

ИЗВЕСТИЯ

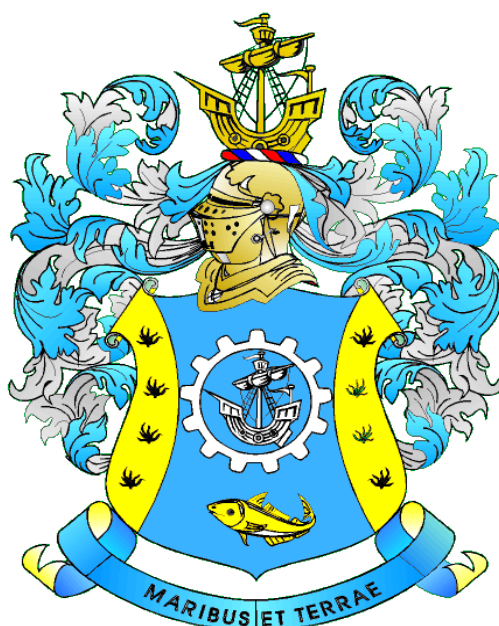
КГТУ

2019

№ 54

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

Научный журнал



Индексирование журнала, включение в базы данных

Входит в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук

Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)

Agricultural Research Information System (Agris)

Калининград

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

Научный журнал
Основан в 2002 г.

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

Редакционный совет:

Главный редактор: В. А. Волкогон, канд. экон. наук, доц.

Зам. главного редактора: Н. А. Кострикова, канд. физ.-мат. наук, доц.

С. Т. Антипов, д-р техн. наук, проф., Воронежский государственный университет инженерных технологий, проректор по научной и инновационной деятельности, заведующий кафедрой машин и аппаратов пищевых производств;

А. В. Бараненко, д-р техн. наук, проф., Национально-исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, советник ректора, заведующий кафедрой холодильных установок;

О. А. Булатов, д-р биол. наук, Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО), г. Москва, заместитель директора по научной работе;

А. М. Ершов, д-р техн. наук, проф., ООО «Айсберг-Норд», главный научный сотрудник по развитию, г. Мурманск;

Е. А. Криксунов, д-р биол. наук, проф., МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва, заведующий лабораторией онтогенеза кафедры ихтиологии;

С. Е. Кузнецов, д-р техн. наук, проф., Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова, г. Санкт-Петербург;

О. М. Лапшин, д-р техн. наук, Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО), г. Петропавловск-Камчатский, директор;

Ю. И. Нечаев, д-р техн. наук, проф., Санкт-Петербургский государственный морской технический университет;

В. А. Панфилов, акад. РАН, д-р техн. наук, проф., Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева;

О. Я. Тимофеев, д-р техн. наук, доц., Крыловский государственный научный центр, г. Санкт-Петербург, заместитель генерального директора;

Мирослав Шредер, д-р экон. наук, проф., Гданьский университет (Польша, г. Гданьск), декан факультета управления;

А. В. Юров, д-р физ.-мат. наук, проф., Институт физико-математических наук и информационных технологий БФУ им. И. Канта, г. Калининград, директор;

Марек Якубовский, д-р техн. наук, проф., Кошалинский политехнический университет (Польша, г. Кошалин), заведующий кафедрой «Процессы и аппараты пищевых производств»

Редакционная коллегия:

О. В. Агеев, канд. техн. наук, доц.; *Ю. Н. Антипов*, д-р физ.-мат. наук, проф.;
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.; *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 ветеринар. 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.;
В. И. Панасин, д-р с.-х. 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. Снявский*, д-р физ.-мат. наук, проф.;
В. А. Слежкин, канд. хим. наук, доц.; *А. В. Соколов*, канд. биол. наук, доц.;
Т. Е. Степанова, д-р экон. наук, проф.; *В. И. Сутырин*, д-р техн. наук, проф.;
И. М. Титова, канд. техн. наук, доц.; *А. Б. Тристанов*, канд. техн. наук, доц.;
Ю. А. Фатыхов, д-р техн. наук, проф.; *С. В. Фёдоров*, д-р техн. наук, проф.;
В. А. Фунтиков, д-р хим. наук, проф.; *С. В. Шибяев*, д-р биол. наук, проф.;
В. Н. Эрлихман, д-р техн. 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»,
2019



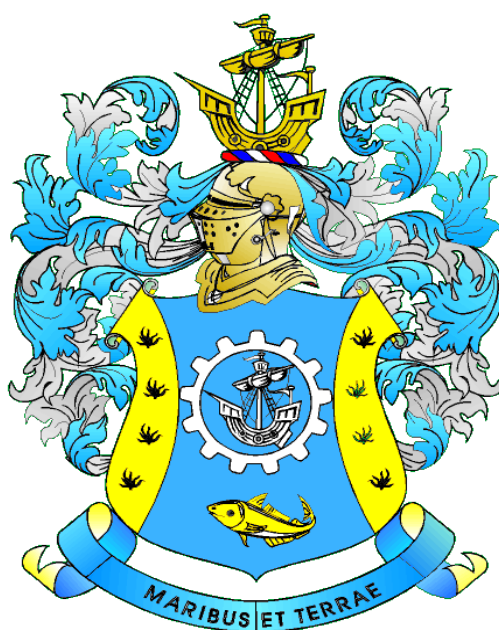
KSTU NEWS

2019

№ 54

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

<i>Бедарева О. М., Троян Т. Н., Мурачёва Л. С., Кондрацкая А. А.</i> Продуктивно-энергетический потенциал сельскохозяйственных культур при создании экологически безопасных кормов.....	11
<i>Водолазко А. Н., Иванцова Е. А.</i> Бонитировка почв сельскохозяйственных земель с учетом загрязнения тяжелыми металлами (на примере Волгоградской области).....	20
<i>Дьякова Н. А., Гапонов С. П., Сливкин А. И.</i> Оценка радионуклидного загрязнения лекарственного растительного сырья в Центральном Черноземье на примере горца птичьего.....	31
<i>Кобяков К. А.</i> О биологии и составе пищи креветки <i>Argis lar</i> (Owen, 1839) (Crustacea, Decapoda, Crangonidae) из Сахалинского залива в июле 2017 г.....	40
<i>Коломейко Ф. В., Сердобинцев С. П.</i> Системы поддержки принятия решений в исследованиях и промысле водных биоресурсов.....	51
<i>Рябцева Е. А., Цупикова Н. А.</i> Пространственное распределение гидрохимических показателей в Верхнем пруду города Калининграда.....	61

Техника и технология пищевых производств

<i>Агеев О. В., Наумов В. А., Фатыхов Ю. А.</i> Математическое моделирование деформационной силы трения ножа с различными параметрами шероховатости при резании рыбы.....	77
<i>Антипов С. Т., Никифоров А. В., Панфилов В. А.</i> Продовольственная безопасность России и инженерное образование.....	91
<i>Бессмертная И. А., Казимирченко О. В., Васильченко Н. В.</i> Оценка качества сдобного печенья, обогащенного натуральными компонентами растительного сырья, по физико-химическим и микробиологическим показателям.....	102
<i>Куликова А. С., Титова И. М., Писарькова М. В.</i> Проектирование рыбных полуфабрикатов для питания детей школьного возраста	116
<i>Орлов И. О., Землякова Е. С.</i> Обоснование технологии производства соуса на основе пектиносодержащего сырья повышенной пищевой ценности.....	130

Судостроение, машиностроение и энергетика

<i>Белей В. Ф.</i> Повышение эффективности судовых дизель-генераторов за счет использования централизованной системы компенсации реактивной мощности.....	145
<i>Дектярев А. В., Дятченко С. В., Коробчинский В. А., Морозов В. Н.</i> Обоснование проектных характеристик надстроек на ранних стадиях проектирования средних рыболовных судов.....	154
<i>Дектярев А. В., Зобов П. Г., Николаев И. И., Гришин П. Р., Романюта Д. А., Морозов В. Н.</i> Опыт применения 3D-печати в судомоделизме при исследовании буксировочного сопротивления маломерного судна в условиях опытового бассейна.....	166
<i>Зьонг Ван Тхань.</i> Исследование характеристик остойчивости современных среднетоннажных рыболовных судов наливного типа.....	178
<i>Скуратов Н. А., Суконнов А. В.</i> Экспериментальное исследование процесса подъема траловых мешков с уловом по слипу судна.....	187

CONTENT

Biology, Ecology and Fishing Industry

<i>Bedareva O. M., Troyan T. N., Murachyova L. S., Kondratskaya A. A.</i> Productive-energy potential of agricultural crops in creating ecologically safe fodder.....	11
<i>Vodolazko A. N., Ivantsova E. A.</i> Evaluation of the soils of agricultural lands taking into account heavy-metal contamination (the case of the Volgograd region).....	20
<i>Dyakova N. A., Gaponov S. P., Slivkin A. I.</i> Assessment of radionuclide contamination of medicinal plants in the Central Black Earth region using the example of Knotgrass (<i>Polygonum aviculare</i> L.).....	31
<i>Kobyakov K. A.</i> On biology and food structure of <i>Argis lar</i> (Owen, 1839) (Crustacea, Decapoda, Crangonidae) from the Sakhalin gulf in July 2017.....	40
<i>Kolomeyko F. V., Serdobintsev S. P.</i> Decision support systems in researches and fishery for aquatic biological resources.....	51
<i>Ryabtseva E. A., Tsupikova N. A.</i> Spatial distribution of hydrochemical parameters in the Verkhniy pond (Kaliningrad).....	61

Food Production Techniques and Technology

<i>Ageev O. V., Naumov V. A., Fatykhov Ju. A.</i> Mathematical modeling of the deformation strength of the knife with different parameters of roughness when cutting fish.....	77
<i>Antipov S. T., Nikiforov A. V., Panfilov V. A.</i> Food security of Russia and engineering education.....	91
<i>Bessmertnaya I. A., Kazimirchenko O. V., Vasilchenko N. V.</i> Quality assessment of butter biscuits enriched with natural plant components by physical, chemical and microbiological parameters.....	102
<i>Kulikova A. S., Titova I. M., Pisarkova M. V.</i> Design of fish semi-finished products for nutrition of school-aged children.....	116
<i>Orlov I. O., Zemlyakova E. S.</i> Rationale of sauce technology on the basis of pectin-containing raw materials of increased food value	130

Ship Building, Machinery and Power-Engineering

<i>Beley V. F.</i> Improving the efficiency of marine diesel-generators owing to the use of centralized reactive power compensation system.....	145
<i>Dektyarev A. V., Dyatchenko S. V., Korobchinskiy V. A., Morozov V. N.</i> Justification of design characteristics of superstructures at early stages of designing medium fishing vessels.....	154
<i>Dektyarev A. V., Zobov P. G., Nikolaev I. I., Grishin P. R., Romanyuta D. A., Morozov V. N.</i> Experience of using 3D-printing in ship modeling while investigating towing resistance of a small-sized vessel in an experimental tank....	166
<i>Duong Van Thanh.</i> Investigation of stability characteristics of modern medium-tonnage RSW-type fishing vessels.....	178
<i>Skuratov N. A., Sukonnov A. V.</i> Experimental study of the process of raising codends with the catch on the trawl ramp	187

БИОЛОГИЯ, ЭКОЛОГИЯ И РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 633.282(470.51)

ПРОДУКТИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ПРИ СОЗДАНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ
БЕЗОПАСНЫХ КОРМОВ

О. М. Бедарева, Т. Н. Троян, Л. С. Мурачёва, А. А. Кондрацкая

PRODUCTIVE-ENERGY POTENTIAL OF AGRICULTURAL CROPS
IN CREATING ECOLOGICALLY SAFE FODDER

O. M. Bedareva, T. N. Troyan, L. S. Murachyova, A. A. Kondratskaya

При выращивании рыб в индустриальных и прудовых хозяйствах крайне важно обеспечивать животных сбалансированным питанием, так как они лишены доступа к естественным кормам. Если питательные смеси не содержат определенных витаминов и аминокислот, рост популяции замедлится, ухудшится общее состояние и внешний вид особей. В состав комбикорма для рыбы входят все необходимые вещества для поддержания физиологической активности организмов.

Для нормального роста и развития рыбы необходимы питательные вещества, а также биологически активные (БАВ), которые могут служить хорошим дополнением к естественной кормовой базе. Протеин рыбы получают из сельскохозяйственных культур, в зависимости от вида, сорта этих растений варьирует его количество.

В статье рассмотрены биоэкологические особенности, сортовая принадлежность объектов исследования, морфометрические характеристики и урожайность надземной фитомассы многолетних трав, плодов тыквы, корнеплодов кормовой свёклы; определена питательная ценность кормов по содержанию основных органических (протеин, жир, клетчатка), неорганических (кальций, фосфор) элементов (в пробе сухого вещества); выявлен продуктивно-энергетический потенциал объектов изучения.

В результате проведённых исследований систематизированы сведения об урожайности и питательной ценности ряда важнейших сельскохозяйственных культур в условиях Калининградской области. По содержанию переваримого протеина лидируют люцерна изменчивая и тыква кормовая, далее следуют злаковые травы, иерархический ряд завершает кормовая свёкла. Выявлены наиболее перспективные культуры для производства растительных компонентов рыбных комбикормов, а также разработаны научно обоснованные интенсивные адаптивно-ландшафтные технологии получения сырья растительного происхождения высокого качества для производства сбалансированных экологически безопасных рыбных комбикормов.

комбикорма, аквакультура, кормопроизводство, кормовые культуры (КК), фитомасса, кормовая единица (КЕ)

When growing fish in industrial and pond farms, it is extremely important to provide animals with a balanced diet, since they lack access to natural food. If the nutrient mixtures do not contain certain vitamins and amino acids, the growth of the population will slow down and the general condition and appearance of the individuals will deteriorate. The composition of feed for fish includes all the necessary substances to maintain physiological activity of organisms.

Nutrients and biologically active substances are necessary for the normal growth and development of fish, since natural food does not serve as the main source of energy. Crops can serve the source of protein for fish. Its amount in feed varies depending on the type of culture.

