаты, белки молочной сыворотки и др.)

происхождения [1–4]. Необходимость обогащения добавками также связана со снижением массовой доли основного белка пшеницы глютена (80–90 % от общей массы белков зерна) ввиду его непереносимости (энтеропатия, целиакия), вызывающей серьезное повреждение оболочки тонкой кишки, дифференцированное воспаление, диарею, боль в животе, потерю веса (от этого страдает 1 % населения планеты) [5]. Данный факт способствовал развитию нового направления получения продуктов питания без глютена.

Обогащение пшеничной муки (теста) белком не только улучшает его усвоение, но и компенсирует дефицит некоторых лимитирующих аминокислот в муке. Кроме того, известно, что пептиды коллагена подавляют рост кристаллов при хранении теста при низких температурах, снижая тем самым риск ухудшения его качества [6]. В настоящее время увеличивается спрос на применение коллагеновых добавок в кондитерском производстве (печенье, кексы, коллагеновые батончики, пицца, бисквитное, песочное и заварное тесто), способствующих созданию пористой структуры, большего объема и нежного вкуса получаемых изделий [7].

В качестве источника белка рекомендуется использовать волокнообразную фракцию коллагена, полученную из рыбьей чешуи, являющейся дешевым сырьем. Предложенная коллагеновая рыбная добавка может существенно повлиять на реологические характеристики теста из пшеничной муки, а следовательно, и на параметры всего технологического процесса приготавливаемого продукта.

Целью настоящей работы явилось обоснование возможности использования волокнообразной фракции коллагена, произведенной из чешуи рыб, в тестовой оболочке при производстве рыбных пельменей мороженых.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследований являлись фракция коллагенового волокна (ФКВ), полученного из чешуи рыб, тестовая пельменная оболочка на основе пшеничной муки, пельмени рыбные с начинкой из минтая. Эксперименты проводились в лабораториях кафедр продуктов питания и органической химии КГТУ (г. Калининград), а также в сертифицированной испытательной лаборатории ООО «Калининградский испытательный центр». Общий химический анализ образцов осуществлялся в соответствии с нормативной документацией: ГОСТ 7636-85, п. 3.3.1 – Определение массовой доли влаги, ГОСТ 7636-85, п. 3.7.2 – Определение массовой доли жира, ГОСТ 7636-85, п. 8.9.1 – Определение массовой доли белка, ГОСТ 7636-85, п. 11.6 – Определение массовой доли золы. Для определения кальция применялась атомно-абсорбционная спектрометрия, для фосфора – спектрофотометрия с молибденово-кислым аммонием в присутствии гидрохинона и сульфита натрия.

Использовали рецептуру фарша согласно ТИ к ОСТ 15–495-98 «Кулинарные изделия. Пельмени рыбные мороженые», а также теста согласно ТИ по производству полуфабрикатов замороженных 2002 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Глютен (пшеничная клейковина, панифарин) представляет собой высокоэластичную массу, оставшуюся после удаления из муки крахмала и других полисахаридов и складывающуюся из двух основных белковых фракций – глиадинов и

глютенинов. Эластичность теста определяется свойствами глютенинов, состоящих из двух фракций – высокомолекулярной (600–800 аминокислот) и низкомолекулярной (около 300 аминокислот). Глиадины повышают вязкость клейковины, не влияя на эластичность продукта. Гидратация и замешивание клейковины способствуют высокой эластичности и деформационному упрочнению получаемой когезивной массы (теста) [8]. Образование прочной белковой сети благодаря глутену предотвращает распад макаронных изделий при приготовлении, а при его отсутствии тесто получается жидким, что становится причиной крошащейся текстуры, нехарактерного цвета и недостаточно хорошего качества изделий после выпечки. Отмеченное является одной из основных проблем получения безглютенового хлеба.

Внесение различных добавок в тесто может привести к снижению эластичности и ухудшению его реологических свойств (уменьшению поглощения воды, изменению вязкости, упругости и растяжимости, увеличению времени выдержки и др.) [8–10]. Известно, что применение гидролизованного коллагена (2–30 кДа) с концентрацией от 1 до 5 %, полученного из предварительно декальцинированной (HCl) и деминерализованной (Ca(OH)₂) чешуи тиляпии с последующим ферментативным гидролизом (алкалаза и папаин), используется в качестве добавки при получении хлеба. Внесение пептидов коллагена (оптимальная концентрация 3 %) способствовало улучшению влагоудерживающей способности хлеба, увеличению его объема и замедлению процесса черствения при хранении [11].

Определено, что волокнообразный (высокомолекулярный) коллаген, полученный из бычьей кожи, обладает лучшими влагоудерживающими характеристиками по сравнению с порошковым, при этом обоим присущи лучшие физико-химические свойства (в том числе водоудерживающие) по сравнению с гидролизованным коллагеном и желатином [12]. Поэтому представляет интерес определение влияния волокнообразной фракции рыбного коллагена на реологические показатели получаемого пшеничного теста и качества готовой продукции.

ФКВ получали в лабораторных условиях из чешуи рыб (сазана, судака) по ранее разработанной технологии (находится в стадии патентования) [13]. Общий химический состав ФКВ представлен в табл. 1.

Таблица 1. Общий химический состав ФКВ из чешуи рыб (сазана, судака)
Table 1. General chemical composition of the collagen fiber fraction from fish scales (carp, zander)

| Массовая доля, % | | | | Массовая доля в составе золы, % | |
|------------------|-------|-----|------|---------------------------------|--------|
| влага | белок | жир | зола | кальций | фосфор |
| 5,1 | 76,3 | 1,4 | 17,2 | 5,1 | 3,9 |

Как видно из табл. 1, ФКВ имеет высокую массовую долю белка (76,3 %). Ее внешний вид представлен на рис. 1.



Рис. 1. Внешний вид ФКВ из чешуи рыб
Fig. 1. Appearance of the collagen fiber fraction from fish scales

При приготовлении теста для полуфабрикатов, замороженных в тестовой оболочке, была использована рецептура согласно табл. 2.

Таблица 2. Рецептура теста для полуфабрикатов, замороженных в тестовой оболочке, кг

Table 2. Dough recipe for frozen semi-finished products in a dough shell (50 and 100 kg)

| Наименование сырья и материалов | Количество | |
|---------------------------------|------------|-----------|
| | на 50 кг | на 100 кг |
| Мука | 37,00 | 74,00 |
| Яйцо | 2,50 | 5,00 |
| Соль | 0,54 | 1,08 |
| Вода | 9,96 | 19,92 |
| Итого | 50,00 | 100,00 |

На основе указанной рецептуры изготовлены опытные образцы теста массой 200 г с добавлением различных концентраций (1, 2, 4, 6, 8, 10 %) ФКВ. В качестве контрольного образца использовалось тесто без внесения добавки ФКВ. Внешний вид опытных образцов теста для оболочек пельменей с добавлением различных концентраций (контроль, 1, 2, 4, 6, 8, 10 %) ФКВ представлен на рис. 2.

Как видно из рис. 2, опытные образцы теста для оболочек пельменей с добавлением 6 % ФКВ и более имеют повышенную липкость, не поддаются резанию, у них отсутствует эластичность. Данные виды теста не обладают всеми необходимыми качествами для надежности изделий как при ручном, так и при машинном способе их изготовления.



Рис. 2. Внешний вид опытных образцов теста для оболочекпельменей с добавлением различных концентраций (контроль, 1, 2, 4, 6, 8, 10 %) ФКВ (справа налево)

Fig. 2. Appearance of test samples for pelmeni casings with addition of various concentrations (control, 1, 2, 4, 6, 8, 10 %) of CAF (from right to left)

Из опытных образцов были сделаны образцы тестовых оболочекпельменей с последующей их закладкой на хранение в течение 2 мес. при минус 18 °С в холодильнике. Внешний вид последних представлен на рис. 3.



Рис. 3. Внешний вид образцов тестовых оболочекпельменей после 2 мес. хранения при минус 18 °С

Fig. 3. Appearance of samples of test shells of dumplings after 2 months of storage at minus 18 °С

После 2 мес. хранения определяли массовую долю влаги в образцах и их массу до и после варки. Результаты исследований приведены в табл. 3.

Таблица 3. Массовая доля влаги в опытных образцах тестовых оболочек пельменей, а также их масса до и после варки

Table 3. Mass fraction of moisture in the experimental samples of test shells of dumplings, as well as their mass before and after cooking

| Номер образца | ФКВ, % внесения от массы полу- фабриката | Массовая доля вла- ги, % | Масса до вар- ки, г | Масса после варки, г | Масса после варки, % | Увеличение массы по- сле варки, г |
|---------------|---|--------------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---|
| Контроль | 0 | 23,70 | 12,46 | 14,89 | 119,5 | 2,43 |
| 1 | 1 | 28,10 | 15,09 | 16,10 | 106,6 | 1,01 |
| 2 | 2 | 28,83 | 13,64 | 15,13 | 110,9 | 1,49 |
| 3 | 4 | 29,25 | 14,01 | 15,61 | 111,4 | 1,60 |
| 4 | 6 | 31,40 | 14,78 | 16,59 | 112,2 | 1,81 |
| 5 | 8 | 37,25 | 14,05 | 16,66 | 118,5 | 2,61 |
| 6 | 10 | 38,00 | 12,43 | 16,24 | 130,6 | 3,81 |

Как видно из табл. 3, опытные образцы тестовых оболочек пельменей имели повышенную массовую долю влаги по сравнению с контролем до варки и меньший прирост массы после нее (в интервале внесения добавки ФКВ в тесто от 1 до 8 %), при этом с увеличением процента внесения ФКВ увеличивался прирост массы вареного изделия, что, вероятно, связано с образованием структуры (сетки) термического гидролиза коллагена в продукте.

На основе полученных данных были выработаны опытные партии рыбных пельменей (начинка) согласно рецептуре, приведенной в табл. 4.

Таблица 4. Рецепт приготовления начинки на 100 кг мороженых пельменей

Table 4. Recipe for filling of 100 kg of frozen dumplings

| Наименование компонента | Масса, кг |
|----------------------------|-----------|
| Фарш мясной | 42,20 |
| Лук свежий | 8,20 |
| Чеснок свежий измельченный | 0,50 |
| Масло сливочное | 2,00 |
| Масло подсолнечное | 2,20 |
| Яйца куриные пищевые | 1,60 |
| Перец черный молотый | 0,10 |
| Соль поваренная пищевая | 0,50 |
| Итого | 57,30 |

Технологическая схема производства пельменей с коллагеновой добавкой представлена на рис. 4.

Рецептура пельменного теста (контроль) была скорректирована с учетом влажности муки. На 100 г теста потребовалось 64,30 г муки, 4,34 г яиц, 30,42 г воды и 0,94 г соли.

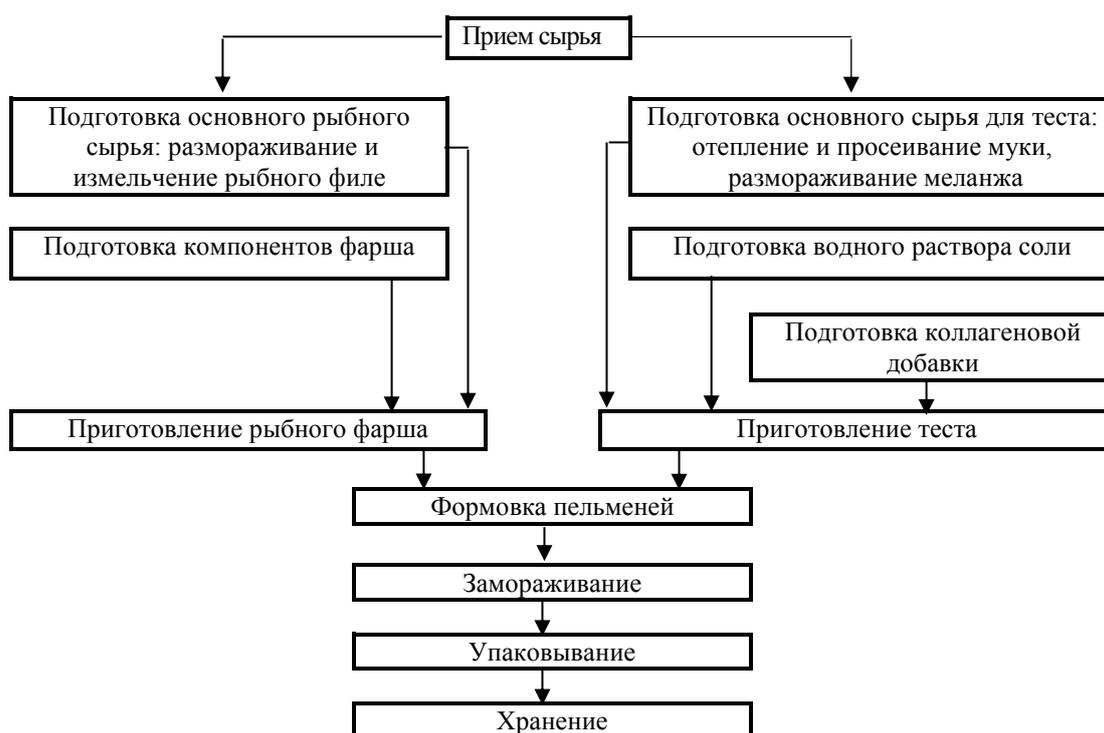


Рис. 4. Схема технологического процесса изготовления рыбных пельменей мороженых

Fig. 4. Process flow chart of the manufacture of frozen fish dumplings

Опытные образцы теста для пельменей были изготовлены с внесением 2, 3 и 4 % добавки ФКВ, исходя из вышеприведенных данных. Рецептуры теста с учетом корректировки по влажности муки приведены в табл. 5.

Таблица 5. Рецептуры опытных образцов пельменного теста с добавками ФКВ
 Table 5. Recipes of experimental samples of dumpling dough, with CFF additives

| Наименование компонентов | Масса, г | | |
|--------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | 2 % добавки | 3 % добавки | 4 % добавки |
| Мука | 257,2 | 257,2 | 257,2 |
| Яйцо | 17,36 | 17,36 | 17,36 |
| Вода | 121,68 | 121,68 | 121,68 |
| Соль | 3,76 | 3,76 | 3,76 |
| Итого | 400,0 | 400,0 | 400,0 |
| Добавка (вода+добавка) | 31,2 | 46,8 | 62,4 |
| Выход | 431,2 | 446,8 | 462,4 |

По рецептурам, представленным в табл. 5, были приготовлены опытные образцы теста (рис. 5).



Рис. 5. Внешний вид образцов замеса теста контрольной и опытных рецептов
Fig. 5. Appearance of dough samples of control and experimental recipes

Для получения пельменей все образцы теста раскатывали равномерно по толщине (рис. 6).

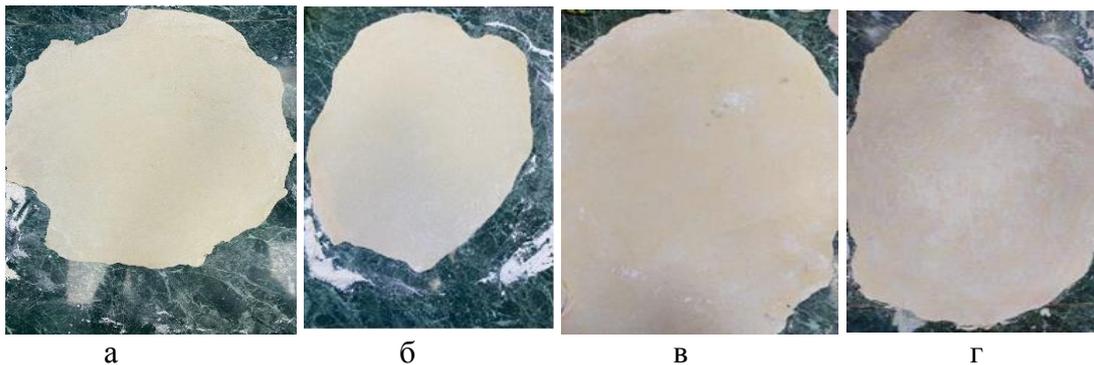


Рис. 6. Раскатанные образцы теста: а – контроль; б – 2 % ФКВ; в – 3 % ФКВ;
г – 4 % ФКВ

Fig. 6. Rolled dough samples: a – control; b – 2 % CFF; c – 3 % CFF; d – 4 % CFF

Из рис. 6 видно, что с увеличением добавки ФКВ происходило изменение цвета теста (со светло-желтого на серый).

Из раскатанного теста и фарша мятная приготавливали пельмени с соотношением массы тестовой оболочки и начинки 50:50. Общая масса одного пельменного изделия составляла 12 г.

Одна часть пельменей была заморожена для физико-химических исследований, а другая – термически обработана варкой в течение 8–9 мин.

Результаты термической обработки опытных образцов партий пельменей с различной концентрацией добавки ФКВ на массовый выход готовой продукции показаны в табл. 6.

Таблица 6. Влияние термической обработки опытных образцов партийпельменей с различной концентрацией добавки ФКВ на массовый выход готовой продукции
Table 6. Influence of heat treatment of test samples of batches of dumplings with different concentrations of CFF additives on the mass yield of finished products

| Добавка ФКВ, % | Масса пельменей | | | |
|----------------|-----------------|----------------|---------------|------|
| | до варки, г | после варки, г | прирост массы | |
| | | | г | % |
| 0 (контроль) | 200 | 271 | 71,0 | 35,5 |
| 2 | 288 | 339 | 51,0 | 17,7 |
| 3 | 326 | 390 | 64,0 | 19,6 |
| 4 | 252 | 308 | 56,0 | 22,2 |

Из табл. 6 видно, что пельмени с добавкой ФКВ до 4 % имеют меньший прирост массы после варки по сравнению с контролем.

Внешний вид образцов вареных пельменей с добавкой ФКВ в тестовую оболочку изображен на рис. 7.



Рис. 7. Внешний вид образцов вареных пельменей с добавкой ФКВ в тестовую оболочку в количестве 2, 3 и 4 % (слева направо), включая контрольный образец без добавки (первый слева)

Fig. 7. Appearance of samples of boiled dumplings with the addition of FCF in the test casing in the amount of 2, 3 and 4 % (from left to right) including control sample without additive (first from left)

Оценку комплексных органолептических показателей контрольных и опытных образцов готовых изделий проводили по 5-балльной шкале, отмечая форму изделия, его целостность, вкус, запах и сочетание вкусовых, обонятельных и осязательных ощущений (флейвор), а при оценке пельменной оболочки – ее консистенцию, цвет, вкус и запах.

Органолептическая оценка контрольной и опытных образцов готовой продукции показала следующее:

– контроль: пельмени после варки были целыми, имели плоскую форму. При пережевывании вкус ненасыщенный. Тесто тонкое, по консистенции жестковатое, упругое. Вкус и запах, свойственные вареному тесту. Цвет теста светло-желтоватый, присущий данному виду готовой продукции. Вкус, запах начинки, присущие вкусу минтая. Флейвор, характерный для данного вида продукции, ощущается слабо;

– с добавлением 2 % ФКВ пельмени после варки оставались целыми, сохранившими объемную форму, тесто было более толстым, чем у контроля. При пережевывании вкус пельменей насыщенный. По консистенции тесто более нежное, чем у контроля, вкус и запах, свойственные вареному тесту, цвет светло-желтоватый, характерный для данного вида готовой продукции. Вкус и запах начинки, присущие вкусу мятая. Флейвор, свойственный данному виду продукции, ощущается явно;

– с добавлением 3 % ФКВ пельмени после варки были целыми, сохранили объемную форму, тесто более толстое, чем у контроля. При пережевывании вкус пельменей яркий и насыщенный. По консистенции тесто нежнее, чем у контроля, вкус и запах, характерные для вареного теста, цвет светло-желтоватый, присущий данному виду готовой продукции. Вкус и запах начинки, свойственные вкусу мятая. Флейвор, характерный для данного вида продукции, ощущается явно;

– с добавлением 4 % ФКВ пельмени после варки оставались целыми, сохранили объемную форму, тесто было более толстым, чем у контроля. При пережевывании вкус пельменей более яркий и насыщенный, чем в других образцах. По консистенции тесто нежнее, чем у контроля, вкус и запах, присущие вареному тесту, цвет сероватый. Вкус и запах начинки, характерные для вкуса мятая. Флейвор, свойственный данному виду продукции, ощущается явно.

Профилограмма органолептической оценки образцов рыбных пельменей изображена на рис. 8.

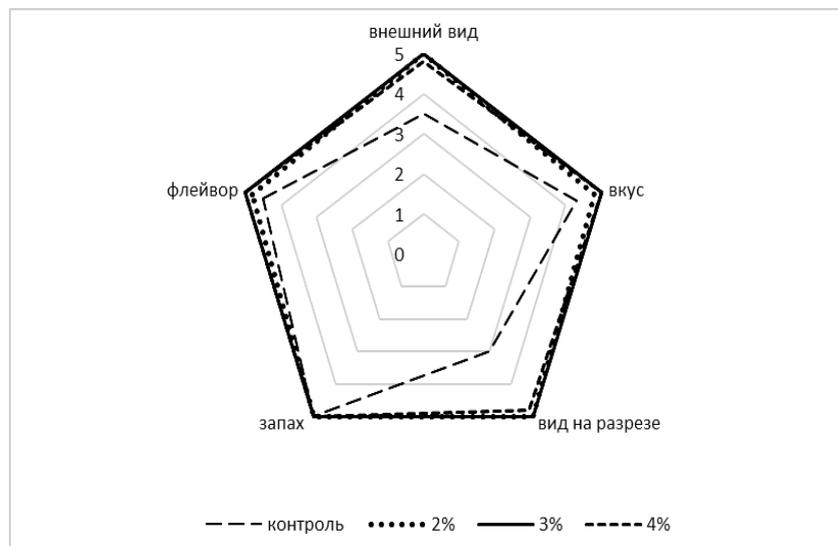


Рис. 8. Органолептическая оценка образцов рыбных пельменей
Fig. 8. Organoleptic evaluation of samples of fish dumpling

Ввиду плохой формуемости тестовой оболочки с добавлением 4 % ФКВ и образования бахромы по краям круга при резке оболочки химический анализ данного образца не проводили.

Общий химический состав тестовой оболочки с добавками ФКВ (2 и 3 %) и мороженых пельменей с начинкой из мятая представлен в табл. 7.

Таблица 7. Общий химический состав тестовой оболочки с добавками ФКВ (2 и 3 %), включая контроль (без добавки), и мороженых пельменей с начинкой из минтая

Table 7. General chemical composition of the boiled test shell with CFF additives (2 % and 3 %) including control (without additive) and ready-made dumplings stuffed with pollock

| Массовая доля определяемого показателя, % | Пельмени с добавлением ФКВ в тестовую оболочку | | |
|---|--|-------------|-------------|
| | 0 (контроль) | 2 % | 3 % |
| В тестовой оболочке | | | |
| Вода | 42,2±0,3 | 45,8±0,3 | 45,0±0,3 |
| Жир | 1,4 ±0,5 | 1,3±0,5 | 1,4±0,5 |
| Белок | 8,7 ±0,2 | 9,6±0,2 | 10,5±0,2 |
| Зола | 1,409±0,009 | 1,374±0,009 | 1,337±0,009 |
| В готовом продукте | | | |
| Вода | 56,3±0,7 | 55,6±0,7 | 57,0±0,7 |
| Жир | 3,7±0,7 | 3,4±0,7 | 4,8±0,7 |
| Белок | 11,0±0,3 | 10,8±0,3 | 12,0±0,3 |
| Зола | 1,7±0,01 | 1,61±0,01 | 1,63±0,01 |

Из табл. 7 видно, что при добавлении ФКВ увеличивается массовая доля белка как в тестовой оболочке, так и в готовых пельменях, а внесение добавки ФКВ в тестовую оболочку при производстве рыбных пельменей в количестве 2–3 % является оптимальным.

ВЫВОДЫ

1. Образцы тестовых оболочек пельменей (на основе пшеничной муки) с добавкой ФКВ имели повышенную массовую долю влаги по сравнению с контролем до варки и меньший прирост массы после варки (в интервале внесения добавки в тесто от 1 до 8 %).

2. С увеличением массовой доли добавки ФКВ в тестовой пельменной оболочке увеличивался массовый выход вареного изделия.

3. Добавка ФКВ в тестовую пельменную оболочку способствовала улучшению ее органолептических показателей (насыщенный вкус и мягкая текстура), а также увеличению массовой доли белка.

4. Включение ФКВ в рецептуру тестовой пельменной оболочки на основе пшеничной муки в количестве 2–3 % является оптимальным.

5. ФКВ – перспективный компонент рецептуры тестовых изделий как высокобелковая добавка (76,3 %) ввиду ее получения из дешевого (бросового) сырья – рыбьей чешуи.

Список источников

1. Yu W., Xu D., Li D., Guo L., Su X., Zhang, Y., ... & Xu X. Effect of pigskin-originated gelatin on properties of wheat flour dough and bread // *Food Hydrocolloids*, 2019, vol. 94, pp. 183–190. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.03.016>.
2. Kumar A., Elavarasan K., Hanjabam M. D., Binsi P. K., Mohan C. O., Zynudheen A. A., & Kumar A. Marine collagen peptide as a fortificant for biscuit: Effects on biscuit attributes // *LWT – Food Science and Technology*, 2019, vol. 109, pp. 450–456. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.04.052>.
3. Csapó J., Schobert N. Production of a high–nutritional–value functional food, the Update1 bread, with the supplementation of the wheat flour with high–protein–content raw food materials // *Acta Universitatis Sapientiae, Alimentaria*, 2017, vol. 10, no. 1, pp. 36–60.
4. Nogueira A. C., Oliveira R. A., Steel C. J. Protein enrichment of wheat flour doughs: empirical rheology using protein hydrolysates // *Food Science and Technology*, 2020, vol. 40, pp. 97–105.
5. Monteiro J. S., Farage P., Zandonadi R. P., Botelho R., de Oliveira L. D. L., Raposo A., ... & Araújo W. Systematic Review on Gluten–Free Bread Formulations Using Specific Volume as a Quality Indicator // *Foods*, 2021, vol. 10, no. 3, pp. 614.
6. Cao H., Zheng X. Z., Liu H., Yuan M., Ye T., Wu X. X., ... Xu F. Cryoprotective effect of ice-binding peptides derived from collagen hydrolysates on the frozen dough and its ice-binding mechanisms. *LWT – Food Science and Technology*, 2020, vol. 131, pp. 109687. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109678>
7. Пищевые добавки. Коллаген: обзор, виды, использование. URL: <https://kh-news.net/biznes/item/13372-pishchevye-dobavki-kollagen-obzor-vidy-ispolzovanie.html> (дата обращения: 13.02.2022).
8. Wesółowska-Trojanowska M., Tomczyńska-Mleko M., Terpiłowski K., Muszyński S., Nishinari K., Nastaj M., & Mleko, S. Co–gelation of gluten and gelatin as a novel functional material formation method // *Journal of Food Science and Technology*, 2020, vol. 57, no. 1. pp. 163–172. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04042-8>
9. Горбатовская Н. А., Муслимов Н. Ж., Джумабекова Г. Б. Влияние добавок муки бобовых культур на физические свойства пшеничного теста // Молодой ученый. 2015. №. 6. С. 141–143. URL: <https://moluch.ru/archive/86/16413/> (дата обращения: 10.02.2022).
10. Wang X., Liu X. Y., Kim S. M. Effect of Individual and Combined Addition of Marine Fish Collagen and Sea Pineapple Shell Extract on Dough Rheology and Rice Bread Quality // *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 2021, vol. 30, no. 5, pp. 630–640.
11. Han B. Effect of hydrolyzed collagen from Tilapia scale on bread quality // *Advanced Materials Research. Trans Tech Publications Ltd*, 2011, vol. 183, pp. 500–504.
12. Da Silva Graça C., Barbosa J. B., De Souza M. Z., Da Silveira Moreira A., De Mello Luvielmo M., & De Las Mercedes Salas Mellado M. Addition of collagen to gluten-free bread made from rice flour // *Braz. J. Food Technol*, 2017, vol. 20, pp. e2016105.

13. Воробьев В. И., Нижникова Е. В. Получение фракций коллагена и гидроксиапатита из рыбьей чешуи // Известия КГТУ. 2021. № 62. С. 80–91.

References

1. Yu W., Xu D., Li D., Guo L., Su X., Zhang Y., ... & Xu X. Effect of pigskin-originated gelatin on properties of wheat flour dough and bread. *Food Hydrocolloids*, 2019, vol. 94, pp. 183–190. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.03.016>.
2. Kumar A., Elavarasan K., Hanjabam M. D., Binsi P. K., Mohan C. O., Zynudheen A. A., & Kumar A. Marine collagen peptide as a fortificant for biscuit: Effects on biscuit attributes. *LWT – Food Science and Technology*, 2019, vol. 109, pp. 450–456. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.04.052>.
3. Csapó J., Schobert N. Production of a high-nutritional-value functional food, the Update1 bread, with the supplementation of the wheat flour with high-protein-content raw food materials. *Acta Universitatis Sapientiae, Alimentaria*, 2017, vol. 10, no. 1, pp. 36–60.
4. Nogueira A. C., Oliveira R. A., Steel C. J. Protein enrichment of wheat flour doughs: empirical rheology using protein hydrolysates. *Food Science and Technology*, 2020, vol. 40, pp. 97–105.
5. Monteiro J. S., Farage P., Zandonadi R. P., Botelho R., de Oliveira L. D. L., Raposo A., ... & Araújo W. Systematic Review on Gluten-Free Bread Formulations Using Specific Volume as a Quality Indicator *Foods*, 2021, vol. 10, no. 3, pp. 614.
6. Cao H., Zheng X. Z., Liu H., Yuan M., Ye T., Wu X. X., ... Xu F. Cryoprotective effect of ice-binding peptides derived from collagen hydrolysates on the frozen dough and its ice-binding mechanisms. *LWT – Food Science and Technology*, 2020, vol. 131, pp. 109687. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109678>
7. Pishchevye dobavki. Kollagen: obzor, vidy, ispol'zovanie [Nutritional supplements. Collagen: overview, types, use]. Available at: <https://kh-news.net/biznes/item/13372-pishchevye-dobavki-kollagen-obzor-vidy-ispolzovanie.html>. Accessed 10 February 2022).
8. Wesołowska-Trojanowska M., Tomczyńska-Mleko M., Terpiłowski K., Muszyński S., Nishinari K., Nastaj M., & Mleko S. Co-gelation of gluten and gelatin as a novel functional material formation method. *Journal of Food Science and Technology*, 2020, vol. 57, no. 1. pp. 163–172. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04042-8>.
9. Gorbatovskaia N. A., Muslimov N. Zh., Dzhumabekova G. B. Vliyanie dobavok muki bobovykh kul'tur na fizicheskie svoystva pshenichnogo testa [Influence of legume flour additives on the physical properties of wheat dough]. *Molodoy uchenyy*, 2015, no. 6, pp. 141–143. Available at: <https://moluch.ru/archive/86/16413/> (Accessed 10 February 2022).
10. Wang X., Liu X. Y., Kim S. M. Effect of Individual and Combined Addition of Marine Fish Collagen and Sea Pineapple Shell Extract on Dough Rheology and Rice Bread Quality. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 2021, vol. 30, no. 5, pp. 630–640.
11. Han B. Effect of hydrolyzed collagen from Tilapia scale on bread quality. *Advanced Materials Research. Trans Tech Publications Ltd*, 2011, vol. 183, pp. 500–504.

12. Da Silva Graça C., Barbosa J. B., De Souza M. Z., Da Silveira Moreira A., De Mello Luvielmo M., & De Las Mercedes Salas Mellado M. Addition of collagen to gluten-free bread made from rice flour. *Braz. J. Food Technol*, 2017, vol. 20, pp. e2016105.

13. Vorob'ev V. I., Nizhnikova E. V. Poluchenie fraktsiy kollagena i gidroksiapatita iz ryb'ey cheshui [Obtaining fractions of collagen and hydroxyapatite from fish scales]. *Izvestiya KGTU*, 2021, no. 62, pp. 80–91.

Информация об авторах

В. И. Воробьев – кандидат технических наук, доцент кафедры химии

О. П. Чернега – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии продуктов питания

А. В. Садовая – студентка 4-го курса обучения

Information about the authors

V. I. Vorobyov – PhD in Engineering, Associate Professor of the Department of Chemistry

O. P. Chernega – PhD in Engineering, Associate Professor of the Department of Food Products Technology

A. V. Sadovaya – 4th year student

Статья поступила в редакцию 10.03.2022; одобрена после рецензирования 23.03.2022; принята к публикации 06.04.2022.

The article was submitted 10.03.2022; approved after reviewing 23.03.2022; accepted for publication 06.04.2022.

Научная статья

УДК [635.615.002.62:664.292]:[536.543.81:678.026

DOI 10.46845/1997-3071-2022-65-52-65

Термодинамический анализ статических закономерностей влагопоглощения биополимером на базе его гигроскопических характеристик

Альберт Хамед-Харисович Нугманов¹, Галина Сергеевна Мещерякова²,
Виктор Александрович Лебедев³, Игорь Юрьевич Алексанян⁴,
Доркас Йиваа Аджей⁵

^{1,2,4,5} Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия

³ Газпром переработка, Астрахань, Россия

¹ albert909@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4093-9982>

² albert909@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2720-3863>

³ lebedev_91v@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6044-8315>

⁴ 16081960igor@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5494-1226>

⁵ albert909@yandex.ru

Аннотация. В настоящее время мировое сообщество серьезно обеспокоено быстрым и непредсказуемым ростом применения синтетической пищевой упаковки, что приводит к постоянному накоплению биологически не разлагаемых отходов, технология утилизации которых сложна и дорогостояща. Это обуславливает рациональность замены таких упаковочных материалов биоразлагаемыми съедобными пленками, в частности, на базе пектиновых веществ природного происхождения, которые являются природными структурообразователями, полученными из не утилизируемых отходов при переработке растительного сырья. В этом аспекте интересно использование корки арбузов, существенная часть урожая которых не доходит до потребителя по причине ее недостаточной кондиции или просто (около 150 тыс. т) остается на полях неубранной. Причем в арбузной корке содержится до 13,4 % пектиновых веществ, 8,1 % которых являются протопектином, обуславливающим прочностные параметры ягодной ткани. Для решения поставленных в работе задач, в частности, выбора рациональных режимных параметров и моделирования сушки, проведено исследование ее статистики путем определения гигроскопических характеристик и термодинамических закономерностей влагосорбции пектиновым гелем из корки арбуза, что позволило определить энергию связи влаги с сухим остатком и, как следствие, в полной мере оценить энергозатраты при процедуре его обезвоживания, а также рекомендовать конечную рациональную влажность готовой продукции в итоге процесса сушки для ее долговременной сохранности при использовании и хранении и, кроме того, определить целесообразные параметры окружающей среды, которые необходимо поддерживать в торговых, производственных и складских помещениях.

© Нугманов А. Х.-Х., Мещерякова Г. С., Лебедев В. А., Алексанян И. Ю., Аджей Д. Й., 2022

Ключевые слова: арбузное сырье, корка, пектиновые экстракты, защитная пленка, гигроскопические параметры, статические закономерности, термодинамический анализ, сушка

Для цитирования: Нугманов А. Х.-Х., Мещерякова Г. С., Лебедев В. А., Алексанян И. Ю., Аджей Д. Й. Термодинамический анализ статических закономерностей влагопоглощения биополимером на базе его гигроскопических характеристик // Известия КГТУ. 2022. № 65. С. 52–65.

Original article

Thermodynamic analysis of the static patterns of moisture absorption by a biopolymer based on its hygroscopic characteristics

Al'bert Kh.-Kh. Nugmanov¹, Galina S. Meshcheryakova², Viktor A. Lebedev³, Igor' Yu. Aleksanyan⁴, Dorkas Y. Adzhey⁵

^{1,2,4,5} Astrakhan' State Technical University, Astrakhan', Russia

³ Gazprom Pererabotka, Astrakhan', Russia

¹ albert909@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4093-9982>

² albert909@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2720-3863>

³ lebedev_91v@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6044-8315>

⁴ 16081960igor@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5494-1226>

⁵ albert909@yandex.ru

Abstract. Currently, the world community is seriously concerned about the rapid and unpredictable growth in the use of synthetic food packaging, which leads to a constant accumulation of non-biodegradable waste, the disposal of which is difficult and expensive. This determines the rationality of replacing such packaging materials with biodegradable edible films, in particular, based on pectin substances of natural origin, which are natural structure-forming agents obtained from non-recyclable waste during the processing of plant materials. In this aspect, it is interesting to use watermelon peels, a significant part of the harvest of which does not reach the consumer due to its insufficient condition or simply remains in the fields unharvested. Moreover, the watermelon rind contains up to 13,4 % of pectin substances, 8,1 % of which are protopectin, which determines the strength parameters of berry tissue. To solve the problems posed in the work, in particular, the choice of rational operating parameters and modeling of drying, a study of its statics has been carried out by determining the hygroscopic characteristics and thermodynamic regularities of moisture absorption by pectin gel from a watermelon rind, which made it possible to determine the binding energy of moisture with a dry residue and, as a consequence, in fully assess the energy consumption during the procedure of its dehydration, as well as recommend the final rational moisture content of the finished product as a result of the drying process for its long-term preservation during its use and storage and, in addition, determine the appropriate environmental parameters that need to be maintained in commercial, industrial and warehouse premises.

Keywords: watermelon raw materials, rind, pectin extracts, protective film, hygroscopic parameters, static laws, thermodynamic analysis, drying

For citation: Nugmanov A. Kh.-Kh., Meshcheryakova G. S., Lebedev V. A., Aleksanyan I. Yu., Adzhey D. Y. Thermodynamic analysis of the static patterns of

moisture absorption by a biopolymer based on its hygroscopic characteristics. *Izvestiya KGTU = KSTU News*. 2022;(65):52–65. (In Russ.).

ВВЕДЕНИЕ

Пристальное внимание в мире стали обращать на интенсивное и спонтанное увеличение использования синтетических полимерных упаковочных материалов для пищевых продуктов, что обуславливает перманентный рост отходов, которые не подвержены биоразложению. Это предопределяет актуальность решения задач по разработке и производству пищевой современной упаковки в различных секторах пищевой индустрии, которая позволит уменьшить отрицательное воздействие на внешнюю среду обитания населения, в частности, посредством заметного понижения времени биодegradации упаковки после ее применения. Одним из максимально пригодных методов решения данных задач служит широкое использование в инженерной практике съедобных защитных пленок на основе пектина из возобновляемых пищевых сырьевых источников.

Разработка защитных покрытий на базе пектиновых субстанций, служащих натуральными структурообразователями, выработанными из вторичной ресурсной базы, ориентирована на снятие комплексной проблемы при производстве готовых изделий путем глубокой обработки основных сырьевых материалов и разработки оригинального пленочного материала [1]. При этом техническим результатом получения пектиносодержащих пленочных структур является их способность обеспечить защиту пищевым продуктам от микробиологической порчи, естественных потерь при хранении и сохранности показателей качества и безопасности. Следует отметить, что в условиях нарастания рыночной потребности в пленочных покрытиях определяющей становится задача выявления новых источников для их производства.

Эмпирическое исследование гигроскопических параметров (ГП) направлено на определение итоговой, наиболее приемлемой для длительного хранения, влажности (W) продукта и выявление математического описания показателей, обуславливающих энергию связи влаги с материалом, определяющую энергоемкость процесса влагоудаления, опираясь на классические термодинамические закономерности без детального исследования молекулярной структуры объекта изучения.

По причине того, что операция обезвоживания арбузного полуфабриката (АП) осуществляется с повышенными энергозатратами, в гигроскопическом ареале W целесообразно посредством статических закономерностей оценить трансфер массы и энергии с целью выявления влияния вида и механизма связывания воды с сухим остатком на качественные параметры итогового высушенного материала, что целесообразно принимать во внимание при проектировании проводимых операций и технологического оборудования.