The article addresses the following issues: bioecological characteristics and varietal affiliation of the research objects, morphometric characteristics and yields of aboveground phytomass of perennial grasses, pumpkin fruits, and fodder beet root crops. The nutritional value of feed has been determined according to the content of basic organic (protein, fat, fiber), inorganic (calcium, phosphorus) elements (in the sample of dry matter); the productive and energy potential of the objects of study has been revealed.

As a result of the research conducted, information on the yield and nutritional value of a number of the most important crops in the conditions of the Kaliningrad region has been systematized. As of the content of digestible protein, the leading crops are variegated alfalfa and fodder pumpkin, followed by grass and fodder beet. The most promising cultures for the production of vegetable components of fish feeds have been identified, and science-based intensive adaptive-landscape technologies for the production of high quality plant-origin raw materials have been developed for the production of balanced, environmentally friendly fish feeds.

fodder, aquaculture, fodder production, forage crops, phytomass, forage unit

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивное развитие аквакультуры, скотоводства, кролиководства и других направлений сельского хозяйства напрямую зависит от наличия эффективных стартовых кормов, что выдвигает на первый план проблему развития сырьевой базы кормопроизводства. Сложившаяся экономическая ситуация и необходимость импортозамещения диктуют продвижение комбикормовой отрасли на новый уровень и поиск рациональных, энергоэффективных, экологически безопасных ресурсов. Существующие сегодня невысокие объемы и ассортимент сырья, а также недостаточное качество и сбалансированность продукции требуют введения в российское рыбное комбикормопроизводство новых видов и сортов растений, обладающих высоким кормовым потенциалом [1-3].

Все вышесказанное в полной мере относится и к Калининградской области, где в последнее время аквакультура получила новый импульс для развития. При этом особенность геополитического положения региона делает проблему собственного производства рыбных комбикормов и, соответственно, региональной сырьевой базы для кормопроизводства особенно острой.

Ключевое значение в составе кормов играют показатели протеина. Рыба во время роста потребляет на 30–40% больше белков, чем сельскохозяйственные животные. Интенсивный рост мальков происходит за счет пищи, богатой протеином.

Белковые компоненты растительного сырья содержат лизин, гистидин, метионин и другие полезные аминокислоты.

В состав практически всех рецептов рыбных комбикормов входят кормовые растения. Однако оценка возможности производства и использования продукции растениеводства, выращенной в почвенно-климатических условиях Калининградского региона, для целей рыбного кормопроизводства до настоящего времени не проведена. Приобретают особую практическую значимость и актуальность технологии производства растениеводческого сырья, обеспечивающего кормовую ценность и безопасность продукции для аквакультуры при сохранении качества природной среды.

Цель работы: оценка сырья растительного происхождения для производства сбалансированных и экологически безопасных рыбных кормов.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования послужили тимофеевка луговая (*Phleum pratense* L.), райграс пастбищный (*Lolium perenne* L.), люцерна изменчивая (*Medicago varia* L.), тыква кормовая (*Cucurbita maxima* Duchesne), свёкла кормовая (*Beta vulgaris* L.) (табл. 1) [4-9].

В работе использованы «Методические рекомендации по агротехнике возделывания люцерны и амаранта на корм и семена» (2004); «Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения» (2003); «Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» (1989).

Качественные показатели полученной продукции определены на основании химического анализа кормов согласно методическим указаниям, допущенным к применению при выполнении работ в области зоотехнического анализа в сертифицированной агрохимической лаборатории Федерального государственного бюджетного учреждения «Центр агрохимической службы “Калининградский”».

Агрохимическая характеристика почв представлена в табл. 2. В пределах всех ключевых участков почва диагностирована как дерново-подзолистая и дерново-слабоподзолистая средне- и легкосуглинистая разной степени окультуренности.

Таблица 1. Объекты исследования
Table 1. Objects of study

Тимофеевка луговая (<i>Phleum pratense</i> L.) сорта Майская 1	Райграс пастбищный (<i>Lolium perenne</i> L.) сорта Бармаксима	Люцерна изменчивая (<i>Medicago varia</i> L.) сорта Пастбищная 88	Тыква кормовая (<i>Cucurbita maxima</i> Duchesne)	Свёкла кормовая (<i>Beta vulgaris</i> L.) сорта Эккендорфская
КК1	КК2	КК3	КК4	КК5
Рыхлокустовой верховой злак ярово-озимого типа высотой до 105 см; облиственность 38,6%; продуктивное долголетие более десяти лет; зимостойкий, требователен к влаге и малотребователен к теплу; выдерживает кратковременные затопления. Произрастает на всех типах почв, кроме песчаных	Мезофильный длиннокорневищный низовой рыхлокустовой многолетний злак от 15 до 80 см высотой. Отличается выраженной кустистостью (530-555 шт./м ²) и отавностью; узел кушения залегает на 8-13 мм от поверхности почвы, что является причиной невысокой зимостойкости. Листья линейные, заостренные, гладкие, 1-2 мм шириной. Колос узкий, крупный, с извилистой гладкой осью от 8-15 см длиной. Колоски 5-10-цветковые, сжатые с боков, расположены одиночно на уступах главной оси соцветия, безостые, сидячие	Форма куста – полупрямо-стоячая; тип корневой системы – стержнеобразная; зимостойкость очень высокая, засухоустойчивость выше средней; имеет высокую отавность и устойчивую по годам урожайность кормовой массы; повышенная фитоненотическая пластичность в пастбищных и сенокосных агрофитоценозах; слабо поражается корневыми гнилями, отличается высокой конкурентной способностью при возделывании в травосмеси; облиственность 47-52 %, кустистость средняя	Высокоурожайный крупноплодный среднепоздний (112-138 дней от полных всходов до сбора плодов) сорт; рекомендуется для использования в кормовых целях; плоды шаровидные и короткоовальные. Масса плода 10-20 кг и более. Плоды плоскоокруглые с розовой, желтой, оранжевой и серой окраской	Сорт среднеспелый, устойчивый к заболеваниям, высокоурожайный; районирован широко как для зоны неорошаемого земледелия, так и поливного. Продолжительность вегетационного периода до 130 дней. Форма корнеплода мешковидная, цилиндрическая. В почву корнеплод погружен на четверть всей своей длины

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Таблица 2. Агрохимическая характеристика почв
Table 2. Agrochemical characteristics of soils

Объект	Тип почвы	pH _{ксл}	Гидролитическая кислотность	Сумма обменных оснований	Степень насыщенности основаниями	Массовая доля органического вещества	Подвижный калий (K ₂ O)	Подвижный фосфор (P ₂ O ₅)
			мг экв на 100 г почвы		%	%	мг/кг	
КК1	П ₁ ^{дрл}	5,6	2,43	14,0	85	1,97	239	314
КК2	П ₁ ^{дрл}	5,4	2,68	13,9	83,3	2,3	259	238
КК3	П ₁ ^{дрл}	5,7	2,3	12,8	82,4	2,8	250	232
КК4	П ₁ ^{лс}	6,3	1,8	7,6	80,8	3,05	247	213
КК5	П ₁ ^{лс}	7,0	1,2	8,8	88	2,0	347	393

Высота растений является важным морфометрическим показателем для оценки урожайности различных культур. В частности, в табл. 3 приведена высота многолетних трав, представляющих собой экологическую группу поликарпиков. Просматривается прямая пропорциональная зависимость между высотой и надземной фитомассой с учётом того, что объект КК2 (райграс пастбищный) обладает высоким процентом стеблестоя. В таблице не рассматриваются морфометрические показатели других объектов (тыквы и свёклы), поскольку как компоненты агрофитоценоза они формируют средне- и слабоэдификаторные группы.

Урожайность многолетних трав третьего и четвертого годов жизни представлена тремя укосами.

Таблица 3. Морфометрические показатели и урожайность многолетних трав
Table 3. Morphometric indicators and yield of perennial grasses

Объект	Высота растений	Выход зеленой фитомассы по циклам скашивания, ц/га			Урожайность, ц/га	
		I	II	III	Зеленая масса	Сухое вещество
КК1	90±6	34,7	11,9	4,3	139,3	35,6
КК2	75±5	143,0	11,1	13,4	167,5	45,6
КК3	103±7	354,0	182,0	170,0	666,0	150,7

Продуктивность объектов различна: высокой урожайностью отличаются люцерна изменчивая (КК3) и свёкла кормовая (КК5). Самой большой продуктивностью обладает люцерна изменчивая: по результатам трех укосов урожайность зеленой массы составляет 666,0 ц/га. При этом максимальный энергетический потенциал соответствует также объектам КК3, КК5 (рис. 1).



Рис. 1. Продуктивно-энергетический потенциал кормовых культур: KK1, KK2, KK3 – зеленая масса за три укоса; KK4 – плоды; KK5 – корнеплоды; ЭКЕ – энергетическая кормовая единица

Fig. 1. Energy potential of forage crops: KK1, KK2, KK3 – green mass at three cuts; KK4 – fruits; KK5 – roots; ЭКЕ – energetic feed unit

По содержанию каротина лидируют райграс пастбищный и тыква кормовая.

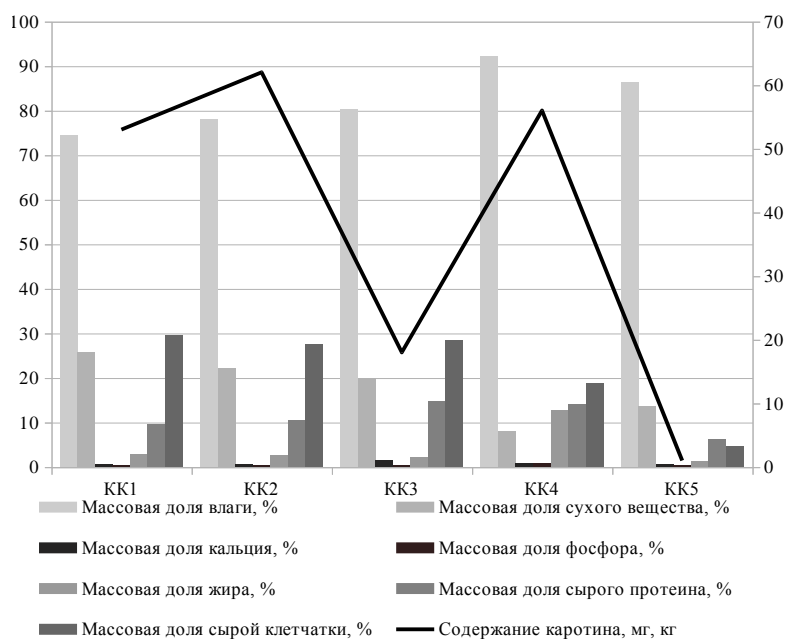


Рис. 2. Химический состав и питательность компонентов растительного сырья (в пробе сухого вещества)

Fig. 2. Chemical composition and nutritional value of the components of vegetable raw material (in the sample of dry matter)

По содержанию переваримого протеина на первом месте находится люцерна изменчивая, далее следуют тыква кормовая и кормовые злаковые травы, линейку завершает кормовая свёкла. Тыква обладает высокой обводнёностью плодов, однако по ряду показателей химического состава корма (массовая доля жира, фосфора и каротина) эта культура демонстрирует высокие значения. Количество сырой клетчатки в объектах исследования варьирует в широких пределах и не является критическим. Больше её содержание отмечено в сырье из грубых кормов (многолетние травы), меньше – в сырье из сочных кормов (тыква, свёкла) (рис. 2).

В рамках исследования определены значения энергетической ценности – кормовая и энергетическая кормовая единицы. За энергетическую кормовую единицу принято 10 МДж обменной энергии. Максимальный выход КЕ и ЭКЕ с одного гектара обеспечивают такие культуры, как люцерна и свекла кормовая. Злаковые травы по сбору ЭКЕ уступают люцерне изменчивой, но их показатели превышают таковые тыквы кормовой. Таким образом, тыкву рационально включать в состав рыбных комбикормов лишь как источник фосфора, каротина и жира.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследуемые кормовые культуры высокоурожайны в условиях Калининградской области и рекомендуются для использования при производстве гранулированных рыбных комбикормов в качестве растительных компонентов.

Сухое вещество люцерны изменчивой и тыквы кормовой является отличным источником сырого и переваримого протеина и кальция. Плоды тыквы, райграс пастбищный и тимофеевка луговая при соблюдении сроков уборки трав богаты каротином. Кормовая свекла не имеет выраженной питательности, но за счет высокой урожайности корнеплодов обеспечивает значительный уровень энергетической ценности.

Результаты работы, изложенные в настоящей статье, создают основу для использования агроэкосистем Калининградской области для решения задач рыбного кормопроизводства, повышения экономической эффективности сельскохозяйственного производства и способствуют импортозамещению рыбных комбикормов.

Для определения переваримости кормов и их процентного участия в комбикормах (рецептах) требуются дополнительные исследования в целях изучения действия кормов на организм рыб.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Методы повышения эффективности откорма радужной форели в условиях тепловодных рыбоводных хозяйств / Ю. И. Есавкин [и др.] // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2017. – № 8. – С. 42–51.

2. Рост осетровых рыб при использовании технологии интенсивного выращивания / С. В. Пономарёв [и др.] // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер. Рыбное хозяйство. – 2010. – № 1. – С. 77–85.

3. Использование высокобелковых трав для кормления двухлеток белого амура / Т. И. Артамонова [и др.] // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2013. – № 11. – С. 43–48.
4. Мурачева, Л. С. Оценка агроэкологических условий возделывания райграса пастбищного *Lolium perenne* L. в Калининградской области / Л. С. Мурачева, Е. С. Иванова // Инновации в науке и образовании: VI Междунар. Балтийский форум (3-6 сент.): материалы. – Калининград, 2018. – С. 89–93.
5. Троян, Т. Н. Эффективность применения растительно-микробных систем на посевах люцерны (*Medicago* L.) / Т. Н. Троян // Аграрный вестник Урала. – 2009. – № 1. – С. 53–55.
6. Троян, Т. Н. Эффективность влияния бактериальных препаратов на урожайность люцерны сорта «Пастбищная 88» / Т. Н. Троян // Известия КГТУ. – 2008. – № 14. – С. 60–63.
7. Троян, Т. Н. Рост и развитие тыквы крупноплодной (*Cucurbita maxima* Duchesne) при возделывании в кормовых целях / Т. Н. Троян, Э. С. Новожилова // Известия КГТУ. – 2018. – № 49. – С. 228–235.
8. Троян, Т. Н. Тыква крупноплодная (*Cucurbita maxima* Duchesne) в фуражных целях / Т. Н. Троян, Э. С. Новожилова // Инновации в науке и образовании: VI Междунар. Балтийский форум (3-6 сент.): материалы. – Калининград, 2018. – С. 100–105.
9. Троян, Т. Н. Урожайность кормовой свеклы на дерново-подзолистых почвах / Т. Н. Троян, И. М. Шульга // Известия КГТУ. – 2018. – № 49. – С. 236–243.

REFERENCES

1. Esavkin Y. I., Grishkas S. A., Shekhovtsov D. S., Drozdov A. A. Metody povysheniya effektivnosti otkorma raduzhnoy foreli v usloviyakh teplovodnykh rybovodnykh khozyaystv [Methods to improve the efficiency of feeding rainbow trout in conditions of warm-water fish farms]. *Rybovodstvo i rybnoe khozyaystvo*, 2017, no. 8, pp. 42-51.
2. Ponomaryov S. V., Bolonina N. V., Chalov V. V., Sariev B. T., Tumenov A. N. Rost osetrovyykh ryb pri ispol'zovanii tekhnologii intensivnogo vyraschivaniya [Sturgeon growth using intensive rearing technology]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya Rybnoe khozyaystvo*, 2010, no. 1, pp. 77-85.
3. Artamonova T. I., Fedorchenko F. G., Trubnikova M. K., Mamontova R. P. Ispol'zovanie vysokobelkovykh trav dlya kormleniya dvukhletok belogo amura [The use of high-protein herbs for feeding two-year-old grass carp]. *Rybovodstvo i rybnoe khozyaystvo*, 2013, no. 11, pp. 43-48.
4. Muracheva L. S., Ivanova E. S. Otsenka agroekologicheskikh usloviy vzdelyvaniya raygrasa pastbischnogo *Lolium perenne* L. v Kaliningradskoy oblasti [Assessment of agroecological conditions for the cultivation of pasture ryegrass *Lolium perenne* L. in the Kaliningrad region]. *Materialy 6 Mezhdunarodnogo Simpoziuma "Innovatsii v nauke i obrazovanii"* [Proceedings of the six international forum "Innovations in science and education"]. Kaliningrad, 2018, pp. 89-93.
5. Troyan T. N. Effektivnost' primeneniya rastitel'no-mikrobnnykh sistem na posevakh lyutserny (*Medicago* L.) [The effectiveness of plant-microbial systems on alfalfa (*Medicago* L.)]. *Agrarnyy vestnik Urala*, 2009, no. 1, pp. 53-55.

6. Troyan T. N. Effektivnost' vliyaniya bakterial'nykh preparatov na urozhaynost' lyutserny sorta "Pastbischnaya 88" [The effectiveness of the influence of bacterial preparations on the yield of the alfalfa of "Pasture 88" variety]. *Izvestiya KGTU*, 2008, no. 14, pp. 60-63.

7. Troyan T. N., Novozhilova E. S. Rost i razvitie tykvy krupnoplodnoy (*Cucurbita maxima* Duchesne) pri vozdeleyvanii v kormovykh tselyakh [Growth and development of large-fruited pumpkin (*Cucurbita maxima* Duchesne) in fodder cultivation]. *Izvestiya KGTU*, 2018, no. 49, pp. 228-235.

8. Troyan T. N., Novozhilova E. S. Tykva krupnoplodnaya (*Cucurbita maxima* Duchesne) v furazhnykh tselyakh [Large-fruited pumpkin (*Cucurbita maxima* Duchesne) for fodder purposes]. *Materialy 6 Mezhdunarodnogo Simpoziuma "Innovatsii v nauke i obrazovanii"* [Proceedings of the six international forum "Innovations in science and education"]. Kaliningrad, 2018, pp. 100-105.

9. Troyan T. N., Shul'ga I. M. Urozhaynost' kormovoy svekly na dernovo-podzolistykh pochvakh [The yield of fodder beet on sod-podzolic soils]. *Izvestiya KGTU*, 2018, no. 49, pp. 236-243.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Бедарева Ольга Михайловна – Калининградский государственный технический университет; доктор биологических наук, профессор; зав. кафедрой агропочвоведения и агроэкологии; E-mail: olgabedareva@mail.ru

Bedareva Olga Mikhaylovna – Kaliningrad State Technical University; Doctor of Biological Science, Professor; Head of the Department of Agropedology and Agroecology; E-mail: olgabedareva@mail.ru

Троян Татьяна Николаевна – Калининградский государственный технический университет; кандидат биологических наук, доцент; E-mail: p-tanik@mail.ru

Troyan Tatyana Nikolaevna – Kaliningrad State Technical University; PhD in Biological Sciences, Associate Professor; E-mail: p-tanik@mail.ru

Мурачёва Любовь Семёновна – Калининградский государственный технический университет; кандидат биологических наук, доцент; E-mail: muracheva.l@yandex.ru

Murachyova Lyubov Semyonovna – Kaliningrad State Technical University; PhD in Biological Sciences, Associate Professor; E-mail: muracheva.l@yandex.ru

Кондрацкая Алина Анатольевна – Калининградский государственный технический университет; магистрант; E-mail: a.kondratskaya97@mail.ru

Kondratskaya Alina Anatolievna – Kaliningrad State Technical University; master degree student; E-mail: a.kondratskaya97@mail.ru

УДК 631.452, 631.453

БОНИТИРОВКА ПОЧВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ С УЧЕТОМ
ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ
(НА ПРИМЕРЕ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ)

А. Н. Водолазко, Е. А. Иванцова

EVALUATION OF THE SOILS OF AGRICULTURAL LANDS TAKING INTO
ACCOUNT HEAVY-METAL CONTAMINATION
(THE CASE OF THE VOLGOGRAD REGION)

A. N. Vodolazko, E. A. Ivantsova

В статье приведены результаты изучения влияния загрязнения почв земель сельскохозяйственного назначения тяжелыми металлами на их бонитировочную оценку. Эти результаты получены на основе данных многолетнего агроэкологического мониторинга, осуществляемого на реперных участках, расположенных на территориях, испытывающих антропогенную нагрузку. Указаны местоположение 21 контрольного участка на территории Волгоградской области и условия проведения исследований. Определены качественные и количественные параметры работ. Представлена методическая и методологическая база выполнения исследований. Отражены результаты изучения концентрации в почвах тяжелых металлов (семь наименований металлов подвижной и валовой форм). Выявлены участки с наибольшими и наименьшими уровнями загрязнения. Данные о загрязнении почв тяжелыми металлами представлены в виде диаграмм среднесуточной концентрации элементов на каждом контрольном участке. Приведены результаты бонитировочной оценки почв по методике ЦИНАО на основе учета агрохимических показателей. Представлена и обоснована методика бонитировочной оценки почв с учетом их загрязненности тяжелыми металлами, базирующаяся на учете оптимальных показателей содержания элементов в почве, обеспечивающих высокий уровень плодородия, с одной стороны, и приемлемое эколого-токсикологическое состояние - с другой. Осуществлена бонитировочная оценка почв по представленной методике. В статье показаны результаты проведенной бонитировки, а также сравнительный анализ данных бонитировочной оценки, представленных в виде картограмм без учета и с учетом загрязнения почв тяжелыми металлами. Сделаны основные выводы и установлены закономерности, полученные в ходе проведенного исследования.

бонитировка, методы бонитировки, тяжелые металлы в почвах, загрязнение почв, земли сельскохозяйственного назначения, почвы Волгоградской области

This article presents the study results of the impact of heavy-metal contamination of the soils of agricultural lands on their bonitation evaluation. The findings are based on the data from multi-year agro-ecological monitoring carried out in control areas located in the territories that are experiencing anthropogenic impact. The location of the control areas, in the amount of 21 sites in the Volgograd region and the conditions for the research are given. Qualitative and quantitative parameters of the study have been determined. Methodical and methodological basis for the research is presented. The results of the study of the concentration of heavy metals in soils (including 7 types of metals of active and total forms) are presented. The areas with the highest and lowest levels of pollution have been identified. Data on soil contamination with heavy metals is presented in the form of diagrams of the mean many annual concentration of elements at each control area. The results of the evaluation of soils using the method of the Central Research Institute of Agrochemical Servicing of Agriculture on the basis of agrochemical indicators. The methodology of bonitation evaluation of soils with regard to their contamination with heavy metals has been presented and justified based on the optimal performance of the element content in the soil, providing a high level of fertility on the one hand and acceptable environmental and toxicological status, on the other hand. Evaluation of soils using the presented methodic has been performed. The article reflects the evaluation results and comparative analysis of the evaluation results given in the form of interpretative maps without and taking into account heavy-metal contamination of soils. The obtained results of the bonitation evaluation on the presented methods are reflected in the form of interpretative maps. The main conclusions and regularities obtained as a result of the study are also presented.

bonitation, methods of bonitation, heavy metals in soils, soil pollution, agricultural lands, soils of the Volgograd region

ВВЕДЕНИЕ

Земли сельскохозяйственного назначения являются той категорией земель, которая подлежит повышенному уровню охраны и защиты. Ведь в конечном итоге именно они становятся ключевым объектом, а качество почв – ключевым фактором обеспечения продовольственных потребностей населения. В этой связи актуальной проблемой является выявление универсальной модели оценки качественного состояния почв для обеспечения производства безопасной продукции, учитывающей показатели не только плодородия почв, но и ее экологического состояния [1, 2].

Качественное состояние почв по уровню плодородия определяется проведением бонитировочной оценки, которая позволяет выявить это состояние относительно сопоставимых участков, но, что важнее, – относительно оптимальных показателей плодородия для конкретного типа почв [3-5].

Наравне с качеством почв по уровню плодородия необходимо рассматривать таковое и по уровню эколого-токсикологического состояния, так как важно сохранение не только количественных, но и качественных показателей продукции [6]. В этой связи актуальна разработка методики бонитировочной оценки почв с учетом их загрязнения тяжелыми металлами. Такая оценка позволяет выявить земли с почвами, пригодными для воспроизводства

необходимого количества качественной, безопасной продукции. Проведение качественной оценки почв земель сельскохозяйственного назначения с помощью данного подхода является актуальным для Волгоградской области как одного из крупнейших сельскохозяйственных регионов [7-11].

Объект исследования - земли сельскохозяйственного назначения сухостепной почвенной зоны Волгоградской области.

Предмет исследования - выявление влияния загрязнения почв сельскохозяйственных земель тяжелыми металлами на их бонитировку.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Исследования проводились на 21 реперном участке в Городищенском, Дубовском, Иловлинском, Калачевском, Ленинском, Светлоярском, Среднеахтубинском, Суровикинском и Фроловском районах Волгоградской области. Лабораторные испытания осуществлялись на базе Федерального государственного бюджетного учреждения «Центр агрохимической службы «Волгоградский». Реперные участки заложены на землях сельскохозяйственного назначения в техногенно-загрязненных зонах, вблизи крупных промышленных предприятий, транспортных магистралей, городов, на полях, где ранее интенсивно применялись средства химизации [12]. Эколого-токсикологическая оценка почв проводилась по следующим элементам: Zn, Cd, Pb, Ni, Cu, As, Hg (таблица).

Таблица. Предельно допустимые концентрации подвижных форм тяжелых металлов в почве, мг/кг [13]

Table. Maximum permissible concentrations of mobile forms of heavy metals in soil, mg / kg

Подвижная форма					Валовая форма	
Zn	Cd (ОДК)	Pb	Ni	Cu	As	Hg
23,0	0,5-2,0	6,0	4,0	3,0	2	2,1

Исследование осуществлялось на основе данных агроэкологического мониторинга, проводимого один раз в два года на реперных участках, за период 2001-2017 гг.

В ходе работ проведена бонитировочная оценка почв на реперных участках, выявлена степень их загрязнения тяжелыми металлами и выполнена бонитировочная оценка почв с учетом выявленного загрязнения.

Расчет балла плодородия почв осуществлялся по методу ЦИНАО: оценивалась кислотность почв, содержание гумуса, фосфора, калия, основных микроэлементов (медь, цинк, кобальт, марганец).

Относительный балл плодородия почв по данному методу вычислялся по следующей схеме [14, 15].

1. Определялся балл плодородия почв по каждому показателю (за исключением рН выше оптимума) по формуле (1):

$$B_n = \frac{X}{A} \cdot 100, \quad (1)$$

где B_n – относительный балл показателя плодородия почв; X – фактическое значение агрохимического показателя; A – оптимальное значение агрохимического показателя.

При pH выше оптимума применялась следующая формула (2):

$$B_{pH} = \frac{100 \cdot pH(opt)}{pH}, \quad (2)$$

где pH_{opt} – оптимальное значение кислотности; pH – фактическое значение кислотности.

Дополнительные условия при решении задачи:

- если рассчитанный оценочный балл основных показателей (pH, P_2O_5 , K_2O , гумус) больше 120, то результат приравнивается к 120;

- если оценочный балл сопутствующих показателей (Ca, Mg и др.) больше 100, то результат приравнивается к 100.

2. Устанавливался суммарный оценочный балл основных показателей (формула (3)):

$$B_1 = \frac{B_{pH} + B_{P_2O_5} + B_{K_2O} + B_G}{m}, \quad (3)$$

где m – количество показателей, участвующих в расчете.

3. Рассчитывался оценочный балл сопутствующих показателей (формула (4)):

$$B_2 = \frac{B_{Ca} + B_{Mg} + \dots B_V}{m}. \quad (4)$$

4. Определялся общий оценочный балл по полю или участку (формула (5)):

$$B = 0,5 \cdot (B_1 + B_2). \quad (5)$$

По данной методике была проведена бонитировка почв на реперных участках. На всех участках общий балл бонитета не опускался ниже значений, соответствующих VI классу бонитета. Таким образом, почвы на протяжении всего периода их изучения характеризуются как средние и лучшие.

В результате проведенных исследований содержания в почвах тяжелых металлов были выявлены превышения ПДК по подвижным формам никеля и меди, а также по валовой форме мышьяка (рис. 1 - 3).