Целью исследования является осуществление анализа статических и термодинамических закономерностей процедуры сорбции влаги пектиновым гелем из арбузной корки на основе изучения его гигроскопических параметров для оптимизации и моделирования операции обезвоживания.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве перспективного вторичного ресурса для производства пектино-содержащей пленки вполне может подойти арбузное сырье, так как, во-первых, в нем присутствует 13,4 % пектиновых компонентов, из которых 8,1 % приходится на протопектин, определяющий прочность плодовой ткани [2], а во-вторых, согласно данным волгоградских ученых [3], невостребованной арбузной продукции на полях остается около 150 тыс. т, а это выброшенные ресурсы, используя которые, можно получить различные и при этом нужные на рынке пищевые продукты, в том числе и глубокой переработки, те же пленочные пектиносодержащие структуры.

Конкретным объектом данного исследования послужил арбузный полуфабрикат (АП), состоящий из пектинового экстракта из не утилизируемой корки арбуза и необходимых для получения пленочной структуры дополнительных премиксов (микрористаллическая целлюлоза, глицерин).

При изучении ГП АП определялась его гигроскопическая способность, определяющая равновесную влажность (W_p) материала статическим тензометрическим способом [4, 5], по которому пробы АП с известной влажностью W выставлялись в эксикаторной емкости с раствором различно концентрированной серной кислоты, причем заданная кислотная концентрация при определенной температуре (T) обуславливает определенную величину относительной влажности воздушной среды (φ) в эксикаторе [6, 7]. Взвешенная проба АП с точностью до 0,001 г после прекращения изменения ее массы имеет W_p .

W_p рассчитывалась по соотношению:

$$W_p = \frac{G_2 - G_1(1 - W_{обр})}{G_2}, \quad (1)$$

где $W_{обр}$ – исходная влажность навески, кг/кг; G_1 – ее исходная масса, кг; G_2 – ее масса после достижения равновесного состояния, кг.

В процессе построения сорбционных изотерм (ИС) считаем [4, 6, 8], что величины параметров активности воды (A_w) и φ идентичны по причине идентичности парциального парового давления над поверхностью навески и в ядре эксикаторной среды.

В качестве потенциала переноса водяного пара в воздушной среде можно принять химический потенциал (μ), т. е. в гигроскопической точке потенциал паропереноса ориентировочно идентичен по модулю химическому потенциалу [4, 7]:

$$|\Theta| = |\mu| = RT \ln A_w, \quad (2)$$

где R – универсальная газовая константа, равная 8,314 Дж/(моль·К); T – температура в эксикаторе, °К.

Величина μ для определенной точки обусловлена выбором начала отсчета при его нулевой величине μ_0 , которая при постоянной температуре в гигроскопической точке соответствует φ , равной единице для влаги в свободном состоянии. В любой точке при произвольно взятом φ движущая сорбционная сила есть: $\Delta\mu = \mu - \mu_0$.

Рациональным критерием оценки вида связи влаги с сухим остатком является энергия этой связи, т. е. работа при постоянной температуре обратимого отрыва одного моля влаги для заданной влажности без варьирования состава материала [6, 7]:

$$\Delta \mu = E = \left(\frac{\partial \Delta F}{\partial W_p} \right)_T = RT \frac{p_s}{p_u} = -RT \ln A_w, \quad (3)$$

где E обуславливает свободную энергию 1-го моля адсорбированной субстанции в слое; p_s – давление насыщенного пара воды в свободном состоянии над поверхностной плоскостью, Па; p_u – давление пара в состоянии насыщения при той же T , Па.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате опытной серии, проведенной вышеописанным тензометрическим способом, построены ИС для АП при $T = 298$ °К и 323 °К, которые проиллюстрированы на рис. 1.

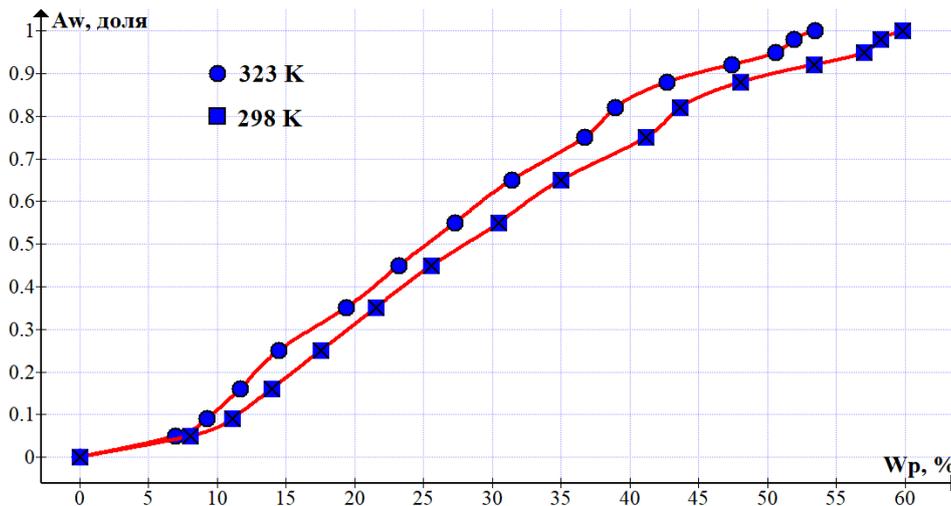


Рис. 1. Кривые равновесия при сорбции влаги сухим полуфабрикатом
Fig. 1. Equilibrium curves for moisture sorption by dry semi-finished product

Принимая во внимание основополагающую классификацию [9–13], высушенную пленочную субстанцию можно причислить к капиллярно-микропористому веществу со значительной микропористостью и наличием множества капилляров, через которые в том или ином направлении мигрирует водяной пар.

На построенных ИС можно выделить три участка, более явно видные в их полулогарифмической интерпретации (рис. 2).



Рис. 2. Кривые равновесия, построенные в полулогарифмических координатах
Fig. 2. Equilibrium curves plotted in semi-logarithmic coordinates

Согласно известной классификации БЭТ [14, 15], опирающейся на положения теории полимолекулярной адсорбции, традиционно выделяются пять типов ИС. В нашем варианте ИС можно причислить ко II-му типу, характерному для пищевых гидрофильных субстанций [15].

В работе [16] предложена математическая аппроксимация ИС двумя соотношениями. С этой целью ИС (рис. 2) разбивают на две зоны: первая – от W_0 до W_m ; вторая – от W_m и далее. Точка W_0 на ИС обуславливает трансфер от моно- к полимолекулярной адсорбционной связи и находится на пересечении нормали из первой точки перегиба на ИС и горизонтальной координатной оси. Как правило, при реальном удалении влаги из АП ее мономолекулярно связанная часть не отводится, и по этой причине зону от 0 до W_0 можно не принимать во внимание при описании ИС. Точка W_m обуславливает трансфер полимолекулярной влаги к капиллярно- и структурно связанной влаге и находится на пересечении нормали ко второй точке перегиба на ИС с горизонтальной координатной осью (рис. 3). Таким образом, на ИС необходимо учесть зону от W_0 до W_m и зону от W_m и далее вправо.

Отметим, что равновесную влажность в конечной точке первой зоны $0,24 \leq w_p \leq 0,26$ можно принять в качестве рациональной для хранения сухого АП, т. е. для этой цели можно использовать интервал W от 25 до 27 %.

Обе зоны (рис. 3) аппроксимированы соотношениями, приведенными ниже с относительной ошибкой не более 3 %.

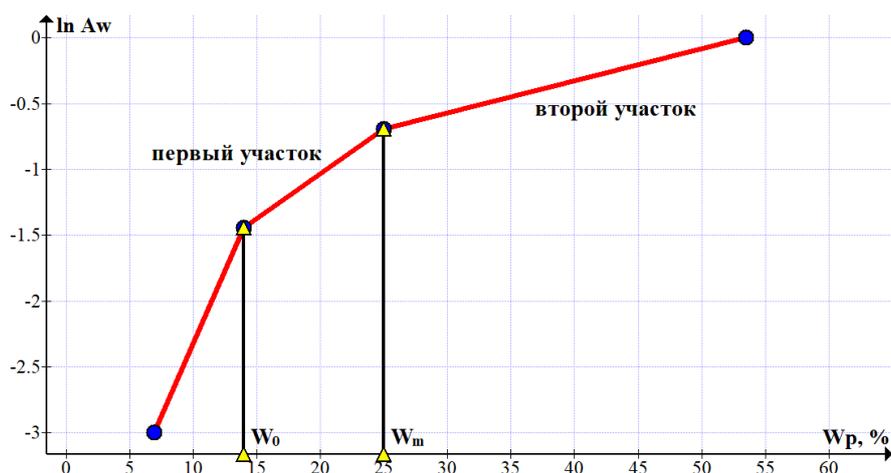


Рис. 3. Разбивка на участки с разным видом связи влаги с материалом: от 0 до w_0 – преобладает химическая связь; от w_0 до w_m – преобладает адсорбционно связанная влага; от w_m и выше – капиллярно связанная и осмотическая влага

Fig. 3 Breakdown into areas with different types of moisture-material bond: from 0 to w_0 – chemical bond prevails; from w_0 to w_m – adsorption bound moisture prevails; from w_m and above – capillary bound and osmotic moisture

Аппроксимированные уравнения (4) и (5) для изотермы сорбции, построенной при температуре 323 °К:

Участок 1: $0,14 \leq w_p \leq 0,25$:

$$\ln A_w = 6,827W_p - 2,416 . \quad (4)$$

Участок 2: $0,25 \leq w_p \leq 0,54$:

$$\ln A_w = 2,451W_p - 1,320 . \quad (5)$$

Аппроксимированные уравнения (6) и (7) для изотермы сорбции, построенной при температуре 298 °К:

Участок 1: $0,14 \leq w_p \leq 0,25$:

$$\ln A_w = 9,024W_p - 3,092 . \quad (6)$$

Участок 2: $0,25 \leq w_p \leq 0,54$:

$$\ln A_w = 2,392W_p - 1,431 . \quad (7)$$

С целью аппроксимации варьирования свободной энергии Гиббса ($d\Delta F/dW_p$) по влажности для двух выбранных зон, находящихся в гигроскопическом ареале, было использовано соотношение (3):

Для первой:

$$\frac{\partial \Delta F}{\partial W_p} = -RT \ln A_w = -RT (6,827W_p - 2,416) ,$$

$$\frac{\partial \Delta F}{\partial W_p} = 6489 - 18333W_p . \quad (8)$$

Для второй:

$$\frac{\partial \Delta F}{\partial W_p} = -RT \ln A_w = -RT(2,451W_p - 1,320),$$

$$\frac{\partial \Delta F}{\partial W_p} = 3546 - 6581W_p. \quad (9)$$

Статические закономерности взаимосвязи сухих веществ с водной средой и анализ ИС дают возможность выявить и провести оценку механизма варьирования слагаемых в соотношении Гиббса–Гельмгольца при неизменном давлении и температуре [4]: $\Delta F = \Delta E - T \Delta S$ ($\Delta E, \Delta S$ – варьирование внутренней энергетической (энтальпии) и энтропийной составляющих, а также их производных по w_p при $P, T = const$):

$$\left(\frac{\partial \Delta F}{\partial W_p} \right)_{T,P} = \left(\frac{\partial \Delta E}{\partial W_p} \right)_{T,P} - T \cdot \left(\frac{\partial \Delta S}{\partial W_p} \right)_{T,P}, \quad (10)$$

где энтропийная часть свободной энергии $T \cdot \left(\frac{\partial \Delta S}{\partial W_p} \right)_{T,P}$ для множества веществ имеет существенное значение.

Взяв производную соотношения (10) по T , получим:

$$\frac{\partial}{\partial T} \left(\frac{\partial \Delta F}{\partial W_p} \right)_{T,P} = -T \cdot \left(\frac{\partial \Delta S}{\partial W_p} \right)_{T,P} \quad (11)$$

Приняв во внимание уравнение (3) для дифференциального варьирования энтропии связанной водной среды, имеем:

$$\left(\frac{\partial \Delta S}{\partial W_p} \right)_{T,P} = \frac{-\partial(RT \ln A_w)}{\partial T} = -R \frac{\partial(T \ln A_w)}{\partial T}. \quad (12)$$

Отметим, что нужно иметь соотношения, где $\ln A_w$ находится в зависимости от w и T , то есть необходимо построить ИС при различных T . Делаем допущение о том, что сдвиг ИС при варьировании T проходит по линейному закону, тогда $\ln A_w = f(w_p, T)$ для линейного участка выглядит следующим образом:

$$\ln A_w = (aT + b)W_p + (cT + d), \quad (13)$$

для криволинейного:

$$\ln A_w = (aT + b)W_p^3 + (cT + d)W_p^2 + (eT + f)W_p + (gT + k). \quad (14)$$

Взяв производную от соотношений (13) и (14) по температуре, перемножив при этом $\frac{\partial \Delta S}{\partial W_p}$ и T , найдем величину энергетического варьирования.

Получив соотношения для двух зон при $T = 323$ °К и 298 °К, определяем для них коэффициенты из следующих систем уравнений:

$$\begin{cases} 323a + b = 6,827 \\ 298a + b = 9,024 \end{cases} \text{ и } \begin{cases} 323c + d = -2,416 \\ 298c + d = -3,092 \end{cases}.$$

| | |
|-----|---------|
| a | -0,088 |
| b | 35,219 |
| c | 0,027 |
| d | -11,148 |

Далее для первой зоны, имея значения коэффициентов, находим $T \frac{\partial \Delta S}{\partial W_p}$:

$$T \frac{\partial \Delta S}{\partial W_p} = 57910W_p - 16959. \quad (15)$$

Так же для второй зоны:

$$\begin{cases} 323a + b = 2,451 \\ 298a + b = 2,392 \end{cases} \text{ и } \begin{cases} 323c + d = -1,320 \\ 298c + d = -1,431 \end{cases}.$$

| | |
|-----|--------|
| a | 0,002 |
| b | 1,688 |
| c | 0,004 |
| d | -2,751 |

$$T \frac{\partial \Delta S}{\partial W_p} = -8631W_p - 297. \quad (16)$$

Учитывая соотношение (10), находим соотношение для $\frac{\partial \Delta E}{\partial W_p}$.

Для первой зоны:

$$\frac{\partial \Delta E}{\partial W_p} = 39577W_p - 10470. \quad (17)$$

Для второй зоны:

$$\frac{\partial \Delta E}{\partial W_p} = 3249W_p - 15212. \quad (18)$$

В результате были построены зависимости энергетических варьирований от влажности, которые представлены на рис. 4.

Информация о варьировании связанной сорбционной энергии при переменных T нужна для нахождения удельной тепловой энергии испарения $r = f(W, T)$ (Дж/кг) и определенных технологических условий операции обезвоживания, в частности для решения адаптированной к АП математической модели трансфера вещества и тепла, в которую входит данная функциональная зависимость [5, 10].

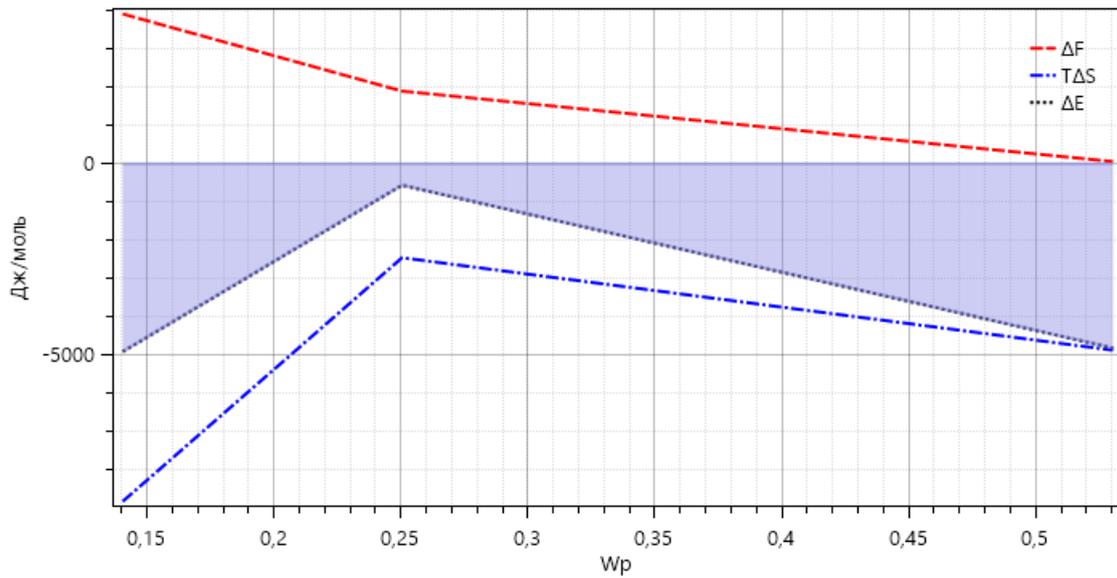


Рис. 4. Изменение свободной $\frac{\partial \Delta F}{\partial W_p}$, связанной $T \frac{\partial \Delta S}{\partial W_p}$ и внутренней $\frac{\partial \Delta E}{\partial W_p}$ энергии в зависимости от влажности материала

Fig. 4. Change in free $\frac{\partial \Delta F}{\partial W_p}$, bound $T \frac{\partial \Delta S}{\partial W_p}$ and internal $\frac{\partial \Delta E}{\partial W_p}$ energy depending on the moisture content of the material

При проектировании операции влагоудаления общую энергию испарения r [5] находят, складывая теплоту испарения свободной влаги r' , смачивания $r_{см}$ и $r_{энт}$, обуславливающую энтропийную составляющую.

$$r = r' + r_{см} + r_{энт}. \quad (19)$$

r' находится в линейной зависимости от T насыщенного пара в пределах варьирования $T = 323 \dots 298$ [173]:

$$r' = 3118,458 \cdot 10^3 - 2286T \quad (20)$$

$r_{см}$ находится из соотношения [172]:

$$r_{см} = \left| 55,556 \cdot \left(\frac{\partial \Delta F}{\partial W_p} \right)_{T,p} \right| \quad (21)$$

$r_{энт}$ определяется как [172]:

$$r_{энт} = \left| 55,556 \cdot T \cdot \left(\frac{\partial \Delta S}{\partial W_p} \right)_{T,p} \right| \quad (22)$$

Итак, для обеих зон значение r' является неизменным и равно:

$$r = 3118,458 \cdot 10^3 - 2286 \cdot 323 = 2380080 \text{ Дж/кг.} \quad (23)$$

Для первого участка:

$$r_{см} = \left| 360486 - 1018520W_p \right|, \quad (24)$$

$$r_{эм} = |3217274W_p - 942161| \quad (25)$$

$$r = 2380080 + |360486 - 1018520W_p| + |3217274W_p - 942161|. \quad (26)$$

Для второго участка:

$$r_{см} = |197003 - 365632W_p|, \quad (27)$$

$$r_{эм} = |-479495W_p - 16490|. \quad (28)$$

$$r = 2380080 + |197003 - 365632W_p| + |-479495W_p - 16490|. \quad (29)$$

На рис. 5 показана зависимость теплоты парообразования в гигроскопической области влагоудаления от равновесной влажности.

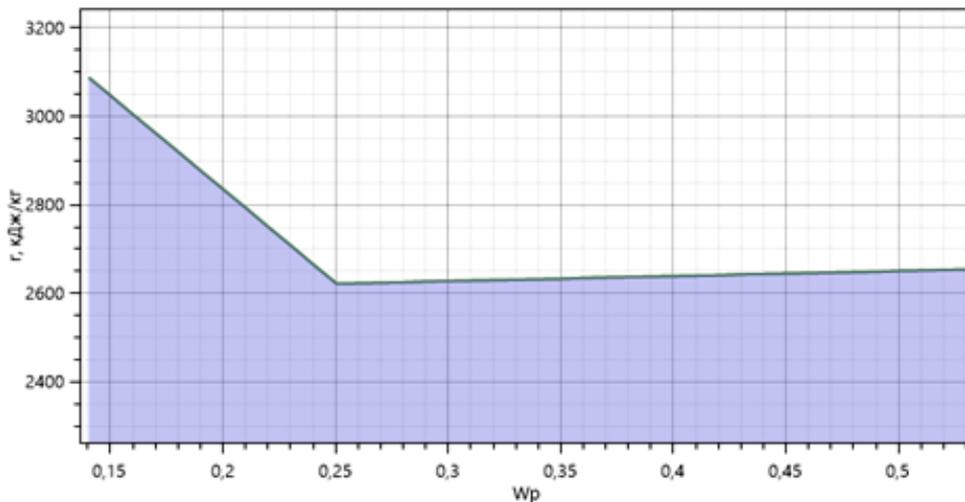


Рис. 5. Графическая зависимость удельной тепловой энергии испарения от равновесной влажности в процессе снижения влажности у исследуемого материала

Fig. 5. Graphical dependence of the specific thermal energy of evaporation on the equilibrium moisture content in the process of decreasing moisture content in the test material

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, осуществлен анализ статических и термодинамических закономерностей процедуры сорбции влаги пектиновым гелем, полученным из арбузной корки, на основе изучения его гигроскопических параметров для оптимизации и моделирования операции обезвоживания.

Проведено эмпирическое исследование гигроскопических параметров, которое дало возможность определить итоговую, наиболее приемлемую для длительного хранения влажность продукта. Дополнительно выявлены и математически описаны показатели, обуславливающие энергию связи влаги с материалом и определяющие итоговую полезную энергоёмкость процесса влагоудаления.

Список источников

1. Хатко З. Н. Ашинова А. А Пектиносодержащие пленочные структуры: монография. Майкоп: Изд-во МГТУ, 2019. 110.
2. Внукова Т. Н., Влащик Л. Г. Технология функционального десерта с использованием натуральных ингредиентов // Молодой ученый. 2015. № 5.1 (85.1). С. 73–77.
3. Арбузы в цифрах. [Электронный ресурс]. URL: https://www.rbc.ru/own_business/24/08/2017/599c39f09a794755c7c0e49c (Дата обращения: 17.06.2021).
4. Алексанян И. Ю. Развитие научных основ процессов высокоинтенсивной сушки продуктов животного и растительного происхождения: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.18.12. М., 2001. 52 с.
5. Массообменные процессы в химической и пищевой технологии: учеб. пособие / И. Ю. Алексанян [и др.]. Санкт-Петербург: Лань. 2014. 222 с.
6. Гигроскопические свойства водорастворимых антоциановых комплексов, выделяемых из плодово-ягодного сырья / Е. В. Андреева, С. С. Евсеева, А. Х.-Х. Нугманов, И. Ю. Алексанян // Вестник Международной академии холода. 2020. № 4. С. 45–52.
7. Определение гигроскопических свойств и десорбционных параметров в технологии гранулирования пшеничной клейковины / Е. В. Фоменко, И. Ю. Алексанян, О. А. Петровичев, В. Н. Лысова // Вестник Международной академии холода. 2019. № 2. С. 86–94.
8. Васильев В. Н., Куцакова В. Е., Фролов С. В. Технология сушки. Основы тепло- и массопереноса: учебник для вузов. Санкт-Петербург: ГИОРД, 2013. 224 с.
9. Лыков А. В. Сушка в химической промышленности. Москва: Химия. 1970. 499 с.
10. Максименко Ю. А. Развитие научно-практических основ и совершенствование процессов сушки растительного сырья в диспергированном состоянии: дис. ... докт. техн. наук: 05.18.12. Астрахань, 2016. 502 с.
11. Алексанян И. Ю., Буйнов А. А. Высокоинтенсивная сушка пищевых продуктов. Пеносушка. Теория. Практика. Моделирование: монография. Астрахань: АГТУ, 2004. 380 с.
12. Bazardeh M. E. Esmaili M. Sorption isotherm and state diagram in evaluating storage stability for sultana raisins. Journal of Stored Products Research, 2014, no. 59, pp. 140–145.
13. Blahovec J., Yanniotis S. Modified classification of sorption isotherms. Journal of Food Engineering, 2009, no. 91(1), pp. 72–77.
14. Henderson D., Snook I. K. Adsorption of gases and vapors on a solid surface. Journal of Physical Chemistry. 1983, no. 87(15), pp. 2956–2959.
15. Никитина Л. М. Гигроскопические параметры и коэффициенты массопереноса во влажных материалах. М.: Энергия, 1967. 499 с.
16. Вычисление энергии на испарение связанной влаги из джекфрута / Т. С. Нгуен, А. Х.-Х. Нугманов, З. М. Арабова, А. А. Нугманова // Известия КГТУ. 2019. № 55. С. 214–225.

References

1. Khatko Z. N., Ashinova A. A. *Pektinosoderzhashchie plenochnye struktury* [Pectin-containing film structures]. Maykop, MGTU Publ., 2019. 110 p.
2. Vnukova T. N., Vlashchik L. G. *Tekhnologiya funktsional'nogo deserta s ispol'zovaniem natural'nykh ingredientov* [Technology of functional dessert with the use of natural ingredients]. *Molodoy uchenyy*, 2015, no. 5.1 (85.1), pp. 73–77.
3. *Arbuzy v tsifrah* [Watermelons in numbers]. Available at: https://www.rbc.ru/own_business/24/08/2017/599c39f09a794755c7c0e49c (Accessed 17 Juny 2021).
4. Aleksanyan I. Yu. *Razvitie nauchnykh osnov protsessov vysokointensivnoy sushki produktov zhivotnogo i rastitel'nogo proiskhozhdeniya. Avtoreferat diss. dokt. tekhn. nauk* [Development of scientific foundations of the processes of high-intensity drying of products of animal and plant origin. Abstract of dis. dr. sci.]. Moscow, 2001, 52 p.
5. Aleksanyan I. Yu. [i dr.]. *Massoobmennyye protsessy v khimicheskoy i pishchevoy tekhnologii: ucheb. posobie* [Mass exchange processes in chemical and food technology: textbook]. Saint-Petersburg, Lan', 2014, 222 p.
6. Andreeva E. V., Evseeva S. S., Nugmanov A. Kh.-Kh., Aleksanyan I. Yu. *Gigroskopicheskie svoystva vodorastvorimykh antotsianovykh kompleksov, vydelyaemykh iz plodovo-yagodnogo syr'ya* [Hygroscopic properties of water-soluble anthocyanin complexes isolated from fruit and berry raw materials]. *Vestnik Mezhdunarodnoy akademii kholoda*, 2020, no. 4, pp. 45–52.
7. Fomenko E. V., Aleksanyan I. Yu., Petrovichev O. A., Lysova V. N. *Opreделение gigroskopicheskikh svoystv i desorbtsionnykh parametrov v tekhnologii granulirovaniya pshenichnoy kleykoviny* [Determination of hygroscopic properties and desorption parameters in the technology of granulation of wheat gluten]. *Vestnik Mezhdunarodnoy akademii kholoda*. 2019, no. 2, pp. 86–94.
8. Vasil'ev V. N., Kutsakova V. E., Frolov S. V. *Tekhnologiya sushki. Osnovy teplo- i massoperenosa: uchebnyk dlya vuzov* [Drying technology. Basics of heat and mass transfer: textbook for universities]. Saint-Petersburg, GIOR, 2013, 224 p.
9. Lykov A. V. *Sushka v khimicheskoy promyshlennosti* [Drying in the chemical industry]. Moscow, Khimiya, 1970, 499 p.
10. Maksimenko Yu. A. *Razvitie nauchno-prakticheskikh osnov i sovershenstvovanie protsessov sushki rastitel'nogo syr'ya v dispergirovannom sostoyanii. Diss. dokt. tekhn. nauk* [Development of scientific and practical foundations and improvement of drying processes of vegetable raw materials in a dispersed state. Dis. dr. tech. sci.]. Astrakhan', 2016, 502 p.
11. Aleksanyan I. Yu., Buynov A. A. *Vysokointensivnaya sushka pishchevykh produktov. Penosushka. Teoriya. Praktika. Modelirovanie* [High-intensity drying of food products. Foam dryer. Theory. Practice. Modeling]. Astrakhan', AGTU, 2004, 380 p.
12. Bazardeh M. E., Esmaili M. Sorption isotherm and state diagram in evaluating storage stability for sultana raisins. *Journal of Stored Products Research*, 2014, no. 59, pp. 140–145.
13. Blahovec J., Yanniotis S. Modified classification of sorption isotherms. *Journal of Food Engineering*, 2009, no. 91(1), pp. 72–77.

14. Henderson D., Snook I. K. Adsorption of gases and vapors on a solid surface. *Journal of Physical Chemistry*. 1983, no. 87(15), pp. 2956–2959.

15. Nikitina L. M. *Gigroskopicheskie parametry i koeffitsienty massoperenosa vo vlazhnykh materialakh* [Hygroscopic parameters and coefficients of mass transfer in wet materials]. Moscow, Energy Publ., 1967. 499 p.

16. Nguen T. S., Nugmanov A. Kh.-Kh., Arabova Z. M., Nugmanova A. A. Vychislenie energii na isparenii svyazannoy vlagi iz dzhekfruta [Calculation of energy for evaporation of bound moisture from jackfruit]. *Izvestiya KGTU*, 2019, no. 55, pp. 214–225.

Информация об авторах

А. Х.-Х. Нугманов – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Технологические машины и оборудование»

Г. С. Мещерякова – младший научный сотрудник научно-исследовательской части

В. А. Лебедев – машинист технологических насосов

И. Ю. Алексанян – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технологические машины и оборудование»

Д. Й. Аджей – аспирант кафедры «Технологический машины и оборудование»

Information about the authors

A. Kh.-Kh. Nugmanov – Doctor of Engineering, Associate Professor, Professor of the Department «Technological Machines and Machinery»

G. S. Meshcheryakova – junior researcher of the Research Department

V. A. Lebedev – technological pump operator

I. Yu. Aleksanyan -Doctor of Engineering, Professor, Professor of the Department «Technological Machines and Machinery»

D. Y. Adzhey – graduate student of the Department «Technological Machines and Machinery»

Статья поступила в редакцию 14.10.2021; одобрена после рецензирования 01.03. 2022; принята к публикации 23.03.2022.

The article was submitted 14.10.2021; approved after reviewing 01.03. 2022; accepted for publication 23.03.2022.

Научная статья
УДК 664.959.5, 687.552
DOI 10.46845/1997-3071-2022-65-66-80

**Биоэкологический потенциал морского плацентарного коллагена
в косметологии**

**Наталья Анатольевна Рачкова¹, Владимир Владимирович Соклаков²,
Борис Юрьевич Воротников³**

^{1,2,3}Калининградский государственный технический университет, Калининград,
Россия

³vorotnikov@klgtu.ru

Аннотация. Прогнозируемый рост производства рыбной продукции повлечет за собой увеличение объемов неиспользуемых отходов, белковая часть которых в значительной степени представлена коллагеном. Ожидается двукратный рост общемирового рынка этого белка за 10 лет в финансовом выражении, при этом морской коллаген обладает преимуществом по сравнению с коллагеном наземных животных вследствие его низкой иммуногенности, отсутствия связанных зоонозных заболеваний и религиозных ограничений на его потребление, а также низкой себестоимости. В результате сравнения наиболее широко производимого коллагена I типа с полученным нами коллагеном V типа выдвинуто предположение об уникальных характеристиках надмолекулярной структуры последнего, обусловленных цикличностью развития плацентарных тканей. Приведен обзор различных технологий фибриллообразующих и сетеобразующих морских коллагенов, которые не охватывают переработку вторичного плацентарного сырья. Предложена обобщенная функциональная схема получения растворимого коллагена, при конкретизации которой для частной технологии следует учитывать физико-химические особенности сырья и принадлежность извлекаемого белка к конкретному типу. Рассмотрены существующие направления использования коллагена в косметической промышленности, обусловленные его биосовместимостью, биоразлагаемостью, биомиметическими и кровоостанавливающими свойствами. Среди спектра назначения возможных косметических препаратов отмечены антивозрастная защита, смягчение и увеличение эластичности кожных покровов, анальгезирующее и регенерирующее действие, защита от УФ-излучения, восстановление структуры волос и укрепление ногтевой пластины. Предложены образцы товарных форм косметических средств на основе полученного нами морского плацентарного коллагена и иных нативных компонентов икры, извлекаемых из вторичного сырья. После применения изготовленных нами косметических препаратов у добровольцев отсутствовали какие-либо отрицательные эффекты. Спрогнозирован синергетический эффект при совместном использовании коллагена I и V типов. Отмечен экологический аспект производства морского плацентарного коллагена.

Ключевые слова: морской плацентарный коллаген, структура коллагена, технология морского коллагена, косметическая промышленность

Для цитирования: Рачкова Н. А., Соклаков В. В., Воротников Б. Ю. Биоэкологический потенциал морского плацентарного коллагена в косметологии // Известия КГТУ. 2022. № 65. С. 66–80.

Original article

Bioecological potential of marine placental collagen in cosmetology

Natalya A. Rachkova¹, Vladimir V. Soklakov², Boris Yu. Vorotnikov³

^{1,2,3}Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

³vorotnikov@klgtu.ru

Abstract. The projected growth of fish products will entail an increase in the volume of unused waste, which protein part is significantly represented by collagen. The global market for this product is expected to double in 10 years in financial terms, while marine collagen has an advantage over the collagen of terrestrial animals due to its low immunogenicity, absence of associated zoonotic diseases and religious restrictions on its consumption, as well as low cost. As a result of comparing the most widely produced type I collagen with the type V collagen we obtained, a suggestion has been made about the unique characteristics of the supramolecular structure of the latter, due to the cyclical development of placental tissues. An overview is given of various technologies for the production of fibrillating and network-forming marine collagens, which do not cover processing of secondary placental raw materials. A generalized functional scheme for the production of soluble collagen has been proposed. And when one specifies it for a particular technology, it is necessary to take into account physico-chemical characteristics of the raw material and the specific type of the extracted protein. The existing directions of the collagen use in the cosmetic industry have been considered, associated with its biocompatibility, biodegradability, biomimetic and hemostatic properties. Among the spectrum of possible cosmetic preparations, anti-aging protection, softening and increasing the elasticity of the skin, analgesic and regenerating effect, protection from UV radiation, restoration of the hair structure and strengthening of the nail bed have been noted. Samples of commercial forms of cosmetics based on the marine placental collagen and other native components of roe extracted from secondary raw materials have been proposed. The volunteers did not have any negative effects after using the cosmetic preparations developed by us. A synergistic effect is predicted with the joint use of collagen types I and V. The ecological aspect of the production of marine placental collagen has been mentioned.

Keywords: marine placental collagen, collagen structure, technology of marine collagen, cosmetics industry

For citation: Rachkova N. A., Soklakov V. V., Vorotnikov B. Yu. Bioecological potential of marine placental collagen in cosmetology. *Izvestiya KGTU = KSTU News*. 2022;(65):66–80. (In Russ.).

ВВЕДЕНИЕ

Общемировое производство рыбной продукции согласно оценкам ВОЗ планируется увеличить со 175 млн т в 2017 г. до 194 млн т в 2026 г., при этом, по

расчетам специалистов стран Евросоюза, неиспользуемыми остаются более 50 % отходов рыбопереработки, общий объем которых составляет порядка 32 млн т [1, 2].

Одним из основных по объему потенциальных продуктов переработки вторичного рыбного сырья представляется коллаген – самый распространенный в природе животный белок, составляющий до 35 % от общего количества протеинов [3]. Сфера применения коллагеновых препаратов крайне широка: она охватывает как минимум пищевую, фармацевтическую, химическую, косметическую промышленность и производство кормов.

Общемировой рынок коллагена постоянно растет: так, в 2016 г. он оценивался в \$3,71 млрд, в 2018 г. составил уже \$4,27 млрд, и прогнозируется, что он достигнет \$6,63 млрд к 2025 г. [4, 5]. При этом производство и использование морского коллагена становятся все более актуальными не только по причине поиска безотходных технологий переработки гидробионтов, но и по целому ряду причин, приводящих к снижению использования отходов переработки свиней и крупного рогатого скота, являющихся традиционным сырьем для его получения. Среди таких причин можно назвать характерные для указанного сырья зоонозные заболевания (губчатая энцефалопатия крупного рогатого скота, инфекционная спонгиозная энцефалопатия, свиной грипп, ящур), вследствие чего приняты законодательные ограничения для его использования в странах Евросоюза, а также неприемлемость получаемого коллагена для определенных потребительских групп по религиозным мотивам. Кроме того, по итогам регулярного длительного применения препаратов на основе коллагена млекопитающих отмечено возникновение аллергических реакций и незавершенного остеогенеза [5]. К достоинствам же морского коллагена можно отнести его большее содержание в сырье по сравнению с коллагеном наземных животных, меньшее содержание в нем биологических токсинов и различных контаминантов, меньшую иммуногенность и цитотоксичность, пониженный воспалительный ответ и метаболическое соответствие, что позволило Управлению по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США присвоить морскому коллагену оценку общепризнанно безопасного (GRAS) [1, 2, 4–18]. К тому же очевидно, что использование прилова, некондиционного пищевого сырья и пищевых отходов рыбопереработки, т. е. сырья с отрицательной товарной стоимостью, делает морской коллаген более дешевым, нежели коллаген наземных животных [8].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Особенности структуры коллагенов

Известно, что в основе молекулярной структуры коллагенов всех типов лежат три взаимно переплетенные спиральные полипептидные цепи, в значительной степени обуславливающие биохимические особенности этих белков. Другими отличительными характеристиками коллагенов являются массовые доли характерных аминокислот: глицина, составляющего около 33 %, суммы пролина и оксипролина, достигающей приблизительно 25 %, аланина – 10 и суммы аргинина, лизина, аспарагина и глутамина – 20 %, а также отсутствие в их составе цистеина и триптофана [5, 15, 19].

В современной классификации различают 29 типов коллагена. Коллагены I (производство которого имеет наибольшие масштабы) и V (полученный нами) типов относят к фибриллообразующим [2, 3, 8, 15]. Базовым элементом фибриллообразующего коллагена является так называемый тропоколлаген, или γ -цепь (рис. 1) – левозакрученная вокруг общей оси гетеротримерная молекула. Тропоколлаген состоит из димера, обозначаемого как β -цепь, который, в свою очередь, представляет собой две цепи типа $\alpha 1$ (в которых есть альтернативно-скрученная область), и одной цепи типа $\alpha 2$ (в которой альтернативно-скрученная область отсутствует). Каждая из таких цепей включает более 1400 аминокислотных остатков. В молекуле тропоколлагена выделяют три домена: N-концевой, у которого отсутствует тройная спираль (N-телопептид); центральный домен в виде тройной спирали, составляющий приблизительно 95 % размера всей молекулы белка, и также неспирализованный C-концевой (C-телопептид). Центральный домен образуется благодаря повторению участков (G-X-Y)_n, где G – формирующий коллагеновую структуру глицин, а X и Y зачастую представлены соответственно пролином и оксипролином. В надмолекулярной структуре коллагена от четырех до восьми тропоколлагеновых молекул соединены в поперечной плоскости ковалентными связями, составляя структурную единицу коллагеновых фибрилл [2–5, 8–10, 12–14, 20].

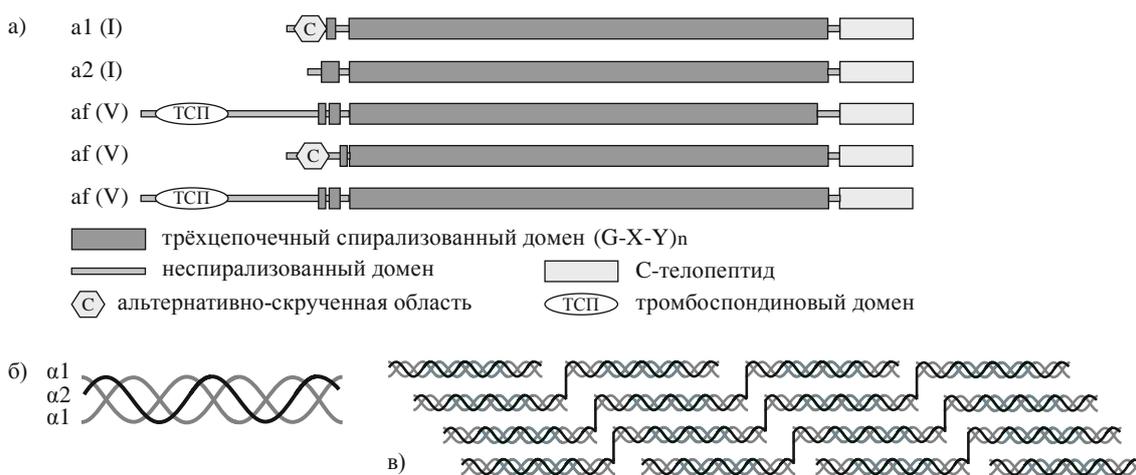


Рис. 1. Представление различных уровней структуры коллагена [3, 15]: а) схема первичных структур молекул изоформ коллагена I и V типов; б) структура спирализованного домена на примере коллагена I типа; в) надмолекулярная структура коллагена на примере коллагена I типа

Fig. 1. Representation of various levels of collagen structure [3, 15]: a) diagram of the primary structures of types I and V collagen isoforms; b) structure of the spirialized domain as in the case of type I collagen; c) supramolecular structure of collagen as in the case of type I collagen

Коллаген I типа – наиболее распространенный в природе тип, представленный повсеместно в организме и являющийся ключевым структурным элементом костей, кожи, сухожилий, роговицы. Коллаген V типа присутствует в костном матриксе, строме роговицы, интерцистальном матриксе мышц, печени, легких и особенно плаценты. Наиболее распространенная изоформа данного типа пред-

ставляет собой гетеротримерную молекулу, состоящую из двух цепей типа $\alpha 1$ и одной цепи типа $\alpha 2$. Помимо разницы в составе аминокислот $\alpha 1$ - и $\alpha 2$ -цепей рассматриваемых типов коллагенов, основным их структурным отличием является наличие у коллагена V типа тромбоспондинового домена, отсутствующего у коллагена I типа (рис. 1). Предполагается, что на супермолекулярном уровне тройная спираль у коллагена V типа расположена внутри фибриллы, в то время как коллаген I типа находится вдоль поверхности волокна. Соответственно, коллаген V типа в тканях зачастую дополняет и образует комплексы с коллагеном I типа, определяя толщину макромолекулярных фибрилл [3].

С учетом того, что такой тип коллагена превалирует в высокоспецифичных по своей физиологической роли тканях биологических объектов, нами предположено наличие уникальных характеристик его надмолекулярной структуры. Такая уникальность заключается в возможной физиологической изменчивости супермолекул коллагена V типа, обусловленной цикличностью развития плацентарных тканей, отличающейся от сравнительно статичного состояния других органов, в которых превалирует I тип коллагена. С учетом физиологических особенностей таких плацентарных продуктов гидробионтов, как икра, можно предположить наличие у его оболочки надмолекулярной структуры не в виде фибрилл, а, скорее, в виде трехмерных поверхностей с гексагональным расположением макромолекул.

Получение морских коллагенов

В качестве источника морского коллагена используется значительное количество промысловых и аквакультурных видов рыб, а также нерыбных объектов промысла. Среди них можно отметить следующие [1, 4–6, 8–10, 12–18, 21–31]:

- лучеперые рыбы – представители *incertae sedis* семейств *Priacanthidae* Günther, горбылевые (*Sciaenidae* Cuvier), латовые (*Latidae* Jordan), луциановые (*Lutjanidae* Gill), нитеперовые (*Nemipteridae* Regan), спаровые (*Sparidae* Rafinesque), отрядов акропоматообразные (*Acropomatiformes*), аулопообразные (*Aulopiformes*), гоноринхообразные (*Gonorynchiformes*), иглобрюхообразные (*Tetraodontiformes*), иглообразные (*Syngnathiformes*), камбалообразные (*Pleuronectiformes*), карпообразные (*Cypriniformes*), корюшкообразные (*Osmeriformes*), лососеобразные (*Salmoniformes*), окунеобразные (*Perciformes*), осетрообразные (*Acipenseriformes*), сельдеобразные (*Clupeiformes*), скумбриеобразные (*Scombriformes*), сомообразные (*Siluriformes*), ставридообразные (*Carangiformes*), трескообразные (*Gadiformes*), угреобразные (*Anguilliformes*), цихлообразные (*Cichliformes*), щукообразные (*Esociformes*);
- хрящевые рыбы – представители отрядов воббегонгообразные (*Orectolobiformes*), карахинообразные (*Carcharhiniformes*), разнозубообразные (*Heterodontiformes*), скатообразные (*Rajiformes*);
- млекопитающие – представители отряда китопарнокопытные (*Cetartiodactyla*);
- пресмыкающиеся – представители семейства аллигаторовые (*Alligatoridae* Gray);
- головоногие моллюски – представители отрядов океанические кальмары (*Oegopsida*), осьминоги (*Octopoda*), каракатицы (*Sepiida*);
- двустворчатые моллюски – представители отряда *Pectinida*;
- морские звезды – представители отряда *Comatulida*;

- голотурии – представители отрядов *Holothuriida*, *Molpadida*, *Synallactida*;
- обыкновенные морские губки – представители отрядов *Chondrosiida*, *Dictyoceratida*, *Tetractinellida*;
- сцифоидные – представители отрядов дискомедузы (*Semaeostomeae*), корнероты (*Rhizostomeae*).

Несмотря на видовое разнообразие сырья, как правило, при переработке перечисленных гидробионтов использовались их кожа, чешуя или кости, в отдельных случаях – хрящи, поверхностная мышечная ткань, плавательный пузырь, отходы производства сурими, опорные пластинки, желудки, ротовые лопасти, зонтики, но не части гонад, что было предложено нами в рамках комплексной технологии икры [4, 8, 10, 14, 18, 20, 23, 31–34].

Помимо традиционно получаемого коллагена I типа, в качестве минорного компонента производят и коллаген V типа, сырьем для которых служат кожа и кости рыб, а также целенаправленно – коллаген II типа (фибриллообразующий) из хрящей хрящевых рыб и зонтика дискомедуз и коллаген IV типа (сетеобразующий) из морских губок [14]. При этом следует отметить, что в настоящее время особое внимание уделяется производству плацентарного коллагена, источником которого традиционно является крупный рогатый скот. Особенность такого коллагена заключается в том, что его основным типом является V, а коллаген I и III типов присутствуют в данном сырье в минорных количествах [11].

Нами была предложена обобщенная функциональная схема получения растворимого коллагена (рис. 2), которая может быть использована в качестве отправной точки для разработки конкретной технологии. Отдельная технология должна учитывать как физико-химические особенности конкретного вида коллагенсодержащего сырья, так и целевой тип извлекаемого коллагена. Тип коллагена при этом будет определять количество энергии, необходимой для разрушения его надмолекулярных структур: так, если солибилизация коллагена I типа очевидно энергоемка, то солибилизация коллагена IV типа требует абсолютно иных условий, которые энергетически можно охарактеризовать как сравнительно мягкие [14].

Упомянутые выше особенности плацентарного коллагена, а также физико-химические характеристики используемого сырья – ястычных пленок и лопанца икорного зерна – позволили нам получить морской плацентарный коллаген по упрощенной схеме, сократив значительное число этапов в каждой из трех основных частей технологической схемы получения растворимого коллагена, представленной на рис. 2 [35]. К таким физико-химическим особенностям можно отнести толщину используемых пленок и икорных оболочек, малое количество сопутствующих тканевых липидов, отсутствие пигментированных тканей. В производственных условиях на основе предложенных нами подходов был налажен коммерческий выпуск морского плацентарного коллагена под торговым наименованием «Плаценкол».

Перспективы использование биополимеров в косметической промышленности

Функциональное природное назначение коллагена – поддержание стабильности и прочности тканей организма за счет создания сетчатой опоры вдоль всех клеточных структур – определило большинство направлений его применения, в

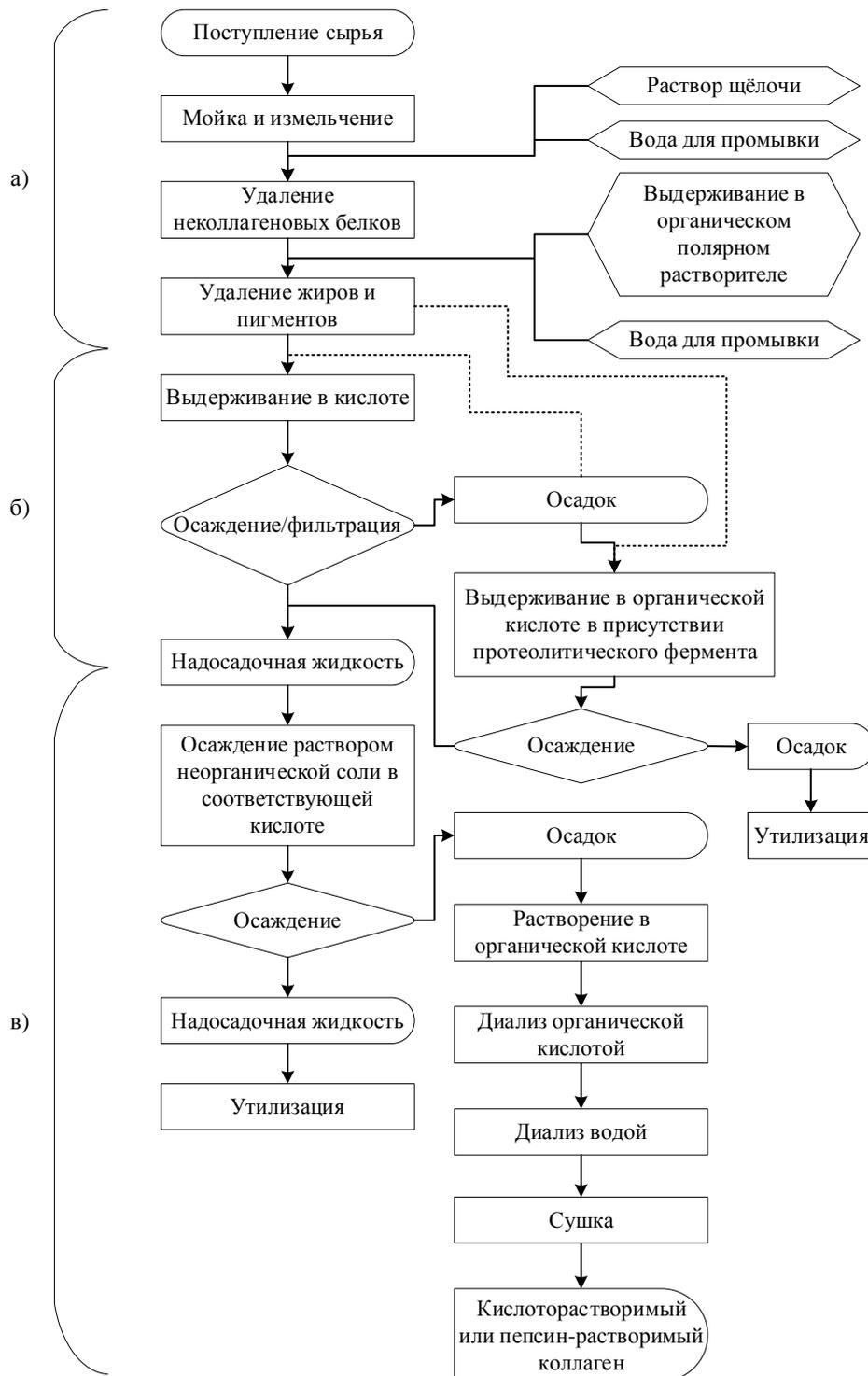


Рис. 2. Функциональная технологическая схема получения растворимых коллагенов (модифицировано на основе [9]): а) первичная обработка сырья; б) экстракция коллагена; в) восстановление коллагена

Fig. 2. Functional technological scheme for the production of soluble collagens (modified from [9]): а) primary processing of raw material; в) collagen extraction; c) collagen regeneration

том числе в косметической промышленности. Сама возможность использования коллагенов в данном направлении обусловлена их уникальными положительными свойствами: биосовместимостью (среди прочего – с другими белками, например, альбумином), биоразлагаемостью, биомиметическими и кровоостанавливающими [8, 9, 15, 36, 37]. Кроме того, в растворенном состоянии коллаген способен за счет возникающих ковалентных связей между отдельными молекулами формировать матрицы, создавая гидрогели подобно желатину [10]. Использование в косметической промышленности именно фибриллообразующих коллагенов объясняется их функциональным назначением, а применение коллагенов I – III и V типов можно объяснить как их наибольшей доступностью на рынке функциональных компонентов, так и тем, что основное количество коллагена человеческой кожи представлено именно этими типами [5, 15].

Спектр назначения косметических препаратов с коллагеном охватывает антивозрастную защиту кожных покровов, разглаживание морщин, смягчение и увеличение эластичности кожи, увлажняющее, анальгезирующее, регенерирующее действие (в том числе проявляя свойства микробиально-инфильтрующего барьера), защиту от УФ-излучения, восстановление структуры волос и укрепление ногтевой пластины [4–7, 11, 14, 17, 18, 21, 24, 37–41]. При этом эффект применения коллагена в косметических средствах связан помимо прочего и с его пленкообразующими свойствами, непосредственно влияющими на трансэпидермальную потерю влаги и позволяющими защитить кожу от агрессивного воздействия факторов внешней среды, что показано для ухода за сухой и нормальной кожей [4, 5, 15]. Содержание коллагена в косметических препаратах в зависимости от их назначения составляет 0,02–3,0 % масс [38–42]. В разработанных нами товарных формах косметических средств на основе морского плацентарного коллагена его содержание находилось в указанном диапазоне.

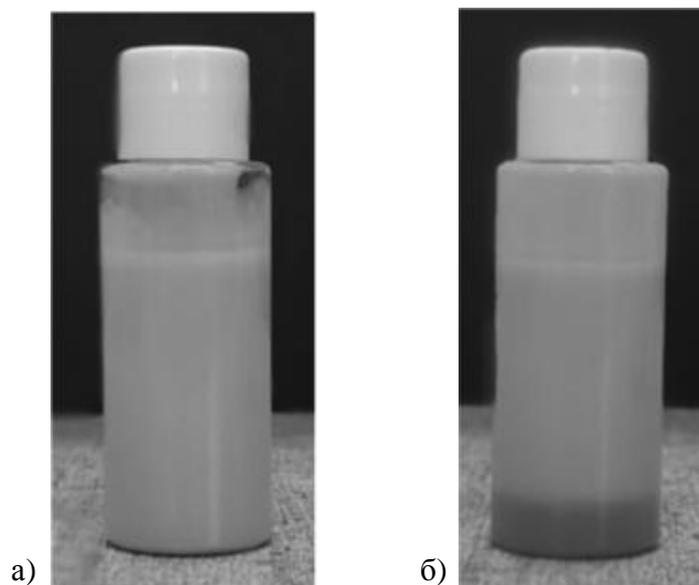


Рис. 3. Эмульсии с использованием морского плацентарного коллагена:
а) стойкая эмульсия с добавлением ПАВ; б) нестойкая эмульсия без ПАВ
Fig. 3. Emulsions using marine placental collagen: a) stable emulsion with surfactant added; б) non-stable emulsion without surfactant

Авторами была отмечена низкая эмульгирующая способность полученного морского плацентарного коллагена. Так, при изготовлении лосьона с солнцезащитным фактором мы столкнулись с необходимостью включения в состав соединений, обладающих поверхностно-активными свойствами, чтобы придать стойкость данной товарной форме (рис. 3), что согласуется с полученными нами ранее данными об эмульгирующих свойствах фибриллярных белков [43].

Разработанные первые образцы эмульсионных косметических средств были обогащены оставшимися нативными компонентами икры – глобулярными белками, каротиноидами, фосфолипидами по аналогии с имеющимися на рынке кремами под брендами Salmon и Caviar от компании Farmstay. При этом в качестве сырья мы использовали нетоварные ястыки аквакультурного и «дикого» происхождения, следуя предложенному нами подходу по комплексной переработке икры лососевых рыб [34, 44].

Образцы были опробованы добровольцами. Не было отмечено каких-либо аллергенных или иных отрицательных эффектов, что может служить аргументом для промышленного выпуска таких форм.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Очевидно, что производство морского плацентарного коллагена для его дальнейшего использования в косметической промышленности, помимо экономического стимула, обладает экологической перспективой. Так, утилизация образующихся отходов рыбпереработки снижает их воздействие на окружающую среду, для которой они являются одним из стратегических экологических составляющих во всей пищевой промышленности.

Применительно к икорной продукции, представляющей собой традиционный деликатес, можно утверждать, что проблема ее доступности в совокупности с решением проблем устойчивого развития будет решена в рамках аквакультуры, однако негативное воздействие отходов икорного производства решается исключительно посредством создания комплексной технологии переработки сырья, предполагающей концентрацию минорных компонентов. Таким стратегическим направлением развития технологий и может стать производство косметических средств с доказанной эффективностью, что будет особенно актуально уже в ближайшем будущем с учетом устойчивого тренда на рост объемов аквакультуры.

Список источников

1. Arvanitoyannis I. S., Kassaveti A. Fish industry waste: treatments, environmental impacts, current and potential uses // *Int. J. of Food Sci. and Techn.* 2008. No. 43. P. 726–745.
2. Seafood processing by-products: collagen and gelatin / C. Wang, T. Chang, L. Shi, H. Yang, M. Cui, L. Tambalu // *Seafood processing by-products. Trends and applications* / Ed. by S.-K. Kim. New York: Springer. 2014. P. 207–242.
3. Biochemistry of collagens, laminins and elastin. Structure, function and biomarkers / Ed. by M. A. Karsdal. London: Academic Press. 2016. 238 p.
4. Ahmed M., Verma A. K., Patel R. Collagen extraction and recent activities of collagen peptides derived from seafood waste: a review // *Sustainable Chemistry and Pharmacy*. 2020. Vol. 18. No. 100315. 13 p.

5. Avila Rodriguez M. I., Rodriguez Barroso L. G., Sánchez M. L. Collagen: a review on its sources and potential cosmetic application // *J. Cosmet. Dermatol.* 2017. No. 00:1-7. 7 p.
6. Cosmetic potential of marine fish skin collagen / A. L. Alves, A. L. P. Marques, E. Martins, T. H. Silva, R. L. Leis // *Cosmetics.* 2017. Vol. 39. No. 4. 16 p.
7. Brunt E. G., Burgess J. G. The promise of marine molecules as cosmetic active ingredients // *Int. J. of Cosmetic Science.* 2018. No. 40. 15 p.
8. Marine collagen from alternative and sustainable sources: extraction, processing and applications / D. Coppola, M. Oliviero, G. A. Vitale, C. Lauritano, I. D'Ambra, S. Iannace, D. de Pascale // *Marine Drugs.* 2020. Vol. 18. No. 214. 23 p.
9. Benjakul S., Nalinanon S., Shahidi F. Fish collagen // *Food biochemistry and food processing* / Ed. by B. K. Simpson. Ames: Wiley-Blackwell, 2012. P. 365–387.
10. Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: a review / M. C. Gómez-Guillén, B. Giménez, M. E. López-Caballero, M. P. Montero // *Food Hydrocolloids.* 2011. No. 25. P. 1813–1827.
11. Gulevsky A. K., Shcheniavsky I. I. Collagen: structure, metabolism, production and industrial application // *Biotechnologia Acta.* 2020. Vol. 13. No. 5. P. 42–61.
12. Jeong H.-S., Venkatesan J., Kim S.-K. Isolation and characterization of collagen from marine fish (*Thunnus obesus*) // *Biotechnology and Bioprocess Engineering.* 2013. No. 18. P. 1185–1191.
13. Hydrolyzed collagen – sources and applications / A. León-López, A. Morales-Peñaloza, V. M. Martínez-Juárez, A. Vargas-Torres, D. I. Zeugolis, G. Aguirre-Álvarez // *Molecules.* 2019. Vol. 24. No. 4031. 16 p.
14. Marine origin collagens and its potential application / T. H. Silva, J. Moreira-Silva, A. L. P. Marques, A. Domingues, Y. Bayon, R. L. Reis // *Marine Drugs.* 2014, Vol. 12. P. 5881–5901.
15. Collagen based materials in cosmetic application: a review / A. Sionkowska, K. Adamiak, K. Musiał, M. Gadomska // *Materials.* 2020. Vol. 13. No. 4217. 15 p.
16. Fish and fish side streams are valuable sources of high-value components / A.-L. Välimaa, S. Mäkinen, P. Mattila, P. Marnila, A. Pihlanto, M. Mäki, J. Hiidenhovi // *Food Quality and Safety.* 2019. No. 3. P. 209–226.
17. Белковые ресурсы рыбного происхождения – источник здоровья и красоты / Л. В. Антипова, С. А. Сторублевцев, М. А. Пискова, Ю. З. Химишев // *Вестник ВГУИТ.* 2018. Т. 80. № 4. С. 138–144.
18. Болгова С. Б. Рыбные коллагены: получение, свойства и применение: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.07. Воронеж, 2015. 20 с.
19. *Biochemistry of collagen* / Ed. by G. N. Ramachandran, A. H. Reddi. New York: Springer Science+Business Media, 1976. 536 p.
20. Kuwahara J. Extraction of type I collagen from tilapia scales using acetic acid and ultrafine bubbles // *Processes.* 2021. Vol. 9. No. 288. 11 p.
21. Improving the technology of collagen substance from raw fish materials for obtaining porous materials for cosmetology and medicine / L. V. Antipova, I. V. Sukhov, V. S. Slobodyanik, I. I. Kotov, S. S. Antipov // *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science.* 2021. Vol. 640. 7 p.

22. Hydrolysates of fish skin collagen: an opportunity for valorizing fish industry byproducts / M. Blanco, J. A. Vázquez, R. I. Pérez-Martín, C. G. Sotelo // *Marine Drugs*. 2017. Vol. 15. No. 131. 15 p.

23. Isolation and characterization of acid-soluble collagen from the skin of *Amiurus nebulosus* / L. L. Chen, L. Zhao, M. Yuan, W. Su, H. Liu // *Advanced Materials Research*. 2013. Vol. 781–784. P. 1728–1735.

24. *Asterias pectinifera* derived collagen peptide-encapsulating elastic nanoposomes for the cosmetic application / S.-B. Han, B. Won, S.-C. Yang, D.-H. Kim // *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 2021. Vol. 98. P. 289–297.

25. Collagen extracted from bigeye tuna (*Thunnus obesus*) skin by isoelectric precipitation: physicochemical properties, proliferation and migration activities / X. Lin, Yi. Chen, H. Jin, Q. Zhao, C. Liu, R. Li, F. Yu, Ya. Chen, F. Huang, Z. Yang, G. Ding, Y. Tang // *Marine Drugs*. 2019. Vol. 17. 12 p.

26. Characterization of collagen extract from the skins of commercial freshwater fish / A. A. S. Muhammad, R. H. Hamdan, R. Shaari, M. F. M. Nordin, R. A. Saufi, S. J. Mei // *Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering)*. 2015. Vol. 77. No. 33. P. 43–48.

27. Nagai T. Collagen from diamondback squid (*Thysanoteuthis rhombus*) outer skin // *Zeitschrift für Naturforschung C*. 2004. Vol. 59. Iss. 3–4. P. 271–275.

28. Characterization of collagen from sakhalin taimen skin as useful biomass / T. Nagai, M. Saito, Y. Tanoue, N. Kai, N. Suzuki // *Food Technology & Biotechnology*. 2020. Vol. 58. No. 4. P. 445–454.

29. Способ получения коллагенового продукта: пат. 2614273 Рос. Федерация. № 2014146938 / Антипова Л. В., Сторублевцев С. А., Болгова С. Б.; заявл. 24.11.2014; опубл. 24.03.2017. Бюл. № 9. 6 с.

30. Способ получения коллагеновой дисперсии: пат. 2259779 Рос. Федерация. № 2002126623/13 / Антипова Л. В., Глотова И. А., Дворянинова О. П.; заявл. 08.10.2002; опубл. 10.09.2005. Бюл. № 25. 11 с.

31. Способ получения сухого микропорошка коллагена: пат. 2604504 Рос. Федерация. № 2015111757/13 / Гармаева Д. К., Никифоров П. В.; заявл. 31.03.2015, опубл. 10.12.2016. Бюл. № 34. 5 с.

32. Способ изготовления сухого рыбного коллагена: пат. 2232515 Рос. Федерация. № 2002113968/13 / Чертова Е. Н., Заметалина Л. Г., Харченко О. А., Истратов Л. П., Абоянц Р. К.; заявл. 28.05.2002; опубл. 20.07.2004. Бюл. № 20. 6 с.

33. Способ получения коллагена: пат. 2272808 Рос. Федерация. № 2004106115/13 / Баер Н. А., Неклюдов А. Д., Зиборов В. А., Леонов А. Ю.; заявл. 03.03.2004; опубл. 27.03.2006. Бюл. № 9. 5 с.

34. К вопросу необходимости разработки комплексной технологии икры / Н. А. Рачкова, А. В. Строшкова, В. В. Соклаков, Е. С. Вайнерман, Б. Ю. Воротников // Балтийский морской форум: матер. VI Междунар. Балтийского морского форума 3-6 сентября 2018 года: В 6 т. Т. 1. «Инновации в науке, образовании и Предпринимательстве-2018», XVI Междунар. науч. конф. Калининград, 2018. С. 88–95.

35. Способ комплексной переработки икры гидробионтов: пат. 2733896 Рос. Федерация. № 2019128233 / Воротников Б. Ю., Рачкова Н. А., Вайнерман Е. С., Соклаков В. В.; заявл. 09.09.2019; опубл. 09.10.2020. Бюл. № 28. 5 с.

36. Biochemical and structural characterization of sturgeon fish skin collagen (*Huso huso*) / M. Atef, S. M. Ojagh, A. M. Latifi, M. Esmaili, C. C. Udenigwe // J. Food Biochem. 2020. No. 00:e13256. 10 p.

37. Geanaliu-Nicolae R.-E., Andronescu E. Blended natural support materials – collagen based hydrogels used in biomedicine // Materials. 2020. Vol. 13. 31 p.

38. Дневной крем-гель для сухой и нормальной кожи: пат. 2384322 Рос. Федерация. № 2008116525/15 / Киппер С. Н.; заявл. 25.04.2008, опубл. 20.03.2010. Бюл. № 8. 11 с.

39. Крем для кожи: пат. 2090179 Рос. Федерация. № 93039310/14 / Кучумова Л. Я., Сидоркина О. М., Маяцкая Т. В.; заявл. 02.08.1993; опубл. 20.09.1997. 9 с.

40. Лечебно-косметическое средство наружного применения: пат. 2643928 Рос. Федерация. № 2016112347 / Аллахвердов Г. Р., Алейников В. А., Дегтярев Ю. Ю., Матковская Т. А., Юрьева Э. А.; заявл. 01.04.2016; опубл. 06.02.2018. Бюл. № 4. 9 с.

41. Средство для укрепления волос: пат. 2074705 Рос. Федерация. № 94010087/14 / Сидоркина О. М., Кучумова Л. Я.; заявл. 18.03.1994; опубл. 10.03.1997. 9 с.

42. Крем-гель противоугревой: пат. 2405534 Рос. Федерация. № 2009132233/15 / Киппер С. Н.; заявл. 26.08.2009; опубл. 10.12.2010. Бюл. № 34. 12 с.

43. Воротников Б. Ю., Мухин М. А. Исследование стабильности эмульсий, используемых для получения икры белковой красной // Технология криля. М.: Информцентр, 1988. С. 48–53.

44. Воротников Б. Ю., Соклаков В. В., Рачкова Н. А. Технологические перспективы выделения биомедицинских продуктов из гидробионтов Мирового океана физико-химическими методами // Балтийский морской форум: матер. VIII Междунар. Балтийского морского форума 5–10 октября 2020 года: В 6 т. Т. 1. «Инновации в науке, образовании и предпринимательстве – 2020», XVIII Междунар. науч. конф. Калининград, 2020. С. 65–69.

References

1. Arvanitoyannis I. S., Kassaveti A. Fish industry waste: treatments, environmental impacts, current and potential uses. *Int. J. of Food Sci. and Techn.*, 2008, no. 43, pp. 726–745.

2. Seafood processing by-products. Trends and applications. Ed. by S.-K. Kim. New York, Springer, 2014, 593 p.

3. Biochemistry of collagens, laminins and elastin. Structure, function and biomarkers. Ed. by M. A. Karsdal. London, Academic Press, 2016, 238 p.

4. Ahmed M., Verma A. K., Patel R. Collagen extraction and recent activities of collagen peptides derived from seafood waste: a review. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 2020, vol. 18, no. 100315, 13 p.

5. Avila Rodriguez M. I., Rodriguez Barroso L. G., Sánchez M. L. Collagen: a review on its sources and potential cosmetic application. *J. Cosmet. Dermatol.*, 2017, no. 00:1-7, 7 p.

6. Alves A. L., Marques A. L. P., Martins E., Silva T. H., Leis R. L. Cosmetic potential of marine fish skin collagen. *Cosmetics*, 2017, vol. 39, no. 4, 16 p.

7. Brunt E. G., Burgess J. G. The promise of marine molecules as cosmetic active ingredients. *Int. J. of Cosmetic Science*, 2018, no. 40, 15 p.
8. Coppola D., Oliviero M., Vitale G. A., Lauritano C., D'Ambra I., Iannace S., de Pascale D. Marine collagen from alternative and sustainable sources: extraction, processing and applications. *Marine Drugs*, 2020, vol. 18, no. 214, 23 p.
9. Food biochemistry and food processing. Ed. by B. K. Simpson. Ames, Wiley-Blackwell, 2012, 896 p.
10. Gómez-Guillén M. C., Giménez B., López-Caballero M. E., Montero M. P. Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: a review. *Food Hydrocolloids*, 2011, no. 25, pp. 1813–1827.
11. Gulevsky A. K., Shcheniavsky I. I. Collagen: structure, metabolism, production and industrial application. *Biotechnologia Acta*, 2020, vol. 13, no. 5, pp. 42–61.
12. Jeong H.-S., Venkatesan J., Kim S.-K. Isolation and characterization of collagen from marine fish (*Thunnus obesus*). *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 2013, no. 18, pp. 1185–1191.
13. León-López A., Morales-Peñaloza A., Martínez-Juárez V. M., Vargas-Torres A., Zeugolis D. I., Aguirre-Álvarez G. Hydrolyzed collagen – sources and applications. *Molecules*, 2019, vol. 24, no. 4031, 16 p.
14. Silva T. H., Moreira-Silva J., Marques A. L. P., Domingues A., Bayon Y., Reis R. L. Marine origin collagens and its potential application. *Marine Drugs*, 2014, vol. 12, pp. 5881–5901.
15. Sionkowska A., Adamiak K., Musiał K., Gadomska M. Collagen based materials in cosmetic application: a review. *Materials*, 2020, vol. 13, no. 4217, 15 p.
16. Välimaa A.-L., Mäkinen S., Mattila P., Marnila P., Pihlanto A., Mäki M., Hiidenhovi J. Fish and fish side streams are valuable sources of high-value components. *Food Quality and Safety*, 2019, no. 3, pp. 209–226.
17. Antipova L. V., Storublevtsev S. A., Piskova M. A., Khimishhev Yu. Z. *Belkovye resursy rybnogo proiskhozhdeniya – istochnik zdorov'ya i krasoty* [Protein resources of fish origin – a source of health and beauty]. *Vestnik VGUIT*, 2018, vol. 80, no. 4, pp. 138–144.
18. Bolgova S. B. *Rybnye kollageny: poluchenie, svoystva i primenenie. Avtoreferat diss. kand. tekhn. nauk* [Fish collagens: derivation, properties and application. Abstract of dis. Ph.d.]. Voronezh, 2015, 20 p.
19. Biochemistry of collagen. Ed. by G. N. Ramachandran, A. H. Reddi. New York, Springer Science+Business Media, 1976, 536 p.
20. Kuwahara J. Extraction of type I collagen from tilapia scales using acetic acid and ultrafine bubbles. *Processes*, 2021, vol. 9, no. 288, 11 p.
21. Antipova L. V., Sukhov I. V., Slobodyanik V. S., Kotov I. I., Antipov S. S. Improving the technology of collagen substance from raw fish materials for obtaining porous materials for cosmetology and medicine. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 2021, vol. 640, 7 p.
22. Blanco M., Vázquez J. A., Pérez-Martín R. I., Sotelo C. G. Hydrolysates of fish skin collagen: an opportunity for valorizing fish industry byproducts. *Marine Drugs*, 2017, vol. 15, no. 131, 15 p.
23. Chen L. L., Zhao L., Yuan M., Su W., Liu H. Isolation and characterization of acid-soluble collagen from the skin of *Amiurus nebulosus*. *Advanced Materials Research*, 2013, vol. 781–784, pp. 1728–1735.

24. Han S.-B., Won B., Yang S.-C., Kim D.-H. *Asterias pectinifera* derived collagen peptide-encapsulating elastic nanopolisomes for the cosmetic application. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 2021, vol. 98, pp. 289–297.
25. Lin X., Chen Yi., Jin H., Zhao Q., Liu C., Li R., Yu F., Chen Ya., Huang F., Yang Z., Ding G., Tang Y. Collagen extracted from bigeye tuna (*Thunnus obesus*) skin by isoelectric precipitation: physicochemical properties, proliferation and migration activities. *Marine Drugs*, 2019, vol. 17, 12 p.
26. Muhammad A. A. S., Hamdan R. H., Shaari R., Nordin M. F. M., Saufi R. A., Mei S. J. Characterization of collagen extract from the skins of commercial freshwater fish. *Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering)*, 2015, vol. 77, no. 33, pp. 43–48.
27. Nagai T. Collagen from diamondback squid (*Thysanoteuthis rhombus*) outer skin. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 2004, vol. 59, iss. 3–4, pp. 271–275.
28. Nagai T., Saito M., Tanoue Y., Kai N., Suzuki N. Characterization of collagen from sakhalin taimen skin as useful biomass. *Food Technology & Biotechnology*, 2020, vol. 58, no. 4, pp. 445–454.
29. Antipova L. V., Storublevtsev S. A., Bolgova S. B. Sposob polucheniya kollagenovogo produkta [Method of obtaining collagen product]. Patent RF, no. 2014146938, 2017.
30. Antipova L. V., Glotova I. A., Dvoryaninova O. P. Sposob polucheniya kollagenovoy dispersii [Method of obtaining collagen dispersion]. Patent RF, no. 2002126623/13, 2005.
31. Garmaeva D. K., Nikiforov P. V. Sposob polucheniya sukhogo mikro-poroshka kollagena [Method of obtaining dry collagen powder]. Patent RF, no. 2015111757/13, 2016.
32. Chertova E. N., Zametalina L. G., Kharchenko O. A., Istranov L. P., Aboyants R. K. Sposob izgotovleniya sukhogo rybnogo kollagena [Method of dry fish collagen producing]. Patent RF, no. 2002113968/13, 2004.
33. Baer N. A., Neklyudov A. D., Ziborov V. A., Leonov A. Yu. Sposob polucheniya kollagena [Method of obtaining collagen]. Patent RF, no. 2004106115/13, 2006.
34. Rachkova N. A., Stroshkova A. V., Soklakov V. V., Vaynerman E. S., Vоротников B. Yu. K voprosu neobkhodimosti razrabotki kompleksnoy tekhnologii ikry [Revisiting the needs of complex roe technology]. *Materialy VI Mezhdunarodnogo Baltijskogo morskogo foruma. XVI Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya "Innovatsii v nauke, obrazovanii i predprinimatel'stve-2018" (3–6 sentyabrya 2018 g.)* [Proceedings of VI Int. Baltic Maritime Forum. XVI Int. Sci. Conf. "Innovations in science, education and entrepreneurship-2018 (3–6 September 2018)]. Kaliningrad, 2018, vol. 1, pp. 88–95.
35. Vоротников B. Yu., Rachkova N. A., Vaynerman E. S., Soklakov V. V. Sposob kompleksnoy pererabotki ikry gidrobiontov [Method of hydrobionts roe complex processing]. Patent RF, no. 2019128233, 2020.
36. Atef M., Ojagh S. M., Latifi A. M., Esmaeili M., Udenigwe C. C. Biochemical and structural characterization of sturgeon fish skin collagen (*Huso huso*). *J. Food Biochem*, 2020, no. 00:e13256, 10 p.
37. Geanaliu-Nicolae R.-E., Andronescu E. Blended natural support materials – collagen based hydrogels used in biomedicine. *Materials*, 2020, vol. 13, 31 p.

38. Kipper S. N. Dnevnoy krem-gel' dlya sukhoy i normal'noy kozhi [Day gel cream for dry and normal skin]. Patent RF, no. 2008116525/15, 2010.
39. Kuchumova L. Ya., Sidorkina O. M., Mayatskaya T. V. Krem dlya kozhi [Skin cream]. Patent RF, no. 93039310/14, 1997.
40. Allakhverdov G. R., Aleynikov V. A., Degtyarev Yu. Yu., Matkovskaya T. A., Yur'eva E. A. Lechebno-kosmeticheskoe sredstvo naruzhnogo primeneniya [Therapeutic and cosmetic cure for external use]. Patent RF, no. 2016112347, 2018.
41. Sidorkina O. M., Kuchumova L. Ya. Sredstvo dlya ukrepleniya volos [Cure for hair strengthening]. Patent RF, no. 94010087/14, 1997.
42. Kipper S. N. Krem-gel' protivougrevoy [Anti-acne gel cream]. Patent RF, № 2009132233/15, 2010.
43. Vorotnikov B. Yu., Mukhin M. A. Issledovanie stabil'nosti emul'siy, ispol'zuemykh dlya polucheniya ikry belkovoy krasnoy [Research of the stability of emulsions used to produce red protein roe]. *Tekhnologiya krilya* [Krill technology]. Moscow, 1988, pp. 48–53.
44. Vorotnikov B. Yu., Soklakov V. V., Rachkova N. A. Tekhnologicheskie perspektivy vydeleniya biomeditsinskikh produktov iz gidrobiontov Mirovogo okeana fiziko-khimicheskimi metodami [Technological prospects for biomedical products isolation from the World ocean hydrobionts using physical and chemical methods]. *Materialy VIII Mezhdunarodnogo Baltiyskogo morskogo foruma. XVIII Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya "Innovatsii v nauke, obrazovanii i predprinimatel'stve-2020" (5–10 oktyabrya 2020 g.)* [Proceedings of VIII Int. Baltic Maritime Forum. XVIII Int. Sci. Conf. "Innovations in science, education and entrepreneurship-2020 (5–10 October 2020)]. Kaliningrad, 2020, pp. 65–69.

Информация об авторах

- Н. А. Рачкова** – инженер 1-й категории кафедры «Химия», natalya.rachkova@klgtu.ru
- В. В. Соклаков** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология продуктов питания», vladimir.soklakov@klgtu.ru
- Б. Ю. Воротников** – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Химия»

Information about the authors

- N. A. Rachkova** – 1 Category Engineer, Department of Chemistry, natalya.rachkova@klgtu.ru
- V. V. Soklakov** – PhD in Engineering, Associate Professor, Department of Food Products Technology, vladimir.soklakov@klgtu.ru
- B. Yu. Vorotnikov** – PhD in Engineering, Associate Professor, Head of the Department of Chemistry

Статья поступила в редакцию 12.01.2022; одобрена после рецензирования 21.03.2022; принята к публикации 12.04.2022.
The article was submitted 12.01.2022; approved after reviewing 21.03.2022; accepted for publication 12.04.2022.