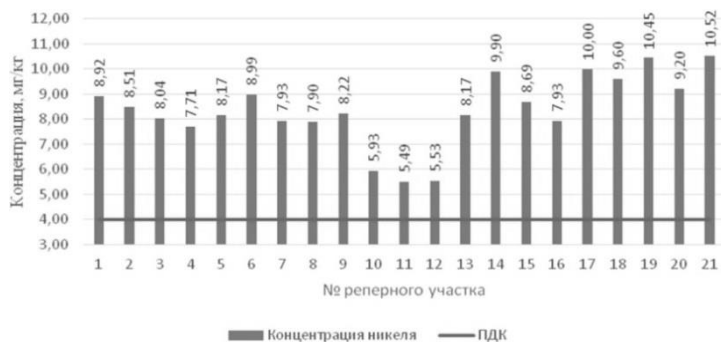


Рис. 1. Среднегодовое содержание никеля (Ni)
Fig. 1. The average annual concentration of nickel (Ni)

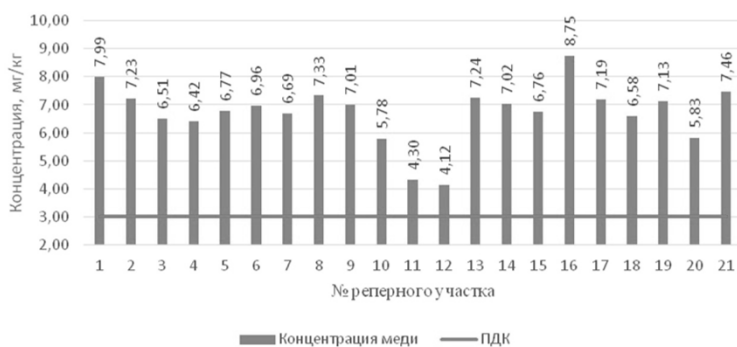


Рис. 2. Среднегодовое содержание меди (Cu)
Fig. 2. The average annual concentration of copper (Cu)

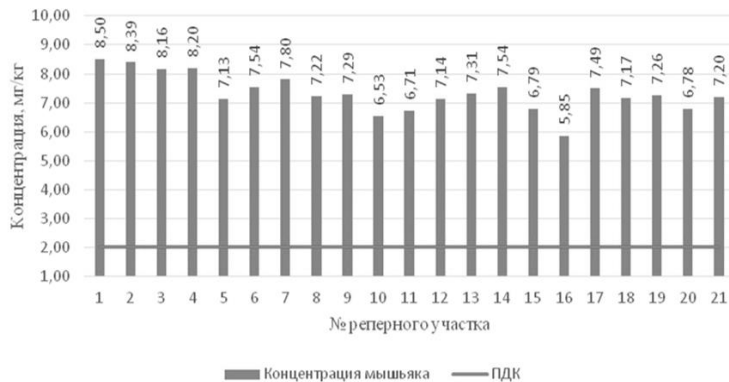


Рис. 3. Среднегодовое содержание мышьяка (As)
Fig. 3. The average annual concentration of arsenic (As)

Реперные участки: Городищенский р-н – 1, 2, 7, 10, 21; Дубовский р-н – 11, 12; Иловлинский р-н – 5, 6; Калачевский р-н – 3, 4, 17; Ленинский р-н – 13, 14; Светлоярский р-н – 8, 9; Среднеахтубинский р-н – 15, 16; Суровикинский р-н – 18; Фроловский р-н – 19, 20.

На основе методики ЦИНАО была разработана методика оценки качества почв с учетом содержания в них тяжелых металлов.

Оптимальным значением содержания в почве для каждого тяжелого металла является ПДК или ОДК. Таким образом можно рассчитать балл качества почв относительно оптимального содержания в них тяжелых металлов.

Корректировка балла бонитета почв проводится в несколько этапов.

1) Определяется балл качества почв по каждому тяжелому металлу. Расчет проводится по формуле (6):

$$ККП_{\text{м}} = \frac{A}{X}, \quad (6)$$

где $ККП_{\text{м}}$ – коэффициент качества почв по содержанию тяжелого металла; X – фактическое значение содержания тяжелого металла в почве; A – ПДК тяжелого металла в почве (оптимальное значение).

Если коэффициент качества почвы по конкретному тяжелому металлу будет больше единицы, это означает, что концентрация данного металла в почве находится ниже ПДК, и в расчете итогового балла бонитета почв он не учитывается.

2) Общий балл бонитета почвы рассчитывается с учетом влияния каждого тяжелого металла по формуле (7):

$$B_{\text{общ}} = 0,5 \cdot (B_1 + B_2) \cdot ККП_{\text{м}}, \quad (7)$$

где B_1 – балл бонитета по основным агрохимическим показателям; B_2 – балл бонитета по сопутствующим агрохимическим показателям; $ККП_{\text{м}}$ – коэффициент качества почвы по содержанию тяжелого металла.

3) Итоговый балл бонитета почвы рассчитывается как среднее арифметическое общих баллов бонитета, скорректированных по $ККП_{\text{м}}$ (формула (8)).

$$B_{\text{ит}} = \frac{B_{\text{общ}1} + B_{\text{общ}2} + \dots + B_{\text{общ}n}}{n}, \quad (8)$$

где $B_{\text{общ}1,2,n}$ – общий балл бонитета, скорректированный по $ККП$ для каждого тяжелого металла; n – число учитываемых в расчете тяжелых металлов.

Согласно разработанной методике оценки качества почв была проведена их бонитировка, принимая во внимание загрязненность тяжелыми металлами, на реперных участках.

После расчета балла бонитета с учетом коэффициента качества почв класс бонитета в большинстве случаев уменьшился на 4-5 порядков. Наибольшая разница в значениях баллов и классов бонитета отмечена в 2005, 2007, 2013 и 2017 гг., когда на большинстве реперных участков было зафиксировано снижение класса бонитета на 5-6 порядков. Наименьший общий уровень уменьшения значений баллов и классов бонитета зафиксирован в 2009 г., когда максимальная разница в классах бонитета составила пять позиций на шести реперных участках. При этом балл бонитета после корректировки в большинстве случаев снижался в пределах 50-60%. В отдельных случаях выявлены переходы почв из категории лучших в категорию худших.

В целом из-за корректировки баллов и классов бонитета почв на реперных участках общий уровень класса бонитета снизился с VIII-IX до III-V (рис. 4, рис. 5).

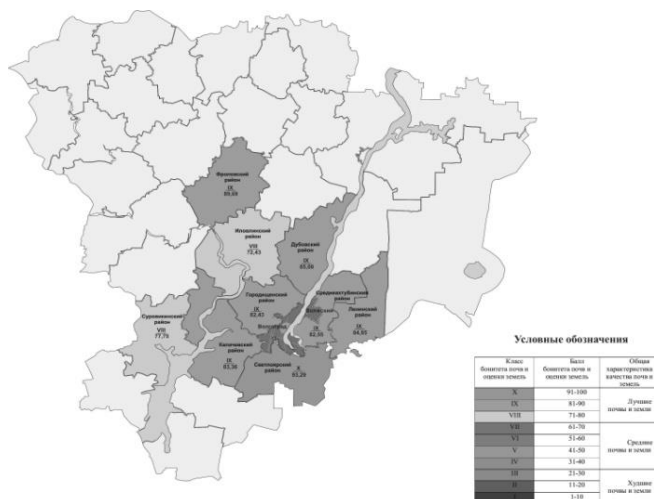


Рис. 4. Бонитет почв, рассчитанный по стандартной методике
 Fig. 4. Soil bonitet calculated by the standard method

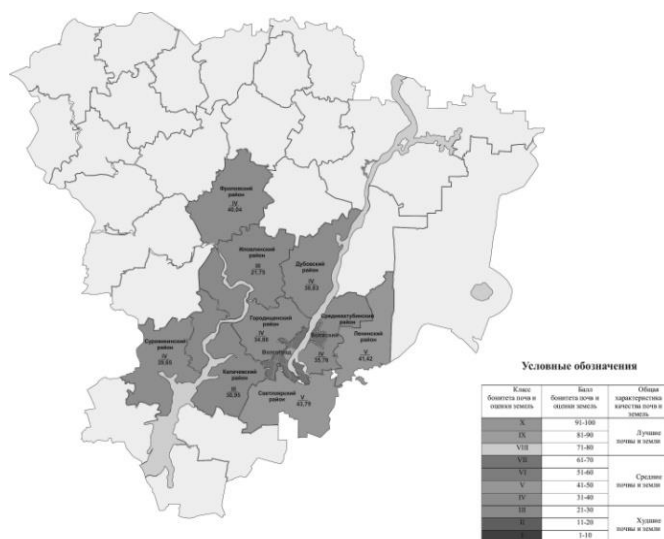


Рис. 5. Бонитет почв, рассчитанный с учетом загрязнения тяжелыми металлами
 Fig. 5. Soil bonitet calculated taking into account contamination with heavy metals

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенной бонитировочной оценки почв показывают, что в целом они на обследуемой территории относились к VII-X классам бонитета и принадлежали к лучшим и средним. Причем VII класс является высшим уровнем в категории средних почв. Наивысшими классами бонитета за исследуемый период времени характеризуются почвы в Калачевском, Среднеахтубинском и Светлоярском районах Волгоградской области.

Выявлены превышения ПДК по подвижным формам никеля и меди, а также по валовой форме мышьяка. Данные загрязнения тяжелыми металлами носят постоянный характер.

В результате бонитировочной оценки почв с учетом загрязнения тяжелыми металлами были выявлены значительные изменения в показателях классов бонитета и категорий почв. Класс бонитета почв на реперных участках в результате корректировки понизился в среднем на три-пять позиций с VII-IX до III-V класса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Воробьев, А. В. Характеристика категорий и качественное состояние земель Волгоградской области / А. В. Воробьев // IV Международная научно-практическая конференция молодых исследователей (26 – 28 апр. 2010 г.): сб. тр. – Волгоград, 2010. – С. 159-161.
2. Киричкова, И. В. Аккумуляция тяжелых металлов в посевах многолетних трав, возделываемых на южных черноземах Волгоградской области / И. В. Киричкова // Актуальные проблемы развития науки и образования: Междунар. науч.-практ. конф.: мат. – Москва, 2014. – С. 104-106.
3. Дымдын, О. С. Сущность бонитировки почвы / О.С. Дымдын // Молодой ученый. – 2012. – №1, 2. – С. 161-163.
4. Иванцова, Е. А. Тяжелые металлы в почвах сухостепной зоны Волгоградской области / Е. А. Иванцова, А. Н. Водолазко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2018. - № 2 (50). – С. 124-131.
5. Рассыпнов, В. А. Бонитировка почв как основа кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения / В. А. Рассыпнов, Е. М. Соврикова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – №11(97). – С. 103-106.
6. Sun, C. Assessment on Environmental Quality of Heavy Metals in Agricultural Soils of Chongming Island, Shanghai City / C. Sun, Ch. Bi, Zh. Chen et al. // Geogr. Sci. – 2010. – V. 20, № 1. – P. 135–147.
7. Белозубова, Н. Ю. Оценка эколого-токсикологического состояния почв Волгоградской области / Н. Ю. Белозубова // Качество жизни человека в нестабильном мире // XV Междунар. социальный конгресс: мат. выступл. – Москва, 2016. – С. 326-330.
8. Воробьев, А. В. Совершенствование системы земельного учета при проведении государственной кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения в Волгоградской области / А. В. Воробьев, А. В. Смыков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее образование. – 2015. – № 3(39). – С. 237-241.
9. Иванцова, Е. А. Качество почв земель сельскохозяйственного назначения сухостепной почвенной зоны Волгоградской области / Е. А. Иванцова, А. Н. Водолазко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2018. - № 2 (50). – С. 150-157.
10. Лобанов, М. П. Загрязнение тяжелыми металлами территории Волгоградской области / М. П. Лобанов, Т. А. Трофимов // Известия

Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2008. – №1 (9). – С. 12-16.

11. Редько, М. В. Бонитировочная оценка почв сельскохозяйственных угодий с учетом их загрязненности тяжелыми металлами (на примере Московской области): автореф. дисс... канд. биол. наук: 03.00.27 / Редько Марина Витальевна; МГУ. – Москва, 2009. – 28 с.

12. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения / под ред. Л. М. Державина, Д. С. Булгакова. – Москва: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – 240 с.

13. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041-06 // Библиотека ГОСТов и нормативов. – 2015 [Электронный ресурс]. URL: http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/46/46714/ (дата обращения 25.08.2015).

14. Бонитировка и качественная оценка почв: учеб.-метод. пособие / В. С. Цховребов [и др.]; Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь: Ставропольское издательство «Параграф», 2011. – 61 с.

15. Основные принципы методики бонитировки почв и бонитировки земель неорошаемой пашни / Г. Н. Черкасов [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – №12. – С. 3-6.

REFERENCES

1. Vorob'ev A. V. Kharakteristika kategoriy i kachestvennoe sostoyanie zemel' Volgogradskoy oblasti [Characteristics of categories and qualitative condition of lands of the Volgograd region]. *Sbornik trudov IV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh issledovateley 2 –28 aprelya 2010 g.* [Proceedings of the IV International scientific and practical conference of young researchers 26 – 28 April 2010]. Volgograd, 2010, pp. 159-161.

2. Kirichkova I. V. Akkumulyatsiya tyazhelykh metallov v posevakh mnogoletnikh trav, vozdeleyvaemykh na yuzhnykh chernozemakh Volgogradskoy oblasti [Accumulation of heavy metals in crops of perennial grasses cultivated on the southern chernozem of the Volgograd region]. *Aktual'nye problemy razvitiya nauki i obrazovaniya: sbornik nauchnykh trudov po materialam Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: v 7 chastyakh* [Actual problems of development of science and education. Collection of scientific papers on the materials of the International scientific-practical conference: in 7 parts]. Moscow, 2014, pp. 104-106.

3. Dymdyn O. S. Sushchnost' bonitirovki pochvy [The essence of soil testing]. *Molodoy uchenyy*, 2012, no. 1-2, pp. 161-163.

4. Ivantsova E. A., Vodolazko A. N. Tyazhelye metally v pochvakh sukhostepnoy zony Volgogradskoy oblasti [Heavy metals in the soils of the dry steppe zone of the Volgograd region]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee obrazovanie*, 2018, no. 2(50), pp. 124-131.

5. Rassypnov V. A., Sovrikova V. A. Bonitirovka pochv kak osnova kadastrvoy otsenki zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya [Soil bonitation as

the basis for cadastral valuation of agricultural lands]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2012, no. 11 (97), pp. 103-106.

6. Sun C., Bi Ch., Chen Zh. Assessment on Environmental Quality of Heavy Metals in Agricultural Soils of Chongming Island, Shanghai City. *Geogr. Sci.*, 2010, vol. 20, no. 1, pp. 135-147.

7. Belozubova N. Yu. Otsenka ekologo-toksikologicheskogo sostoyaniya pochv Volgogradskoy oblasti [Assessment of the ecological and toxicological state of the soils of the Volgograd region]. *Kachestvo zhizni cheloveka v nestabil'nom mire: materialy vystupleniy XV Mezhdunarodnogo social'nogo kongressa* [Quality of human life in an unstable world: proceedings of the XV International social Congress]. Moscow, 2016, pp. 326-330.

8. Vorob'ev A. V., Smykov A. V. Sovershenstvovanie sistemy zemel'nogo ucheta pri provedenii gosudarstvennoy kadaastrovoy otsenki zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya v Volgogradskoy oblasti [Improvement of the land registration system during the state cadastral valuation of agricultural land in the Volgograd region]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee obrazovanie*, 2015, no. 3(39), pp. 237-241.

9. Ivantsova E. A., Vodolazko A. N. Kachestvo pochv selskokhozyaystvennogo naznacheniya sukhostepnoy pochvennoy zony Volgogradskoy oblasti [Soil quality of agricultural land in the dry steppe soil zone of the Volgograd region]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee obrazovanie*, 2018, no. 2(50), pp. 150-157.

10. Lobanov M. P. Zagryaznenie tyazhelymi metallami territorii Volgogradskoy oblasti [Heavy-metal pollution of the Volgograd region]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*, 2008, no.1 (9), pp. 12-16.

11. Red'ko M. V. *Bonitirovochnaya otsenka pochv sel'skokhozyaystvennykh ugodiy s uchyotom ikh zagryaznyonnosti tyazhelymi metallami (na primere Moskovskoy oblasti)*. Avtoreferat diss. kand. biol. nauk [Evaluation of soils of agricultural lands taking into account their contamination by heavy metals (the case of the Moscow region). Abstract of dis. kand. biology. sci.]. Moscow, 2009, 28 p.

12. *Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu kompleksnogo monitoringa plodorodiya pochv zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya* [Methodical instructions on carrying out complex monitoring of soil fertility of agricultural lands]. Moscow, FGNU "Rosinformagrotekh", 2003, 240 p.

13. *Predel'no dopustimye kontsentratsii (PDK) khimicheskikh veshchestv v pochve. Gigienicheskie normativy GN 2.1.7.2041-06* [Maximum permissible concentrations (MPC) of chemicals in soil]. Biblioteka GOSTov i normativov, 2015, available at: http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/46/46714/ (28 August 2015).

14. Kkhovrebov V. S., Faizova V. I., Mar'in A. N. *Bonitirovka i kachestvennaya otsenka pochv: uchebno-metodicheskoe posobie* [Bonitation and quality assessment of soil. Study guide]. Stavropol', Stavropol'skoe izdatel'stvo "Paragraf", 2011, 61 p.

15. Cherkasov G. N. Osnovnye printsipy metodiki bonitirovki pochv i bonitirovki zemel' neoroshayemy pashni [Basic principles of the methodology of

evaluation of soils and lands of non-irrigated arable land]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2011, no. 12, pp. 3-6.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Водолазко Александр Николаевич – Волгоградский филиал ООО «Омсктехуглерод»; ведущий специалист отдела технического контроля качества;
E-mail: sanek_vlg@mail.ru

Vodolazko Alexandr Nikolavich – Volgograd branch of ООО “Omsktechuglerod”;
leading specialist of the Department of technical quality control;
E-mail: sanek_vlg@mail.ru

Иванцова Елена Анатольевна – Волгоградский государственный университет;
доктор сельскохозяйственных наук; зав. кафедрой экологии и
природопользования, профессор; E-mail: ivantsova.volgu@mail.ru

Ivantsova Elena Anatolyevna – Volgograd State University; Doctor of Agricultural
Sciences; Head of the Department of ecology and nature management, Professor;
E-mail: ivantsova.volgu@mail.ru

УДК 574.24: 615.322

ОЦЕНКА РАДИОНУКЛИДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЛЕКАРСТВЕННОГО
РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В ЦЕНТРАЛЬНОМ ЧЕРНОЗЕМЬЕ НА ПРИМЕРЕ
ГОРЦА ПТИЧЬЕГО

Н. А. Дьякова, С. П. Гапонов, А. И. Сливкин

ASSESSMENT OF RADIONUCLIDE CONTAMINATION OF MEDICINAL RAW
PLANT MATERIALS IN THE CENTRAL BLACK EARTH ON THE EXAMPLE
OF THE COMMON KNOTWEED (*POLYGOMUM AVICULARE* L.)

N. A. Dyakova, S. P. Gaponov, A. I. Slivkin

Воронежская область традиционно является важнейшим районом растениеводства и земледелия. Целью исследования являлось изучение загрязнения естественными и искусственными радионуклидами лекарственного растительного сырья в Воронежском регионе на примере горца птичьего, собранного по всей территории области в урбо- и агроэкосистемах, испытывающих на себе различное антропогенное воздействие. В рамках проведения исследования в 36 образцах наземной части (травы) горца птичьего и верхних слоев почв, на которых произрастали растения, была определена активность искусственных и природных радионуклидов (стронций-90, цезий-137, калий-40, торий-232, радий-226). Все образцы удовлетворяют имеющимся требованиям нормативной документации по активности радионуклидов. Чтобы оценить накопление радионуклидов из почв горцем птичьим использовали коэффициенты накопления. Среднее значение коэффициента накопления стронция-90 составило 0,55, в разных образцах области он варьировал от 0,40 до 0,73. Коэффициенты накопления цезия-137 колебались от 0,85 до 1,29 при среднем 1,09. Для тория-232 средний коэффициент накопления в траве горца птичьего равен 0,17 и принимал значения в изучаемых образцах от 0,10 до 0,26. Для калия-40 средний коэффициент накопления в сырье составил 1,36 и варьировал от 1,19 до 1,48, а для радия-226 – 0,50 при варьировании от 0,37 до 0,60. Таким образом, в наибольшей степени в траве горца птичьего накапливаются цезий-137 и калий-40. По степени накопления того или иного тяжелого металла в фитомассе горца птичьего можно судить о содержании радионуклидов в почве.

Центральное Черноземье, горец птичий, радионуклиды, коэффициент накопления

Voronezh region is one of the most important areas of crop production and agriculture. The purpose of research was to estimate the pollution of medicinal raw plant material with natural and artificial radionuclides in Voronezh Region on the example of the common knotgrass. The material was collected throughout the region in urbosystems and agrocenosis under various anthropogenic impacts. Both natural and artificial radionuclides activity (Sr-90, Cs-137, K-40, Th-232, and Ra-226) was deter-

mined in 36 samples of the grass of common knotgrass. All samples met the requirements of regulatory documentation about radionuclide activity. The coefficients of accumulation were used in order to evaluate of the radionuclides accumulation in the common knotgrass from the soil. The average accumulation rate of Sr-90 was 0.55 with variation from 0.40 to 0.73. Accumulation coefficient of Cs-137 varied from 0.85 to 1.29 with average rate 1.09. The average accumulation coefficient of Th-232 was 0.17, and it varied from 0.10 to 0.26. The average accumulation coefficient of K-40 was 1.36, and it varied from 1.19 to 1.49 in the raw plant material. The average accumulation rate of Ra-226 was 0.50 with fluctuation from 0.37 to 0.60. Thus, the grass of common knotgrass is characterized by the accumulation of Cs-137 and K-40 to the highest extent. A content of heavy metals in the soil can be indirectly estimated by the level of a relevant radionuclide accumulation in the common knotgrass phytomass.

Central Black Soil Region, common knotgrass, radionuclides, accumulation coefficient

ВВЕДЕНИЕ

Урбанизация – важная социально-экологическая проблема современного мира. В процессе роста и становления городов природные экосистемы территорий, занимаемых ими и близлежащих к ним, постепенно изменяются, при этом формируются новые антропогенные экосистемы со своими особенностями техногенного воздействия, характеризующегося изменением состава атмосферного воздуха, почв и водных объектов [1, 2].

Воронежская область традиционно является важнейшим районом растениеводства и земледелия. Однако освоение минеральных ресурсов, активная химизация в сельском хозяйстве, последствия чернобыльской аварии актуализировали вопрос снабжения пищевой промышленности безопасным и эффективным растительным сырьем [3, 4]. Некачественное растительное сырье и получаемые из него продукты являются важными источниками поступления различных экотоксикантов, в частности радионуклидов, в организм человека [5].

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучение загрязнения естественными и искусственными радионуклидами лекарственного растительного сырья Воронежского региона горца птичьего, собранного по всей территории области в урбо- и агроэкосистемах, испытывающих на себе различное антропогенное воздействие.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Выбор территорий для сбора образцов на территории Воронежской области – среднестатистического региона Центрального Черноземья – обусловлен особенностями воздействия человека (рисунок): промышленные химические предприятия (рисунок, 23, 24, 28); теплоэлектроцентраль (ТЭЦ) (рисунок, 27); Атомная электростанция (АЭС) (рисунок, 8); аэропорт (рисунок, 30); улица г. Воронежа (ул. Ленинградская) (рисунок, 31); высоковольтные линии электропередач (ВЛЭ) (рисунок, 9); городское водохранилище (рисунок, 29); малые города с развитой инфраструктурой (Борисоглебск (рисунок, 25), Калач (рисунок, 26)); зона крупного месторождения сульфидных медно-никелевых руд (рисунок, 4); районы, нахо-

дящиеся в зоне загрязнения в результате аварии на Чернобыльской АЭС (рисунок, 5-7); районы активной сельскохозяйственной деятельности (рисунок, 10-22); в качестве сравнения (фона) – заповедные территории (Воронежский природный биосферный заповедник (рисунок, 1), Хоперский государственный природный заповедник (рисунок, 2, 3)). Также проводили отбор вдоль дорог разной степени загруженности и в разных природных зонах: лесная зона (Рамонский район) (рисунок, 32) – трасса М4 «Дон», лесостепная зона (Аннинский район (рисунок, 33)) – трасса А144 «Курск-Саратов», степная зона (Павловский район) (рисунок, 34) – трасса М4 «Дон», проселочная автомобильная дорогая малой загруженности (Богучарский район) (рисунок, 35) и железнодорожные пути (Рамонский район) (рисунок, 36).

Объектом исследования была выбрана надземная часть (в фармации и далее – трава) горца птичьего (*Polygonum aviculare* L.). Горец птичий является многолетним синантропным растением, произрастающим в Воронежской области повсеместно [6, 7]. Кроме того, с целью исследования механизма загрязнения растительного сырья для анализа отбирали пробы верхних слоев почв (с глубины 0-10 см от поверхности).



Рис. Карта заготовки лекарственного растительного сырья
(цифры расшифрованы выше)
Fig. Map of medicinal raw plant material harvesting

Определение содержания искусственных и естественных радионуклидов в траве горца птичьего и в верхних слоях почв проводили с использованием спектрометра–радиометра МКГБ-01 «РАДЭК». Изучали активность естественных (калия-40, тория-232, радия-226) и основных искусственных (стронция-90, цезия-137) радионуклидов [8].

Чтобы оценить возможность накопления из почвы различных радионуклидов травой горца птичьего, использовали коэффициент накопления (КН), рассчитанный по формуле:

$$KH = \frac{C_{\text{сырье}}}{C_{\text{почва}}}, \quad (1)$$

где $C_{\text{сырье}}$ – активность радионуклида в образце травы горца птичьего, Бк/кг; $C_{\text{почва}}$ – активность радионуклида в верхних слоях почвы, Бк/кг [9].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Определяемые показатели активности радионуклидов в траве горца птичьего приведены в табл. 1.

Таблица 1. Активность радионуклидов в образцах травы горца птичьего (*Polygonum aviculare* L.)