Научная статья

УДК 621.837.7

DOI 10.46845/1997-3071-2022-65-81-94

Способ определения реакций в парах одноподвижного механизма технологической машины

Наталья Александровна Серeda¹, Сергей Васильевич Федоров²

^{1,2}Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия

¹natalya.sereda@kltu.ru, <http://orcid.org/0000-0001-7173-4408>

²fedorov@kltu.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6963-7120>

Аннотация. Выполнен анализ графоаналитического и аналитических методов определения реакций в кинематических парах одноподвижных механизмов. Графоаналитический отличается наглядностью, его применение предполагает многократное воспроизведение ряда действий. Аналитические методы основаны на составлении уравнений равновесия для отдельного звена или для структурной группы механизма. Они применяются, как правило, для оценки влияния силы полезного сопротивления и изменения угла передачи движения на значения реакций в парах одноподвижных механизмов. Чтобы оценить влияние сил тяжести звеньев и изменение угла передачи движения на значения сил в парах одноподвижного механизма, разработан способ определения реакций в таких парах, практическое применение которого предполагает синхронное использование программ AutoCAD и Mathcad. Отличие способа от известного графоаналитического метода заключается в следующем. Для структурной группы Л. В. Ассура не строится многоугольник сил, непосредственно на ней измеряются углы. Так, получают значения углов между линиями действия сил тяжести шатуна, коромысла и направлением тангенциальных составляющих реакций в парах кривошип-шатун и коромысло-стойка соответственно. Применительно к структурной группе М. З. Коловского строят треугольник сил и устанавливают значение угла между линией действия силы тяжести кривошипа и направлением полной реакции в паре кривошип-шатун. Полные реакции в парах одноподвижного механизма максимальны в положении, когда угол передачи движения минимален. В этом положении механизма кривошип продолжает линию центров. Реакция в паре шатун-коромысло, в отличие от сил в других парах, возрастает как при увеличении угла передачи движения, так и при его снижении.

Ключевые слова: графоаналитический метод, аналитический метод, реакция, кинематическая пара, одноподвижный механизм, угол передачи движения, силы тяжести звеньев

Для цитирования: Серeda Н. А., Федоров С. В. Способ определения реакций в парах одноподвижного механизма технологической машины // Известия КГТУ. 2022. № 65. С. 81–94.

Original article

Method for determining reactions in pairs of single-moving mechanisms of a technological machine

Natalya A. Sereda¹, Sergey V. Fedorov²

^{1,2}Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

¹natalya.sereda@klgtu.ru, <http://orcid.org/0000-0001-7173-4408>

²fedorov@klgtu.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6963-7120>

Abstract. Analysis of graphoanalytical and analytical methods for determining reactions in kinematic pairs of single-moving mechanisms has been carried out. The graphoanalytic method is characterized by clarity. Its application involves repeated reproduction of a number of actions. Analytical methods are based on the compilation of equilibrium equations for a single link or for a structural group of the mechanism. These methods are used, as a rule, to assess the effect of the useful resistance force and the change in the transmission angle on the values of reactions in pairs of single-moving mechanisms. In order to evaluate the effects of the gravity forces of the links and the variation of the transmission angle on the values of forces in pairs of a single-moving mechanism, a method for determining reactions in such pairs has been developed. The practical application of the method involves the synchronous use of AutoCAD and Mathcad programs. The difference between the method and the well-known graphoanalytic method is as follows. A polygon of forces is not constructed for the L.V. Assur structural group, angles are measured directly on this group. So, the angles between the lines of gravity of the connecting rod, rocker arm and the direction of the tangential components of the reactions in the crank-connecting rod and rocker-rack pairs are measured, respectively. In relation to the structural group of M. Z. Kolovsky, a triangle of forces is constructed and the value of the angle between the line of gravity of the crank and the direction of the full reaction in the crank-connecting rod pair is set. The total reactions in pairs of a single-moving mechanism are maximal in the position when the transmission angle is minimal. In this position of the mechanism, the crank continues the line of centers. The reaction in the connecting rod-rocker pair, unlike the forces in other pairs, increases both with an increase in the transmission angle and with its decrease.

Keywords: graphoanalytical method, analytical method, reaction, kinematic pair, single-moving mechanism, angle of transmission, gravity of links

For citation: Sereda N. A., Fedorov S.V. Method for determining reactions in pairs of single-moving mechanisms of a technological machine. *Izvestiya KGTU = KSTU News*. 2022;(65):81–94. (In Russ.).

ВВЕДЕНИЕ

В книге [1] описан графоаналитический метод определения реакций в кинематических парах на примере одноподвижных кривошипно-коромысловых механизмов. Определение упомянутых реакций в парах названных механизмов в соответствии с этим методом составляет следующую последовательность действий:

1) проводят структурный анализ кривошипно-коромыслового механизма, выделяют его структурные группы и строят структурный граф механизма (рис. 1) [2];

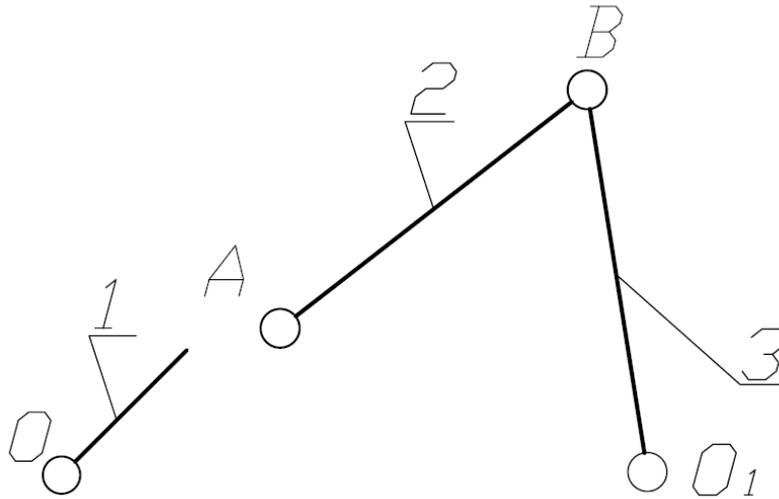


Рис. 1. Структурные группы одноподвижного механизма:
а – группа М. З. Коловского: 1 – кривошип; б – группа Л. В. Ассура:
2 – шатун; 3 – коромысло

Fig. 1. Structural groups of a single-moving mechanism:
а – M. Z. Kolovsky's group: 1 – crank; б – L. V. Assur's group:
2 – connecting rod; 3 – rocker arm

2) отсоединяют двухзвенную структурную группу Л. В. Ассура с нулевой подвижностью. В парах A и O_1 прикладывают нормальную и тангенциальную составляющие реакций;

3) записывают векторное уравнение равновесия структурной группы Л. В. Ассура с нулевой подвижностью;

4) составляют два уравнения: суммы моментов всех сил относительно точки B , действующих на звенья 2 и 3 в отдельности;

5) решают эти уравнения относительно тангенциальных компонентов реакций в парах A и O_1 . Находят числовые значения этих реакций;

6) определяют нормальные составляющие в парах A и O_1 , а затем полные реакции в них. Для этого решают графически векторное уравнение равновесия структурной группы Л. В. Ассура с нулевой подвижностью. При этом используется прием построения плана (многоугольника) сил в масштабе M . Проводя манипуляции с построенным планом сил, устанавливают значение полной реакции в паре B ;

7) к однозвенной одноподвижной структурной группе М. З. Коловского прикладывают в точке A установленную ранее полную реакцию, действующую в паре кривошип-шатун, а также искомую реакцию в паре O ;

8) составляют векторное уравнение равновесия структурной группы М. З. Коловского. Это уравнение решается графически путем построения плана (треугольника) сил в выбранном масштабе M_F ;

9) выполняя манипуляции с построенным планом сил, устанавливают значение полной реакции в паре O .

Таким образом, для определения реакций в парах одноподвижного кривошипно-коромыслового механизма нужно выполнить ряд расчетов и графических построений для отдельно взятого его положения. В целом графоаналитический метод определения реакций в парах отличается, с одной стороны, наглядностью, с другой – трудоемкостью.

Известны аналитические методы определения реакций в механизмах [3], а именно: векторный и погруппный; подходы, связанные с применением принципа возможных перемещений и размыканием кинематических цепей.

Векторный метод [3] определения реакций в парах механизмов позволяет записать ряд уравнений равновесия. Процесс составления названных уравнений выполняется для каждого звена в отдельности.

Подход, связанный с применением принципа возможных перемещений [3, 4], позволяет установить не только значения реакций в кинематических парах механизма, но и определить уравновешивающий момент. Названный метод применяется как для одноподвижных рычажных (например, кривошипно-коромысловых, ползунных и кулисных), так и для многоподвижных механизмов. Опишем применение этого подхода для определения уравновешивающего момента. В этом случае искомый уравновешивающий момент на входном звене есть произведение модуля силы полезного сопротивления, действующей на выходном звене, на первую производную функции положения механизма.

Применительно к одноподвижным механизмам использование принципа возможных перемещений для определения реакций в парах позволяет установить значения этих реакций, а также дать рекомендации по проектированию схемы такого механизма с учетом угла передачи движения. Применение принципа возможных перемещений для определения реакций предполагает следующую последовательность действий:

- одноподвижный механизм освобождается от одной связи, в результате чего возникает новое возможное перемещение;
- действие связи заменяют реакцией;
- упомянутую реакцию включают в состав активных сил;
- составляют уравнение работы всех активных сил на новом возможном перемещении и приравнивают это уравнение к нулю;
- определяют значение искомой реакции из составленного уравнения.

Метод размыкания кинематических цепей [3] используется для установления реакций в парах одноподвижных и многоподвижных механизмов. Описана последовательность действий при применении названного метода для определения реакций в одноподвижном кривошипно-кулисном механизме. Условно размыкают кинематическую цепь в той паре, где хотят определить реакцию. Составляют три уравнения равновесия, а именно:

- сумма всех сил, действующих на звено, кинематическая пара которого разомкнута;
- суммы моментов всех сил относительно двух других точек, например, A и O . Кинематические пары в этих точках не размыкались.

Решая составленные уравнения равновесия, находят реакцию в разомкнутой паре и уравнивающий момент, действующий на входное звено.

Погруппный метод [3] определения реакций в парах и уравнивающего момента на входном звене предполагает применение метода размыкания кинематических цепей для структурной группы механизма последнего структурного слоя, а затем последующих слоев. При использовании названного метода проводят определенную последовательность действий:

- из схемы механизма выделяют структурную группу последнего слоя;
- действие разомкнутых кинематических пар заменяют реакциями;
- составляют уравнения равновесия всех активных сил, приложенных к рассматриваемой структурной группе механизма;
- определяют реакции в парах, которые оказались разомкнутыми;
- переходят к составлению уравнений равновесия и определению реакций для последующих структурных групп механизма.

Перечисленные аналитические методы определения реакций в парах, а также уравнивающего момента на входном звене, позволяют увидеть влияние силы полезного сопротивления и угла передачи движения на значения сил в парах как одноподвижных (кривошипно-коромысловых, ползунных и кулисных), так и многоподвижных механизмов.

В статье предпринята попытка оценить влияние сил тяжести звеньев и угла передачи движения на значения реакций в парах кривошипно-коромыслового механизма семейства КKM-1. Такой механизм относится к одноподвижным. При этом угол передачи движения введем в план (многоугольник) сил, и покажем определение реакций в парах названного механизма с применением программ AutoCAD и Mathcad [3, 4 – 7].

В литературе [8 – 10] приведены алгоритмы определения реакций в парах рычажных механизмов без учета и с учетом трения, а также рассмотрены аспекты динамического анализа механизмов.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ СПОСОБА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕАКЦИЙ В ПАРАХ ОДНОПОДВИЖНОГО МЕХАНИЗМА

Исходными параметрами при определении реакций в парах одноподвижного механизма являются: длины звеньев, значения сил тяжести звеньев, параметры, устанавливаемые по построенной в масштабе 1:1 кинематической схеме механизма непосредственно в процессе расчета.

Рассмотрим процесс разработки способа определения реакций в парах на примере кривошипно-коромыслового механизма. Этот механизм находится в текущем положении, когда кривошип расположен под углом 90° к линии центров (рис. 2, а).

Отметим, что на первоначальном этапе выполняют последовательность действий, связанную с построением плана (многоугольника) сил в масштабе M .

1. Отдельно вырисовывают структурную группу Л. В. Ассура одноподвижного механизма в масштабе 1:1 и прикладывают к ней активные и силы и реакции, действующие в парах A и O_1 (рис. 2, б). Кинематические пары A и O_1 представляют собой шарниры вращения. В качестве активных сил взяты только силы тя-

жести звеньев, приложенные в их центрах тяжести. Так, в расчете присутствуют силы тяжести шатуна G_2 и коромысла G_3 . Условно числовые значения упомянутых сил приняты равными: $G_2 = G_3 = 1$ Н.

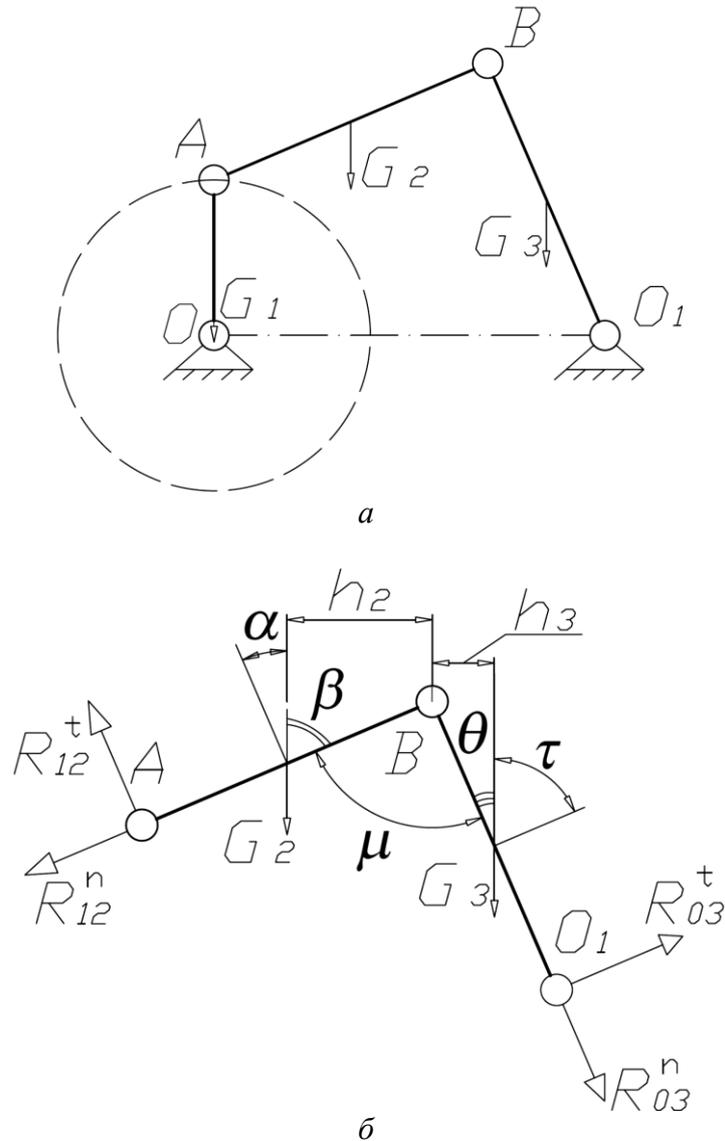


Рис. 2. Текущее положение механизма и структурная группа Л. В. Ассура
 Fig. 2. Current position of the mechanism and the structural group of L. V. Assur

2. Реакции, действующие в шарнирах вращения A и O_1 , раскладывают на нормальную и тангенциальную составляющие, последние отмечены на рис. 2, б).

3. После этого устанавливают значения плеч h_2 и h_3 сил тяжести G_2 и G_3 путем измерений, выполненных на структурной группе Л. В. Ассура (рис. 2, б).

4. Принимают числовые значения отрезков $[cd]$ и $[ed]$, изображающих силы тяжести G_2 и G_3 на плане сил, соответственно по 50 мм.

$$[cd] = [ed] = 50 \text{ мм.}$$

5. Масштаб плана сил определяют по формуле

$$M = \frac{G_2}{[cd]} = \frac{l}{50} = 0,02 \text{ Н/мм.}$$

6. Тангенциальные компоненты реакций в парах A и O_1 устанавливают из уравнений равновесия. Для этого составляют последовательно суммы моментов всех сил, действующих на звенья 2 и 3 в отдельности относительно точки B .

Формулы для определения упомянутых реакций в шарнирах A и O_1 известны [1] и имеют вид

$$R_{12}^t = \frac{G_2 \cdot h_2}{l_2} \text{ и } R_{12}^t = \frac{G_3 \cdot h_3}{l_3}. \quad (1)$$

7. Длины отрезков $[cb]$ и $[ef]$, изображающих тангенциальные составляющие реакций в парах A и O_1 на плане сил, назначают по известным формулам [1]

$$[cb] = \frac{R_{12}^t}{M} \text{ и } [ef] = \frac{R_{03}^t}{M}. \quad (2)$$

8. Выстраивают многоугольник сил в масштабе M . Для этого применяют известное векторное уравнение [1], записанное для структурной группы Л. В. Ассура в целом (рис. 3):

$$\underline{\underline{R_{12}^n}} + \underline{\underline{R_{12}^t}} + \underline{\underline{G_2}} + \underline{\underline{G_3}} + \underline{\underline{R_{03}^t}} + \underline{\underline{R_{03}^n}} = 0,$$

$$\underline{\underline{[ab]}} \dots \underline{\underline{[cb]}} \dots \underline{\underline{[cd]}} \dots \underline{\underline{[ed]}} \dots \underline{\underline{[ef]}} \dots \underline{\underline{[fa]}} = 0.$$

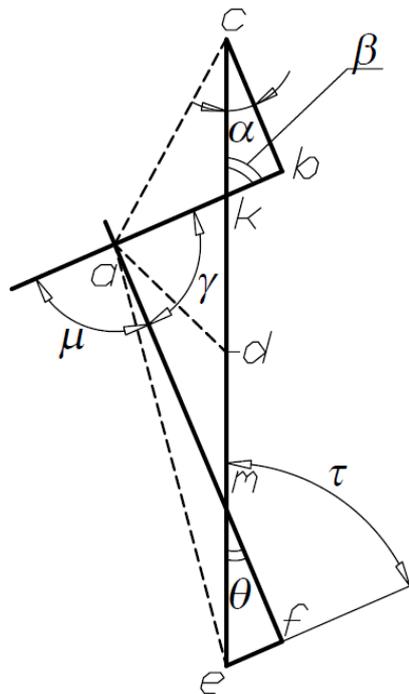


Рис. 3. Многоугольник сил для структурной группы Л. В. Ассура
 Fig. 3. Polygon of forces for L. V. Assur's structural group

Анализируя план сил на рис. 3, получим следующие теоретические положения:

1) угол α – угол, образуемый направлением тангенциальной составляющей реакции в шарнире вращения A и линией действия силы тяжести G_2 . Последняя упомянутая сила воздействует на шатун. Угол α изменяется в зависимости от положения одноподвижного механизма;

2) угол β дополняет угол α до 90° . Параметры α и β являются углами одного прямоугольного треугольника cbk на плане сил;

3) угол τ – угол между направлением тангенциальной составляющей реакции в шарнире вращения O_1 и линией действия силы тяжести G_3 . Названная сила воздействует на коромысло. Угол τ изменяется в зависимости от положения одноподвижного механизма;

4) угол θ дополняет угол τ до 90° . Параметры τ и θ являются углами одного прямоугольного треугольника mfe на плане сил;

5) угол $\gamma = \angle kam$ – угол, дополняющий угол передачи движения до 180° ;

6) внешний угол по отношению к параметру γ является углом передачи движения μ .

Значения углов α , β , τ , θ , γ и μ можно установить без построения плана сил в масштабе M . Для этого достаточно выстроить положение механизма и определить упомянутые углы на структурной группе Л.В. Ассура (см. рис. 2, б). Это можно сделать с применением графических программ AutoCAD, Компас, соблюдая необходимую точность.

9. Находят значения искомым длин отрезков многоугольника сил. Расчет проводят по выведенным формулам, представленным ниже.

– Длину отрезка $[bk]$ устанавливают по формуле

$$[bk] = \frac{[cb] \cdot \sin(\alpha)}{\sin(\beta)}. \quad (3)$$

– Отрезок $[ck]$ составит

$$[ck] = \sqrt{[cb]^2 + [bk]^2}. \quad (4)$$

– Длина отрезка $[kd]$ равна

$$[kd] = [cd] - [ck]. \quad (5)$$

– Длину отрезка $[mf]$ определяют по формуле

$$[mf] = \frac{[ef] \cdot \sin(\tau)}{\sin(\theta)}. \quad (6)$$

– Отрезок $[me]$ составит

$$[me] = \sqrt{[ef]^2 + [mf]^2}. \quad (7)$$

– Длина отрезка $[md]$ равна

$$[md] = [ed] - [me]. \quad (8)$$

– Длину отрезка $[mk]$ устанавливают по формуле

$$[mk] = [kd] + [md]. \quad (9)$$

– Длина отрезка $[ak]$ определяется как:

$$[ak] = \frac{[mk] \cdot \sin(\theta)}{\sin(\gamma)}. \quad (10)$$

– Отрезок $[ab]$ составит

$$[ab] = [bk] + [ak]. \quad (11)$$

– Отрезок $[am]$ равен

$$[am] = \sqrt{[ak]^2 + [mk]^2 - 2 \cdot [ak] \cdot [mk] \cdot \cos(\beta)}. \quad (12)$$

– Длину отрезка $[af]$ определяют по формуле

$$[af] = [mf] + [am]. \quad (13)$$

– Устанавливают длины отрезков $[ae]$, $[ac]$ и $[ad]$ следующим образом

$$[ae] = \sqrt{[ef]^2 + [af]^2}; \quad (14)$$

$$[ac] = \sqrt{[cb]^2 + [ab]^2}; \quad (15)$$

$$[ad] = \sqrt{[md]^2 + [am]^2 - 2 \cdot [md] \cdot [am] \cdot \cos(\theta)}. \quad (16)$$

10. Находят нормальные составляющие и полные реакции в парах A и O_1 по известным формулам [1].

$$R_{03}^n = [af] \cdot M; \quad R_{12}^n = [ab] \cdot M; \quad R_{03} = [ae] \cdot M;$$

$$R_{12} = [ac] \cdot M; \quad R_{23} = [ad] \cdot M.$$

11. Для установления числового значения реакции в шарнире O проводят построения и расчеты в следующей последовательности:

а) вырисовывают в масштабе 1:1 структурную группу М. З. Коловского одноподвижного механизма, находящегося в текущем положении;

б) в центре тяжести кривошипа, снятого со стойки, прикладывают силу G_1 , равную 0,5 Н;

в) строят треугольник сил в масштабе M для структурной группы М. З. Коловского. Для этого отрезок $[ac]$, изображающий полную реакцию в паре A , переносят параллельно самому себе в удобную область на листе программы AutoCAD. Из точки a откладывают вертикально вниз отрезок $[aj]$. Длина этого отрезка по расчету составляет 25 мм. Соединяют точки j и c ;

г) измеряют углы κ и ψ , указанные на рис. 4. Длину отрезка $[jc]$ можно определить по выведенной формуле

$$[jc] = \sqrt{[ac]^2 + [aj]^2 - 2 \cdot [ac] \cdot [aj] \cdot \cos(\psi)}. \quad (17)$$

Числовое значение реакции R_{01} в шарнире O получают посредством умножения отрезка $[jc]$ на масштаб M .

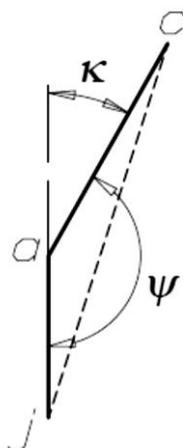


Рис. 4. Треугольник сил для структурной группы М. З. Коловского
Fig. 4. Triangle of forces for M. Z. Kolovsky's structural group

Выведенные формулы (3) – (17) позволяют определять реакции в парах A , B , O_1 и O от действия сил тяжести звеньев аналитическим методом с минимальным количеством графических построений. В этом случае необходимо построить структурную группу Л. В. Ассура, приложить к ней активные силы и реакции в парах, установить числовые значения углов α , β , τ , θ , γ и μ , а также значения плеч сил тяжести звеньев.

Структурная группа Л. В. Ассура с приложенными активными силами и реакциями вырисовывается отдельно для каждого исследуемого положения механизма. Объем графических построений треугольника сил для группы М. З. Коловского значительно меньше, чем для группы Л. В. Ассура.

2. ПРАКТИЧЕСКИЙ РЕЗУЛЬТАТ РАЗРАБОТКИ СПОСОБА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕАКЦИЙ В ПАРАХ ОДНОПОДВИЖНОГО МЕХАНИЗМА

Известный графоаналитический метод определения реакций в парах одноподвижного механизма трансформируется в способ, предполагающий использование программ AutoCAD и Mathcad и включающий ряд действий:

1. Формирование исходных параметров для расчета: ввод значений сил тяжести звеньев; длин шатуна и коромысла; определение плеч h_2 и h_3 сил тяжести звеньев (программа AutoCAD); ввод значений отрезков, изображающих силы тяжести звеньев на плане сил; определение масштаба плана сил, тангенциальных составляющих реакций в парах A и O_1 , а также длин отрезков, изображающих упомянутые реакции на плане сил.

2. Измерение углов α , β , τ , θ , γ и μ непосредственно на структурной группе Л. В. Ассура механизма, находящегося в текущем положении (программа AutoCAD).

3. Расчет длин отрезков многоугольника сил без его построения по выведенным формулам (3) – (17), используя листы программы Mathcad.

4. Установление реакций в парах A , B и O_1 по известным формулам.

5. Построение треугольника сил в масштабе M , приложенных к структурной группе М. 3. Коловского. Измерение углов κ и ψ (см. рис. 4).

6. Ввод значения силы тяжести G_I кривошипа и определение длины отрезка $[a_i]$ по формуле (17), которым изображена эта сила на плане сил.

7. Установление значения реакции R_{O1} в паре O .

На рис. 5 представлены результаты расчета реакций в парах одноподвижного механизма. Анализируя полученные данные, можем сформулировать ряд выводов.

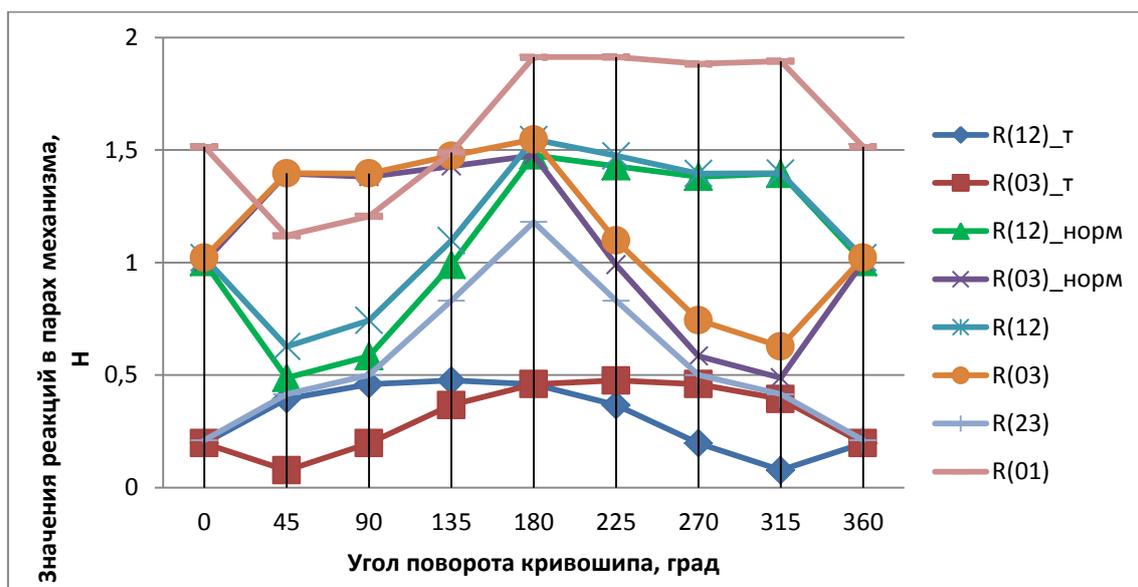


Рис. 5. Характер изменения реакций в парах одноподвижного механизма
 Fig. 5. Behavior of reactions in pairs of a single-moving mechanism

На плане сил (рис. 3) реакция R_{12}^r расположена напротив угла β . Этот угол в интервале цикла работы одноподвижного механизма возрастает до положения механизма, при котором угол поворота кривошипа равен 135° , далее интенсивно снижается по достижении названного угла 315° , затем несколько повышается. Характер изменения реакции R_{12}^r аналогичен углу β . Эта реакция увеличивается в начале цикла работы механизма, остается приблизительно постоянной при изменении угла поворота кривошипа от 90 до 180° , а затем снижается. Реакция достигает минимума при угле поворота кривошипа 315° .

Реакция R_{03}^r на плане сил размещена напротив угла θ . Характеры изменения углов β и θ противоположны друг другу. Так, угол θ в начале цикла работы одноподвижного механизма снижается до минимального значения (при угле поворота кривошипа 45°), затем возрастает до максимума, наблюдаемого при упомянутом угле 225° , далее параметр θ начинает интенсивно снижаться. Характеры изменения реакции R_{03}^r и угла θ идентичны друг другу. Упомянутая реакция дости-

гает минимума при угле поворота кривошипа 45° и становится максимальной при угле 225° .

Характеры изменения полной реакции R_{12} и нормальной составляющей силы R_{12}^n в паре A одинаковы. Обе реакции в начале цикла работы механизма снижаются до минимума (угол поворота кривошипа равен 45°), затем возрастают до максимума (угол поворота кривошипа равен 180°) и далее снижаются. В положении механизма, когда угол поворота кривошипа 180° , угол передачи движения минимален.

Изменение полной реакции R_{03} и нормальной составляющей силы R_{03}^n в паре O_1 идентично друг другу. Обе реакции возрастают до максимумов, наблюдаемых при угле поворота кривошипа 180° , и снижаются до минимумов при угле 315° , а затем несколько возрастают.

Полная реакция R_{01} в паре O снижается до минимального значения (угол поворота кривошипа 45°), повышается до максимума и остается приблизительно постоянной (при изменении угла от 180 до 315°), потом снижается. Полная реакция R_{23} в паре B минимальна в начале и в конце цикла работы одноподвижного механизма, максимальна в положении этого механизма, когда кривошип продолжает линию центров (угол поворота кривошипа 180°).

Все полные реакции R_{12} , R_{03} , R_{23} и R_{01} по достижении механизмом положения, при котором кривошип продолжает линию центров (угол поворота кривошипа 180°), максимальны. Значения реакции R_{01} больше заданных параметров сил тяжести звеньев в 1,9 раза, сил R_{12} и R_{03} – в 1,5 раза, а реакции R_{23} – примерно в 1,2 раза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полные реакции в парах одноподвижного механизма максимальны в его положении, когда угол передачи движения минимален. Такое положение у механизма коромыслового типа наблюдается, когда кривошип продолжает линию центров.

Увеличение значений угла передачи движения приводит к снижению реакций R_{12} , R_{12}^n , R_{03}^t , и R_{01} , повышению сил R_{03} , R_{03}^n и R_{12}^t . Уменьшение угла передачи движения до минимума способствует повышению реакций R_{12} , R_{12}^n , R_{23} , R_{01} и R_{03}^t , а также сохранению приблизительно-постоянных значений у сил R_{12}^t , R_{03} и R_{03}^n . Реакция R_{23} возрастает как при увеличении угла передачи движения, так и при его уменьшении.

Список источников

1. Артоболевский С. И. Теория механизмов и машин. Москва: Высшая школа, 1968. 366 с.
2. Andrienko P. A., Evgrafov A. N., Kozlikin D. P., Semenov Yu. A., Semenova N. S. Graph-Based Structural Analysis of Kinetic Art Mechanisms on the Example of a Moving Horse Mechanism. *Mechanism and Machine Science*. 2022. 108 MMS. P. 141–149.
3. Теория механизмов и машин / М. З. Коловский [и др.]. Москва: Изд. центр «Академия», 2013. 560 с.
4. Мацюк И. Н., Шляхов Э. М. Принцип возможных перемещений в исследовании механизмов // *Теория механизмов и машин*. 2014. Т. 12. № 1 (23). С. 51–58.
5. Семенов Ю. А., Семенова Н. С. Динамический анализ механизмов // *Теория механизмов и машин*. 2015. Т. 13. № 4 (28). С. 29–34.
6. Семенов Ю. А., Семенова Н. С. Силовой расчет механизма с учетом сил трения // *Теория механизмов и машин*. 2016. Т. 14. № 3 (31). С. 135–144.
7. Анализ влияния длин звеньев шатуна и коромысла на функцию положения плоского четырехзвенного механизма / А. Д. Джураев, Ш. Х. Мадрахимов, М. А. Мансурова, З. М. Умарова // *Теория механизмов и машин*. 2016. Т. 14. № 1 (29). С. 21–29.
8. Evgrafov A. N., Petrov G. N., Evgrafov S. A. Algorithm of Determining Reactions in Hinge Joints of Linkage Mechanisms with Non-ideal Kinematic Pairs / *Lecture Notes in Mechanical Engineering*. 2021. P. 71–79.
9. Beitelshmidt M., Dresig H. *Machinedynamics. Aufgaben und Beispiele*. Berlin. Heidelberg: Springer, 2015. S. 407.
10. Vulfson I. I. *Dynamics of cyclic machines. Series: Foundations of Engineering Mechanics*. Springer Verlag, 2015. P. 390.

References

1. Artobolevskiy S. I. *Teoriya mekhanizmov i mashin* [Theory of mechanisms and machines]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1968, 366 p.
2. Graph-Based Structural Analysis of Kinetic Art Mechanisms on the Example of a Moving Horse Mechanism. *Mechanism and Machine Science*. 2022. 108 MMS. P. 141–149.
3. Kolovskiy M. Z. *Teoriya mekhanizmov i mashin* [Theory of mechanisms and machines]. Moscow, Publishing Center "Academy", 2013, 560 p.
4. Matsyuk I. N. Printsip vozmozhnykh peremeshcheniy v issledovanii mekhanizmov [A principle of possible displacements in the study of mechanisms]. *Teoriya mekhanizmov i mashin*, 2014, no. 1 (23), pp. 51–58.
5. Semenov Yu. A. Dinamicheskiy analiz mekhanizmov [Dynamic analysis of mechanisms]. *Teoriya mekhanizmov i mashin*, 2015, no. 4 (28), pp. 29–34.
6. Semenov Yu. A. Silovoy raschet mekhanizma s uchetom sil treniya [Force calculation of the mechanism taking into account friction forces]. *Teoriya mekhanizmov i mashin*, 2016, no. 3 (31), pp. 135–144.

7. Dzhuraev A. D. Analiz vliyaniya dlin zven'ev shatuna i koromysla na funktsiyu polozheniya ploskogo chetyrekhzvennogo mekhanizma [Analysis of the influence of the lengths of the connecting rod and rocker arm links on the position function of the flat four-link mechanism]. *Teoriya mekhanizmov i mashin*, 2016, no. 1 (29), pp. 21–29.

8. Evgrafov A. N., Petrov G. N., Evgrafov S. A. Algorithm of Determining Reactions in Hinge Joints of Linkage Mechanisms with Non-ideal Kinematic Pairs (2021), *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2021. pp. 71–79.

9. Beitelshmidt M., Dresig H. *Machinendynamic. Aufgaben und Beispiele*. Berlin. Heidelberg: Springer. 2015. 407 p.

10. Vul'fson I. I. *Dynamics of cyclic machines*. Series: Foundations of Engineering Mechanics. Springer Verlag. 2015. 390 p.

Информация об авторах

Н. А. Середа – кандидат технических наук, доцент кафедры теории механизмов и машин и деталей машин

С. В. Федоров – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теории механизмов и машин и деталей машин

Information about the authors

N. A. Sereda – PhD in Engineering, Associate Professor of the Department of Theory of Mechanisms and Machines and Machine Parts

S. V. Fedorov – Doctor of Engineering, Professor, Head of the Department of Theory of Mechanisms and Machines and Machine Parts

Статья поступила в редакцию 13.01.2022; одобрена после рецензирования 10.03.2022; принята к публикации 23.03.2022.

The article was submitted 13.01.2022; approved after reviewing 10.03.2022; accepted for publication 23.03.2022.

СУДОСТРОЕНИЕ, МАШИНОСТРОЕНИЕ И ЭНЕРГЕТИКА

Научная статья
УДК 639.2.061(06)
DOI 10.46845/1997-3071-2022-65-97–106

Исследование взаимосвязей технических характеристик промысловых комплексов рыболовных судов от их характеристик

Артем Юрьевич Бабинцев¹, Анатолий Владимирович Суконнов²

^{1,2}Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия

¹artem.babintsev.1996@mail.ru

Аннотация. Рыболовные суда тралового лова для работы с орудиями лова имеют промысловые схемы, в состав которых входят промысловые лебедки и кабельно-сетные барабаны. При проектировании корпусов рыболовных судов используются соответствующими методиками. Однако для разработки промысловых схем и комплексов с различными видами лова никаких методик не существует, что приводит к низкому уровню механизации операций и, как следствие, к значительным производительным затратам. По этой причине схемы и комплексы в промышленном рыболовстве зачастую проектируются с завышенными мощностями и массово-габаритными характеристиками. Это обстоятельство в конечном итоге сказывается на рентабельности работы траулеров и стоимости рыбной продукции. В большинстве случаев разработка рыбопромысловых комплексов для траулеров ведется по прототипу с учетом их размеров. В соответствии с вышеизложенным эта работа посвящена установлению связей между энергетическими характеристиками промыслового оборудования и параметрами судна с целью получения исходных данных для разработки методов проектирования комплексов и схем. Чтобы решить данную задачу, был выполнен обзор и анализ промысловых схем рыболовных траулеров с мощностями главных двигателей от 44 до 5300 кВт. Основным фактором проводимого анализа явилось сопоставление приведенных мощностных параметров промысловых лебедок и силовых характеристик рыболовных судов. По результатам исследования аналитическим путем были установлены зависимости мощностных характеристик от мощности силовых установок траулеров. Регрессии представлены в виде графиков и записаны математическими формулами, для которых осуществлена проверка их адекватности. Результаты исследования найдут применение при разработке промысловых комплексов рыболовных судов.

Ключевые слова: траловый комплекс, ваерная лебедка, мощность силовой установки, промысловая схема, зависимость

Для цитирования: Бабинцев А. Ю., Суконнов А. В. Исследование взаимосвязей технических характеристик промысловых комплексов рыболовных судов от их характеристик // Известия КГТУ. 2022. № 65. С. 97–106.

Original article

Study of the interconnections of technical features of commercial fishing vessel complexes with the characteristics of trawlers

Artem Yu. Babintsev¹, Anatoliy V. Sukonnov²

^{1,2}Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

¹artem.babintsev.1996@mail.ru

Abstract. Trawl fishing vessels for working with fishing gear have fishing schemes, which include commercial winches and cable-net drums. When designing the hulls of fishing vessels, appropriate techniques are used. In turn, there are no methods to develop fishing schemes and complexes with various types of fishing, which leads to a low level of mechanization of operations and, as a result, to significant production costs. For this reason, schemes and complexes in industrial fishing are often designed with overestimated capacities and mass-dimensional characteristics. This circumstance ultimately affects profitability of trawlers and fish products cost. In most cases, development of fishing complexes for trawlers is carried out according to the prototype, taking into account their size. In accordance with the foregoing, this work is devoted to establishing links between the energy characteristics of fishing equipment and vessel parameters, in order to obtain initial data for the development of methods for designing complexes and schemes. To solve this problem, a review and analysis of fishing schemes for fishing trawlers with main engine powers from 44 kW to 5300 kW has been carried out. The main factor of the analysis was comparison of the given power parameters of fishing winches and power characteristics of fishing vessels. Based on the results of the study, the dependences of the power characteristics on the power of the power plants of the trawlers have been established analytically. Regressions are presented in the form of graphs and written by mathematical formulas, for which their adequacy has been checked. The results of the study will find application in the development of fishing complexes for fishing vessels.

Keywords: trawl complex, wire winch, power of propulsion system, fishing scheme, dependence

For citation: Babintsev A. Yu., Sukonnov A.V. Study of the interconnections of technical features of commercial fishing vessel complexes with the characteristics of trawlers. *Izvestiya KGTU = KSTU News*. 2022; (65):97–106. (In Russ).

ВВЕДЕНИЕ

На ранних стадиях проектирования рыболовных судов выполняется поиск оптимальной производительности технологического оборудования. От того, насколько удачно она определена, зависит экономическая эффективность судов в период их эксплуатации [1].

При анализе проектов зарубежных промысловых судов выявляется стремление конструкторов и проектантов увязать набор механизмов и устройств в тесную систему с учетом не только облегчения труда и создания условий для безопасной работы, но и общих требований эргономики и эстетики [2].