Table 1. Radionuclides activity in the grass of common knotgrass (*Polygonum aviculare* L.) samples

№ п/п	Район сбора	Активность радионуклидов, Бк/кг				
		стронций-90	цезий-137	торий-232	калий-40	радий-226
1	2	3	4	5	6	7
1	Воронежский биосферный заповедник	3,8	52,3	6,0	423	2,4
2	Хоперский заповедник	2,4	20,6	6,2	526	2,9
3	Борисоглебский р-н	2,4	22,1	1,3	603	2,0
4	с. Елань-Колено	2,1	27,4	5,0	550	2,5
5	с. Нижнедевицк	3,8	54,2	7,2	617	3,8
6	г. Острогожск	3,6	57,1	10,4	702	4,2
7	г. Семилуки	3,8	58,1	8,7	706	6,0
8	г. Нововоронеж	2,1	63,2	7,8	627	4,5
9	ВЛЭ (Нововоронежский городской округ)	3,0	64,0	6,5	631	5,2
10	Лискинский р-н	2,0	47,4	6,0	495	4,0
11	Ольховатский р-н	3,4	45,9	9,6	660	3,8
12	Подгоренский р-н	3,6	43,0	3,0	742	3,9
13	Петропавловский р-н	2,5	30,4	5,2	798	4,7
14	Грибановский р-н	2,5	30,7	5,7	601	5,0
15	Хохольский р-н	4,2	62,0	7,6	720	5,2
16	Новохоперский р-н	4,0	27,5	4,0	611	6,0
17	Репьевский р-н	5,0	60	3,4	718	3,7
18	Воробьевский р-н	2,1	20,7	6,0	635	3,7
19	Панинский р-н	4,0	46,3	7,2	680	4,5
20	Верхнехавский р-н	4,2	62,1	6,5	637	5,1
21	г. Эртиль	4,6	31	8,4	686	5,2
22	Росошанский р-н	3,3	48,5	8,9	730	3,8
23	Вблизи ОАО «Минудобрения» (г. Россошь)	3,6	49,9	8,1	790	4,2
24	Вблизи ООО «Бормаш» (г. Поворино)	2,9	25,1	4,7	517	5,1
25	г. Борисоглебск	2,9	26,8	4,2	611	3,9
26	г. Калач	3,7	27,5	5,3	781	4,2

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
27	Вблизи ТЭЦ «ВОГРЭС» (г. Воронеж)	3,8	83,2	14	1143	6,5
28	Вблизи ООО «Сибур» (г. Воронеж)	4,2	80,2	9,6	1197	7,2
29	Вдоль водохранилища (г. Воронеж)	4,7	80,6	9,2	1117	6,9
30	Вблизи аэропорта	4,0	48,2	8,0	502	3,9
31	Улица г. Воронеж (ул. Ленинградская)	4,5	75,1	9,2	1142	7,2
32	Вдоль трассы М4 (Рамонский р-н)	3,2	59,4	4,5	488	3,0
33	Вдоль трассы А144 (Аннинский р-н)	3,8	59,9	7,2	635	2,2
34	Вдоль трассы М4 (Павловский р-н)	3,2	45,7	3,6	508	3,4
35	Вдоль нескоростной дороги (Богучарский р-н)	3,8	20,9	5,0	603	5,6
36	Вдоль железной дороги	5,0	36,2	5,2	501	4,5
Среднее значение		3,5	47,0	6,6	690	4,5
ПДС		200	400	-	-	-

Результаты исследования растительного сырья показали соответствие образцов сырья горца птичьего требованиям нормативной документации по содержанию искусственных радионуклидов [8]. Содержание естественных радионуклидов в растительном сырье в настоящее время не нормируется.

Для оценки накопления искусственных и природных радионуклидов из почв горцем птичьим рассчитывались коэффициенты накопления (табл. 2).

Таблица 2. Коэффициенты накопления радионуклидов в траве горца птичьего (*Polygonum aviculare* L.)

Table 2. Coefficients of accumulation of radionuclides in the grass of common knotgrass (*Polygonum aviculare* L.)

№ п/п	Район сбора	Коэффициенты накопления радионуклидов				
		стронций-90	цезий-137	торий-232	калий-40	радий-226
1	2	3	4	5	6	7
1	Воронежский биосферный заповедник	0,56	1,01	0,19	1,36	0,44
2	Хоперский заповедник	0,45	0,85	0,19	1,20	0,56
3	Борисоглебский р-н	0,48	1,07	0,04	1,48	0,49
4	с. Елань-Колено	0,45	1,06	0,14	1,19	0,37
5	с. Нижнедевицк	0,42	1,09	0,24	1,28	0,42
6	г. Острогожск	0,51	1,15	0,25	1,18	0,43
7	г. Семилуки	0,49	0,98	0,24	1,39	0,55
8	г. Нововоронеж	0,50	1,09	0,19	1,29	0,49
9	ВЛЭ (Нововоронежский городской округ)	0,45	1,07	0,20	1,32	0,52
10	Лискинский р-н	0,47	1,08	0,24	1,45	0,49

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7
11	Ольховатский р-н	0,57	1,11	0,21	1,34	0,44
12	Подгоренский р-н	0,53	1,06	0,07	1,27	0,48
13	Петропавловский р-н	0,46	1,15	0,14	1,41	0,51
14	Грибановский р-н	0,44	1,29	0,14	1,31	0,51
15	Хохольский р-н	0,53	1,19	0,19	1,27	0,53
16	Новохоперский р-н	0,65	1,11	0,10	1,28	0,57
17	Репьевский р-н	0,64	1,18	0,10	1,41	0,42
18	Воробьевский р-н	0,40	0,96	0,17	1,44	0,44
19	Панинский р-н	0,56	1,08	0,15	1,41	0,46
20	Верхнехавский р-н	0,51	1,17	0,13	1,30	0,59
21	г. Эртиль	0,53	1,00	0,22	1,43	0,55
22	Россошанский р-н	0,49	1,12	0,21	1,25	0,46
23	Вблизи ОАО «Минудобрения» (г. Россошь)	0,56	1,23	0,19	1,37	0,48
24	Вблизи ООО «Бормаш» (г. Поворино)	0,56	1,05	0,16	1,36	0,57
25	г. Борисоглебск	0,55	1,08	0,14	1,43	0,46
26	г. Калач	0,54	1,11	0,14	1,45	0,52
27	Вблизи ТЭЦ «ВОГРЭС» (г. Воронеж)	0,59	1,11	0,26	1,28	0,48
28	Вблизи ООО «Сибур» (г. Воронеж)	0,60	1,11	0,19	1,48	0,53
29	Вдоль водохранилища (г. Воронеж)	0,64	1,14	0,19	1,38	0,52
30	Вблизи аэропорта	0,68	1,05	0,22	1,29	0,49
31	Улица г. Воронеж (ул. Ленинградская)	0,56	1,06	0,19	1,41	0,56
32	Вдоль трассы М4 (Рамонский р-н)	0,47	1,10	0,14	1,33	0,39
33	Вдоль трассы А144 (Аннинский р-н)	0,73	1,15	0,17	1,39	0,47
34	Вдоль трассы М4 (Павловский р-н)	0,70	1,08	0,13	1,45	0,49
35	Вдоль нескоростной дороги (Богучарский р-н)	0,70	1,02	0,13	1,46	0,60
36	Вдоль железной дороги	0,69	1,05	0,16	1,74	0,58
	Среднее значение	0,55	1,09	0,17	1,36	0,50

Среднее значение коэффициента накопления стронция-90 составило 0,55, в разных образцах области он варьировал от 0,40 до 0,73. Коэффициенты накопления цезия-137 колебались от 0,85 до 1,29 при среднем 1,09. Для тория-232 средний коэффициент накопления в траве горца птичьего равен 0,17 и принимал значения в изучаемых образцах от 0,10 до 0,26. Для калия-40 средний коэффициент накопления в сырье составил 1,36 и варьировал от 1,19 до 1,48, а для радия-226 – 0,50 при варьировании от 0,37 до 0,60.

Таким образом, в наибольшей степени в траве горца птичьего накапливаются цезий-137 и калий-40. Всосывание растением цезия-137 и калия-40 из почвы связывают с поведением обменного калия. Известно, что растения, которые накапливают в себе высокие концентрации калия, обычно также содержат значительные количества цезия-137. Калий-40 накапливается в растительных организмах

аналогично его нерадиоактивным изотопам и в концентрациях, прямо пропорциональных концентрациям в природе. Калий и цезий – элементы одной группы периодической системы, они имеют одинаковые механизмы поступления из почвы в растения и транспортировки в его тканях. Таким образом, накопление цезия-137 в определенных органах растения тесно связано с калием, в том числе с калием-40.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Конкретный вид растения может служить в биоиндикационных целях. По степени накопления того или иного радионуклида в фитомассе горца птичьего можно судить о содержании тяжелых металлов в почве. Были проанализированы 36 образцов травы горца птичьего, собранных в различных по уровню антропогенного воздействия районах Воронежской области, на предмет активности содержащихся в них естественных и искусственных радионуклидов. Все исследуемые образцы оказались соответствующими требованиям нормативной документации. Выявлено, что в большей степени трава горца птичьего накапливает из почв цезий-137 и калий-40 (средние коэффициенты накопления составили 1,09 и 1,36 для цезия-137 и калия-40 соответственно).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дьякова, Н. А. Эффективность и радиационная безопасность лекарственного растительного сырья подорожника большого, собранного в Центральном Черноземье / Н. А. Дьякова // Разработка и регистрация лекарственных средств. – 2018. – № 3 (24). – С. 140-143.
2. Дьякова, Н. А. Изучение радионуклидного загрязнения лекарственного сырья Воронежской области на примере листьев подорожника большого и листьев крапивы двудомной / Н. А. Дьякова, А. И. Сливкин, С. П. Гапонов // Вестник ВГУ. Серия: Химия, Биология, Фармация. – 2017. – № 2. – С. 148-154.
3. Оценка радионуклидного загрязнения лекарственного растительного сырья Воронежской области на примере корней лопуха обыкновенного / Н. А. Дьякова [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2016. – № 3. – С. 110-115.
4. Великанова, Н. А. Экологическая оценка состояния лекарственного растительного сырья (на примере *Polygonum aviculare* L. и *Plantago major* L.) в урбоусловиях города Воронежа и его окрестностей: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Н. А. Великанова. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2013. – 21 с.
5. Терешкина, О. И. Оценка риска радионуклидного загрязнения лекарственного растительного сырья / О. И. Терешкина, И. П. Рудакова, И. А. Самылина // Фармация. – 2011. – № 7. – С. 3-6.
6. Haverland, F. *Polygonum aviculare* L. – Der Vogelknoterlich. – Eine botanisch-chemisch-pharmazeutische Bearbeitung / F. Haverland // Die Pharmazie. – 1963. – N 1. – S. 59-87.
7. Dyakova N.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P., Myndra A.A., Samylyna I.A. Analysis of the relationship between the accumulation of pollutants and principal groups of biologically active substances in medicinal plant raw materials using knotweed (*Polygonum aviculare* L.) and broadleaf plantain (*Plantago major* L.) leaves as

examples // *Pharmaceutical Chemistry Journal*. 2015. Т. 49. № 6. 384-387. DOI: 10.1007/s11094-015-1289-6

8. Государственная фармакопея Российской Федерации: изд-е XIV. – Москва: ФЭМБ, 2018. – Т. 2. – 1449 с.

9. Великанова, Н. А. Экооценка лекарственного растительного сырья в условиях г. Воронежа / Н. А. Великанова, С. П. Гапонов, А. И. Сливкин. – LAMBERT Academic Publishing, 2013. – 211 с.

REFERENCES

1. D'yakova N. A. Effektivnost' i radiacionnaya bezopasnost' lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya podorozhnika bol'shogo, sobrannogo v Central'nom Chernozem'e [Effectiveness and radiation safety of medicinal vegetable raw materials of a plantain big, collected in the Central Black Earth]. *Razrabotka i registratsiya lekarstvennykh sredstv*, 2018, no. 3, pp. 140-143.

2. D'yakova N. A., Slivkin A. I., Gaponov S. P. Izuchenie radionuklidnogo zagryazneniya lekarstvennogo syr'ya Voronezhskoy oblasti na primere list'ev podorozhnika bol'shogo i list'ev krapivy dvudomnoy [Studying of radio nuclide pollution of medicinal raw materials of the Voronezh region on the example of leaves of a plantain big and leaves of a nettle a two-blast furnace]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Himiya. Biologiya. Farmatsiya*, 2017, no. 2, pp. 148-154.

3. D'yakova N. A., Slivkin A. I., Gaponov S. P., Samylina I. A. Otsenka radionuklidnogo zagryazneniya lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya Voronezhskoy oblasti na primere korney lopukha obyknovennogo [Assessment of radio nuclide pollution of medicinal vegetable raw materials of the Voronezh region on the example of roots of a burdock ordinary]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Himiya. Biologiya. Farmatsiya*, 2016, no. 3, pp. 110-115.

4. Velikanova N. A. *Ekologicheskaya otsenka sostoyaniya lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya (na primere Polygonum aviculare L. i Plantago major L.) v urbousloviyakh goroda Voronezha i ego okrestnostey: avtoref. dis. kand. biol. nauk* [Ecological assessment of a condition of medicinal vegetable raw materials (on the example of Polygonum aviculare L. and Plantago major L.) in the urbanized conditions of the city of Voronezh and its vicinities. Abstract of dis. Candidate of Biology]. Voronezh, Izd-vo VGU, 2013, 21 p.

5. Tereshkina O. I., Rudakova I. P., Samylina I. A. Otsenka riska radionuklidnogo zagryazneniya lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya [Assessment of risk of radio nuclide pollution of medicinal vegetable raw materials]. *Farmatsiya*, 2011, no. 7, pp. 3-6.

6. Haverland F. Polygonum aviculare L. Der Vogelknoterlich. Einebotanisch-chemisch-pharmazeutische Bearbeitung. *Die Pharmazie*, 1963, no. 1, pp. 59-87.

7. Dyakova N. A., Slivkin A. I., Gaponov S. P., Myndra A. A., Samylina I. A. Analysis of the relationship between the accumulation of pollutants and principal groups of biologically active substances in medicinal plant raw materials using knotweed (Polygonum aviculare L.) and broadleaf plantain (Plantago major L.) leaves as examples. *Pharmaceutical Chemistry Journal*. 2015, vol. 49, no. 6, pp. 384-387. DOI: 10.1007/s11094-015-1289-6

8. *Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii. Izdanie XIV* [State pharmacopeia of the Russian Federation. Edition XIV]. Moscow, 2018, vol. 2, FEMB, 1449 p.

9. Velikanova N. A., Gaponov S. P., Slivkin A. I. *Ekootsenka lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya v urbousloviyakh g. Voronezha* [Ecological assessment of medicinal vegetable raw materials in the urbousloviyakh of Voronezh]. LAMBERT Academic Publishing, 2013, 211 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Дьякова Нина Алексеевна – Воронежский государственный университет; кандидат биологических наук, ассистент кафедры фармацевтической химии и фармацевтической технологии; E-mail: Ninochka_V89@mail.ru

Dyakova Nina Alekseevna – Voronezh State University; Candidate of Biology, Assistant Professor to the Department of Pharmaceutical Chemistry and Pharmaceutical Technology; E-mail: Ninochka_V89@mail.ru

Гапонов Сергей Петрович – Воронежский государственный университет; доктор биологических наук, зав. кафедрой зоологии и паразитологии; E-mail: gaponov2003@mail.ru

Gaponov Sergey Petrovich – Voronezh State University; Doctor of Biological Sciences, Head of the Department of Zoology and Parasitology; E-mail: gaponov2003@mail.ru

Сливкин Алексей Иванович – Воронежский государственный университет; доктор фармацевтических наук, зав. кафедрой фармацевтической химии и фармацевтической технологии; E-mail: slivkin@pharm.vsu.ru

Slivkin Alexey Ivanovich – Voronezh State University; Doctor of Pharmaceutical Sciences, Head of the Department of Pharmaceutical Chemistry and Pharmaceutical Technology; E-mail: slivkin@pharm.vsu.ru

УДК: 595.384.2.43

О БИОЛОГИИ И СОСТАВЕ ПИЩИ КРЕВЕТКИ *ARGIS LAR*
(OWEN, 1839) (CRUSTACEA, DECAPODA, CRANGONIDAE)
ИЗ САХАЛИНСКОГО ЗАЛИВА В ИЮЛЕ 2017 Г.