Таким образом, наблюдается тенденция к совершенствованию промышленных комплексов, однако методов их проектирования в настоящее время не существует. Тем не менее можно выделить основную цель при их конструировании, которой является оптимизация промышленных схем для конкретных видов лова и насыщение их механизмами с учетом энергетических возможностей.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для исследования промышленных схем были взяты различные суда тралового лова с диапазоном от малых рыболовных траулеров (МРТ) до больших автономных траулеров морозильного типа (БАРТМ) [3, 4]. Рассматривалось 60 схем, поделенных на два комплекса: 1) промышленные схемы с траловыми лебедками; 2) промышленные схемы с ваерными лебедками.

Анализ выполнен с помощью пакетов программ Access и Excel статистическим методом [5, 6].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для установления закономерностей проводилась оценка значимости таких параметров, как мощность главного двигателя траулера, его грузоподъемность, площадь и водоизмещение, от энергосиловых параметров оборудования.

Чтобы определить приоритет параметров, были рассчитаны: коэффициент детерминации с приемлемым уровнем значимости не менее 50 %; стандартная ошибка, определяющая точность выборочного среднего; значимость модели по критерию Фишера и р-значение, уровень статистической значимости которых не превышает 5 %. Результаты анализа сведены в табл. 1.

Таблица 1. Определение зависимых параметров судна от мощности оборудования
Table 1. Determination of the dependent parameters of the vessel on the power of the equipment

| Параметры траулера | Мощность главного двигателя, кВт | Грузоподъемность, т | Площадь палубы, м ² | Водоизмещение, М |
|---|----------------------------------|---------------------|--------------------------------|------------------|
| Р-квадрат, % | 71,0 | | | |
| Стандартная ошибка, % | 6,0 | 27,0 | 52,0 | 4,0 |
| Значимость модели по критерию Фишера, % | b 0,0019 | | | |
| р-значение, % | 0,2 | 30,0 | 50,0 | 10,0 |

Стандартная ошибка между зависимыми параметрами свидетельствует о репрезентативности выборки для генеральной совокупности.

С достаточно высокой достоверностью установлена зависимость мощности промышленного оборудования от мощности главного двигателя судна, что позволяет производить расчетные действия для промышленных схем.

НАХОЖДЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ МОЩНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО
 ОБОРУДОВАНИЯ ОТ МОЩНОСТИ ГЛАВНОГО ДВИГАТЕЛЯ СУДНА

Определим зависимость выборки, соответствующей промысловым схемам с траловыми лебедками. Данные выборки сведены в табл. 2, 3.

Таблица 2. Данные выборки промысловых схем с траловыми лебедками
 Table 2. Sampled data of fishing schemes with trawl winches

| Параметры траулера | Линейная зависимость | Экспоненциальная зависимость | Степенная зависимость |
|------------------------------------|----------------------|------------------------------|-----------------------|
| Минимальные значения выборки, кВт | 9,0; 110,3 | | |
| Максимальные значения выборки, кВт | 300,0; 2206,5 | | |
| Средние значения выборки, кВт | 103,6; 784,5 | | |
| Сумма квадратов отклонений | 2814,3 | 1232145 | 25475,5 |

Таблица 3. Данные выборки промысловых схем с ваерными лебедками
 Table 3. Sampled data of fishing schemes with wire winches

| Параметры траулера | Линейная зависимость | Экспоненциальная зависимость | Степенная зависимость |
|------------------------------------|----------------------|------------------------------|-----------------------|
| Минимальные значения выборки, кВт | 7,9; 66,2 | | |
| Максимальные значения выборки, кВт | 978,0; 3824,7 | | |
| Средние значения выборки, кВт | 428,5; 1729,7 | | |
| Сумма квадратов отклонения | 14350,3 | 95489405,0 | 1334301,0 |

Наименьшая сумма квадратов отклонения показывает преобладание линейной зависимости.

График аппроксимирующей функции представлен на рис. 1.

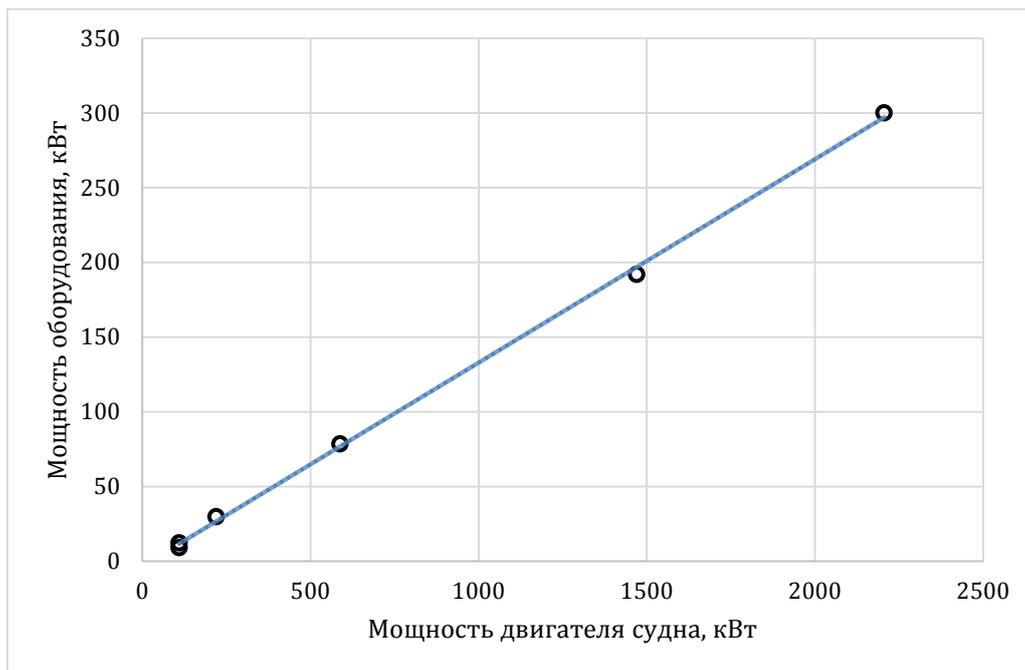


Рис. 1. График аппроксимирующей функции для промысловых схем с траловыми лебедками

Fig. 1. Plot of the approximating function for fishing schemes with trawl winces

Зависимость мощности установочного оборудования судна имеет линейный характер и определяется следующей формулой:

$$\sum N_j = 0,14 \cdot N_i - 3,29, \quad (1)$$

где $\sum N_j$ – суммарная мощность оборудования на палубе судна; N_i – мощность двигателя судна.

Средняя ошибка аппроксимации при проверке полученной зависимости составила 6,1 %, что свидетельствует о хорошо подобранной модели уравнения. Качество модели характеризуется коэффициентом детерминации R-квадрат, равным 99 %.

Определим зависимость выборки, соответствующей промысловым схемам с ваерными лебедками.

Наименьшая сумма квадратов отклонения показывает преобладание линейной зависимости.

График аппроксимирующей функции представлен на рис. 2.

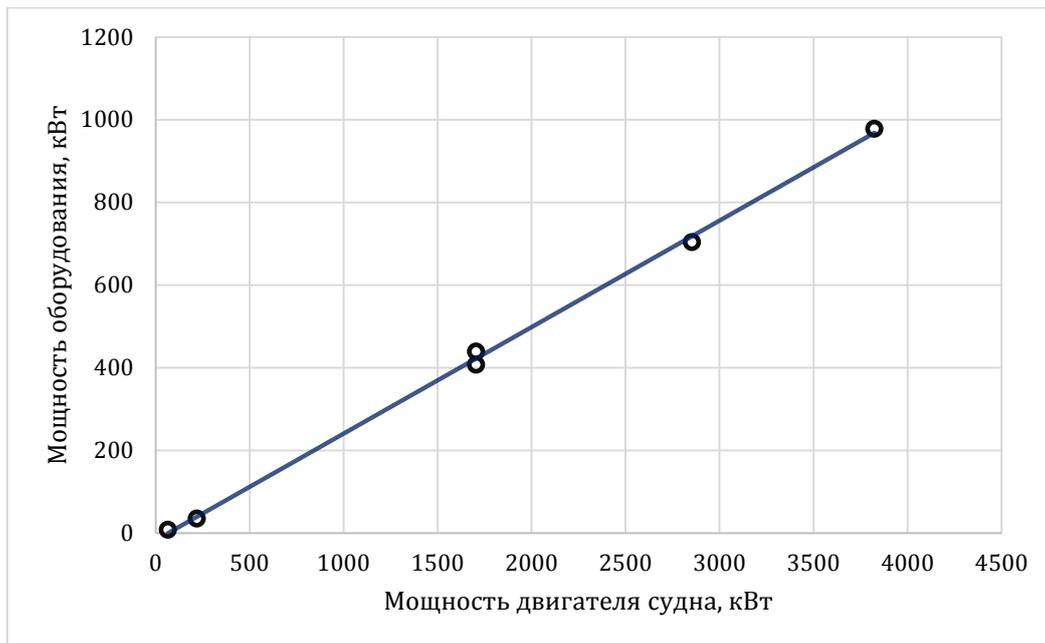


Рис. 2. График аппроксимирующей функции для промысловых схем с ваерными лебедками

Fig. 2. Graph of the approximating function for field schemes with wire winches

Зависимость мощности установочного оборудования судна имеет линейный характер и определяется следующей формулой:

$$\sum N_j = 0,26 \cdot N_i - 16,77. \quad (2)$$

Средняя ошибка аппроксимации при проверке полученной зависимости составила 6,4 %, что свидетельствует о хорошо подобранной модели уравнения. Ее качество характеризуется коэффициентом детерминации R-квадрат, равным 99 %.

ПРОВЕРКА ПОЛУЧЕННЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ

Чтобы проверить полученные зависимости, были выбраны следующие суда: большой морозильно-мучной рыболовный траулер «Лучегорск» (Б1), большой морозильный траулер типа «Кронштадт» (Б2), средний рыболовный траулер морозильного типа «Железный поток» (С1), средний рыболовный траулер морозильного типа «Оболонь» (С2), малый рыболовный траулер типа «Карелия» (М1), рыболовный траулер рефрижераторный «Вымпел» (М2) (рис. 3, 4)

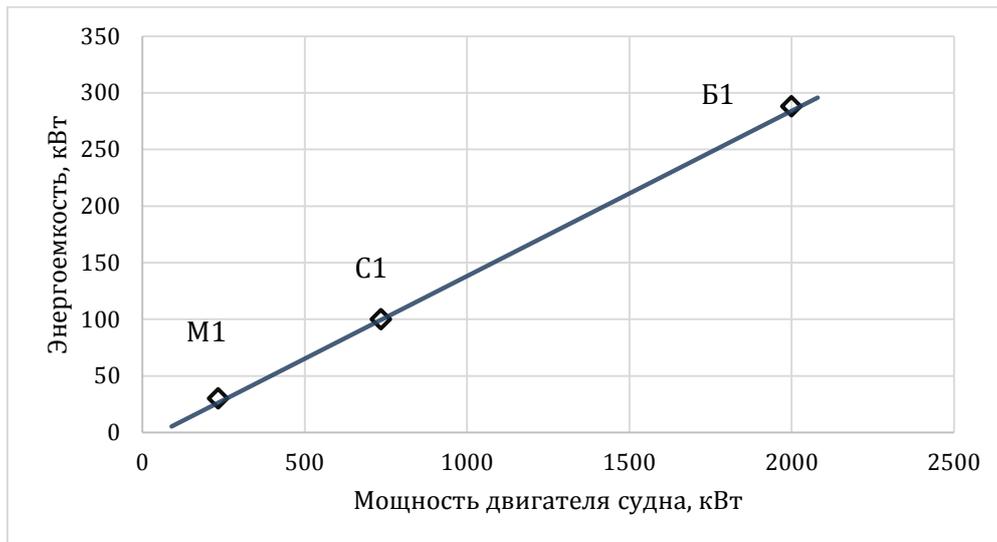


Рис. 3. Диаграмма проверочных данных энергоёмкости промышленного оборудования
Fig. 3. Diagram of verification data of industrial equipment energy intensity

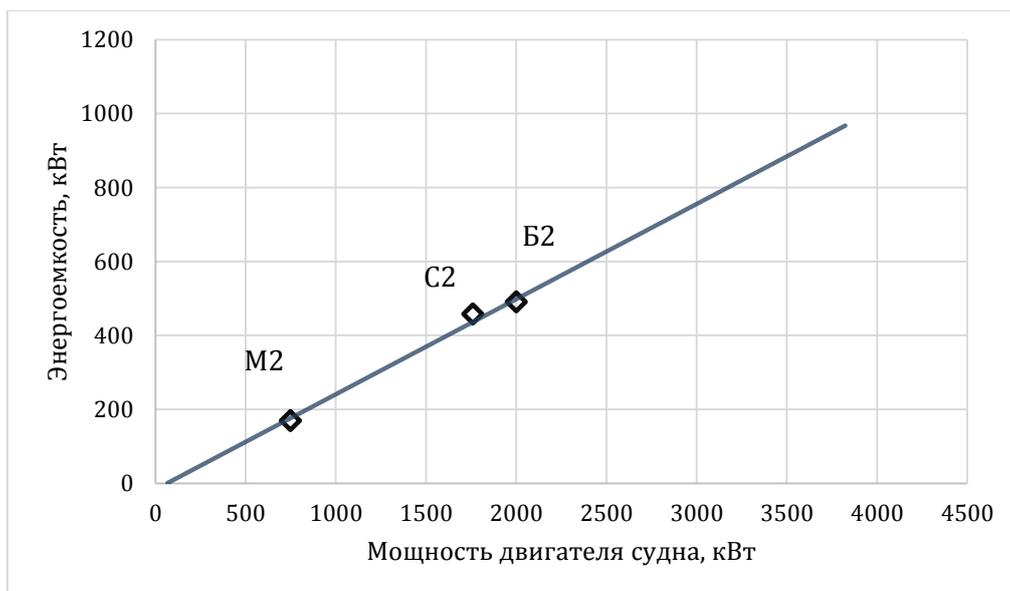


Рис. 4. Диаграмма проверочных данных энергоёмкости промышленного оборудования
Fig. 4. Diagram of verification data of energy intensity of industrial equipment

На перечисленных судах применяются промышленные схемы как с тралавыми, так и с ваерными комплексами [7].

Подставляя значения мощностей главных двигателей выбранных траулеров в уравнения с тралавыми и ваерными комплексами, вычисляем расчетное значение необходимой суммарной мощности, потребной для установки промышленных комплексов на рассматриваемых судах. Полученные результаты сведены в табл. 4, 5.

Таблица 4. Проверочные данные траулеров с траловыми лебедками
Table 4. Verification data for trawlers with trawl winches

| Наименования траулеров | Мощность двигателя, кВт | Расчетная мощность оборудования, кВт | Установленная мощность оборудования, кВт |
|------------------------|-------------------------|--------------------------------------|--|
| «Лучегоorsk» | 2000,0 | 276,7 | 288 |
| «Железный поток» | 735,5 | 99,7 | 100 |
| «Карелия» | 234,3 | 29,5 | 30,2 |

Мощность промыслового комплекса от мощности главного двигателя для выбранных судов с вероятностью 95 % попадает в диапазон границ доверительного интервала. Для энергоемкости промыслового оборудования максимальное отклонение составляет 4 %, что соответствует значению 11,3 кВт.

Таблица 5. Проверочные данные траулеров с ваерными лебедками
Table 5. Verification data for trawlers with wire winches

| Наименования траулеров | Мощность двигателя, кВт | Расчетная мощность оборудования, кВт | Установленная мощность оборудования, кВт |
|------------------------|-------------------------|--------------------------------------|--|
| «Кронштадт» | 2000,0 | 503,2 | 490,0 |
| «Оболонь» | 1760 | 440,8 | 458,0 |
| «Вымпел» | 749,5 | 178,1 | 169,0 |

Мощность промыслового комплекса от мощности главного двигателя для выбранных судов с вероятностью 95 % оказывается в диапазоне границ доверительного интервала. Для энергоемкости промыслового оборудования минимальное отклонение от полученной зависимости составляет 0,2 %, максимальное – 3,2 %.

По результатам проверки можно сделать вывод, что расчетные значения у выбранных судов оказываются в интервале значений аппроксимирующих прямых, соответствующих установленным функциональным зависимостям.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования были установлены закономерности энергонасыщенности рыбопромыслового оборудования в составе промысловых схем судов от энергоемкости силовых установок. Полученные аналитические зависимости можно использовать при проектировании рыбопромысловых комплексов для различных видов лова. Установленные связи выражены эмпирическими уравнениями регрессии. Результаты проверки свидетельствуют о практической ценности их использования при проектировании промысловых схем для рыболовных судов.

Список источников

1. Бугаев В. Г., Дам Ван Тунг, Бондаренко Ю. В. Оптимизация характеристик и элементов рыболовных судов с учетом случайных факторов их функционирования // Судостроение. 2021. № 46. С 24–25.
2. Крылов Г. Г. Исследования и анализ взаимосвязей основных составляющих промышленного рыболовства: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.17: утв. 03.14.02. Москва, 2002. 10 с.
3. Флот рыбной промышленности: справочник типовых судов / под ред. А. Б. Антипова. 3-е изд., доп. Москва: Транспорт, 1990. С. 62–131.
4. Розенштейн М. М. Методы оптимизации технических средств рыболовства: монография. Москва: Изд-во МОРКНИГА, 2015. С. 37–50.
5. Коломиец Л. В., Поникарова Н. Ю. Метод наименьших квадратов: монография. Самара: Изд-во Самарского университета, 2017. С. 4–13.
6. Петров Е. П. Статистический анализ данных: монография. Барнаул: Изд-во Алтайского государственного университета, 2018. С. 13–42.
7. Флот рыбной промышленности [Электронный ресурс]. URL: http://soviet-trawler.narod.ru/main_r/list_of_projects_ru.html (дата обращения: 30.08.2021 г.)

References

1. Bugaev V. G., Dam Van Tung, Bondarenko Yu. V. Optimizatsiya kharakteristik i elementov rybolovnykh sudov s uchetom sluchaynykh faktorov ikh funktsionirovaniya [Optimization of characteristics and elements of fishing vessels taking into account random factors of their functioning]. *Sudostroenie*, 2021, no. 46, pp. 24–25.
2. Krylov G. G. *Issledovaniya i analiz vzaimosvyazey osnovnykh sostavlyayushchikh promyshlennogo rybolovstva. Diss. kand. tekhn. nauk* [Research and analysis of the relationship of the main components of industrial fishing. Dis. cand. tech. sci.]. Moscow, 2002, 10 p.
3. Antipova A. B. *Flot rybnoy promyshlennosti: spravochnik tipovykh sudov* [Fishing industry fleet: reference book of typical vessels]. Moscow, Transport Publ., 1990, pp. 62–131.
4. Rozenshtein M. M. *Metody optimizatsii tekhnicheskikh sredstv rybolovstva* [Methods for optimization of technical means of fishing]. Moscow, Morkniga Publ., 2015, pp. 37–50.
5. Kolomiets L. V., *Metod naimen'shikh kvadratov* [Least squares method]. Samara, Samara University Publ., 2017, pp. 4–13.
6. Petrov E. P. *Statisticheskiy analiz dannykh* [Statistical data analysis]. Barnaul, Altai State University Publ., 2018, pp. 13–42.
7. *Flot rybnoy promyshlennosti* [Fishing industry fleet]. Available at: http://soviet-trawler.narod.ru/main_r/list_of_projects_ru.html (Accessed 30 August 2021).

Информация об авторах

А. Ю. Бабинцев – аспирант кафедры промышленного рыболовства

А. В. Суконнов – кандидат технических наук, доцент кафедры промышленного рыболовства

Information about the authors

A. Yu. Babintsev – graduate student of the Faculty of Commercial Fishing

A. V. Sukonnov – PhD in Engineering, Associate Professor of the Department of Commercial Fishing

Статья поступила в редакцию 18.10.2021; одобрена после рецензирования 09.11.2021; принята к публикации 23.03.2022.

The article was submitted 18.10.2021; approved after reviewing 09.11.2021; accepted for publication 23.03.2022.

Научная статья

УДК 620.17

DOI 10.46845/1997-3071-2022-65-107-117

**Исследование физико-механических свойств образцов,
полученных по технологии SLM. Часть 1. Предел прочности**

**Павел Геннадьевич Зобов¹, Александр Владимирович Дектярев²,
Кирилл Валерьевич Казаченко³, Владимир Николаевич Морозов⁴**

¹Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова,
Северодвинск, Россия

^{2,3,4}Калининградский государственный технический университет, Калининград,
Россия

²nwasanches@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3756-7233>

Аннотация. Аддитивные технологии в настоящее время активно внедряются на предприятиях судостроительной отрасли. После успешной апробации технологий моделирования методом наплавления (fused deposition modeling, FDM), стереолитографии (stereolithography, SLA), многоструйного моделирования (multi jet modeling, MJM) в части прототипирования и производства полимерных изделий общий вектор развития стремится к освоению технологий металлической печати заготовок и готовых деталей. Работы в этом направлении ведутся на ряде предприятий, и наибольшей популярностью в данном аспекте пользуются технологии селективного лазерного плавления (selective laser melting, SLM), дуговой сварки для сплавления металлической проволоки (wire arc additive manufacturing, WAAM) и высокоскоростного прямого лазерного выращивания (high-speed direct laser deposition, HSDL). На текущий момент интерес ряда судостроительных компаний вызывает возможность производства заготовок деталей по чертежам отливок с применением технологии SLM. Однако стоит отметить, что в литературных источниках приводятся противоречивые данные о свойствах получаемых образцов, в частности в вопросах наличия анизотропии прочностных характеристик и соответствия геометрических отклонений имеющимся стандартам. Интересно в этом плане производство изделий сложной геометрии из нержавеющей стали, что может быть использовано при изготовлении рычагов, вилок, корпусов спецоборудования, а также суперкавитирующих винтов и элементов консолей подводных крыльев для маломерных судов. В данной работе описываются физико-механические характеристики и геометрические отклонения образцов, полученных по технологии SLM на установке Laser Cusing M2 из нержавеющей стали 316L. Даются конкретные представления об анизотропии прочностных свойств и соответствии геометрии образцов требованиям к выпускаемой продукции. Представленные материалы могут служить отправной точкой для проведения прочностных расчетов изделий с учетом специфики аддитивных технологий и, в частности, SLM-процесса.

Ключевые слова: аддитивные технологии, 3D-печать, судостроение, 316L, SLM, селективное лазерное плавление, прочность, физико-механические характеристики

Для цитирования: Зобов П. Г., Дектярев А. В., Казаченко К. В., Морозов В. Н. Исследование физико-механических свойств образцов, полученных по технологии SLM. Часть 1. Предел прочности // Известия КГТУ. 2022. № 65. С. 107–117.

Original article

Study of physical and mechanical properties of samples obtained by SLM technology. Part 1. Strength limit

Pavel G. Zobov¹, Aleksandr V. Dektyarev², Kirill V. Kazachenko³, Vladimir N. Morozov⁴

¹Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov, Severodvinsk, Russia

^{2,3,4}Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

²nwasanches@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3756-7233>

Abstract. Additive technologies are currently being actively implemented at the enterprises of the shipbuilding industry. After the successful testing of fused deposition modeling (FDM), stereolithography (SLA) and multi jet modeling (MJM) technologies in terms of prototyping and production of polymer products, the general vector of development seeks to master the technologies of metal printing of blanks and finished parts. Work in this direction is being carried out at a number of enterprises and the most popular technologies in this aspect are selective laser melting (SLM), wire arc additive manufacturing (WAAM) and high-speed direct laser deposition (HSDLD). At the moment, the interest of a number of shipbuilding companies is the possibility of producing blanks for parts according to castings drawings using the SLM technology. However, it should be noted that in the literature there are conflicting data on the properties of the samples obtained, in particular, regarding the presence of anisotropy of strength characteristics and the compliance of geometric deviations with existing standards. It is interesting in this regard to manufacture products of complex geometry from stainless steels, which can be used in the manufacture of levers, forks, housings of special equipment, as well as supercavitating screws and elements of hydrofoil consoles for small vessels. This paper describes the physicomachanical characteristics and geometric deviations of samples obtained by the SLM technology on a Laser Cusing M2 setup made of 316L stainless steel. Specific ideas are given about the anisotropy of strength properties and the compliance of the geometry of the samples with the requirements for the manufactured products. The presented materials can serve as a starting point for carrying out strength calculations of products, taking into account some specifics of additive technologies and, in particular, the SLM process.

Keywords: additive technologies, 3D printing, shipbuilding, 316L, SLM, selective laser melting, strength, physical and mechanical characteristics

For citation: Zobov P. G. Study of physical and mechanical properties of samples obtained by SLM technology. Part 1. Strength limit. *Izvestiya KGTU = KSTU News*. 2022; (65):107–117. (In Russ).

ВВЕДЕНИЕ

Нержавеющие стали служат основой современного судостроения. Подавляющее большинство корпусных конструкций и изделий машиностроительной части выполняются из подобных материалов. Внедрение аддитивных технологий в отечественной отрасли судостроения планомерно переходит от первых экспериментов по прототипированию к широкомасштабной интеграции 3D-печати в технологическом процессе предприятий. Важной ступенью на текущем этапе является освоение технологий получения металлических заготовок, одна из которых – SLM.

Продукция, изготовленная по технологии SLM, может иметь достаточно сложную геометрическую форму. Это явление обеспечивает высокий потенциал применения селективного лазерного сплавления в судостроительной отрасли. Однако, согласно исследованиям, SLM может привести как к анизотропии [1–3], так и к изотропии [2, 4, 5] свойств напечатанных объектов. Имеются сведения о зависимости анизотропии и уровней механических свойств от микроструктурных особенностей материала [6, 7].

В представленной работе рассматриваются образцы из нержавеющей стали AISI 316L. Цель проводимых испытаний – определение влияния геометрического расположения слоев внутри объекта на анизотропию его прочностных характеристик и искажений геометрии в процессе синтеза, оценка анизотропии свойств на возможность производства изделий по технологии SLM в соответствии с имеющимися стандартами.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Перед работой ставится задача исследовать 3D-печатные образцы из нержавеющей стали AISI 316L, выращенные по технологии SLM, на растяжение согласно ГОСТ 1497-84.

МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Использование металлических порошков в аддитивном производстве имеет некоторые особенности по сравнению с их применением в качестве сырья в традиционной порошковой металлургии. В классических методах производства порошку необходимо придать форму изделия, а затем подвергнуть заготовку жидко- или твердофазному спеканию. Благодаря этому велика вероятность получения анизотропии свойств продукта, поскольку при сжатии порошка одна из составляющих тензора деформации будет больше других.

При аддитивном производстве, в частности по технологии SLM, направление теплового воздействия уже задано в кинематике процесса, и это влияет на свойства готовой детали. На рис. 1 наглядно показано, что горизонтальные линии демонстрируют распределение слоев порошка, а стрелки указывают направление

смещения лазерного луча. При однонаправленном движении луча (рис. 1, слева) вдоль оси X на порошок реализуется намеренно однонаправленное тепловое воздействие, в результате чего возникает анизотропная структура. Этот эффект осложняется возвращением луча по соседней траектории с изменением направления на 180° . Указанный метод получил название зигзагообразной штриховки [3]. Чтобы избежать анизотропии на оси X, обычно используется разнонаправленное движение луча в плоскости XY из-за изменения направления штриховки от слоя к слою (рис. 1, справа). Угол между направлениями штриховки соседних слоев может быть разным, но обычно составляет 90° [2].

Как видно из рис. 1, уравновесить тепловой эффект можно только в плоскости XY. На оси Z порошок наслаивается, и каждый слой плавится только после образования предыдущего. Это создает условия для развития неоднородной структуры металла, что приводит к анизотропии готовой детали [2]. Направленные микроstructures в разных плоскостях также вызывают анизотропные свойства материала, такие как пластичность, ударная вязкость, усталостная прочность, электропроводность и пр.

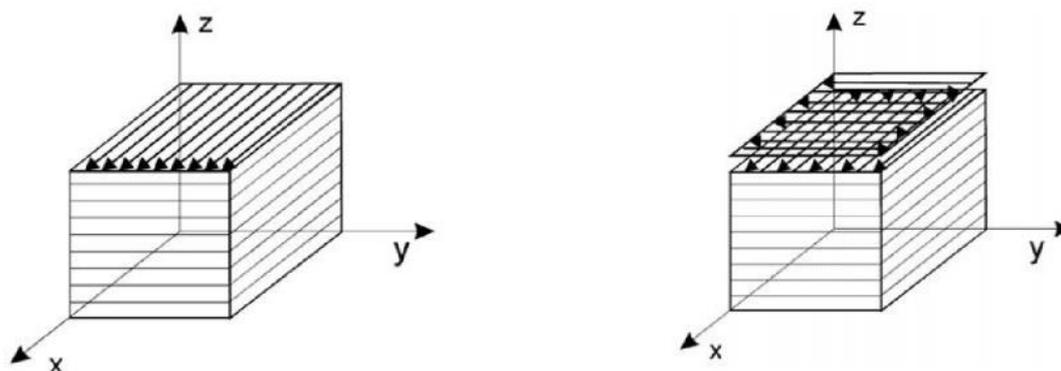


Рис. 1. Схема движения луча при технологии SLM: слева – однонаправленное по оси X; справа – изменение направлений по оси X и оси Y от слоя к слою [2]
Fig. 1. Beam pattern with SLM technology: on the left – unidirectional along the X axis; on the right – changing directions along the X-axis and Y-axis from layer to layer [2]

Также стоит отметить, что продукция, производимая по технологии SLM, имеет, как правило, уникальную структуру столбчатого зерна [8], которая необычна для изделий, изготовленных традиционными методами литья иликовки. Готовые детали обладают мартенситной структурой [9]. После термообработки микроstructure изменяется и состоит из более толстых пластинчатых зерен [10], что делает ее похожей на микроstructure материала в традиционных процессах обработки [11].

В исследованиях [6, 7] отмечается, что анизотропия и уровни механических свойств изделий могут быть различными. Это зависит от микроstructureных особенностей, в частности от текстуры, которая связана с распределением характера границ зерен.

Согласно описанным данным, был составлен план эксперимента, который заключается в печати 8 образцов для испытаний на растяжение по ГОСТ 1497-84.

Исходя из полей печати имеющейся установки и доступных материалов, в качестве исследуемых выбраны образцы типа III по ГОСТ 1497-84 из стали 316L (аналог 03X16H15M3), которые были разбиты на 2 группы по 4 единицы. Первая группа печаталась с вертикальным расположением слоев, вторая – с горизонтальным. Синтез производился на установке Concept Laser M2 по технологии SLM/LaserCusing. Внешний вид образцов после испытаний представлен на рис. 2.



Рис. 2. Горизонтальный и вертикальный образец после испытаний
Fig. 2. Horizontal and vertical specimen after testing

После завершения синтеза и проведения всех необходимых технологических операций образцы были измерены поверенным штангенциркулем Absolute Digimatic серии 500 №14039601 и микрометром цифровым серии 293 №35199639 для выявления геометрических отклонений образцов в процессе печати. Схема расположения образцов представлена на рис. 3. Таким образом, результаты испытаний двух групп образцов позволяют судить о разнице прочностных свойств и геометрических отклонений при восприятии нагрузок в плоскости XY (параллельно к опорной поверхности синтеза) и ZY (по нормали к опорной поверхности синтеза).

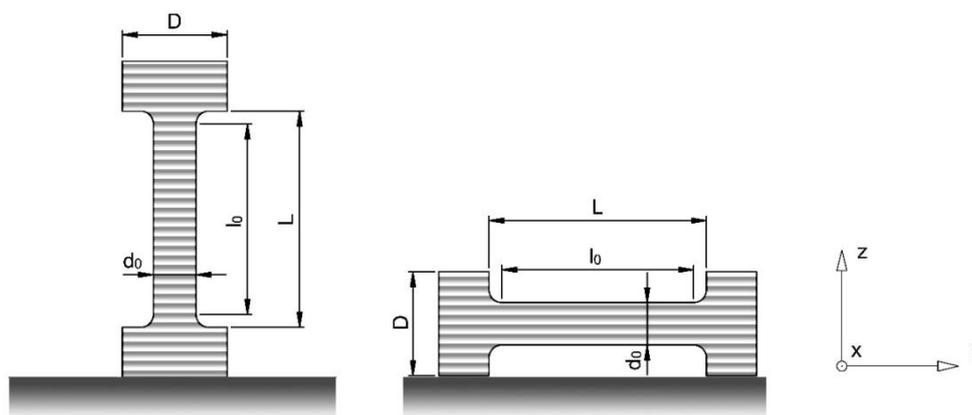


Рис. 3. Схема расположения образцов при синтезе
 Fig. 3. Arrangement of samples during synthesis

ОБСУЖДЕНИЕ

Данные по измерениям геометрии образцов представлены в табл. 1. Для каждого показателя проведена серия из 5 измерений, в таблице указано среднее значение.

Таблица 1. Данные по измерениям геометрии образцов
 Table 1. Sample geometry measurements

| Обозначение образца | | l0, мм | l, мм | d0, мм | D, мм |
|---------------------|---|---------|---------|--------|--------|
| Вертикальные | 1 | 99,900 | 103,700 | 10,000 | 15,975 |
| | 2 | 100,100 | 103,750 | 10,005 | 16,055 |
| | 3 | 99,900 | 103,850 | 10,020 | 16,040 |
| | 4 | 99,650 | 103,900 | 10,000 | 16,015 |
| Горизонтальные | 1 | 99,900 | 103,700 | 9,850 | 15,990 |
| | 2 | 100,100 | 103,850 | 9,760 | 16,000 |
| | 3 | 99,900 | 103,800 | 9,665 | 15,790 |
| | 4 | 99,650 | 103,450 | 9,620 | 15,760 |
| Номинал | | 100,000 | 104,000 | 10,000 | 16,000 |

Средние отклонения для каждой группы образцов приведены в табл. 2.

Таблица 2. Средние отклонения для каждой группы образцов
 Table 2. Average deviations for each group of samples

| Обозначение образца | dl0, мм | dl, мм | dd0, мм | dD, мм |
|---------------------|---------|---------|---------|---------|
| Вертикальные | - 0,112 | - 0,200 | 0,006 | 0,021 |
| Горизонтальные | - 0,112 | - 0,300 | - 0,276 | - 0,115 |

Ранее проведенные исследования размеров образцов схожей геометрии, произведенных по технологии FDM [12], показали, что для адекватной оценки влияния процесса синтеза на геометрию детали необходимо тщательное устранение из анализа погрешностей, вносимых постобработкой. В случае технологии

SLM такой отбор имеет важное значение ввиду отсутствия возможности выполнения растворимых поддержек и необходимости физического отделения дополнительных структур и самой детали от подложки при помощи режущего инструмента. Беря во внимание данный факт, распределим отклонения в зависимости от плоскостей XY и ZY; отклонения, обусловленные технологией постобработки, отметим литерой «т», их не будем учитывать при расчете среднеквадратичного отклонения в выбранной плоскости. Данные распределения представлены в табл. 3, среднеквадратичное отклонение по плоскости приведено в табл. 4.

Таблица 3. Данные распределения

Table 3. Distribution data

| Группа образцов | Плоскости построения | | | |
|-----------------|----------------------|--------------|------------|--------------|
| | XY | | ZY | |
| | Переменная | Значение, мм | Переменная | Значение, мм |
| Горизонтальные | dI0 | - 0,112 | dD (т) | - 0,115 |
| | dI | - 0,300 | dd0 (т) | - 0,276 |
| Вертикальные | dd0 | 0,006 | dI0 | - 0,112 |
| | dD | 0,021 | dI | -0,200 |

Таблица 4. Данные по среднеквадратичному отклонению

Table 4. Standard deviation data

| Плоскость | Среднеквадратичное отклонение | ZY/ZX |
|-----------|-------------------------------|-------|
| ZY | 0,110 | 1,418 |
| ZX | 0,156 | |

Числовые значения показателей испытаний образцов на растяжение отображены в табл. 5.

Таблица 5. Данные испытаний на растяжение

Table 5. Tensile test data

| Группа | № | Временное сопротивление, МПа | Предел текучести, МПа | Относительное сужение, % |
|----------------|---|------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Вертикальные | 1 | 635 | 526 | 42 |
| | 2 | 632 | 524 | 42 |
| | 3 | 635 | 516 | 44 |
| | 4 | 634 | 527 | 38 |
| Горизонтальные | 1 | 758 | 624 | 20 |
| | 2 | 777 | 645 | 33 |
| | 3 | 828 | 684 | 55 |
| | 4 | 821 | 715 | 53 |

Усредненные значения показателей внесены в табл. 6.

Таблица 6. Усредненные значения прочностных характеристик
 Table 6. Average values of strength characteristics

| Группа | Временное сопротивление, МПа | Предел текучести, МПа | Относительное сужение, % |
|----------------|------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Вертикальные | 634 | 523 | 42 |
| Горизонтальные | 796 | 667 | 40 |

Исходя из приведенных данных (запятая) можно сделать заключение о наличии анизотропии. Отношение прочностных свойств XY/ZY показано в табл. 7.

Таблица 7. Отношение прочностных свойств
 Table 7. Strength ratio

| XY/ZY, временное сопротивление | XY/ZY, предел текучести |
|-----------------------------------|----------------------------|
| 1,26 | 1,27 |

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основываясь на имеющихся теоретических данных о причинах появления анизотропии в изделиях, произведенных по технологии SLM, следует вывод: линейные отклонения размеров в плоскости построения указывают на наличие дефектов микроструктуры металла, что в свою очередь обуславливает различие прочностных свойств в разных плоскостях. Данные эксперимента явно указывают на наличие зависимости прочностных свойств от размера отклонений. Исходя из этого предположения получим формулу (1):

$$\frac{\sigma_{T/BXY}}{\sigma_{T/BZY}} = \tau \frac{sdzy}{sdxy} . \quad (1)$$

Для приведенной выборки значение коэффициента равняется 0,896. Данная переменная, по всей видимости, зависит от типа материала и его изначальных физических свойств. Практическая значимость зависимости заключается в возможности определения коэффициента анизотропии прочностных свойств расчетным методом до процесса синтеза, так как программное обеспечение для расчета геометрических отклонений в процессе синтеза по технологии SLM в настоящий момент разработано и успешно применяется.

Обращаясь к требованиям стандарта ASTM A240, отметим, что заявленный минимальный предел временного сопротивления для проката из стали 316L составляет 485 МПа. В представленном эксперименте минимальное полученное значение – 632 МПа, что говорит о соответствии изделий, произведенных по технологии SLM, требованиям стандарта ASTM A240. В случае использования рекомендованного предела текучести (170 МПа) и предела временного сопротивления (485 МПа) учет анизотропии прочностных свойств не требуется.

Приведенные данные геометрических измерений также позволяют сделать вывод о соответствии изделий, полученных по технологии SLM, требованиям к отливкам III класса точности по ГОСТ 26645-85.

Итоговая совокупность геометрических и прочностных показателей образцов говорит о возможности применения SLM-технологии для замены литья при производстве изделий из коррозионностойких сталей с сохранением стандартных значений пределов временного сопротивления и предела текучести без учета их анизотропии.

Список источников

1. Anisotropic response of Ti-6Al-4V alloy fabricated by 3D printing selective laser melting / L. Y. Chen et al. // *Materials Science and Engineering*. 2017. V. 682. P. 389–395.
2. Anisotropy of additively manufactured Ti-6-4 lattice structure / Y. N. Loginov et al. // *AIP Conference Proceedings*. AIP Publishing LLC. 2019. V. 2176. N 1. P. 020002-1 – 020002-4.
3. A study of the microstructural evolution during selective laser melting of Ti-6Al-4V / L. Thijs et al. // *Acta materialia*. 2010. V. 58. N 9. P. 3303–3312.
4. Fatigue characterization of Titanium Ti-6Al-4V samples produced by Additive Manufacturing / A. Chastand et al. // *Procedia Structural Integrity*. 2016. V. 2. P. 3168–3176.
5. Zhai Y., Galarraga H., Lados D.A. Microstructure evolution, tensile properties, and fatigue damage mechanisms in Ti-6Al-4V alloys fabricated by two additive manufacturing techniques // *Procedia Engineering*. 2015. V. 114. P. 658–666.
6. Characterization of texture and grain boundary character distributions of selective laser melted Inconel 625 alloy / X. Y. Fang et al. // *Materials Characterization*. 2018. V. 143. P. 182–190.
7. Microstructure anisotropy and its implication in mechanical properties of biomedical titanium alloy processed by electron beam melting / M. Wang et al. // *Materials Science and Engineering: A*. 2019. V. 743. P. 123–137.
8. Microstructure and mechanical properties of wire and arc additive manufactured Ti-6Al-4V / F. Wang et al. // *Metallurgical and materials transactions A*. 2013. V. 44. N 2. P. 968–977.
9. Heat treatment of Ti6Al4V produced by Selective Laser Melting: Microstructure and mechanical properties / B. Vrancken et al. // *Journal of Alloys and Compounds*. 2012. V. 541. P. 177–185.
10. Kasperovich G., Hausmann J. Improvement of fatigue resistance and ductility of TiAl6V4 processed by selective laser melting // *Journal of Materials Processing Technology*. 2015. V. 220. P. 202–214.
11. Influence of microstructure on high-cycle fatigue of Ti-6Al-4V: Bimodal vs. lamellar structures / R. K. Nalla et al. // *Metallurgical and Materials Transactions A*. 2002. V. 33. N 3. P. 899–918.
12. Зобов П. Г., Дектярев А. В., Морозов В. Н. Современные методы 3D-сканирования при размерном анализе судовых моделей с учетом их аддитивного изготовления // *Известия КГТУ*. 2019. № 53. С. 151–161.

References

1. Chen L. Y., Huang J. C., Lin C. H., Pan C. T., Chen S. Y., Yang T. L., Lin D. Y., Lin H. K., Jang J. S. C. Anisotropic response of Ti-6Al-4V alloy fabricated by 3D printing selective laser melting. *Materials Science and Engineering: A*, 2017, vol. 682, pp. 389–395.
2. Loginov Y. N., Stepanov S. I., Naschetnikova I. A., Muller-Kamskii G. Anisotropy of additively manufactured Ti-6-4 lattice structure. *AIP Conference Proceedings*. AIP Publishing LLC, 2019, vol. 2176, no. 1, pp. 020002-1–020002-4.
3. Thijs L., Verhaeghe F., Craeghs T., Van Humbeeck J., Kruth J.P. A study of the microstructural evolution during selective laser melting of Ti-6Al-4V. *Acta materialia*, 2010, vol. 58, no. 9, pp. 3303–3312.
4. Chastand V., Tezenas A., Cadoret Y., Quaegebeur P., Maia W., Charkaluk E. Fatigue characterization of Titanium Ti-6Al-4V samples produced by Additive Manufacturing. *Procedia Structural Integrity*, 2016, vol. 2, pp. 3168–3176.
5. Zhai Y., Galarraga H., Lados D.A. Microstructure evolution, tensile properties, and fatigue damage mechanisms in Ti-6Al-4V alloys fabricated by two additive manufacturing techniques. *Procedia Engineering*, 2015, vol. 114, pp. 658–666.
6. Fang X. Y., Li H. Q., Wang M., Li C., Guo Y. B. Characterization of texture and grain boundary character distributions of selective laser melted Inconel 625 alloy. *Materials Characterization*, 2018, vol. 143, pp. 182–190.
7. Wang M., Li H. Q., Lou D. J., Qin C. X., Jiang J., Fang X. Y., Guo Y. B. Microstructure anisotropy and its implication in mechanical properties of biomedical titanium alloy processed by electron beam melting. *Materials Science and Engineering: A*, 2019, vol. 743, pp. 123–137.
8. Wang F., Williams S., Colegrove P., Antonysamy A. A. Microstructure and mechanical properties of wire and arc additive manufactured Ti-6Al-4V. *Metallurgical and materials transactions A*, 2013, vol. 44, no. 2, pp. 968–977.
9. Vrancken B., Thijs L., Kruth J. P., Van Humbeeck J. Heat treatment of Ti6Al4V produced by Selective Laser Melting: Microstructure and mechanical properties. *Journal of Alloys and Compounds*, 2012, vol. 541, pp. 177–185.
10. Kasperovich G., Hausmann J. Improvement of fatigue resistance and ductility of TiAl6V4 processed by selective laser melting. *Journal of Materials Processing Technology*, 2015, vol. 220, pp. 202–214.
11. Nalla R. K., Ritchie R. O., Boyce B. L., Campbell J. P., Peters J. O. Influence of microstructure on high-cycle fatigue of Ti-6Al-4V: Bimodal vs. lamellar structures. *Metallurgical and Materials Transactions A*, 2002, vol. 33, no. 3, pp. 899–918.
12. Zobov P. G., Dektyarev A. V., Morozov V. N. Sovremennye metody 3D-skanirovaniya pri razmernom analize sudovykh modeley s uchyotom ikh additivnogo izgotovleniya [Modern 3D-scanning methods for dimensional analysis of ship models taking into account their additive manufacturing]. *Izvestiya KGTU*, 2019, no. 53, pp. 151–161.

Информация об авторах

П. Г. Зобов – магистрант по направлению «кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры», pavelzobov98@mail.ru

А. В. Дектярев – аспирант кафедры кораблестроения по специальности «технология судостроения, судоремонта и организация судостроительного производства»

К. В. Казаченко – магистрант по направлению «кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры», kazak16ks@mail.ru

В. Н. Морозов – кандидат технических наук, доцент кафедры кораблестроения, академик РАЕН, mvn3613@gmail.com

Information about authors

P. G. Zobov – Master student («Shipbuilding, ocean engineering and system engineering of marine infrastructure facilities»), pavelzobov98@mail.ru

A. V. Dektyarev – Postgraduate student («Technology of shipbuilding, ship repair and organization of shipbuilding production») of the Department of Shipbuilding

K. V. Kazachenko – Master student («Shipbuilding, ocean engineering and system engineering of marine infrastructure facilities»), kazak16ks@mail.ru

V. N. Morozov – PhD in Engineering, Associate Professor, Academician of RANS, mvn3613@gmail.com

Статья поступила в редакцию 10.03.2022; одобрена после рецензирования 17.03.2022; принята к публикации 23.03.2022.

The article was submitted 10.03.2022; approved after reviewing 17.03.2022; accepted for publication 23.03.2022.

Научная статья

УДК629.5.011, 629.5.014, 629.563

DOI 10.46845/1997-3071-2022-65-118-132

Особенности классификации судов нефтегазопромыслового флота

Казьмин Сергей Алексеевич¹, Кораблева Мария Сергеевна²,
Лобанов Алексей Валериевич³, Тимофеев Олег Яковлевич⁴

^{1, 4}ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет», Санкт-Петербург, Россия

^{2, 3}ПАО «Газпром», Санкт-Петербург, Россия

¹kovex_20000@mail.ru

Аннотация. Классификация судов осуществляется по различным признакам: в зависимости от их предназначения, размерений, дедефта, эксплуатационных ограничений, принципов поддержания на воде, перевозимых грузов и способов их обработки. Суда нефтегазового флота традиционно относятся к группе судов «технического флота» и предназначены для обеспечения обустройства морских месторождений континентального шельфа, выполнения подводно-технических, внутрискважинных, строительно-монтажных, трубоукладочных и кабелеукладочных работ, а также иных задач, связанных с обеспечением деятельности нефтегазовых объектов. Континентальный шельф представляет собой самую доступную часть Мирового океана и является зоной наиболее активной деятельности человека по освоению различных ресурсов за пределами суши. В настоящее время освоение Мирового океана направлено на решение трех основных проблем, имеющих первостепенное значение для дальнейшего глобального развития человечества: увеличение объемов добычи минерального сырья, использование энергии океана, обеспечение продуктами питания и размещение населения. В статье рассматриваются различные подходы к классификации судов и средств океанотехники, с помощью которых реализуется комплекс мероприятий, направленных на освоение, обустройство и эксплуатацию многообразных энергетических объектов континентального шельфа. В частности, в материале проанализированы классификационные принципы ФАУ «Российский морской регистр судоходства», норвежского DNV (Det Norske Veritas), а также подходы к классификации, применяемые нефтегазовыми компаниями и брокерами (на примере компании Rystad Energy (Норвегия)). Кроме того, в статье в форме таблиц и схем представлены обобщенные данные по классификации нефтегазопромыслового флота, применяемой в различные периоды в отечественной нефтегазовой промышленности.

Ключевые слова: классификация, нефтегазопромысловый, судно, обеспечение, технический флот, классификационное общество

Для цитирования: Казьмин С. А., Кораблева М. С., Лобанов А. В., Тимофеев О. Я. Особенности классификации судов нефтегазопромыслового флота //Известия КГТУ. 2022. № 65. С. 118–132.

Original article

Features of the classification of vessels of the oil and gas field fleet

Sergey A. Kazmin¹, Mariya S. Korableva², Aleksey V. Lobanov³,
Oleg Ya. Timofeev⁴

^{1,4}St. Petersburg State Marine Technical University, Saint Petersburg, Russia

^{2,3}PJSC Gazprom, Saint Petersburg, Russia

¹kovex_20000@mail.ru

Abstract. Classification of vessels is carried out on various grounds: depending on their purpose, dimensions, deadweight, operational restrictions, principles of buoyancy, transported goods and methods of their handling. Vessels of the oil and gas fleet traditionally belong to the group of vessels of the "technical fleet", designed to ensure the development of offshore fields on the continental shelf, to perform underwater technical, down hole, construction and installation, pipe-laying and cable-laying works, as well as other tasks related to the operation of oil and gas facilities. The continental shelf is the most accessible part of the World Ocean and is the zone of the most active human activity in the development of various resources. Development of the World Ocean is aimed at solving three main problems that are of paramount importance for the further global development of mankind: an increase in the volume of extraction of mineral raw materials, use of ocean energy, provision of food and accommodation of the population. The article examines the various views of modern society on the classification of ships and ocean engineering facilities, with the help of which a set of measures aimed at the development, construction and operation of various energy facilities of the continental shelf is implemented. In particular, the article analyzes the classification principles of the Russian Maritime Register of Shipping, the Norwegian DNV (Det Norske Veritas), as well as classification approaches used by oil and gas companies and brokers (on the example of Rystad Energy, Norway). In addition, the article in the form of tables and diagrams presents generalized data on the classification of the oil and gas fleet used in various periods in the domestic oil and gas industry.

Keywords: classification, oil and gas field, vessel, support, technical fleet, classification society

For citation: Kazmin S. A., Korableva M. S., Lobanov A. V., Timofeev O. Ya. Features of the classification of vessels of the oil and gas field fleet. *Izvestiya KGTU = KSTU News*. 2022; (65):118–132. (In Russ).

ВВЕДЕНИЕ

Нефтегазовые компании, занимающиеся добычей углеводородного сырья на шельфе, вынуждены заказывать строительство или фрахтовать специализированные суда для выполнения отдельных операций при освоении месторождения. К таким операциям относятся: сейсморазведка, разведочное бурение, доставка крупных блоков с помощью барж-площадок, подъем грузов крановыми судами или плавучими кранами, эксплуатация судов-снабженцев, судов-заводчиков якорей и т. д. Поиск подходящего для фрахта судна или формирование технического задания на проектирование и строительство определяются требуемыми техниче-

скими характеристиками, которые, в свою очередь, зависят от природных условий в районе месторождения и выбранной технологии освоения месторождения. С другой стороны, любое судно поднадзорно какому-либо классификационному обществу, ответственному за обеспечение безопасности мореплавания. Любое классификационное общество присваивает судну символ класса – символьное обозначение характеристик, назначения и параметров безопасности. Беглый анализ классификационных символов различных обществ показывает, насколько они по-разному относятся к классификации. Целью представленного исследования является сопоставление подходов к классификации судов оффшорного флота.

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К КЛАССИФИКАЦИИ

В настоящее время функция классификации судов осуществляется классификационными обществами. Самое первое из них – Регистр Ллойда (Lloyd's Register of Shipping) – было создано в 1760 г.

Существует устоявшаяся система, которая позволяет классифицировать суда по четким критериям. Для этого классификационными обществами введен так называемый «символ класса» (class notation), представляющий собой совокупность обязательных и необязательных (в случае их применения) знаков и словесных характеристик, присваиваемых судам, другим плавучим сооружениям, а также морским стационарным платформам, характеризующих их тип, назначение, конструктивные особенности, район плавания, условия эксплуатации, систему деления на отсеки, а также дополнительных характеристик и знаков, таких как знаки автоматизации, наличия системы динамического позиционирования и др. Символ класса помогает специалистам отрасли, от судовладельцев и судостроителей до страховщиков и представителей финансовых организаций, оперативно оценить технические возможности судна, не прибегая к изучению объемной технической документации.

Последовательность указания знаков и словесных характеристик в символе класса, например, в соответствии с Правилами классификации и постройки морских судов ФАУ «Российский морской регистр судоходства» (далее – РС) [1], представлена ниже.

1. Основной символ присваиваемого класса состоит из знаков, указывающих на признак «самоходное/несамоходное судно/плавучее сооружение»: КМ – самоходные суда и плавучие сооружения, КЕ – несамоходные суда и плавучие сооружения с общей мощностью первичных двигателей 100 кВт и более, К – для прочих несамоходных судов и плавучих сооружений.

2. Символ, обозначающий постройку судна или морского сооружения по правилам и под техническим наблюдением РС (например, «КМ⊕», «КЕ⊕», «К⊕»), либо, в иных случаях: при постройке по правилам и под надзором признанного РС иного классификационного общества – «КМ★», «КЕ★», «К★»; либо при постройке без надзора признанного РС классификационного общества или без надзора классификационного общества, пример обозначения: «(КМ)★», «(КЕ)★», «(К)★».

3. Ледовый класс (если имеется), знак судна двойного действия (если применимо).

4. Балтийский ледовый класс или Полярный класс МАКО (если имеется).

5. Знак деления на отсеки (если применимо).
6. Знак ограничения района плавания (если имеется).
7. Знак автоматизации (если имеется).
8. Другие знаки в соответствующей последовательности (по применимости).
9. Словесная характеристика (по применимости).
10. Знаки, касающиеся освидетельствования.

Один из главных и первостепенных признаков классификации – функционально-целевой, который выражает цели применения, назначение и способы использования тех или иных объектов.

Словесная характеристика судна напрямую зависит от этого признака, то есть от типа судна, его назначения, поэтому достаточно важно обратить внимание на этот вопрос.

Все гражданские суда классифицируют по ряду основных признаков, отличающих их друг от друга. Есть несколько таких признаков, но главный и первостепенный – это назначение судов.

ТИПЫ МОРСКИХ СУДОВ

В современной морской индустрии эксплуатируются сотни типов плавучих сооружений, начиная от крупнотоннажных судов и заканчивая скромными несамоходными лихтерами. Их число и признаки классификации увеличиваются ежегодно. Основой классификации типов судов служат их эксплуатационные и конструктивные признаки.

На рис. 1 представлены наиболее общие подходы к классификации судов гражданского флота.

В настоящее время, как правило, используются следующие принципы классификации:

- в зависимости от назначения судна;
- в зависимости от дедвейта, размеров и возможных ограничений в эксплуатации;
- в зависимости от способов обработки груза;
- в зависимости от принципов поддержания на воде.

Кроме того, в морской практике используется классификация, учитывающая конструктивные особенности судов, тип движителей и двигателей, материал корпуса, а также связанная с применением требований международных конвенций, кодексов и резолюций Международной морской организации ИМО.

Далее целесообразно рассмотреть различные подходы к классификации судов, относящихся в основном к средствам технического и служебно-вспомогательного флота, многообразие отраслевых взглядов различных классификационных обществ, а также участников фрахтового рынка (рис. 2).

В связи с тем, что нефтегазовая и судостроительная отрасли взаимосвязаны, активно развиваются и регулярно претерпевают изменения не только в России, но и в мире, соответствующие суда нефтегазопромыслового флота меняют не только конструктивный тип, но и основные классификационные признаки.

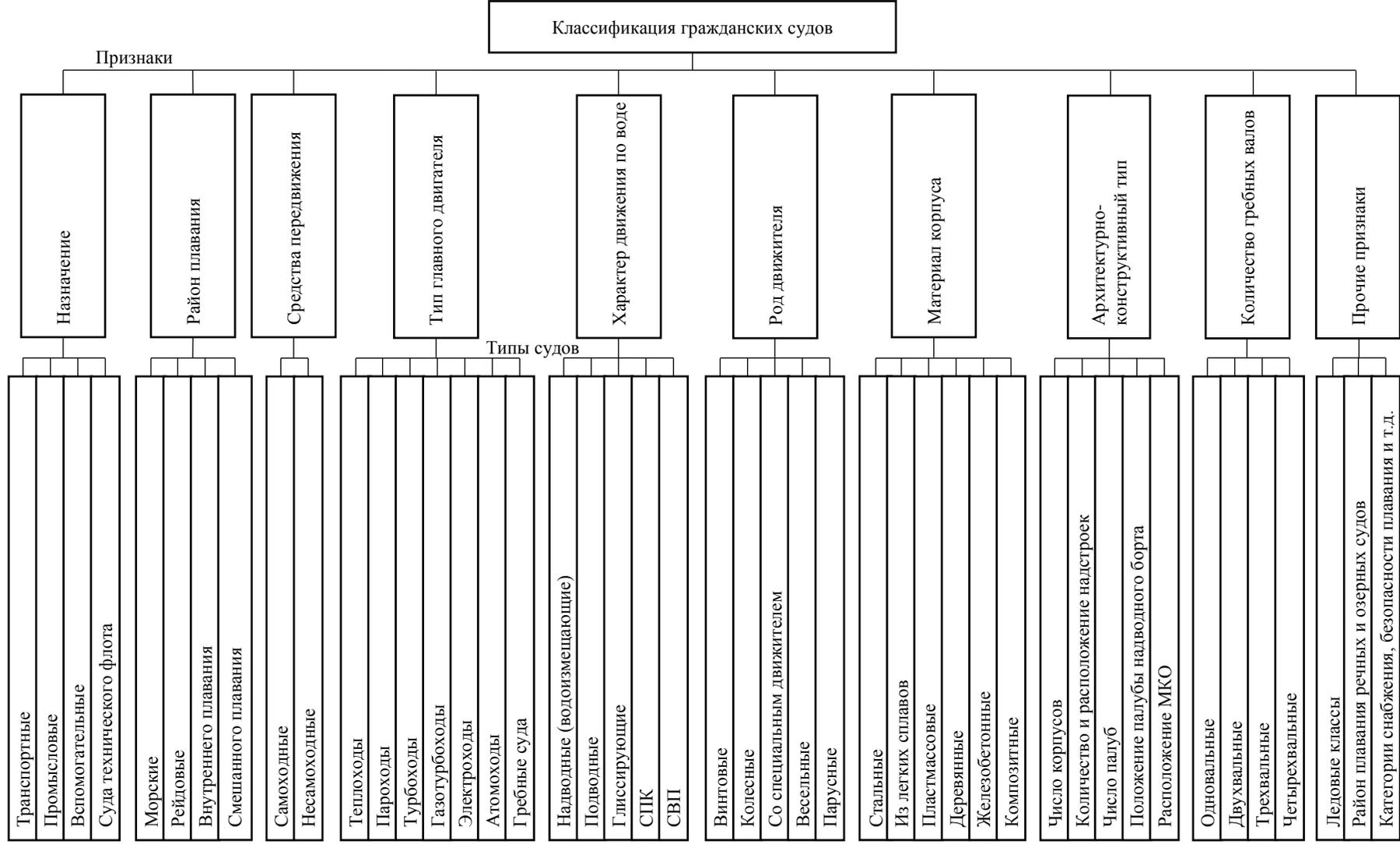


Рис. 1. Признаки классификации судов [2]

Fig. 1. Signs of ship classification [2]

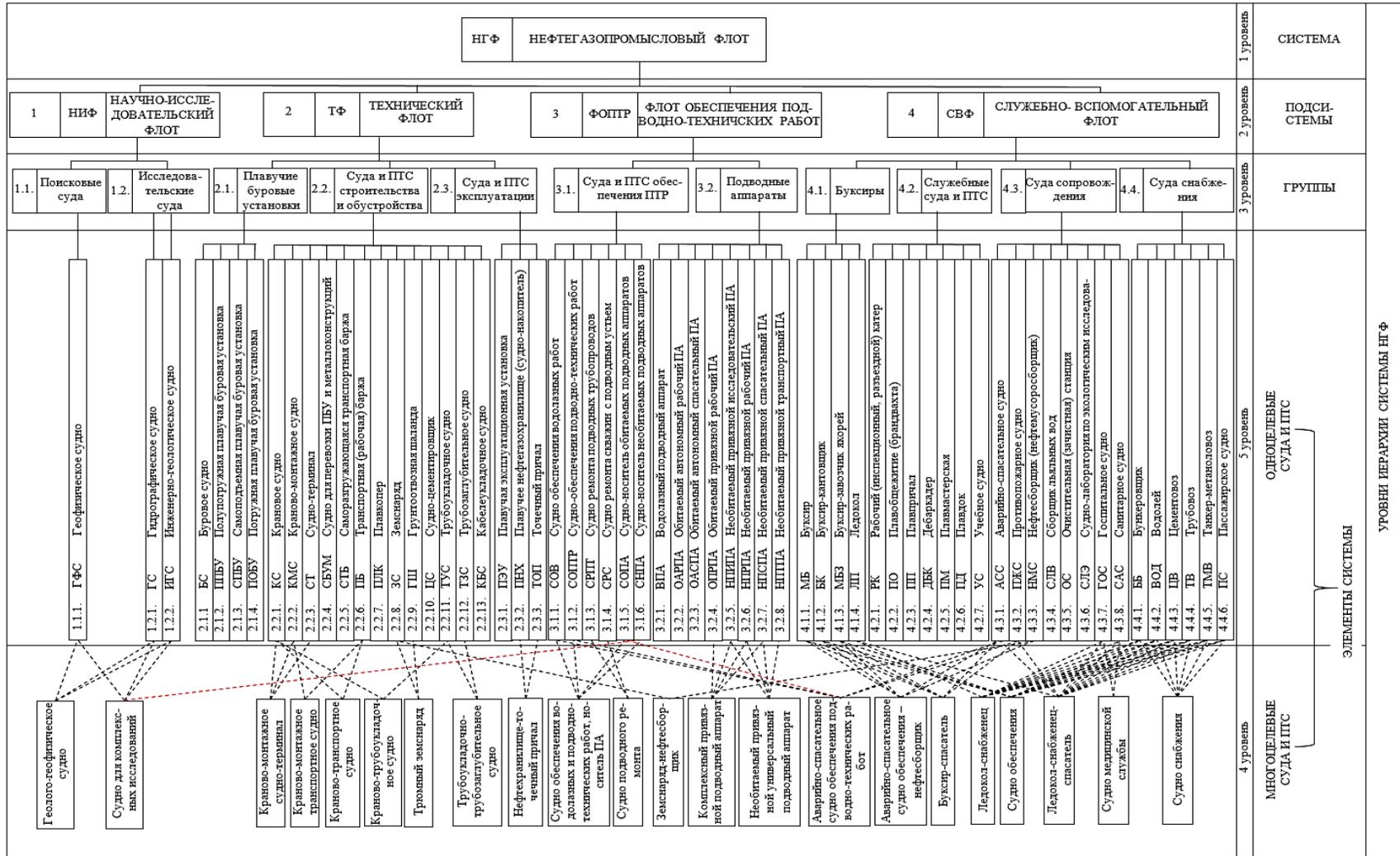


Рис. 2. Классификационная таблица целевых типов судов и ПТС нефтегазового флота [3]
 Fig. 2. Classification of the types of vessels and units of the oil and gas fleet [3]

Следует обратить внимание на значительные различия между классификациями судов технического флота, применяемыми классификационными обществами и отраслями в целом (например, отличия видны при сопоставлении документов и специализированной терминологии судостроительной, нефтегазовой и транспортной отраслей).

Наиболее рациональной можно считать классификацию, используемую классификационными обществами, входящими в Международную ассоциацию классификационных обществ (МАКО). Одной из официально декларируемых задач МАКО (International Association of Classification Societies, IACS) по усовершенствованию стандартов жизнедеятельности на море, сотрудничества, консультаций с соответствующими морскими организациями является унификация национальных правил классификации судов, требований организаций – членов, а также подготовка единых интерпретаций и руководств по внедрению стандартов ИМО (International Maritime Organization, ИМО) и ИСО (International Organization for Standardization, ISO). Ассоциация объединяет 12 наиболее крупных классификационных обществ, штаб-квартира находится в Лондоне. На сегодняшний день более 90% тоннажа мирового торгового флота приходится на класс обществ-членов МАКО.

Рассмотрим классификацию судов оффшорного флота у некоторых обществ.

КЛАССИФИКАЦИЯ ФАУ «РОССИЙСКИЙ МОРСКОЙ РЕГИСТР СУДОХОДСТВА»

История образования РС неразрывно связана с историей становления России как морской державы. В течение трех столетий флот стремительно развивался, поэтому классификация судов со временем значительно усложнилась, что потребовало создания независимого классификационного общества. Датой основания первого в России классификационного общества принято считать 31 декабря 1913 г.

К судам технического и вспомогательного флота, в соответствии с терминологией РС (табл. 1), отнесены таковые для технического обслуживания судов и водных путей, портового хозяйства, подводной добычи ископаемых и др. (земснаряды, землесосы, скалодробильные, дноочистительные и русловыправительные суда, грунтоотвозные шаланды, мотозавозни, лоцмейстерские, обстановочные и разъездные суда для обслуживания судоходной обстановки, для экологического контроля и исследования параметров водной среды, донного грунта и атмосферного воздуха).

Таблица 1. Классификация судов технического флота согласно РС [1, 4]
Table 1. Classification of vessels of the technical fleet according to RS [1, 4]

| Словесная характеристика на английском языке | Краткое описание или перевод словесной характеристики на русском языке |
|--|--|
| 1 | 2 |
| Anchor handling vessel | Судно для обслуживания якорей (установки, подъема и перестановки) |
| Cable laying barge | Кабелеукладочная баржа |
| Cable laying vessel | Кабелеукладочное судно |

Окончание таблицы 1

| 1 | 2 |
|--|--|
| Crane vessel | Крановое судно |
| Dredger | Земснаряд |
| Drilling barge | Буровая баржа |
| Drilling ship | Буровое судно |
| Floating crane | Плавающий кран |
| Floating establishment | Плавающая установка |
| Flush-deck ship | Судно-площадка |
| FOP gravity (Fixed offshore platform gravity) | Морская стационарная платформа гравитационная |
| FOP pile (Fixed offshore platform pile) | Морская стационарная платформа свайная |
| FOP mast (Fixed offshore platform mast) | Морская стационарная платформа мачтовая |
| FPO (Floating production offloading unit (vessel)) | Плавающее сооружение для добычи, подготовки и отгрузки углеводородов |
| FPSO (Floating production, storage and offloading unit (vessel)) | Плавающее сооружение для добычи, подготовки, хранения и отгрузки углеводородов |
| FSO (Floating storage and offloading unit (vessel)) | Плавающее хранилище жидких углеводородов |
| FSPM (Floating single point mooring) | Плавающий морской одноточечный причал |
| Hopper barge | Грунтоотвозная шаланда |
| Hopper dredger | Трюмный земснаряд |
| MODU self-elevating (Mobile offshore drilling unit self-elevating) | Плавающая буровая установка самоподъемная |
| MODU semi-submersible (Mobile offshore drilling unit semi-submersible) | Плавающая буровая установка полупогружная |
| MODU submersible (Mobile offshore drilling unit semi-submersible) | Плавающая буровая установка погружная |
| MODU tension leg (Mobile offshore drilling unit tension leg) | Плавающая буровая установка на натяжных связях |
| Passenger ship | Пассажирское судно |
| Pipe laying barge | Трубоукладочная баржа |
| Pipe laying vessel | Трубоукладочное судно |
| Pontoon for technological services | Технологический понтон |
| Pontoon for transportation services | Транспортный понтон |
| Salvage ship | Спасательное судно |
| Special purpose ship | Для судов, на которых находится специальный персонал (судно специального назначения) |
| SSPM (Stationary single point mooring) | Стационарный морской одноточечный причал |
| Standby vessel | Дежурное судно |
| Supply vessel | Судно обеспечения (иное, чем судно обеспечения ПБУ/МСП) |
| Supply vessel (OS) | Судно обеспечения ПБУ/МСП |

ХАРАКТЕРИСТИКА КЛАССИФИКАЦИОННОГО ОБЩЕСТВА DNV

DNV (Det Norske Veritas) – международное сертификационное и классификационное общество, в регистре которого находится более 13 тыс. судов и мобильных оффшорных установок суммарным водоизмещением более 250 млн т, что представляет собой 21 % мирового рынка. Корни DNV уходят в 1864 г., когда в Осло было образовано Норвежское сообщество морских страхователей для установки единых правил и процедур оценки рисков страхования судов. На сегодняшний день компания присутствует в 100 странах мира, является центром ком-

патентов в области возобновляемых, альтернативных и традиционных источников энергии, оффшорных и береговых ветровых, волновых и солнечных электростанций, нефти и газа. Классификация DNV представлена в табл. 2, 3.

Таблица 2. Классификация судов оффшорного флота согласно DNV[4, 5]

Table 2. Offshore fleet classification according to DNV [4, 5]

| Словесная характеристика на английском языке | Словесная характеристика или краткое описание на русском языке |
|---|---|
| 1 | 2 |
| CraneBarge (CB) | Крановая баржа |
| Crane Vessel (CV) | Крановое судно |
| Cable Laying Barge (CLB) | Кабелеукладочная баржа |
| Cable Laying Vessel (CLV) | Кабелеукладочное судно |
| Dredger | Земснаряд |
| Drilling Vessel (DV) | Буровое судно |
| Diving support vessel (DSV) | Судно обеспечения водолазных работ |
| Offshore Service Vessel Anchor Handling (OSV AH) | Судно, предназначенное для буксировки плавучих объектов в открытых морях и стоечных объектов на морском дне в дополнение к установке и подъему подводного якорного оборудования |
| Offshore Service Vessel AHTS (OSV AHTS) | Судно, предназначенное для буксировки плавучих и стоечных объектов в открытых морях и подъема подводного якорного оборудования и обеспечения буровых платформ |
| Offshore Service Vessel (OSV) | Судно, предназначенное для обслуживания шельфовых установок |
| Offshore Service Vessel + (OSV +) | Судно, предназначенное для обслуживания шельфовых установок в Северном море |
| Offshore Service Vessel Supply (OSV S) | Судно, предназначенное для обеспечения шельфовых установок |
| Offshore Service Vessel Towing (OSV T) | Судно, предназначенное для буксировки плавучих объектов в открытых морях |
| Offshore service vessel Windfarm maintenance (OSV WM) | Судно технического обслуживания морских ветряных электростанций |
| Oil Production and Storage Vessel (OPSV) | Судно для добычи и хранения нефти |
| Oil Production Vessel (OPV) | Судно для добычи нефти |
| Oil Storage Vessel (OSV) | Судно для хранения нефти |
| Pipe Laying Barge (PLB) | Трубоукладочная баржа |
| Pipe Laying Vessel (PLV) | Трубоукладочное судно |
| Seismic Vessel (SV) | Судно для сейсмографических исследований |
| Seismic Vessel (A) (SV (A)) | Судно для сейсмических исследований |
| Semi-Submersible Heavy Transport Vessel (SSHTV) | Судно, предназначенное для погрузки и выгрузки груза с погружением палубы надводного борта путем балластировки |
| Special Purpose Ship (SPS) | Судно специального назначения |
| StandbyVessel (SV) | Дежурное (аварийно-спасательное) судно |
| Standby Vessel (S) (SV (S)) | Дежурное судно(аварийно-спасательное) для Северного моря |
| Supply Vessel (SV) | Судно снабжения буровых установок |
| Supply Vessel (S) (SV (S)) | Судно снабжения буровых установок для Северного моря |
| Supply Vessel Basic (SVB) | Судно снабжения буровых установок для районов с более легкими условиями, чем в Северном море |

Окончание таблицы 2

| 1 | 2 |
|-------------------------------|--|
| Well Stimulation Barge (WSB) | Баржа для выполнения внутрискважинных работ (в том числе для интенсификации притока скважин) |
| Well Stimulation Vessel (WSV) | Судно для внутрискважинных работ (в том числе для интенсификации притока скважин) |

Не стоит забывать, что помимо судов есть и другие средства океанотехники, относящиеся к обширной категории технического нефтегазового флота: различные плавучие буровые установки (ПБУ) и морские стационарные платформы.

В руководствах и правилах DNV не представлена словесная характеристика таких сооружений по типу и назначению, однако имеется классификация групп таких объектов по дополнительным признакам, таким как архитектурно-конструктивный тип и предназначение. Исходя из этого такие объекты можно разделить на четыре группы [6]:

1. Offshore drilling and support units (объекты для морского бурения и снабжения).

2. Floating production, storage and loading units (плавучие объекты для добычи, хранения и отгрузки нефти).

3. Floating LNG/LPG production, storage and loading units (плавучие объекты для добычи, хранения и отгрузки сжиженного природного газа и сжиженных углеводородных газов).

4. Self-elevating units (самоподъемные объекты).

Таблица 3. Классификация технических средств по дополнительным признакам (архитектурно-конструктивный тип, предназначение) [4, 5]

Table 3. Classification of technical means by additional features (Architectural and constructive type, purpose) [4, 5]

| Словесная характеристика | Краткое описание |
|---|---|
| 1 | 2 |
| По архитектурно-конструктивному типу | |
| Column-stabilised (stabilised) unit (для групп 1- 3) | Плавучая конструкция, плавучесть и устойчивость которой обеспечивается колоннами |
| Deep draught unit (для групп 2, 3) | Плавучая конструкция с относительно большой осадкой, позволяющей избежать резонансных механических колебаний, которая имеет одну или несколько колонн с/без сквозной шахтой |
| Self-elevating unit (для групп 2 - 4) | Конструкция, имеющая достаточный запас плавучести для безопасной транспортировки, которая при эксплуатации поднимается над поверхностью моря на опорах, опирающихся на дно |
| Ship-shaped unit (для групп 1 - 3) | Суда и баржи, имеющие однокорпусную водоизмещающую конструкцию с двигателями или без них |
| Cylindrical unit (для групп 1 - 3) | Плавучая конструкция, имеющая водоизмещающий корпус цилиндрической формы с энергетической установкой или без нее |
| Tension leg unit (для групп 2, 3) | Плавучая конструкция, соединенная с неподвижным фундаментом (дном) с помощью натяжных связей |
| Mobile offshore unit (для групп 1, 2) | Плавучая (самоходная) буровая установка (имеющая основной символ класса 1А) |
| Floating offshore unit (для группы 2) | Плавучая несамоходная морская буровая установка (имеющая основной символ класса ОI) |

Окончание таблицы 3

| 1 | 2 |
|--|--|
| Согласно перечню предназначений | |
| Accommodation unit (для групп 1, 4) | Техническое средство (далее – ТС), предназначенное для размещения персонала |
| Craneunit (для групп 1, 4) | ТС, имеющее крановое оборудование и предназначенное для выполнения крановых операций |
| Drilling unit (для групп 1, 4) | ТС, предназначенное для морского бурения |
| Offshore support unit (для групп 1, 4) | ТС, предназначенное для обеспечения шельфовых объектов |
| Well intervention unit (для групп 1, 4) | ТС, предназначенное для внутрискважинных работ |
| Wind turbine installation unit (для групп 1, 4) | ТС, предназначенное для установки стационарного или плавучего ветроэнергетического оборудования |
| Liftboat (для группы 4) | Многоцелевое самоходное ТС, предназначенное для установки специального шельфового оборудования (для ветряных турбин) |
| Oil production (для группы 2) | ТС, предназначенное для добычи нефти |
| Oil storage (для группы 2) | ТС, предназначенное для хранения нефти |
| Oil loading (для группы 2) | ТС, предназначенное для погрузки или отгрузки нефти |
| LNG production (для группы 3) | ТС, предназначенное для производства сжиженного природного газа |
| LPG production (для группы 3) | ТС, предназначенное для производства сжиженных углеводородных газов |
| LNG storage (для группы 3) | ТС, предназначенное для хранения сжиженного природного газа |
| LPG storage (для группы 3) | ТС, предназначенное для хранения сжиженных углеводородных газов |
| LNG loading (для группы 3) | ТС, предназначенное для погрузки или отгрузки сжиженного природного газа |
| LPG loading (для группы 3) | ТС, предназначенное для погрузки или отгрузки сжиженных углеводородных газов |

КЛАССИФИКАЦИЯ, ПРИМЕНЯЕМАЯ АГЕНТСТВОМ RYSTADENERGY

Крупнейшая консалтинговая компания в нефтегазовой отрасли Rystad Energy (Норвегия), занимающаяся бизнес-аналитикой и исследованиями в области энергетики, в своих аналитических отчетах о состоянии рынка оффшорных морских судов и плавучих буровых установок применяет представленные ниже подходы к классификации судов технического флота (табл. 4, 5).

¹ Данные ТС подразделяются на две группы, в зависимости от конструктивной особенности добавляется дополнительная словесная характеристика: стационарная морская установка – «Installation» (Permanently place dinstallation) – либо плавучий самоходный/несамоходный объект – «Unit» (Mobile offshoreunit).

Таблица 4. Обзор типов морских судов по классификации Rystad Energy [6]
Table 4. Types of marine vessels according to the classification of Rystad Energy [6]

| Словесная характеристика на английском языке | Словесная характеристика или краткое описание на русском языке |
|--|---|
| AHTSV (Anchor handling tug supply vessel) | Судно снабжения - буксир - завозчик якорей (для буксировки и выполнения операций с якорями буровых установок при швартовке и постановке на точке бурения) |
| PSV (Platform supply vessel) | Судно снабжения морских платформ |
| OCV (Offshore construction vessel) | Многофункциональное судно обеспечения строительных (строительно-монтажных) работ (в том числе кабелеукладочных, а также подводно-технических работ) |
| WTIV (Wind turbine installation vessel) | Судно для установки ветряных турбин (как правило, самоподъемное, имеющее малую высоту борта, большую площадь рабочих палуб и вместимость помещений) |
| FIV (Foundation installation vessel) | Судно для установки опорных оснований (зачастую обеспечивающее также транспортировку на палубе нескольких колонных или ферменных оснований с береговой базы к месту установки в море, оборудованное захватывающим устройством для свай, гидроударником и инструментом для шумоподавления. Некоторые суда данного типа являются самоподъемными) |
| CLV (Cable-laying vessel) | Кабелеукладочное судно (как правило, оснащенное оборудованием для заглубления кабеля, таким как «ножевой кабелеукладчик», используемым для одновременной прокладки и заглубления, или специализированным траншейным дистанционно управляемым подводным аппаратом, гидравлическими салазками или вертикальным инжектором) |
| SOV (Service operation vessel) | Судно обеспечения эксплуатации (шельфовых объектов) (главным образом предназначено для обеспечения размещения технического персонала и его высадки на место работ, имеющее специализированный трап и кран большой грузоподъемности (до 500 футов), а также обеспечивающее размещение более 60 человек и обладающее хорошими мореходными качествами, увеличивающими окно погоды) |

Отдельно следует отразить применяемую агентством Rystad Energy классификацию плавучих буровых установок, основанную на терминологии брокеров, требованиях заказчиков и спросе на ПБУ в основных регионах добычи [7].