К. А. Кобяков

ON BIOLOGY AND FOOD STRUCTURE OF *ARGIS LAR* (OWEN, 1839)
(CRUSTACEA, DECAPODA, CRANGONIDAE) FROM THE SAKHALIN GULF
IN JULY 2017

К. А. Kobuyakov

Креветка *Argis lar* обитает на шельфе и его кромке до глубин 400 м. Ее ареал в северной части Тихого океана простирается на востоке вдоль американского побережья от мыса Барроу до г. Ситки, а на западе – от южной части Чукотского моря, в Охотском море, до залива Петра Великого и далее в Японском море до Южной Кореи. Из-за своих относительно крупных размеров считается промысловым видом. Кроме того, *A. lar* служит объектом питания для некоторых видов костистых рыб, скатов и морских млекопитающих. Исследованы биологическое состояние и состав пищи желудков 121 креветки из Сахалинского залива с глубины 66 м, пойманной в июле 2017 г. В 73 желудках найдена пища, а 28 были полными. Длина тела самок составляла 54-89, а самцов – 57-81 мм. Соотношение полов 3:1. Среди исследованных креветок имеются две хорошо различающиеся группы. Первая – с модой 62 мм и соотношением полов, близким 1:1. Самки этой группы имеют преимущественно гонады в I, II и очень немногие – в III стадии зрелости. Вторая, в которой самцов почти не было, – крупные самки с модой 72 мм и гонадами в III-V стадиях зрелости. Это особи, активно готовящиеся ко второму периоду размножения. Часть самых крупных самок с модой 82 мм только что отнерестились. В пище *A. lar* по частоте встречаемости (ЧВ) доминируют детрит, спат двустворчатых моллюсков (*Yoldia hyperborea*) и эррантная полихета *Glycera capitata*. Они же составляют около 50% объема виртуального пищевого комка. Примерно 40% его объема занимают песчинки, вероятно, играющие роль жерновов желудочной мельницы креветки. По способу охоты *A. lar* сочетает черты нападающего (по отношению к полихете) и пасущегося (по отношению к спату *Yoldia*) хищника.

Argis lar, *Yoldia hyperborea*, *Glycera capitata*, детрит, биологическое состояние

Argis lar shrimp inhabits the shelf and upper slope to depths of 400 m. In the North Pacific its range extends in the East part along the American coast from Cape Barrow to Sitka, and in the West part – from the southern part of the Chukchi Sea, in the Sea of Okhotsk to Peter the Great Bay and further to South Korea. Due to relatively large size (up to 150 mm), it is considered as commercial species. In addition, *A. lar* is a

food source for some species of bony fish, rays and marine mammals. During the research, biological condition and the stomachs of 121 shrimps from the Sakhalin Bay that were caught from a depth of 66 m in July 2017 were studied. 73 of these stomachs had food remains, and 28 were full. The female body length was 54-89 mm and male – 57-81 mm with sex ratio 3:1. There were two distinct groups among them. The first one was with mode size group 62 mm, and sex ratio close to 1:1. Females were with gonads mainly in I and II maturity stages and few specimens were with the gonads in the III maturity stage. The second group was nearly without males, the mode of females was 72 mm with ovaries in III-V maturity stages. Those females were actively preparing for the second period of spawning. Some of the largest females with 82 mm mode were just spawned. Detritus, bivalve spat (*Yoldia hyperborea*) and errant polychaete *Glycera capitata* dominated in terms of frequency of occurrence in food of *A. lar*. They occupied about 50% of the volume of the virtual food bolus. Sand particles, probably playing the role of the millstones of the gastric shrimp mill, occupied about 40% of its volume. *A. lar* is a benthic feeder. In July 2017 it fed on juvenile bivalves and polychaetes. According to the method of hunting this shrimp combines the features of the attacker (to polychaete) and grazer (to spat of *Yoldia*) predator.

Argis lar, Yoldia hyperborea, Glycera capitata, detritus, biological condition

ВВЕДЕНИЕ

Argis lar – обитатель шельфа и его кромки до глубин 400 м. Это амфицифический вид северной части Тихого океана. Его ареал простирается вдоль американского побережья Пацифики: на востоке – от мыса Барроу до г. Ситки, на западе – от южной части Чукотского моря, в Охотском море, до залива Петра Великого и далее в Японском море – до Южной Кореи. Из-за своих относительно крупных размеров считается промысловым видом [1–3]. Кроме того, *A. lar* служит объектом питания для некоторых видов костистых рыб, скатов и морских млекопитающих [4–6]. Информация о биологии *A. lar* очень ограничена, поэтому цель нашей работы – описать биологическое состояние и состав пищи данного вида в Сахалинском заливе в июле 2017 г.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материал был собран научным сотрудником ВНИРО Сергеем Евгеньевичем Аносовым в Сахалинском заливе на глубине 66 м в июле 2017 г. Объем материала – 121 желудок. В 73 из них находилась пища, а 28 были полными. Такой объем более чем соответствует критерию достаточности [7], т. е. тому наименьшему количеству желудков, в которых представлено не менее 80% пищевых объектов, обнаруженных в питании данного вида. Это количество составило 30 желудков. Степень их наполненности автор не принимал во внимание.

Орудие лова – донный трал. Креветки были зафиксированы в 4%-ном растворе формалина. Перед тем как приступить к исследованию содержимого желудков, креветок подвергали биологическому анализу по методике Р. Н. Буруковского [8]: измеряли общую длину от конца рострума до конца тельсона вдоль спинной стороны с точностью до 0,5 мм; определяли пол по наличию или отсутствию *appendix masculine* на эндоподите вторых плеопод. У самок устанавливали стадию зрелости гонад по пятибалльной шкале и при наличии яиц на плеоподах –

стадию их эмбрионального развития, а также подсчитывали количество яиц. Поскольку яйца у *A. lar* относительно крупные, проводился их тотальный подсчет без взятия навески.

При исследовании содержимого желудков также была использована методика Р. Н. Буруковского [9]. Пищевой комок помещали в каплю воды в чашке Петри. В неполных желудках (баллы наполнения 1 и 2) определялся лишь состав съеденного. В полных желудках, кроме этого, визуальным образом оценивалась доля основных объектов пищевого комка с точностью до 10%. Пищевые и непищевые объекты, составляющие менее 10% от объема пищевого комка, просто перечислялись. По полученным результатам определяли частоту встречаемости (процент встреч данного компонента пищи от общего числа исследованных желудков с пищей), а по результатам анализа полных желудков рассчитывали реконструированный усредненный (виртуальный) пищевой комок (т. е. среднюю долю каждого пищевого объекта в объеме пищевого комка, выраженную в процентах). Все пищевые компоненты, поддающиеся подсчету и измерению, пересчитывались и измерялись. «Пищевые компоненты» – это и съедобные, и несъедобные объекты, встреченные в желудках, в отличие от «пищевых объектов», т. е. тех, что используются креветкой в качестве пищи.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Биологическая характеристика

Кривые размерного состава самцов и самок (рис. 1) свидетельствуют о том, что, несмотря на хорошее совпадение диапазона их варьирования у тех и других, мы имеем дело со сборной группой особей, так как форма этих кривых у самцов и самок на суммарном графике сильно отличается (рис. 1 А). Кривая размерного состава самцов одновершинная, с модой 62 мм и длинным «хвостом» немногочисленных более крупных особей, а самок – двухвершинная, с модами 62 (как у самцов) и 87 мм. Моды самок разделены довольно длинным «плато», состоящим из особей с промежуточными размерами.

Гетерогенность размерного состава самок не вызывает сомнений (рис. 1Б), так как обнаружены самки с гонадами в I и II стадиях зрелости (у них яиц на плеоподах нет, т. е. это особи, вступающие в половозрелость – рис. 1Б, 1), у которых кривая размерного состава буквально копирует кривую самцов (рис. 1А, 1). Большая часть остальных самок имеют гонады в III-V стадиях зрелости (рис. 1Б). Кривая их размерного состава двухвершинная. Первая мода совпадает с модой вступающих в половозрелость самок и, несомненно, относится к этой группе. Вероятно, эти самки будут нереститься впервые.

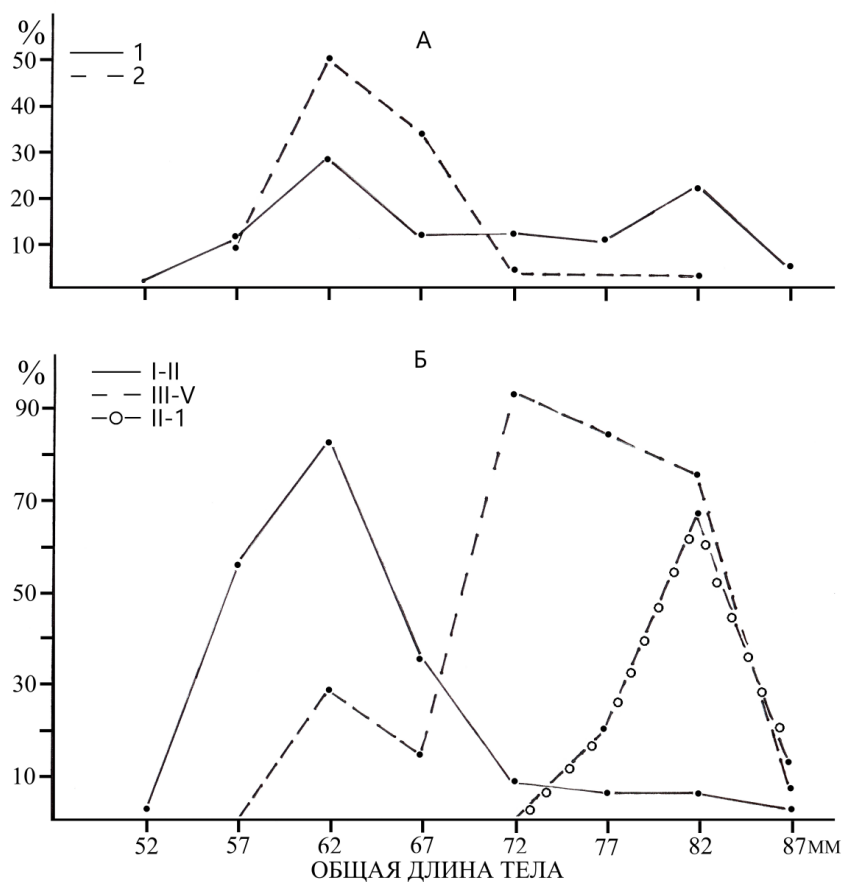


Рис. 1. Размерный состав и биологическая характеристика *A. lar* в Сахалинском заливе в июле 2017 г.:

А – суммарный график размерного состава; 1 – самки; 2 – самцы;
 Б – размерная структура самок I-II, III-V – стадии зрелости гонад самок без яиц на плеоподах; II-1 – стадия зрелости гонады и стадия эмбрионального развития яиц на плеоподах

Fig. 1. Size composition and biological characteristics of *A. lar* in the Sakhalin Bay in July 2017:

А – the total schedule of the size composition; 1 – females; 2 – males.
 В - dimensional structure of females of I, II, III-V – maturity stages of gonads of females without eggs on pleopods; II-1 – the stage of gonad maturity and the stage of embryonic development of eggs on pleopods

Остальные самки с гонадами в III-V стадиях зрелости и без яиц на плеоподах, следовательно, участвуют в процессе размножения как минимум во второй раз. Отсутствие у них яиц на плеоподах позволяет сделать предположение, что у этого вида, вероятно, нет непрерывной цикличности размножения и самки, видимо, нерестятся один раз в году, а часть их, самые крупные, с модой 87 мм, только что отложили яйца на плеоподы (рис. 1Б, 3). Отложенные яйца находятся в I стадии эмбрионального развития, а гонады самок – во II стадии зрелости. Яйца практически сферической формы, диаметром 1,0-1,1 мм. Количество их на плеоподах

варьирует от 227 до 1327 шт. Поскольку яйценосные самки имеют очень узкий диапазон размерного состава (полностью преобладают особи с длиной тела 80-84 мм), такой большой диапазон реализованной плодовитости можно объяснить потерями яиц в трале и при фиксации креветок.

Интенсивность питания

Около 40% креветок имели пустые желудки. «Голодные» особи были представлены обоими полами. Самки находились на всех стадиях репродуктивного цикла, описанных выше (рис. 1). Самок с пустыми желудками насчитывалось около 60%. Самцы, напротив, питались активнее всего – около 60% особей имели наполнение желудков 2-3 балла.

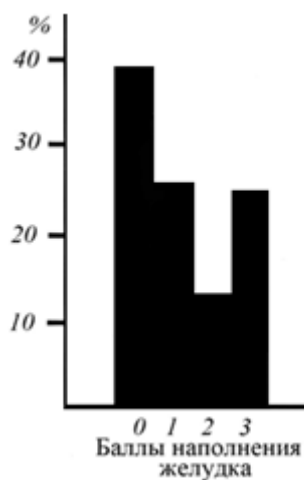


Рис. 2. Интенсивность питания *Argis lar*

Fig. 2. *Argis lar* nutrition intensity

Характеристика содержимого желудков

Все пищевые компоненты, обнаруженные нами в желудках *A. lar*, можно разделить на следующие группы: детрит, песчинки, растительные остатки, неопределенные остатки и собственно пищевые объекты. Детрит присутствовал практически в каждом желудке в виде рыхлой массы сероватого цвета. Ему всегда сопутствовали песчинки. Количество песчинок в полных желудках достигало 100 шт. и более, занимая иногда более половины объема пищевого комка. Песчинки в большинстве своём имели размеры от 0,2 до 0,4 мм, т. е. по [10] относятся к мелким и средним пескам. Возможно, у *A. lar* они служат жерновами желудочной мельницы, как у ряда других креветок из семейства Crangonidae (например, у креветки *Crangon crangon* [11, 12]). Практическое совпадение частоты встречаемости песчинок и детрита (84,9 и 76,7%, соответственно) позволяет предположить, что креветки захватывают детрит в процессе обновления песчинок желудочной мельницы.