Таблица 5. Классификация плавучих буровых согласно Rystad Energy [6]
Table 5. Classification of floating drilling according to Rystad Energy [6]

| Словесная характеристика | Словесная характеристика или краткое описание на русском языке |
|---------------------------------|---|
| 1 | 2 |
| UDW Floaters (Ultra Deep Water) | ППБУ 6 и 7 поколений, обеспечивающие выполнение работ на глубинах >7500-10000 футов (2286-3048 м) и БС 6 и 7 поколений, обеспечивающие выполнение работ на глубинах до 12000 футов (3657 м) |

Окончание таблицы 5

| 1 | 2 |
|----------------------|--|
| Harsh Floaters | ППБУ и БС, имеющие соответствующие усиления корпуса, винтеризацию (winter-ready/winterized) либо ледовый класс, а также обеспечивающие бурение в условиях сильного волнения (в сложных гидрометеорологических условиях), включая ППБУ и БС, имеющие подтверждение соответствия (Acknowledgement of Compliance, AoC) |
| Ultra Harsh Floaters | ППБУ и БС, имеющие подтверждение соответствия со стороны Norway's Petroleum Safety Authority (либо аналогичное) |
| Moored Floaters | ППБУ и БС, позиционирование/удержание которых на точке бурения обеспечивается с помощью систем якорей/натяжных связей |
| Harsh Jackups | СПБУ, имеющие соответствующие усиления корпуса, винтеризацию (winter-ready/winterized) либо ледовый класс, а также обеспечивающие бурение в сложных гидрометеорологических условиях |
| Ultra Harsh Jackups | СПБУ, относящиеся к категории Harsh Jackups и соответствующие классу/проекту СПБУ Class N (Keppel FELS Ltdshipyard, Сингапур) и классу/проекту CJ70 (Marine Structure Consultants BV, Нидерланды), обеспечивающие бурение на континентальном шельфе Норвегии и имеющие необходимые сертификаты соответствия для работы в Северном море |
| Premium Jackups | СПБУ, обеспечивающие бурение на глубинах более 350 футов (106,7 м) |
| Standard Jackups | СПБУ, обеспечивающие бурение на глубинах до 350 футов (106,7 м) |

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной статье авторами проведен комплексный анализ содержания руководств, правил пособий различных классификационных обществ, отраслевых методик и научных публикаций профильных специалистов, на основании которого систематизированы подходы к классификации нефтегазопромыслового флота.

Наличие сложной иерархической структуры судов в рамках одной группы (типа) отражает скорее не степень изученности и технологический уровень того или иного сегмента судостроения, а многообразие задач, стоящих перед проектом, а также отраслевую специализацию страны или компании на конкретных направлениях деятельности. Необходимость в таком количестве типов судов под схожие задачи обусловлена тем, что спектр этих задач действительно широк, и приходится искать различные пути для их решения.

В целом следует отметить важность формирования единой целостной системы, которая будет отражать все многообразие взглядов. Наиболее пригодной классификацией для пользователя судна нефтегазового флота можно признать классификацию Rystad Energy.

Список источников

1. Правила классификации и постройки морских судов: утв. Российским морским регистром судоходства 01.10.2021 // Часть I: классификация. НД № 2-020101-138. Санкт-Петербург, 2021. 116 с.
2. Фрид Е. Г. Устройство судна. 5-е изд., стер. Л.: Судостроение, 1989. 339 с.
3. Методика планирования и организации работы плавучих технических средств и определения их потребности для предприятий Главморнефтегаза : врем. методика / Всесоюз. н.-и. и проект.-конструкт. ин-т по пробл. освоения нефт. и газовых ресурсов континент. Шельфа: разраб. П. А. Боровиков [и др.]. М.: ВНИИ экономики, орг. пр-ва и техн.-экон. информ. в газовой пром-сти, 1987. 132 с.
4. Символика классификации судов: утв. Международной ассоциацией классификационных обществ: Российским морским регистром судоходства 03.06.15 // Справочник: электронный аналог печатного издания. НД № 2-029901-002. Санкт-Петербург. 2015. 85 с.
5. DNV. Rules and standards : Rules for classification : Offshore units. URL: [https://rules.dnv.com/servicedocuments/dnv/#!/industry/1/Maritime/9/Rules%20for%20classification:%20Offshore%20units%20\(RU-OU\)](https://rules.dnv.com/servicedocuments/dnv/#!/industry/1/Maritime/9/Rules%20for%20classification:%20Offshore%20units%20(RU-OU)) (дата обращения: 05.12.2021).
6. UCube. URL: <https://www.rystadenergy.com/energy-themes/oil-gas/upstream/u-cube/> (дата обращения: 05.02.2021).

References

1. *Pravila klassifikatsii i postroyki morskikh sudov*. Utv. Rossiyskim morskim registrom sudokhodstva 01.10.2021. Chast' I, klassifikatsiya. ND № 2-020101-138. Saint-Petersburg, 2021. 116 p.
2. Frid E. G. *Ustroystvo sudna* [Ship arrangement]. L., Sudostroenie, 1989. 339 p.
3. Metodika planirovaniya i organizatsii raboty plavuchikh tekhnicheskikh sredstv i opredeleniya ikh potrebnosti dlya predpriyatiy Glavmorneftegaza. Vsesoyuznyy nauchno-issledovatel'skiy i proektno-konstruktorskiy institut po problem. osvoeniya neftyanykh i gazovykh resursov kontinental'nogo shel'fa, razrab. P. A. Borovikov [i dr.]. Moscow, Vsesoyuznyy nauchno-issledovatel'skiy institut ekonomiki, organizatsii proizvodstva i tekhniko-ekonomicheskoy informatsii v gazovoy promyshlennosti Publ., 1987. 132 p.
4. Simvolika klassifikatsii sudov. Utv. Mezhdunarodnoy assotsiatsiey klassifikatsionnykh obshchestv, Rossiyskim morskim registrom sudokhodstva 03.06.15. ND № 2-029901-002. Saint-Petersburg, 2015. 85 p.
5. DNV. Rules and standards. Rules for classification. Offshore units, available at: [https://rules.dnv.com/servicedocuments/dnv/#!/industry/1/Maritime/9/Rules%20for%20classification:%20Offshore%20units%20\(RU-OU\)](https://rules.dnv.com/servicedocuments/dnv/#!/industry/1/Maritime/9/Rules%20for%20classification:%20Offshore%20units%20(RU-OU)) (Accessed 05 December 2021).
6. UCube. Available at: <https://www.rystadenergy.com/energy-themes/oil-gas/upstream/u-cube/> (Accessed 05 December 2021).

Информация об авторах

С. А. Казьмин – студент

М. С. Кorableва – кандидат экономических наук, главный эксперт,
M.Korableva@adm.gazprom.ru

А. В. Лобанов – начальник отдела, Al.Lobanov@adm.gazprom.ru

О. Я. Тимофеев – доктор технических наук, профессор, декан факультета кораблестроения и океанотехники, oleg_timof@mail.ru

Information about the authors

S. A. Kazmin – student

M. S. Korableva – PhD in Economics, Chief expert, M.Korableva@adm.gazprom.ru

A. V. Lobanov – Head of the Department, Al.Lobanov@adm.gazprom.ru

O. Ya. Timofeev – Doctor of Engineering, Professor, Dean of the Faculty of shipbuilding and ocean engineering, oleg_timof@mail.ru

Статья поступила в редакцию 14.03.2022; одобрена после рецензирования 20.03.2022; принята к публикации 23.03.2022.

The article was submitted 14.03.2022; approved after reviewing 20.03.2022; accepted for publication 23.03.2022

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ АПК

Научная статья

УДК 330.3

DOI 10.46845/1997-3071-2022-65-135-152

Актуализация Дорожной карты «Маринет» в современных условиях

Абдурашид Яруллаевич Яфасов

Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия, yafasov@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9251-1187>

Аннотация. Целью работы является анализ Дорожной карты трека «Маринет» Национальной технологической инициативы и выработка предложений по ее актуализации в контексте новой ситуации в мире – бифуркации мировой системы, вызванной экономической войной между развитыми западными странами во главе с США и Россией. Обоснована необходимость включения в число актуальных направлений морехозяйственной деятельности России производственных технологий глубокой переработки морской биопродукции, рециклинга, ускоренного развития отечественного рыболовного судостроения, оборудования и материалов, аква- и марикультуры, возобновляемой морской энергетики с одновременной ускоренной цифровизацией морской экономики. Цифровизация морской экономики должна проводиться путем создания независимых цифровых экосистем с использованием отечественных цифровых платформ и программных продуктов, элементной базы микроэлектроники, сенсорики и вычислительной техники, расширения и совершенствования подготовки кадров цифровой экономики. Цифровые экосистемы, выходя за рамки морской экономики и распространяясь на другие отрасли, обеспечивают реализацию «стратегии смежного синергетического развития». Показано, что в фокусе развития должна быть классическая инновационная модель экономики с приоритетом развития новых производственных технологий, опорой на внутренние источники инвестиций в производство, модернизация государственно-частного партнерства и системы подготовки профессиональных кадров цифровой экономики. Создание конструкторов цифровых систем и разработка алгоритмов, обеспечивающих быстрое сооружение и конгруэнтную перестройку цифровых экосистем в зависимости от изменения внутренней и внешней среды, обеспечат ускоренную цифровизацию экономики России, ее цифровой и технологической суверенитет. Для приморских регионов страны показана необходимость синхронного развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов, предприятий общественного питания в концепте биоэкономики полного цикла. Использование цифровых платформ существенно снижает цены на продукты питания, повышает продовольственную безопасность и устойчивость регионального развития.

Ключевые слова: бифуркация мировой системы, Маринет, цифровая экономика, развитие производства, цифровая платформа, инноватика, экономика замкнутого цикла, кадры цифровой экономики

Для цитирования: Яфасов А. Я. Актуализация Дорожной карты «Маринет» в современных условиях // Известия КГТУ. 2022. № 65. С. 135–152.

© Яфасов А. Я., 2022

Original article

Updating the Marinet Roadmap in modern conditions

Abdurashid Ya. Yafasov

Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia
yafasov@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9251-1187>

Abstract. The aim of the work is to analyze a Roadmap of the Marinet track of the National Technology Initiative and develop proposals for its updating in the context of the new situation in the world - bifurcation of the world system caused by the economic war between developed Western countries, with the United States ahead of the game, and Russia. The Marinet road map has been analyzed, the necessity of including production technologies for deep processing of marine bioproducts, recycling, accelerated development of domestic fishing shipbuilding, equipment and materials, aqua and mariculture, renewable marine energy with simultaneous accelerated digitalization of the marine economy has been substantiated. Digitalization of the maritime economy should be carried out by creating independent digital ecosystems using domestic digital platforms and software products, the element base of microelectronics, sensors and computer technology, expanding and improving training of digital economy personnel. Digital ecosystems, going beyond the maritime economy and spreading to other industries, ensure the implementation of the "strategy of adjacent synergistic development". It is shown that the focus of development should be the classical innovative model of the economy with the priority of developing new production technologies, relying on internal sources of investment in production, modernizing public-private partnerships and training systems for professional personnel in the digital economy. Creation of digital system designers and development of algorithms that ensure rapid construction and congruent restructuring of digital ecosystems, depending on changes in the internal and external environment, will ensure the accelerated digitalization of the Russian economy, its digital and technological sovereignty. For the coastal regions of the country, the need for the synchronous development of agro-industrial and fishery complexes, public catering enterprises in the concept of a full-cycle bioeconomy is shown. The use of digital platforms significantly reduces food prices, increases food security and sustainability of regional development.

Keywords: bifurcation of the world system, Marinet, digital economy, production development, digital platform, innovation, circular economy, digital economy personnel

For citation: Yafasov A. Ya. Updating the Marinet Roadmap in modern conditions. *Izvestiya KGTU = KSTU News*. 2022; (65):135–152. (In Russ).

ВВЕДЕНИЕ

Межведомственной рабочей группой по разработке и реализации Национальной технологической инициативы при Правительственной комиссии по модернизации экономики и инновационному развитию России 21 января 2021 г. принята новая Дорожная карта «Маринет» [1] (далее ДК «Маринет»), в которой сформирована повестка морехозяйственной деятельности Российской Федерации

до 2035 г. Общий подход к целевому рынку Маринет, сформулированный в ДК «Маринет», опирается на видение этой проблематики экспертами ООН [2] и предполагает три взаимосвязанных сегмента морехозяйственной деятельности: цифровую навигацию, технологии освоения ресурсов Мирового океана и инновационное судостроение, на стыках которых должны развиваться беспилотные суда, морская робототехника, эко- и биомониторинг.

Такое видение перспективных направлений реализации и ключевых сегментов Маринет с учетом сегодняшних реалий жесткой экономической войны западных стран во главе с США с Россией, на наш взгляд, представляется недостаточно полным и не отражает первоочередные задачи российской экономики в свете происходящей финансовой, экономической и технологической блокады страны. Для России создана беспрецедентная ситуация, не имевшая аналогов в современной истории по части ограничений процессов развития страны во всех направлениях – экономическом, научном, образовательном, технологическом, энергетическом, цифровом, общекультурном, военном. Начато открытое изъятие ее зарубежных ценностей, фактическое ограничение прав российских граждан, находящихся на постоянной или временной основе за рубежом. Ограничения коснулись и российских граждан, проживающих в своей стране и работающих на предприятиях и в организациях, выполняющих работы по контрактам с иностранными компаниями или работающих в российских филиалах и дочерних структурах иностранных компаний. Таким образом, в течение первого квартала 2022 г. социально-экономическая картина начала стремительно меняться. В соответствии с экономическим прогнозом ОЭСР, опубликованном в марте 2022 г. [3], при сохранении динамики цен на сырьевые товары и финансовые рынки, наблюдаемой в феврале – марте 2022 г., рост мирового ВВП в этом году может снизиться более чем на 1 %, а среднемировая инфляция потребительских цен – вырасти на 2,5 %. Для России консенсус-прогноз по данным Центробанка России на 2022 г. [4] показывает снижение ВВП на 8 %, а по прогнозам ЕБРР и ВБ, приведенным в газете «Коммерсантъ» 11.04.2022 г., оно составит 10 и 11,2 % соответственно. Инфляцию ЦБ России прогнозирует по итогам года в 20 %.

Целью данной работы является анализ Дорожной карты трека НТИ «Маринет» и выработка предложений по ее актуализации в парадигме инновационной модели развития регионов России с учетом создавшейся новой ситуации – бифуркации мировой системы, вызванной тотальной экономической войной развитых западных стран и их союзников во главе с США против России.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1. Санкции западных стран – вызовы развитию России

Председатель Президиума Совета по внешней и оборонной политике России, главный редактор журнала «Россия в глобальной политике» Ф. Лукьянов назвал политику западных стран во главе с США в отношении России «актом экономической войны, очень жесткой, мировой войны нового типа» [5]. Расчеты автора показывают, что потенциалы противостояния, если их выразить в интегральной форме в номинальном ВВП сторон [6], соотносятся как 34:1. Чрезвычайно жесткая политика западных стран не приводит к ожидаемому Западом ре-

зультату вследствие существенно лучшей готовности России к санкциям по сравнению с периодом санкций западных стран в отношении России 2014–2016 гг. [7, 8]. Однако стране необходимо предпринять большие усилия для смягчения их последствий, которые следует рассматривать для полного понимания в краткосрочной, среднесрочной и долгосрочной перспективах.

В краткосрочной перспективе кроме прогнозного снижения ВВП России следует ожидать резкое сокращение иностранных инвестиций, доступа к зарубежным финансам, импорта высокотехнологичного оборудования, аппаратуры и комплектующих изделий, современной вычислительной техники, экспорта сырья и продукции отечественных производителей. В среднесрочной перспективе эффект тотальных санкций при условии их продолжения скажется на потере значительной части выжидавших на первом этапе иностранных партнеров по развитию высокотехнологических производств в России, на снижении инвестиций на развитие инфраструктуры, капитального строительства, на продолжении оттока профессиональных кадров цифровой экономики, ускоренной переориентации экспортно-импортных операций от Запада к Востоку, инфляции, снижении покупательской способности и ухудшении качества жизни населения, росте безработицы и социального неравенства. В долгосрочной перспективе будет наблюдаться перестройка экономики с переориентацией на страны Азии, Африки и Южной Америки.

В целом тотальная экономическая война с Западом приведет к изменению векторов развития инфраструктуры, баланса сил в регионах и между регионами, изменению социальных страт в регионах и в стране в целом, к окончательной ориентации России на инновационное развитие с опорой в первую очередь на свои внутренние ресурсы. Альтернативы инновационному развитию и опоре на собственные силы в ближайшей перспективе не существует, и это необходимо воспринимать как аксиому. Для смягчения последствий экономической войны необходима ускоренная перестройка экономики страны с применением рапид-форсайтов по всем ее направлениям, которые должны проводиться, опираясь на результаты мониторинга внешней и внутренней среды. Следует отметить, что рапид-форсайты не отменяют серьезную аналитику, а основаны на ней для принятия качественных, взвешенных решений.

В этой связи, с учетом сложившейся внешнеполитической и внешнеэкономической ситуации, необходимо заново пересмотреть Дорожную карту «Маринет» [1], которая как в первой, так и во второй редакции и без того была сформирована не лучшим образом. Из актуальных направлений морехозяйственной деятельности выпали, в определенной степени, такие важные секторы, как рыболовство, рыболовное оборудование и материалы, марикультура, глубокая переработка морской биопродукции, включая рециклинг, морская энергетика, по которым в ближайшие годы необходимо будет проводить акцентированную политику цифровизации и модернизации. При этом не следует забывать, что мировая экономика в лице развитых стран уже более полувека работает в рамках инновационной модели развития.

2. Инновационная модель интенсивного развития России

Современную инновационную модель развития можно представить в виде непрерывно раскручивающейся по вертикали спирали, включающей следующие семь основных этапов:

1. Производство, развитие и передача новых знаний через интегрированную систему науки и образования в инновационное предпринимательство;
2. Превращение знаний через интегрированную систему науки, профессионального образования и инновационного предпринимательства в новые технологии и технику;
3. Внедрение новых технологий и техники в производство востребованных рынком товаров и услуг;
4. Развитие серийного инновационного производства новых товаров, серийной организации новых видов услуг, захват определенных либо создание новых ниш рынка;
5. (1–5) применение новых знаний и технологий для совершенствования систем управления, оптимизация управления в организационных системах, снижение непроизводительных затрат;
6. Организация и поддержка продаж товаров и услуг путем непрерывной их модернизации до принятия решения о снятии их с производства, получение прибыли;
7. Реинвестиция существенной доли прибыли в образование, науку и создание новой техники и технологий.

И далее цикл повторяется на более высоком уровне развития.

Таким образом, возникает самоподдерживающийся процесс, в котором инвестиции бизнеса должны играть преобладающую роль по сравнению с объемами государственных заказов на НИОКР и создание новой техники и технологий. В связи с этим уточним понятие зрелости инновационного предпринимательства: она определяется долей прибыли, направляемой предприятиями на науку, профессиональное образование и разработку новой продукции; чем больше эта доля, тем на более высокой ступени развития инновационного предпринимательства находится то или иное предприятие, отрасль экономики, регион страны, страна в целом. Соотношение долей софинансирования новых разработок бизнесом и государством в ведущих развитых странах мира составляет примерно 2:1 [9], в России оно имеет обратный характер – 1:2 [10].

Следует обратить внимание на принципиально важный фактор: зрелость инновационного предпринимательства определяется не только участием частного капитала в генерации и внедрении инноваций, но и участием в финансировании подготовки специалистов инновационной экономики – в целевой подготовке специалистов. В этой связи важно отметить, что вследствие недостаточно активного участия бизнеса в инновационном предпринимательстве и недофинансирования государством в большинстве государственных технических университетов страны оставляет желать лучшего материально-техническая база научных исследований и профессионального обучения, крайне ограничены объемы финансирования НИОКР, отсутствуют центры прототипирования – важнейшие элементы инновационной системы [11]. Ситуация существенно усложняется необходимостью ускоренной цифровизации экономики и управления, перехода на отечественную

элементную базу и программные продукты, увеличения подготовки специалистов по информационным технологиям, развития микроэлектроники, сенсорики и автоматизации, материаловедения для обеспечения технологической и цифровой независимости страны.

3. Проблемы развития государственных технических университетов в контексте инновационной модели развития России

В течение последних 30 лет государственные технические университеты получали ограниченное финансирование в части оснащения экспериментальным оборудованием, аналитической аппаратурой и вычислительной техникой, за исключением «элитных» федеральных, национальных исследовательских и опорных университетов, вследствие чего многие региональные и отраслевые нуждаются в значительных капитальных вложениях. Особенно критическая картина наблюдается в отраслевых и региональных технических университетах, включая университеты Росрыболовства. Можно привести пример: бюджетное финансирование НИОКР БФУ им. И. Канта в 2020–2021 гг. превышало аналогичное финансирование всех университетов Росрыболовства вместе взятых, хотя по контингенту обучающихся он сравним с одним университетом рыбной отрасли – КГТУ. Если для «элитных» университетов Минобрнауки России ежегодно находит новые формы поддержки и каналы финансирования, то региональные технические университеты практически лишены такой возможности. Следует отметить, что практически все они являются по сути опорными для экономики своих регионов и, казалось бы, им необходимо уделять внимание в целях гармоничного развития регионов. Региональные органы власти лишены возможности оказывать существенную поддержку региональным университетам, финансируемым из федерального бюджета. Моральное старение материально-технической базы в региональных университетах привело к другому эффекту: сегодня профессорско-преподавательский состав технических университетов нуждается в значительной переподготовке из-за отсутствия навыков работы на современном оборудовании, а порой – незнания современных достижений и возможностей науки, технологий и производства в своих и смежных областях. Студенты лишены возможностей знакомства с передовыми технологиями в стенах альма-матер.

В интересах обороноспособности страны роль государства заключается, кроме организации фундаментальных исследований и НИОКР, в организации крупных инновационных подразделений в НИИ, КБ и образовательных организациях, имеющих важное значение для реализации инновационной политики страны с учетом стратегических перспектив. Отличительной особенностью инновационного процесса в последнее десятилетие является быстрая цифровизация всех отраслей экономики и управления. Использование цифровых технологий и инструментов, таких как конструктор цифровых экосистем, ситуационный центр [12], цифровая платформа [13], цифровой двойник [14], Интернет вещей, 3D-печать [15], AR/VR-технологии, системы предиктивного анализа с использованием искусственного интеллекта и другие, позволяет быстро, реагируя на внешние вызовы, развивать национальные независимые цифровые экосистемы разного уровня.

Цифровизация морской экономики должна проводиться путем создания независимых цифровых экосистем с использованием отечественных цифровых платформ и программных продуктов, элементной базы микроэлектроники, сенсорики и вычислительной техники, расширения и совершенствования подготовки кадров цифровой экономики. Существенным преимуществом цифровизации экономики является быстрое установление связей между собой различных хозяйствующих субъектов, отраслей экономики, различных территорий. Цифровые экосистемы, выходя за рамки морской экономики и распространяясь на другие отрасли, обеспечивают реализацию «стратегии смежного синергетического развития». При достаточно высоких капитальных вложениях в цифровые системы текущие расходы на их эксплуатацию неизмеримо ниже, причем позволяют с меньшими затратами подключать к существующим цифровым экосистемам новых акторов экономики, а использование отечественных программных продуктов и технологических разработок обеспечивает цифровой и производственный суверенитет, создает фундамент для устойчивого развития. Следует выделить особенность приморских регионов, в которых имеется возможность синхронного развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов совместно с предприятиями общественного питания в концепте биоэкономики полного цикла [13]. Использование цифровых платформ существенно снижает цены на продукты питания, повышает продовольственную безопасность и устойчивость регионального развития, но принципиально новая появляющаяся возможность заключается в кастомизации продукции. Переход к персонализированному питанию фактически означает переход к Индустрии 5.0, и здесь у России есть возможность не только догнать в инновационном развитии пищевой отрасли ведущие страны Запада, но и предложить свои новые цифровые продукты, конкурентоспособные на международном рынке. Этот цифровой прорыв может быть обеспечен за счет применения отечественных цифровых платформ и программных продуктов, быстро перестраиваемых конструкторов локальных экосистем, способных обеспечить реализацию «стратегии смежного синергетического развития».

В Стратегической рамочной программе ФАО на 2022–2031 гг. [16] особое внимание уделяется четырем «катализаторам» ускорения получения запланированных результатов, как их называют эксперты ФАО, – это технологии, инновации, данные и средства обеспечения, под которыми подразумеваются совершенство институтов, системы управления и человеческий капитал. Последние должны обеспечивать эффективную работу в условиях растущей неопределенности и рисков. Проведем анализ Дорожной карты «Маринет» с точки зрения этих «катализаторов» ускорения инноваций.

4. Производственные технологии в Дорожной карте «Маринет»

Дорожная карта «Маринет» не вполне отражает тенденции современного развития и с учетом сегодняшнего экономического и политического противостояния западных стран и России нуждается в переработке. Ее недостатком является расплывчатость формулировок, распределенных по пяти сегментам: цифровой навигации, технологий освоения океана, инновационного судостроения, образования и нормативно-правовой базы. Сформулированный в Дорожной карте сегмент «технологии освоения ресурсов океана» более точно можно было бы назвать

«инноватикой в морехозяйственной деятельности», которая предполагает не только создание новых технологий, но и их внедрение, в том числе робототехники, организацию автономных производств с использованием цифровых платформ и искусственного интеллекта по добыче и переработке морских ресурсов, как биологических, так и рудных, минеральных, непосредственно в морской среде. Важное значение в освоении ресурсов океана имеет соблюдение ESG-принципов (E -environment, S -social, G -governance), развитие бизнеса, ответственного по отношению к окружающей природной среде, социально ответственного и характеризующегося качественным корпоративным управлением [17].

В стратегических целях Маринет в технологическом сегменте акцент делается на освоение ресурсов океана, на морскую добычу, в то время как сегодня по объемам добычи водных биологических ресурсов наступил фактический предел [18], превышение которого может привести к потере возможности воспроизводства многих видов морских животных. Поэтому в документах ФАО основной упор делается на мари- и аквакультуру, где у России есть значительный потенциал развития [19]. В работах [11, 19] приведены расчеты по соотношению экспорта – импорта рыбной продукции в России в последние годы, которые показали значительные объемы упущенной выгоды вследствие недостаточного развития технологий переработки рыбной продукции, включая рециклинг. Создание конструкторов и разработка алгоритмов, обеспечивающих быстрое сооружение и конгруэнтную перестройку цифровых экосистем в зависимости от изменения внутренней и внешней среды, обеспечат ускоренную цифровизацию рыбохозяйственного комплекса России.

Следует отметить, что добыча и переработка биоресурсов, разработка рудных залежей, добыча минеральных и газовых энергоресурсов существенно отличаются друг от друга, и следовало бы их выделить в отдельные значимые сегменты морехозяйственной деятельности. В частности, организация горного предприятия на морском дне требует достаточно больших источников энергии, в качестве которых могут быть ветровые электростанции в открытом океане, способные устойчиво работать без опоры на морское дно. В части цифровизации рыбопромыслового комплекса стратегической целью в ДК «Маринет» предусмотрено создание сервисной платформы для мониторинга, контроля и управления транспортной и рыбопромысловой деятельностью [1], отнесенное в сегмент цифровой навигации. Такой ракурс существенно сужает сферу деятельности рыбохозяйственного комплекса России. Учитывая специфические характеристики добываемых биоресурсов, в первую очередь рыбы, важную роль в РХК имеют вопросы транспортировки и переработки водных биоресурсов, так как они относятся к нежной и быстро портящейся продукции, и в идеале лучшим вариантом является безотходная переработка на борту судна с сохранением всех питательных веществ и потребительских качеств продукции. Либо транспортировка на береговые производства по переработке с соблюдением предосторожностей, снижающих до минимума механическое повреждение улова и его порчу.

В целом следует отметить, что реализация ДК «Маринет», начатая в 2016 г., в связи с экономической войной, развязанной западными странами в отношении России в феврале 2022 г., в ближайшие годы будет отличаться обязательностью существенного ускорения и внедрения новых технологий, аппаратуры и техники, выявленных и отработанных в последние годы, тиражированием инно-

вационной продукции, включая развитие потенциала выхода с продукцией на международные рынки. В апреле 2021 г., выступая на заседании Совета Федерации, вице-премьер Д. Чернышенко отмечал, что национальная инновационная система включает в себя четыре основных элемента: науку, высшее образование, бизнес и цифровые технологии. Здесь необходимо подчеркнуть, что под этими элементами понимаются обобщенные понятия фундаментальной и прикладной науки и технологий, система непрерывного образования, начиная с раннего детства и завершая аспирантурой и докторантурой в вузе, сопровождающаяся непрерывным ДПО в течение всей жизни, бизнес при участии государства и цифровые технологии, пронизывающие и охватывающие все разделы НИОКР, постановки продукции на производство во всех отраслях экономики, а также управление в организационных системах.

Поэтому ключевым контекстом ДК «Маринет»-2035 на сегодняшний день должны стать ускоренная разработка, стимулирование и использование новых технологий с развитием частно-государственного партнерства, с безусловным приоритетом насыщения необходимой продукцией внутреннего рынка страны. Такая постановка вызвана непрерывно генерируемыми новыми санкциями западных стран в отношении России и сильным давлением США на мировое сообщество с целью изоляции России во всех сферах жизнедеятельности. Насыщение внутреннего рынка страны предусматривает в дальнейшем выход на рынки СНГ, ЕАЭС, БРИКС в первую очередь, а затем в другие страны.

В связи с этим, безусловно, к основным сегментам Дорожной карты «Маринет» следует отнести новые технологии и систему организации морского образования в целях подготовки профессионалов для работы в морехозяйственной сфере, а также совершенствование нормативно-правовой базы в виде нормативно-правовых (НПА) и нормативно-технических актов (НТА), соответствующих международным стандартам и НПА. Отметим, что в перечень, включающий девять целевых контрольных показателей Дорожной карты «Маринет», включены два показателя, отражающие подготовку кадров по перспективным профессиям и специальностям рынка Маринет с использованием новых технологий обучения, программы и проекты, направленные на привлечение молодежи для работы в морехозяйственной области, в первую очередь – в ее новые высокотехнологичные направления развития.

Важным моментом, определяющим эффективность выполнения мероприятий Дорожной карты, является адаптация этих мероприятий к приморским регионам страны, прежде всего – к регионам, обеспечивающим стратегические выходы России в Мировой океан. Это связано как с внутренними, достаточно существенными различиями в социально-экономическом и инфраструктурном развитии регионов, так и внешней средой, политикой соседних стран, ресурсными характеристиками морских акваторий, находящихся в юрисдикции Российской Федерации.

5. Вопросы подготовки кадров в концепте национальной иннократии

Как уже отмечалось, в национальной инновационной системе можно выделить сегодня четыре основных актуальных элемента: науку, высшее образование, бизнес и цифровые технологии. Ускоренная разработка и внедрение новых технологий с развитием инновационного бизнеса (а он по определению должен быть

инновационным для обеспечения конкурентоспособности в жестких условиях экономической блокады), частно-государственного партнерства по перспективным направлениям экономики связаны с новыми технологиями обучения, опорой на фундаментальную науку, программами и проектами STEM-образования, направленными на привлечение молодежи. То есть, по сути, система новых принципов и технологий образования должна быть нацелена на формирование новой национальной элиты – меритократии России.

В связи со встречающимися различными понятиями «элита», «элитология» [20] и «меритократия» определимся с ними в целях однозначного их понимания. Элитология – это наука о выявлении и описании социального слоя – субъекта управления в социально-экономических системах (СЭС), непосредственно осуществляющего это управление, – и социальных слоев в различных социальных секторах СЭС, оказывающих существенное влияние на состояние СЭС. Изучение элитарности проводится обычно с точки зрения общечеловеческого социокультурного феномена [21], имеющего в разных странах различные исторические корни и тенденции развития народов в разные периоды, в основе которых лежат экономические, технологические и социально-политические процессы.

Меритократия – власть достойных [22]. Рассматривая меритократическую концепцию элиты, будем считать ее основными признаками интеллект, культуру, духовность, мораль, знания, творческий потенциал, связь с народом и заслуги перед ним. Учитывая императив конгруэнтности интеллектуального, цифрового, инженерно-технического и технологического инновационного развития экономики и общества на данном этапе развития человечества, имеет смысл ввести новое обобщенное определение современной меритократии – «иннократия», включающее все основные ее признаки в меритократической концепции элиты. Таким образом, иннократия – это меритократия, в которой элита обладает общим, эмоциональным, цифровым, инженерно-техническим и технологическим интеллектом и нацелена на непрерывную генерацию и внедрение инноваций.

Ранее в работе [23] была предложена векторная модель интеллекта, объясняющая эффект синергии интеллектов членов творческой группы, работающих над одной проблемой, т. е. коллективный интеллект не является суммой интеллектов членов ее группы, а может иметь разные значения в зависимости от степени организации ее творческой работы. В работах [24–28] экспериментально установлено, что мозг человека способен синхронизироваться с работой других членов творческого коллектива во время коллективного решения конкретной задачи. Когнитивные задачи требуют синхронизации разных частей мозга, и при передаче информации между ними активность этих участков можно измерять методами ЭЭГ и МРТ. Эти измерения показали, что у людей, работавших в группе над одной проблемой, наблюдаются функциональные связи, причем фазовая синхронизация сильнее проявляется в мозге во время значимого социального взаимодействия, связанного с вовлеченностью, в частности, в коллективный процесс творчества над решением единой задачи. Тем, кто участвовал в работе креативной группы, в мозговом штурме, известно, что правильно задавать вопросы не менее важно, чем находить на них ответы, и члены группы с различным психическим складом могут хорошо дополнять друг друга при решении сложных задач.

Естественно, возникает вопрос о создании условий синергии творческого результата в процессе работы группы над решением творческой задачи. Для реа-

лизации коллективного интеллекта креативной группы необходимо уточнить понятие медиации, которая представляется в отличие от общепринятого понятия [29] в двух ипостасях. Медиация – это: 1) дивергентно-конвергентная технология генерации новых решений в науке, технике и технологиях, в экономике, экологии и обществе; 2) конвергентная технология досудебного интеллектуального разрешения споров хозяйствующих субъектов. В данной работе использована первая формулировка понятия «медиация». В такой редакции понятие «медиация» и обобщенное понятие «иннократия» в качестве новых терминов инноватики вводятся впервые. В условиях экономического диктата Запада в отношении России, когда официальные лица иностранного государства открыто декларируют такие цели, как доведение России до дефолта либо до крайнего обнищания, а многие страны безмолвно с этим соглашаются и идут в фарватере своего лидера, а также учитывая разновекторное поведение в этой связи определенной части российской элиты, необходимо обратить внимание на следующие моменты:

1. Попытки глобального доминирования на мировой арене транснациональных элит – важнейших акторов мировой социально-экономической, политической и технологической системы.

2. Разобщенность и разновекторность российской элиты, российской меритократии в многонациональной мировой социально-экономической, культурной, интеллектуальной и технологической инновационной системе.

3. Недостаточное внимание в системе образования к развитию человеческого потенциала и человеческого капитала – основы формирования иннократии России, способной противостоять глобальному доминированию транснациональных элит в условиях цифровизации и новой технологической волны.

Исследования структуры ВВП различных стран специалистами Всемирного банка показали, что соотношение вклада трех основных видов ресурсов (капитала) – интеллектуального, производственного и природного – составляет для развитых стран 81 % : 17 % : 2 % [30]. Поэтому одной из актуальных задач является развитие человеческого капитала для формирования системного подхода к кристаллизации и росту национальной иннократии России, способной противостоять глобальному доминированию транснациональных элит в условиях цифровизации и новой технологической волны. Человеческий капитал нации является основой инновационных процессов во всех сферах экономики и управления. Развитие системного подхода и создание оптимальных условий кристаллизации и роста национальной иннократии Российской Федерации с использованием конвергентного сетевого взаимодействия и медиативных подходов в условиях многонациональности России даст сильный мультипликативный эффект в повышении эффективности управления социально-экономическими системами, крупными инновационными инвестпроектами, повысит устойчивость развития страны в условиях турбулентной внешней среды.

Интеллектуальный капитал является не только выражением качества генофонда страны, но и в первую очередь отражением уровня и качества системы науки и образования, социальной среды, пониманием смыслов понятий «элита», «меритократия», «иннократия», их роли и влияния на работу институтов управления, экономики и общества. Развитие меритократии в направлении «иннократии» с обеспечением конгруэнтности интеллектуального и технико-технологического развития с развитием цифровых технологий и инструментов (Big Data, AI, SC,

IoT, 3D, AR/VR), цифровых платформ и других создаст условия для обеспечения конкурентоспособности национальной экономики в глобальной цифровой среде, перехода от концепта «устойчивое развитие» к концепту «управление рисками».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С учетом состояния бифуркации мировой системы, вызванной жесткой экономической войной и политикой ограничений, проводимой западными странами во главе с США в отношении Российской Федерации, проведен анализ Дорожной карты трека «Маринет» Национальной технологической инициативы России. Санкции западных стран направлены на экономическое истощение России, снижение темпов ее технологического развития, включая цифровизацию экономики, снижение обороноспособности и военного потенциала страны.

Создавшаяся ситуация не имеет аналогов в истории России в части попыток ограничения процессов социально-экономического и технологического развития страны во всех направлениях. Поэтому важным в обеспечении устойчивого развития России является развитие человеческого капитала с формированием системного подхода к кристаллизации и росту национальной иннократии России, способной противостоять глобальному доминированию транснациональных элит. В условиях необходимости ускоренной цифровизации и освоения новой технологической волны человеческий капитал нации является основой инновационных процессов.

Учитывая значительный морехозяйственный потенциал страны, роль морской индустрии в экономике приморских регионов, реализации Морской доктрины Российской Федерации, обеспечении выходов страны в Мировой океан, назрела необходимость пересмотра ключевых положений ДК «Маринет» путем проведения рапид-форсайтов по всем актуальным направлениям морехозяйственной деятельности России, четко осознавая при этом необходимость их ускоренной цифровизации. Акцент на глубокую переработку морских биологических ресурсов с применением новых технологий, реализация концепции биоэкономики полного цикла, рециклинг являются наиболее перспективными направлениями ДК «Маринет». Цифровизация морской экономики должна происходить путем развития независимых цифровых экосистем на отечественных цифровых платформах с использованием российских программных продуктов, критической элементной базы микроэлектроники, сенсорики и вычислительной техники. Цифровые технологии снижают издержки производства, а цифровые экосистемы, выходя за рамки одной отрасли экономики и распространяясь на другие, обеспечивают реализацию «стратегии синергетического развития». Создание цифровых платформ, ситуационных центров, конструкторов быстро перестраиваемых цифровых экосистем в зависимости от изменения внутренней и внешней среды с использованием отечественных программных продуктов и технологических разработок в критически важных областях экономики страны обеспечат цифровой и технологический суверенитет России.

Список источников

1. Приложение №6 к протоколу заседания Межведомственной рабочей группы по разработке и реализации Национальной технологической инициативы при Правительственной комиссии по модернизации экономики и инновационному развитию России № 1 от 21 января 2021 г. URL: www.nti.ru (дата обращения: 11.04.2022).
2. United Nations. Conserve and sustainably use the oceans, seas and marine resources. URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/oceans/> (дата обращения: 11.04.2022).
3. OECD (2022), OECD Economic Outlook, Interim Report March 2022: Economic and Social Impacts and Policy Implications of the War in Ukraine, OECD Publishing. Paris. URL: <https://doi.org/10.1787/4181d61b-en> (дата обращения: 11.04.2022).
4. Консенсус-прогноз ЦБ: инфляция в 2022 году ожидается на уровне 20 %. Ведомости. 10 марта 2022. URL: <https://www.vedomosti.ru/economics/articles/2022/03/10/912962-konsensus-prognoz> (дата обращения: 11.04.2022).
5. Решается, кто в доме хозяин. Как изменила мир спецоперация на Украине? Интервью Ф. Лукьянова АИФ. Россия в глобальной политике: от 23.03.2022. URL: <https://globalaffairs.ru/articles/kto-v-dome-hozyain/> (дата обращения: 11.04.2022).
6. Rising Caseloads, a Disrupted Recovery, and Higher Inflation. January 2022. IMF. URL: <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2022/01/25/world-economic-outlook-update-january-2022/> (дата обращения: 11.04.2022).
7. Нуреев Р. М., Бусыгин Е. Г. Экономические санкции Запада и российские антисанкции: успех или провал? // Журнал институциональных исследований. 2016. Т. 8. № 4. С. 6–27.
8. Plakhov D. Theory and Practice of Sanctions Strategy and Effectiveness: Influencing Russian Foreign Policy. Carleton University Ottawa. Canada, 2020, 213 p. URL: https://curve.carleton.ca/system/files/etd/21289117-1298-4f89-8cf1-2d5f3c4187ca/etd_pdf/84d36e1823c4f6866ea1b7550aaf276d/plakhov-theory_and_practice_of_sanctions_strategy_and_effectiveness.pdf (дата обращения: 11.04.2022).
9. Спицын В. В., Монастырный Е. А., Павлова И. А. Оптимальность пропорций сектора исследований и разработок России и регионов в сравнении с зарубежными странами // Инновации. 2016. № 2 (208). С. 48–57.
10. WIPO (2021). Global Innovation Index 2021: Tracking Innovation through the COVID-19 Crisis. Geneva: World Intellectual Property Organization. 226 p. ISBN: 978-92-805-3249-4. DOI: 10.34667/tind.44315.
11. Яфасов А. Я., Поляков Р. К. Национальный инжиниринговый центр рыбной отрасли России // Морские интеллектуальные технологии. 2020. Т. 2. № 4. С. 96–107.
12. A Universal Model of a Subject Area for Situational Centers / F. G. Maitakov, A. A. Merkulov, E. V. Petrenko, A. Ya. Yafasov // Communications in Computer and Information Science. 2019. Т. 947. С. 415–423. EGOSE 2018: Electronic Governance and Open Society: Challenges in Eurasia Conference paper.

13. Майтаков Ф. Г., Яфасов А. Я. Концепция цифровой платформы региональной системы персонального питания // *Морские интеллектуальные технологии*. 2020. Т. 1. № 1(47). С. 176–185.
14. Боровков А. И. Цифровые двойники. Мифы и реальность: от 09.10.2019 // 20.35 НТИ, Информбюро. URL: <https://ntinews.ru/blog/interview/aleksey-borovkov-tsifrovye-dvoyniki-mify-i-realnost.html> (дата обращения: 11.04.2022).
15. William S. Harley, Chi Chung Li, Joseph Toombs, Cathal D. O'Connell, Hayden K. Taylor, Daniel E. Heath, David J. Collins. Advances in biofabrication techniques to functional bioprinted heterogeneous engineered tissue: a comprehensive review. *Bioprinting*. 10.1016/j.bprint.2021.e00147, 23, (e00147), (2021).
16. ФАО. Стратегическая рамочная программа на 2022–2031 гг. Рим, октябрь 2021, 46 с. URL: <https://www.fao.org/3/cb7099ru/cb7099ru.pdf> (дата обращения: 11.04.2022).
17. Якушева У. ESG-принципы в России. Что это такое и зачем они нужны компаниям? / Регионы России: от 06.10.2021. URL: <https://www.gosrf.ru/esg-princzipy-v-rossii-chto-eto-takoe-i-zachem-oni-nuzhny-kompaniyam/> (дата обращения: 11.04.2022).
18. ФАО. 2021. *FAO Yearbook. Fishery and Aquaculture Statistics 2019/FAO annuaire. Statistiques des pêches et de l'aquaculture 2019/FAO anuario. Estadísticas de pesca y acuicultura 2019*. Rome/Roma. URL: <https://doi.org/10.4060/cb7874t> (дата обращения: 11.04.2022).
19. Кострикова Н. А., Яфасов А. Я. Формирование новой экосистемы рыбохозяйственного комплекса России в современных условиях // *Морские интеллектуальные технологии*. 2021. Т. 1. № 3. С. 247–254, <https://doi.org/10.37220/MIT.2021.53.3.029>.
20. Ашин Г. К. Курс истории элитологии. Москва: МГИМО, 2003. 302 с.
21. Карабущенко П. Л. Антропологическая элитология. Москва–Астрахань: Изд-во МОСУ, 1999. 231 с.
22. Кострикова Н. А., Яфасов А. Я. Инновационное возрождение Китая – роль образования и принципов меритократии: сравнение с США и Россией // III Международный конгресс «Университетское образование: опыт, проблемы перспективы развития» (15–17 мая 2013): материалы. Минск, 2013. Ч. 1. С. 86–90.
23. Кострикова Н. А., Яфасов А. Я. Модель векторного интеллекта в инновационной деятельности // V международная конференция по когнитивной науке (18–24 июня 2012): материалы. Калининград, 2012. Т. 2. С. 456–458.
24. Froese T., Valencia A. L. What binds us? Inter-brain neural synchronization and its implications for theories of human consciousness, *Neuroscience of Consciousness*, Volume 2020, Issue 1, 2020, niaa010. URL: <https://doi.org/10.1093/nc/niaa010> (дата обращения: 11.04.2022).
25. Bezerianos A., Sun Y., Chen Y. et al. Cooperation driven coherence: brains working hard together. In: 2015 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC). Milan, Italy: IEEE, 2015, 4696–9. doi: 10.1109/EMBC.2015.7319442.
26. Dikker S., Wan L., Davidesco I. et al. Brain-to-brain synchrony tracks real-world dynamic group interactions in the classroom. *CurrBiol* 2017; 27:1375–80.

27. Fishburn F. A., Murty V. P., Hlutkowsky C. O. et al. Putting our heads together: interpersonal neural synchronization as a biological mechanism for shared intentionality. *Soc Cogn Affect Neurosci* 2018; 13:841–9.

28. Stevens R. H., Galloway T. L., Willemson-Dunlap A. A team's neurodynamic organization is more than the sum of its members. *Proc Hum Factors Ergon Soc Annu Meet* 2017; 61: 2010–4.

29. Кострикова Н. А., Яфасов А. Я. Медиация как мягкий способ достижения консенсуса в интеллектуально-производственной бизнес-среде // *Инновации в науке, образовании и бизнесе-2012: X Междунар. научн. конф. (17–19 октября 2012): тр.: в 2 ч. ФГБОУВО «КГТУ»*. Калининград: ФГБОУВО «КГТУ», 2012. Ч. 2. С. 198–200.

30. World Bank: *Where is the Wealth of Nations? Measuring Capital for the 21st Century*. The World Bank, Washington, D.C. (2006), 208 p. ISBN-10:0-8213-6354-9, eISBN:0-82213-6355-7. DOI: 10.1596/978-0-8213-6354-6.

References

1. Prilozhenie №6 k protokolu zasedaniya Mezhvedomstvennoy rabochey gruppy po razrabotke i realizatsii Natsional'noy tehnologicheskoy initsiativy pri Pravitel'stvennoy komissii po modernizatsii ekonomiki i innovatsionnomu razvitiyu Rossii № 1 ot 21 yanvarya 2021 g. Available at: www.nti.ru (Accessed 11 April 2022).

2. United Nations. Conserve and sustainably use the oceans, seas and marine resources. Available at: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/oceans/> (Accessed 11 April 2022).

3. OECD (2022), *OECD Economic Outlook, Interim Report March 2022: Economic and Social Impacts and Policy Implications of the War in Ukraine*, OECD Publishing. Paris. Available at: <https://doi.org/10.1787/4181d61b-en/> (Accessed 11 April 2022).

4. Konsensus-prognoz CB: inflyatsiya v 2022 godu ozhidaetsya na urovne 20 %. *Vedomosti*, 10 marta 2022. Available at: <https://www.vedomosti.ru/economics/articles/2022/03/10/912962-konsensus-prognoz/> (Accessed 11 April 2022).

5. Reshaetsya, kto v dome hozyain. Kak izmenila mir spetsoperatsiya na Ukraine? Interv'yu F. Luk'yanova AIF. *Rossiya v global'noy politike: ot 23.03.2022*. Available at: <https://globalaffairs.ru/articles/kto-v-dome-hozyain/> (Accessed 11 April 2022).

6. *Rising Caseloads, a Disrupted Recovery, and Higher Inflation*. January 2022. IMF. Available at: <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2022/01/25/world-economic-outlook-update-january-2022/> (Accessed 11 April 2022).

7. Nureev R. M., Busygin E. G. Ekonomicheskie sanktsii Zapada i rossiyskie antisanktsii: uspekh ili proval? [Western economic sanctions and Russian anti-sanctions: success or failure?]. *Zhurnal institutsional'nykh issledovaniy*, 2016, vol. 8, no. 4, pp. 6–27.

8. Plakhov D. *Theory and Practice of Sanctions Strategy and Effectiveness: Influencing Russian Foreign Policy*. Carleton University Ottawa. Canada, 2020, 213 p. Available at: https://curve.carleton.ca/system/files/etd/21289117-1298-4f89-8cf1-2d5f3c4187ca/etd_pdf/84d36e1823c4f6866ea1b7550aaf276d/plakhov-theory-and-practice-of-sanctions-strategy-and-effectiveness.pdf (Accessed 11 April 2022).

9. Spitsyn V. V., Monastyrnyy E. A., Pavlova I. A. Optimal'nost' proporsiy sektora issledovaniy i razrabotok Rossii i regionov v sravnenii s zarubezhnyimi stranami [Optimal proportions of the research and development sector of Russia and the regions in comparison with foreign countries]. *Innovatsii*, 2016, no. 2 (208), pp. 48–57.
10. WIPO (2021). Global Innovation Index 2021: Tracking Innovation through the COVID-19 Crisis. Geneva: World Intellectual Property Organization. 226 p. ISBN: 978-92-805-3249-4. DOI: 10.34667/tind.44315.
11. Yafasov A. Ya., Polyakov R. K. Natsional'nyy inzhiniringovyy tsentr rybnoy otrasli Rossii [National Engineering Center of the Fishing Industry of Russia]. *Morskie intellektual'nye tekhnologii*, 2020, no. 4, vol. 2, pp. 96–107.
12. Maitakov F. G., Merkulov A. A., Petrenko E. V., Yafasov A. Ya. A Universal Model of a Subject Area for Situational Centers. *Communications in Computer and Information Science*. 2019, vol. 947, pp. 415–423. EGOSE 2018: Electronic Governance and Open Society: Challenges in Eurasia Conference paper.
13. Maitakov F. G., Yafasov A. Ya. Kontseptsiya tsifrovoy platformy regional'noy sistemy personal'nogo pitaniya [The concept of the digital platform of the regional personal nutrition system]. *Morskie intellektual'nye tekhnologii*, 2020, vol. 1, no. 1 (47), pp. 176–185.
14. Borovkov A. I. Tsifrovye dvoyniki. Mify i real'nost': ot 09.10.2019. 20.35 NTI, Informbyuro. Available at: <https://ntinews.ru/blog/interview/aleksey-borovkov-tsfrovye-dvoyniki-mify-i-realnost.html> (Accessed 11 April 2022).
15. William S. Harley, Chi Chung Li, Joseph Toombs, Cathal D. O'Connell, Hayden K. Taylor, Daniel E. Heath, David J. Collins, *Advances in biofabrication techniques to functional bioprinted heterogeneous engineered tissue: A comprehensive review*, *Bioprinting*, 10.1016/j.bprint.2021.e00147, 23, (e00147), (2021).
16. FAO. Strategicheskaya ramochnaya programma na 2022–2031 gg. [FAO. Strategic Framework Program for 2022–2031]. Rim, oktyabr' 2021, 46 p. Available at: <https://www.fao.org/3/cb7099ru/cb7099ru.pdf> (Accessed 11 April 2022).
17. Yakusheva U. ESG-printsipy v Rossii. Chto eto tekoe i zachem oni nuzhny kompaniyam? [ESG principles in Russia. What are they and why do companies need them?]. *Regiony Rossii: ot 06.10.2021*. Available at: <https://www.gosrf.ru/esg-principzy-v-rossii-chto-eto-takoe-i-zachem-oni-nuzhny-kompaniyam/> (Accessed 11 April 2022).
18. FAO. 2021. FAO Yearbook. Fishery and Aquaculture Statistics 2019/FAO annuaire. Statistiques des pêches et de l'aquaculture 2019. FAO anuario. Estadísticas de pesca y acuicultura 2019. Rome. Available at: <https://doi.org/10.4060/cb7874t/> (Accessed 11 April 2022).
19. Kostrikova N. A., Yafasov A. Ya. Formirovanie novoy ekosistemy rybokhozyaystvennogo kompleksa Rossii v sovremennykh usloviyakh [Formation of a new ecosystem of the Russian fisheries complex in modern conditions]. *Morskie intellektual'nye tekhnologii*, 2021, vol. 1, no. 3, pp. 247–254. <https://doi.org/10.37220/MIT.2021.53.3.029>
20. Ashin G. K. *Kurs istorii elitologii* [History of elitology]. Moscow, MGIMO, 2003, 302 p.
21. Karabuschenko P. L. *Antropologicheskaya elitologiya* [Anthropological Elitology]. Moscow–Astrakhan', izd-vo MOSU, 1999, 231 p.

22. Kostrikova N. A., Yafasov A. Ya. Innovatsionnoe vozrozhdenie Kitaya – rol' obrazovaniya i printsipov meritokratii: sravnenie s SSHA i Rossiey [China's Innovative Revival – the role of education and the principles of meritocracy: comparison with the USA and Russia]. *Materialy III Mezhdunarodnogo kongressa "Universitetskoe obrazovanie: opyt, problem perspektivy razvitiya" (15–17 maya)* [Materials of the III International Congress "University Education: experience, problems and prospects of development" (15–17 May)]. Minsk, 2013, part 1, pp. 86–90.

23. Kostrikova N. A., Yafasov A. Ya. Model' vektornogo intellekta v innovatsionnoy deyatel'nosti [The model of vector intelligence in innovation]. *Materialy V mezhdunarodnoy konferentsii po kognitivnoy nauke (18–24 iyunya)* [Proceedings of the Fifth International Conference on Cognitive Science (18–24 Yune)]. Kaliningrad, 2012, vol. 2, pp. 456–458.

24. Froese T., Valencia A. L. What binds us? Inter-brain neural synchronization and its implications for theories of human consciousness, *Neuroscience of Consciousness*, Volume 2020, Issue 1, 2020, niaa010. Available at: <https://doi.org/10.1093/nc/niaa010/> (Accessed 11 April 2022).

25. Bezerianos A., Sun Y., Chen Y., et al. Cooperation driven coherence: brains working hard together. In: 2015 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC). Milan, Italy: IEEE, 2015, 4696–9. doi: 10.1109/EMBC.2015.7319442.

26. Dikker S., Wan L., Davidesco I. et al. Brain-to-brain synchrony tracks real-world dynamic group interactions in the classroom. *CurrBiol* 2017; 27:1375–80.

27. Fishburn F. A., Murty V. P., Hlutkowsky C. O., et al. Putting our heads together: interpersonal neural synchronization as a biological mechanism for shared intentionality. *Soc Cogn Affect Neurosci* 2018; 13:841–9.

28. Stevens R. H., Galloway T. L., Willemson-Dunlap A. A team's neurodynamic organization is more than the sum of its members. *Proc Hum Factors Ergon Soc Annu Meet* 2017;61: 2010–4.

29. Kostrikova N. A., Yafasov A. Ya. Mediatsiya kak myagkiy sposob dostizheniya konsensusa v intellektual'no-proizvodstvennoy biznes-srede [Mediation as a soft way to achieve consensus in the intellectual and industrial business environment]. *Trudy X Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii "Innovatsii v nauke, obrazovanii i biznese-2012" (17–19 oktyabrya)* [Proceedings of the X International Scientific Conference "Innovations in Science, Education and Business-2012" (17–19 October)]. Kaliningrad, KGTU, 2012, part 2, pp. 198–200.

30. World Bank: Where is the Wealth of Nations? Measuring Capital for the 21st Century. The World Bank, Washington, D.C. (2006), 208p. ISBN-10:0-8213-6354-9, eISBN:0-82213-6355-7. DOI: 10.1596/978-0-8213-6354-6.

Информация об авторе

А. Я. Яфасов – доктор технических наук, начальник управления инновационной деятельностью Калининградского государственного технического университета

Information about the author

A. Ya. Yafasov – Doctor of Engineering, head of Innovations at Kaliningrad State Technical University

Статья поступила в редакцию 10.04.2022; одобрена после рецензирования 11.04.2022; принята к публикации 21.04.2022.

The article was submitted 10.04.2022; approved after reviewing 11.04.2022; accepted for publication 21.04.2022.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ ЖУРНАЛА «ИЗВЕСТИЯ КГТУ»

Общие требования

Журнал бесплатно 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. Автор (авторы) несет ответственность за достоверность результатов исследования и гарантирует, что им не нарушены авторские права третьих лиц, что в тексте статьи нет некорректных или незаконных заимствований.

Автор самостоятельно или в соавторстве может представить в номер не более одной статьи. Научные статьи принимаются в редакцию в течение всего года, публикуются в порядке живой очереди по мере наполнения портфеля редакции. Редакция журнала оставляет за собой право производить сокращения и редакционные изменения рукописи. Рукописи статей, принятых к публикации, авторам не возвращаются.

В редакцию журнала авторы представляют:

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

– **внешнюю или внутреннюю рецензию доктора наук** (на стандартном бланке), заверенную в установленном порядке. Бланк рецензии можно скачать на сайте университета в разделе «Наука и инновации – Научные журналы – Известия КГТУ». Рецензент должен являться признанным специалистом по тематике рецензируемого материала и иметь в течение последних трех лет публикации по тематике рецензируемой статьи.

– **экспертное заключение** о возможности открытого опубликования статьи (иногородние могут выслать электронной почтой).

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

Объем статьи

Составляет от восьми до четырнадцати страниц текста, включая рисунки, таблицы, список литературы и информацию об авторах.

Компьютерный набор статьи

Должен удовлетворять следующим требованиям: формат бумаги – А4, гарнитура шрифта – Times New Roman, кегль 12, ориентация – книжная, поля сверху, слева, справа – 3 см, снизу – 3,5 см; абзац с отступом Tab. 1,27; межстрочный интервал – одинарный. Материалы должны быть оформлены с применением средств Microsoft Office 2003 (расширение текстового файла *.doc).

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.

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 справа 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. 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 подрисуночные подписи. Номер рисунка и подрисуночная 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 подрисуночной 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 читаемы и 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 Тав. 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 латинского 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: \mathbf{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.

Структура статьи

ВВЕДЕНИЕ (состояние проблемы, задачи исследования) по центру, прописными буквами, шрифт прямой, светлый, далее через один интервал текст.

Через один интервал **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ** (постановка задачи, методы и результаты исследования, их обсуждение – по центру, прописными буквами, шрифт прямой, светлый, через один интервал текст). Основную часть рекомендуется разбивать на разделы с названиями, отражающими их содержание.

Через один интервал **ЗАКЛЮЧЕНИЕ** (выводы – по центру, прописными буквами, шрифт прямой, светлый), далее через один интервал текст

Составные части статьи и порядок их следования

1. Научная статья (слева без отступа, с прописной буквы, шрифт прямой, светлый, точка в конце не ставится).

2. С новой строки индекс по универсальной десятичной классификации (УДК) слева без отступа (прописными буквами, шрифт прямой, светлый, без двоеточия после букв, точка в конце не ставится).

3. С новой строки DOI (слева без отступа, прописными буквами, шрифт прямой, светлый точка в конце не ставится).

4. Через один интервал по центру **Название статьи** на русском языке (с прописной, шрифт полужирный, прямой, точка в конце не ставится).

При публикации статьи частями в нескольких выпусках издания части должны быть пронумерованы, у всех частей следует указывать общее заглавие статьи. Если части имеют, помимо общего, частное заглавие, то его приводят после обозначения и номера части. Пример:

Изучение закономерностей кристаллизации гексагидрата хлорида алюминия из солянокислых растворов. Часть 2. Параметры кристаллизации гексагидрата хлорида алюминия

5. Через один интервал основные сведения об авторе (авторах) без обозначения организационно-правовой формы юридического лица: ФГБУН, ФГБОУ ВО, ПАО, АО и т. п. (слева без отступа, см. в образце оформления статьи ниже).

6. Через один интервал с отступом приводят слово **Аннотация** (полужирный курсив, в конце ставят точку). Текст аннотации дается в подбор, рекомендуемый объем 200–250 слов.

Представляет собой краткую характеристику текста с точки зрения его назначения, содержания, вида, формы и других особенностей. Она передает главную, ключевую идею текста до ознакомления с его полным содержанием. Научная аннотация условно делится на три части: 1. Презентация вопроса или проблемы, которым посвящена статья. 2. Описание хода исследования. 3. Выводы: итоги, которых удалось достичь в результате проведенного исследования.

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° в английском варианте обозначают как «deg C».

7. С новой строки с отступом приводят **Ключевые слова** (полужирный курсив, в конце двоеточие), они должны максимально точно отражать предметную область статьи (даются в подбор, разделяются запятой, буквы строчные, шрифт прямой, светлый, точка в конце не ставится).

8. С новой строки с отступом **Благодарности** (если есть) организациям (учреждениям), научным руководителям и другим лицам, оказавшим помощь в подготовке статьи, сведения о грантах, финансировании подготовки и публикации статьи, проектах, научно-исследовательских работах, в рамках или по результатам которых опубликована статья (см. в образце оформления статьи ниже).

9. С новой строки с отступом могут быть приведены сведения о финансировании исследования, подготовки и публикации статьи с предшествующим словом **Финансирование:** (после слова ставят двоеточие).

10. С новой строки с отступом приводят библиографическую запись на статью **Для цитирования:** (см. в образце оформления статьи ниже).

Далее все сведения должны быть представлены на английском языке:

11. Original article (через один интервал, слева без отступа, с прописной буквы, шрифт прямой, светлый, точка в конце не ставится).

12. Через один интервал по центру **Название статьи** на английском языке (с прописной, шрифт полужирный, прямой, точка в конце не ставится).

13. Через один интервал основные сведения об авторе (авторах) – имя и фамилию приводят в транслитерированной форме на латинице полностью, отчество сокращают до одной буквы (в отдельных случаях, обусловленных особенностями транслитерации, до двух букв), см. в образце оформления статьи ниже.

14. Через один интервал с отступом **Abstract**. 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.

15. С новой строки с отступом **Keywords:** (полужирный курсив, в конце двоеточие), ключевые слова даются в подбор, разделяются запятой, буквы строчные, шрифт прямой, светлый, точка в конце не ставится).

16. С новой строки с отступом **Acknowledgments** (если есть), после слова ставят двоеточие.

17. С новой строки с отступом **Funding** (если есть), после слова ставят двоеточие.

18. С новой строки с отступом **For citation:** см. в образце оформления статьи ниже.

19. Через один интервал с отступом текст статьи, включающий в себя обязательные структурные элементы (см. структуру статьи).

Нельзя использовать в текстах формулы-картинки и прочие искусственно вставленные символы. Ссылки на все приведенные в списке литературы источники в тексте заключаются в квадратные скобки, например: [2], [4–7] (здесь тире), [1, 18, 25]. Если в тексте есть прямая цитата, заключенная в кавычки, то обязательно должна быть указана страница, на которой эта цитата находится в цитиру-

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

20. Через один интервал после текста статьи **Список источников** (по центру с прописной, шрифт полужирный, прямой, точка в конце не ставится). Оформляется по ГОСТ Р 7.0.5-2008. «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления». В список включаются только те работы, на которые автор ссылается в статье. Источники в списке литературы нумеруют и располагают в порядке их упоминания в тексте (в порядке цитирования).

21. Через один интервал после списка источников **References** (по центру с прописной, шрифт полужирный, прямой, точка в конце не ставится). Нумерация записей должна совпадать с нумерацией в основном перечне затекстовых библиографических ссылок.

References представляет собой транслитерированный список литературы. Транслитерируются только источники, написанные кириллицей; французские, немецкие, итальянские, польские и прочие источники не переводятся, а остаются в references неизменными.

Для выполнения транслитерации необходимо зайти на сайт <http://translit-online.ru/> и настроить перевод: *ё* → *yo*; *й* → *y*; *х* → *всегда kh*; *ц* → *ts*; *шч* → *shch*; *э* → *e*. Транслитерированный текст в списке References необходимо отредактировать и добавить переводы на английский язык; заменить знаки «:», «/» и «//» на точку или запятую; после транслитерации названия издательства добавить Publ.; вместо *Москва* указать *Moscow*, вместо *Санкт-Петербург* – *Saint-Petersburg*; исправить обозначение страниц: вместо 235 с. – 235 p., вместо S. 45–47 – pp. 45–47; курсивом выделить название источника и название журнала (образец оформления см. ниже).

22. Через один интервал дополнительные сведения об авторе (авторах), инициалы разделяют пробелом (слева без отступа, дублируют на английском языке: ученая степень, звание, должность и др. (см. в образце оформления статьи ниже).

23. Сведения о дате поступления рукописи в редакцию, дате одобрения после рецензирования и дате принятия статьи к опубликованию.

24. Знак охраны авторского права приводят по ГОСТ Р 7.0.1 внизу первой полосы статьи с указанием фамилии и инициалов автора (авторов) или других правообладателей и года публикации статьи.

Образцы оформления списка источников

Монография

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

2. Ториков В. Е., Мельникова О. В., Ториков В. В. Выращивание ярового ячменя на крупяные, пивоваренные и кормовые цели на юго-западе центрального региона России: монография. Брянск: Изд-во БГСХА, 2014. 90 с.

Книга

Книга одного – трех авторов

1. Новикова А. М. Универсальный экономический словарь. Москва: Экономика, 1995. 135 с.
2. Сидоркина А. Н., Сидоркин В. Г. Биохимические аспекты травматической болезни и ее осложнений. Москва: ЭкоТрендз, 2010. 315 с.
3. Тарасевич Л. С., Гребенников П. И., Леусский А. И. Макроэкономика: учебник. Москва: Высш. образование, 2011. 658 с.
4. Максименко В. Н., Афанасьев В. В., Волков Н. В. Защита информации в сетях сотовой подвижной связи / под ред. О. Б. Макаревича. Москва: Горячая линия-Телеком, 2009. 360 с.

Книга четырех и более авторов

Описание начинается с основного заглавия. В сведениях об ответственности указываются либо все авторы, либо первый автор с добавлением в квадратных скобках сокращения [и др.]

1. Религии мира: пособие для преподавателей / Я. Н. Шапов [и др.]. Санкт-Петербург: Эксмо, 1996. 496 с.
2. История России в новейшее время: учебник / А. Б. Безбородов, Н. В. Елисеева, Т. Ю. Красовицкая, О. В. Павленко. Москва: Проспект, 2014. 440 с.

Книги, не имеющие индивидуальных авторов

1. Сборник задач по физике: учеб. пособие для вузов / под ред. С. М. Павлова. 2-е изд., доп. М.: Высшая школа, 1995. 347 с.
2. Правильное питание: справочник. М.: Эксмо, 2008. 704 с.
3. Кормопроизводство в России: всероссийский сб. науч. ст. Вып. 3. Казань; СПб, 2007. 268 с.

Отдельный том многотомного издания под общим заголовком

1. Пальцев М. А., Аничков М. Н. Патологическая анатомия: в 2 т. М.: Медицина, 2001. Т. 2, ч. 1. 736 с.

Глава из книги (сборника)

1. Макушин В. Д., Волокитина Е. А. Причины неудач и осложнений при выполнении опорных остеотомий с применением аппарата Илизарова // Лечение врожденного вывиха бедра у взрослых / под ред. В. И. Шевцова, В. Д. Макушина. Курган, 2004. Гл. 8. С. 372–402.

2. Белоус Н. М. Храня теплую память о прошлом // Великая Отечественная война 1941–1945 гг. в истории моей семьи: сборник статей / под общей редакцией Р. В. Новожеева. Брянск: Изд-во БГАУ, 2015. С. 4–5.

Книги в интернете

Книги одного – трех авторов

1. Карпенков С. Х. Экология: учебник. Электрон. текстовые данные. М.: Логос, 2014. 400 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/21892>. ЭБС «IPRbooks» (дата обращения: 15.12.2007).

Книги четырех и более авторов

1. Сборник задач по аналитической геометрии и линейной алгебре: учеб. пособие / Л. А. Беклемишева [и др.]; под ред. Д. В. Беклемишева. Электрон. текстовые данные. Изд. 3-е, испр. СПб.: Лань, 2008. URL: <http://e.lanbook.com/view/book/76/> (дата обращения: 15.12.2007).

Статья в журнале

Статья одного – трех авторов

1. Толкачева О. В. Влияние барьерных факторов на стойкость пресервов // Рыбная промышленность. 2006. № 2. С. 14–16.

2. Байдалинова Л. С., Андропова С. В. Перспективы использования растительных антиокислителей для стабилизации гидролитических и окислительных процессов в препаратах полиненасыщенных жирных кислот // Известия Калининградского государственного технического университета. 2013. № 29. С. 74–80.

Статья четырех и более авторов

Описание начинается с основного заглавия. В сведениях об ответственности указываются либо все авторы, либо первый автор с добавлением в квадратных скобках сокращения [и др.]

1. Сверхширокополосные сигналы для беспроводной связи / Ю. В. Андреев, А. С. Дмитриев, Л. В. Кузьмин, Т. И. Мохсени // Радиотехника. 2011. № 8. С. 83–90.

2. Клинико-физиологические составляющие врожденной косолапости / Ю. И. Клычкова [и др.] // Травматология и ортопедия России. 2008. № 3. С. 35–38.

Статья в электронном журнале

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

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

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

2. Александров Ю. П. Измерение динамической твердости титановых сплавов // 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.

Статья на английском или немецком языке

Для иностранных журналов том обозначается *V.* (англ.) или *Vd.* (нем.), страницы – *P.* или *S.*

1. Neurology control of locomotion in *C.Elegans* in modified by a dominant mutation in the GLR-1 Ionotropic glutamate receptor / Yi Zheng et al. // *Neuron*. 1999. V. 24. N 2. P. 347–361.

2. Mank R., Kala H., Strube M. Darstellung und Testung von Polymerpharmaka // *Die Pharmazie*. Bd. 43. N 10. S. 692–693.

Диссертация или автореферат диссертации

1. Данилов Г. В. Как же быть?: дис. ... канд. экон. наук: 05.13.10: утв. 15.07.02. М., 1999. 138 с.

2. Назаров И. Г. Развитие коммуникативной компетентности социальных педагогов села в процессе дополнительного профессионального образования: автореферат дис. ... канд. пед. наук: 13.00.08 . М., 2002. 24 с.

Переводная книга

1. Себехей В. Теория орбит: ограниченная задача трех тел / пер. с англ. под ред. Г. Н. Дубошина. М.: 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 / пер. с англ. М.: Вильямс, 2006. 1328 с. [Date C. J. *An Introduction to Database Systems*. 8th ed. Addison-Wesley, 2003. 1024 p.].

Электронный ресурс локального доступа

1. Смирнов А. И. Информационная глобализация и Россия [Электронный ресурс]: вызовы и возможности. М., 2005. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

2. Техника спинальной анестезии [Электронный ресурс] / под ред. Е. М. Шифмана. М.: ИнтелТек, 2005. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

Патентные документы

1. Трехфазный асинхронный электрический двигатель: пат. 2128021 Рос. Федерация. № 2011138279/07 / Беляев Е. Ф., Ташкинов А. А., Цылев П. Н.; заявл. 16.09.11; опубл. 27.03.13. Бюл. № 9. 10 с.

Нормативные документы

1. ГОСТ 7.80-2000. Библиографическая запись. Заголовок. Общие требования и правила составления. Введ. 2001-07-01. М., 2000. 7 с.

2. Типовая инструкция по охране труда для пользователей персональными электронно-вычислительными машинами (ПЭВМ) в электроэнергетике: РД 153-34.0-03.298-2001. Введ. с 01.05.2001. М., 2002. 91 с.

Официальные документы

1. О лицензировании отдельных видов деятельности: Федер. закон [принят Гос. Думой 13. 07.2001] // Собрание законодательств РФ. 2001. № 33 (ч. 1). Ст. 3430. С. 127–143.

2. О программе государственных гарантий оказания гражданам Российской Федерации бесплатной медицинской помощи на 2009 год: постановление Правительства Рос. Федерации от 31.12.2008 № 10407-ТГ // Заместитель гл. врача. 2009. № 2. С. 98–105.

3. Инструкция о санитарно-противоэпидемическом режиме больниц: утв. Минздравом СССР от 23.03.76 № 288 // Справочник старшей (главной) медицинской сестры. Изд. 6-е, Ростов н/Д.: Феникс, 2007. С. 378–387.

4. Вопросы системы и структуры федеральных органов исполнительной власти (извлечения): указ Президента РФ от 12.05.2008 № 724 // Здравоохранение. 2008. № 7. С. 135–137.

Образцы оформления References

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. Pitanie 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://sotsial'nye.aspekty.ru/content/view/27/50/> (Accessed 19 September 2008).

2. Antipova L. V., Storablevtsev S. A., Getmanova A. A. Kollagensoderzhashchie napitki dlya funktsional'nogo pitaniya [Collagen drinks for functional nutrition]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologiy*, 2018, vol. 80, no. 3 (77), available at: <http://vestnik.voronezh.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 resursos-beregayushchie 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.).

Патентные документы

1. Belyaev E. F., Tashkinov A. A., Tsylev P. N. Trekhfaznyy asinkhronnyy elektricheskiy dvigatel' [Three-phase asynchronous electric motor]. Patent RF, no. 2011138279/07, 2013.

Нормативные документы

1. State Standard 8.586.5–2005. Method of measurement. Measurement of flow rate and volume of liquids and gases by means of orifice devices. Moscow, Standartinform Publ., 2007. 10 p. (In Russian).

ОФОРМЛЕНИЕ СТАТЬИ С ОДНИМ АВТОРОМ

Научная статья

УДК

DOI (далее вписывает редакция)

Экология и региональная политика энергосбережения

Сергей Юрьевич Глазьев

Аграрный научный центр «Донской», Ростовская область, Зерноград, Россия, serg1784@mail.ru, ORCID (при наличии)

В случае, когда автор работает (учится) в нескольких организациях (учреждениях), сведения о каждом месте работы (учебы) указывают после имени автора на разных строках и связывают с именем с помощью цифр:

Александр Васильевич Попов^{1,2}

¹Национальный исследовательский центр эпидемиологии и микробиологии имени почетного академика Н. Ф. Гамалеи, Москва, Россия, popov@yahoo.com, <https://orcid.org/0000-0003-1288-7561>

²Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова, Москва, Россия

Аннотация. В статье представлена динамика урожайности зерна кукурузы в России и Ростовской области. Определено, что наибольшее количество гибридов кукурузы возделывалось...

Ключевые слова: кукуруза, урожайность, сортовая структура, сортосемена

Благодарности (если есть): автор выражает благодарность Алексею Вадимовичу Зимину за предоставление данных о донной топографии в Белом море (или: работа выполнена при поддержке Российского научного фонда в рамках проекта № 17-77-3019).

Финансирование (если есть):

Для цитирования: Глазьев С. Ю. Экология и региональная политика энергосбережения // Известия КГТУ (далее вписывает редакция)

Original article

Ecology and regional energy conservation policy

Sergey Yu. Glaz'ev (транслитерация, см. п. 18 выше)
Agricultural Research Center "Donskoy", Rostov region, Zernograd, Russia (на английском языке), serg1784@mail.ru, ORCID (при наличии)

Abstract.

Keywords:

Acknowledgments: the author is grateful to Aleksey V. Zimin for providing the bottom topography data of the White Sea (or: the work was carried out within the framework of project Nr 17-77-30019 supported by Russian Science Foundation).

Funding (если есть):

For citation: Glaz'ev S. Yu. Ecology and regional energy conservation policy. *Izvestiya KGTU = KSTU News* (далее вписывает редакция).

ТЕКСТ СТАТЬИ

Список источников

References

Информация об авторе

С. Ю. Глазьев – доктор экономических наук, профессор, академик Российской академии наук

Information about the author

S. Yu. Glaz'ev – Doctor of Science (Economy), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences

Статья поступила в редакцию; одобрена после рецензирования; принята к публикации (дату вписывает редакция)

The article was submitted; approved after reviewing; accepted for publication

В конце указывают номер телефона автора, с которым можно снять вопросы по тексту. Телефон не будет опубликован.

ОФОРМЛЕНИЕ СТАТЬИ С НЕСКОЛЬКИМИ АВТОРАМИ

Научная статья

УДК

DOI (далее вписывает редакция)

Дистанционное высшее образование в условиях самоизоляции и проблема институциональных ловушек

Владимир Викторович Вольчик¹, Игорь Михайлович Ширяев²

^{1, 2}Южный Федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

¹volchik@sfedu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-0027-3442> (если есть)

²shiryaev@sfedu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1820-8710> (если есть)

Возможно приведение электронного адреса только одного автора, с которым планируется переписка. В этом случае электронные адреса других авторов приводят в дополнительных сведениях об авторах в конце статьи.

Аннотация. В целях определения основных закономерностей возникновения и усиления институциональных ловушек, возникающих в условиях режима самоизоляции в системе высшего образования, авторами были проанализированы нарративы и глубинные интервью основных акторов. Дистанционное образование не является полноценной заменой образования в традиционной форме, затрудняет передачу неявного знания, контроль и обратную связь при обучении, неоднозначно влияет на издержки образовательной деятельности, не позволяет полагаться на надежность информационно-коммуникационных технологий...

Ключевые слова: экономика, управление народным хозяйством, институциональная экономика, дистанционное образование, цифровизация образования, высшее образование, самоизоляция, институциональные ловушки

Благодарности (если есть): авторы выражают благодарность Алексею Вадимовичу Зимину за предоставление данных о донной топографии в Белом море (или: работа выполнена при поддержке Российского научного фонда в рамках проекта № 17-77-3019).

Финансирование (если есть):

Для цитирования: Вольчик В. В., Ширяев И. М. Дистанционное высшее образование в условиях самоизоляции и проблема институциональных ловушек // Известия КГТУ (далее вписывает редакция)

Original article

Distant higher education under self-isolation and the problem of institutional traps

Vladimir V. Volchik¹, Igor' M. Shiryayev² (транслитерация, см. п. 18 выше)

^{1, 2}Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

¹volchik@sfedu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0027-3442> (если есть)

²shiryayev@sfedu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1820-8710> (если есть)

Abstract. To determine the main patterns of emergence and strengthening of institutional traps that arise under self-isolation in the higher education system, the authors analyzed the narratives and in-depth interviews of the main actors. Distance education is not a full-fledged substitute for the traditional education, as it impedes the transfer of implicit knowledge, control and feedback during training, ambiguously influences the costs of educational activities, and does not allow relying on the reliability of information and communication technologies. Transition to distant education can be interpreted as a new stage of evolution of the institutional trap of electronization and digitalization.

Keywords: economics, national economy management, institutional economics, distance education, digitalization of education, higher education, self-isolation, institutional traps

Acknowledgments: the author is grateful to Aleksey V. Zimin for providing the bottom topography data of the White Sea (or: the work was carried out within the framework of project Nr 17-77-30019 supported by Russian Science Foundation).

Funding (если есть):

For citation: Volchik V. V., Shiryayev I. M. Distant higher education under self-isolation and the problem of institutional traps. *Izvestiya KGTU = KSTU News* (далее вписывает редакция).

ТЕКСТ СТАТЬИ

Список источников

References

Информация об авторах

В. В. Вольчик – доктор социологических наук, профессор, заведующий кафедрой «Политология»

И. М. Ширяев – доктор социологических наук, профессор

Information about the authors

V. V. Volchik – Doctor of Science (Sociology), Professor, Head of the Department of Politology

I. M. Shiryayev – Doctor of Science (Sociology), Professor

Статья поступила в редакцию; одобрена после рецензирования; принята к публикации (дату вписывает редакция)

The article was submitted; approved after reviewing; accepted for publication

В конце указывают номер телефона автора, с которым можно снять вопросы по тексту. Телефон не будет опубликован.

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.

Подписной индекс 83871 в Объединенном каталоге «Пресса России»,
цена свободная

Редакторы: Г. А. Смирнова, С. В. Супрунова

Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
236022, г. Калининград, Советский проспект, 1
Лицензия № 05609 от 14.08.2001
Отпечатано в типографии ФГБОУ ВО «КГТУ»
236022, г. Калининград, Советский проспект, 1
Подписано в печать 29.04.2022. Выход в свет 01.05.2022. Формат 60 x 88 (1/8)
Печ. л. 21,25. Уч.-изд. л. 13,6. Тираж 1000 экз. Заказ № 20