Растительные остатки были обрывками какой-то бурой водоросли и явно случайно попали в желудки двух особей. Неопределенные остатки представляли собой обрывки хитина без каких-либо структурных элементов, позволяющих их идентифицировать.

Фораминиферы (*Haplophragmoides canariensis*) имели диаметр 1,2 мм и встретились трижды по одной-две раковины. Один раз попала остракода. Это была самка с яйцами. Она имела длину 3,9 мм и несла в выводковой камере 17 яиц диаметром 0,4 мм.

Двустворчатые моллюски относились к виду *Yoldia hyperborea*. Они попадались обычно поодиночке или по двое, но в некоторых желудках их число достигало 3 экз. Длина их составляла 3,9–4,4 мм. Следовательно, это была молодь практически на стадии спата, так как размеры тела взрослой йольдии достигают 40–50 мм [13]. Из других пищевых объектов встречалась эррантная полихета *Glycera capitata* Örsted, 1843. Длина взрослых особей у нее достигает обычно 80–100 [13] и даже 150 мм [14]. Судя по щетинкам, имеющим длину 0,3–0,5 мм, креветка питается ее молодью. *G. capitata* обитает на поверхности ила, на камнях [15]. Следовательно, *Argis lar* – потребитель эпифауны, питающийся спатом *Bivalvia* и полихетами.

Частота встречаемости

По частоте встречаемости все пищевые объекты можно разделить на три группы. Первая – абсолютно доминирующий детрит, встретившийся в желудках у трех четвертей креветок (76,7%). Второстепенные объекты питания – спат двустворчатых моллюсков и молодь эррантной полихеты (их ЧВ, соответственно, 35,6 и 24,7%). Остальные пищевые объекты с частотой встречаемости 4,1–1,3% можно отнести к случайным и спорадическим. Коэффициент Фроермана равен 1,7, т. е. в среднем в желудках встречались примерно два объекта питания (таблица).

Таблица. Состав пищи у креветки *Argis lar*

Table. Composition of the food of *Argis lar shrimp*

Объекты питания	Частота встречаемости, %	Доля в виртуальном пищевом комке, %
Детрит	76,7	31,4
<i>Bivalvia</i>	35,6	22,9
<i>Polycheta</i>	24,7	1,8
Остракода	1,3	0,3
Foraminifera	4,1	–
Обрывки водорослей	2,7	–
Карапакс постличинки креветки	1,3	–
Неопределенные остатки	4,1	–
Песчинки	84,9	43,6
Коэффициент Фроермана	1,7	

Виртуальный пищевой комок

Эти же доминирующие пищевые объекты и песчинки сформировали виртуальный пищевой комок. Более половины его объема занимают двустворчатые моллюски и детрит (22,9 и 31,4%, соответственно). Относительно часто встре-

чавшиеся полихеты составляют лишь 1,8%. Остальную часть объема пищевого комка занимают песчинки (43,6%) (таблица).

ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование биологии нашего вида в Охотском море ранее не производилось, поэтому нам не с чем его сравнивать. Можно лишь заключить, что в Сахалинском заливе в июле на глубине около 60 м существуют две группировки креветок, находящихся на разных этапах репродуктивных циклов. Одна из них – впервые вступающие в репродуктивный цикл особи, имеющие общую длину тела 57-67 мм. В ней присутствуют креветки обоих полов примерно в одинаковом соотношении, а большинство самок имеют гонады в I и II стадиях зрелости. Во второй группе практически нет самцов, большая часть самок длиной тела 72-82 мм, которые готовятся к нересту или уже отнерестились. Следовательно, здесь находится район нереста *A. lar*. Примерно то же самое наблюдается у креветки *Crangon crangon* (L, 1758), в районе Балтийской косы в июле формирующей нерестовые скопления самок, в которых практически полностью отсутствуют самцы [16].

В. И. Чучукало [17] в своей монографии сообщает, что вид *A. lar* включает в себя два подвида. Первый из них распространен от Чукотского моря и до залива Петра Великого, а второй – в Японском море, Южной части Охотского моря и у тихоокеанского побережья южных Курильских о-вов. Можно было бы заключить, что мы изучали биологию и состав пищи южного подвида. Ссылаясь в монографии на работу М. Н. Соколовой, В. И. Чучукало сообщает, что ею описано [18] питание обоих подвигов, без разделения их. Однако в работе говорится о составе пищи *Nectocrangon lar* Rathbun, 1904 из Берингова и Охотского морей, в наименьшей степени – из северо-западной части Тихого океана. В ней нет никакого указания на существование подвигов *A. lar*. Кроме того, как оказалось [19, 20], под названием *N. lar* было описано нескольких других видов этого рода, среди которых нет *A. lar*. Следовательно, наша работа – первое исследование состава пищи именно вида *A. lar*.

В Сахалинском заливе в июле 2017 г. *A. lar* питался преимущественно детритом, а также спатом *Y. hyperborea* и молодью эррантной полихеты *G. capitata*, которая обитает на поверхности илистых грунтов [15]. Поэтому, как и спат йольдии, глицера может быть отнесена к эпифауне. Одновременно с детритом в желудке *A. lar* в больших количествах присутствовали песчинки. У креветок семейства Crangonidae в кардиальном отделе желудка не развиты мощные хитиновые зубцы, служащие для размельчения пищи. Из-за этого они и собирают песчинки, образующие так называемую желудочную мельницу [11]. Вероятно, вместе с ними *A. lar* собирает и детрит. Об этом и свидетельствует сходная частота их встречаемости и почти одинаковое представительство в виртуальном пищевом комке.

Данный факт подтверждается первым исследователем состава пищи *C. crangon* Плагманом [21], который наблюдал за их пищевым поведением в аквариуме. Р. Н. Буруковский [12] назвал это «неаккуратным питанием». Однако детрит не служит балластом в желудках креветок, так как на некоторых стадиях существования его трофическая ценность может превышать пищевые качества фитопланктона и других видов живой пищи [22]. Поэтому мы его внесли в число пищевых объектов.

Итак, *A. argis* – бентофаг, питающийся детритом и представителями эпи-фауны. Судя по коэффициенту Фроермана, равному 1,7, способ его питания сочетает признаки нападающего (по отношению к полихете *G. capitata*) и пасущегося (по отношению к спату *Yoldia hyperborean*) (классификация стратегий питания по [23]) хищников. Считать его собирателем, нам кажется, нельзя, так как *A. lar* – необлигатный детритофаг и детрит, вероятно, попадает в его желудок в результате так называемого «неаккуратного питания».

БЛАГОДАРНОСТИ

Материал для данной работы был собран и передан нам С. Е. Аносовым. Р. Н. Буруковский и Ч. М. Нигматуллин после прочтения рукописи сделали автору очень важные замечания и консультировали его по ряду вопросов. Мы выражаем им искреннюю признательность и благодарность.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Holthuis, L. B. Shrimps and prawns of the World. An annotated catalogue of species of interest to fisheries. FAO species catalogue / L. B. Holthuis // FAO Fisheries Synopsis, 1980. – No. 125. – Vol.1. – 269 p.
2. Sokolov, V. I. Decapod crustaceans of the Southwest Kamchatka shelf: R/V “Professor Levanidov” collection in June 1996 / V. I. Sokolov // Arthropoda Selecta. 2001. – Vol. 10. – No. 2. – P. 103–136.
3. Марин, И. Н. Малый атлас десятиногих ракообразных России / И. Н. Марин. – Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2013. – 145 с.
4. Yamamura, O. Feeding habits of pacific cod, *Gadus macrocephalus*, off Eastern Hokkaido, North Japan / O. Yamamura, K. Watanabe, K. Shimazak // Proc. NIPR Symp. Polar Biol., 1993. – 6. – P. 44-54,
5. Napazakov, V. V. Feeding of Liparids (Liparidae) in Western Bering Sea / V. V. Napazakov, V. I. Chuchucalo // Journal Ichthyology, 2004. – Vol. 1. – P. 313–317.
6. Diet of beluga whales, *Delphinapterus leucas*, in Alaska from Stomach Contents, March–November 2015 / L. T. Quakenbush [et al.]/ Marine Fisheries Review, 2015. – 77.1.7. – P. 70–84.
7. Cartes J. E. Feeding ecology of the deep-water aristeid crustacean *Aristeus antennatus* / J. E. Cartes, F. Sarda // Marine Ecology Progress Series, 1989. –Vol. 54. – P. 229–238.
8. Буруковский, Р. Н. Методика биологического анализа некоторых тропических и субтропических креветок / Р. Н. Буруковский // Промышленно-биологические исследования морских беспозвоночных: сборник, 1992. – Москва: Изд-во ВНИРО. – С. 77–84.
9. Буруковский, Р. Н. Питание и пищевые взаимоотношения креветок / Р. Н. Буруковский. – Калининград: Изд-во ФГОУ ВПО «КГТУ», 2009. – 408 с.
10. Петелин, В. П. Гранулометрический анализ морских донных осадков / В. П. Петелин. – Москва: Наука, 1967. – 11 с.

11. Factor, J. R. Development of the feeding apparatus in decapod crustaceans / J. R. Factor; In: F.R. Schram //Crustacea Issues. – Vol. 6. Functional Morfology of Feeding and Grooming in Crustacea. –1989. Balkema. Rotterdam. – P. 185–2039.
12. Буруковский, Р. Н. О питании креветки *Crangon crangon* (Decapoda, Crangonidae) в Кандалакшском заливе Белого моря в июле и сентябре 2004 года / Р. Н. Буруковский, А. В. Трунова // Морские промысловые беспозвоночные и водоросли (биология и промысел) / Всесоюзн. науч.-исслед. ин-т рыбн. хоз-ва и океаногр. к 70-летию со дня рождения Б. Г. Иванова: сборник трудов. – 2007. – Т. 147. – С. 181–203.
13. Ушаков, П. В. 1955. Класс многощетинковые черви. Polychaeta / П. В. Ушаков // Атлас беспозвоночных дальневосточных морей СССИ.М. – Ленинград: Изд-во АН СССИ.– С 81–86.
14. Википедия. *Glycera capitata* [Электронный ресурс] [https://ru.wikipedia.org/wiki /Glycera capitata](https://ru.wikipedia.org/wiki/Glycera_capitata). (Дата последнего обновления 24.04.2019).
15. Цетлин, А. Б. Интерстициальные полихеты (Annelida) Кандалакшского залива Белого моря / А. Б. Цетлин, М. В. Сафонов // Зоологический журнал. – 2002. – Т. 81, № 8. – С. 899–908.
16. Буруковский, Р. Н. О репродуктивной биологии самок креветки *Crangon crangon* (L.) (Decapoda, Crangonidae) / Р. Н. Буруковский, Е. С. Иванов // Океанология. – 2015. – Т. 55. – № 1. – С. 93–102.
17. Чучукало, В. И. Питание и пищевые отношения nektona и nektoбентоса в дальневосточных морях / В. И. Чучукало. – Владивосток: ТИНРО-Центр. 2006. – 484 с.
18. Соколова, М. Н. Питание некоторых видов дальневосточных Crangonidae / М. Н. Соколова // Труды ИОАН СССР. – 1957. – Т. 23. – С. 270–285.
19. Komai, T. 1997. Revision of *Argis dentate* and related species (Decapoda: Caridea: Crangonidae), with description of a new species from the Okhotsk Sea / T. Komai // Journal Crustacean Biology. – 1997. – Vol. – № 1. – P. 136-161.
20. Соколов, В. И. Замечания о распространении и морфологической изменчивости пяти видов рода *Argis* (Crustacea, Decapoda, Crangonidae) в Охотском и Японском морях / В. И. Соколов // Зоологический журнал. – 2001. – Т. 80. – № 9. – С. 1050–1065.
21. Plagmann, J. 1940. Ernährungsbiologie der Garnele (*Crangon vulgaris* Fabr.) / J. Plagmann // Helgol. Wiss. Meeresunters. 1940. – Bd. 2. – Heft 2. – S. 113–162.
22. Буруковский, Р. Н. Экологический статус таксоцена креветок материкового склона в районах с развитым терригенным осадкообразованием / Р. Н. Буруковский // Журнал общей биологии. –1989. – Т. 50, № 5. – С. 621–631.
23. Буруковский, Р. Н. Креветки западноафриканских вод (географическое распространение, закономерности горизонтального и вертикального распределения, жизненные формы и экологическая структура таксоценов): моногр. / Р. Н. Буруковский. – Санкт-Петербург: Проспект науки, 2017. – 512 с.

REFERENCES

1. Holthuis L. B. *Shrimps and prawns of the World. An annotated catalogue of species of interest ti fisheries. FAO species catalogue. FAO Fisheries Synopsis.* 1980, vol. 1, no. 125, 269 p.

2. Sokolov V. I. Decapod crustaceans of the Southwest Kamchatka shelf: R/V “Professor Levanidov” collection in June 1996. *Arthropoda Selecta*. 2001, vol. 10, no. 2, pp. 103-136.
3. Marin I. N. *Malyy atlas desyatinogikh rakoobraznykh Rossii* [Small atlas of decapod crustaceans in Russia]. Moscow, 2013, Tovarishestvo nauchnykh izdaniy, KMK, 145 p.
4. Yamamura O., Watanabe K., Shimazak K. Feeding habits of pacific cod, *Gadus macrocephalus*, off Eastern Hokkaido, North Japan. *Proc. NIPR Symp. Polar Biol.*, 1993, no. 6, pp. 44-54,
5. Napazakov V. V., Chuchucalo V. I., Feeding of Liparids (Liparidae) in Western Bering Sea. *Journal Ichthyology*, 2004, vol. 1, pp. 313-317.
6. Quakenbush L. T., Suydam R. S., Bryan A. L., Lowry L. F., Frost K. J., Mahoney B. A. Diet of beluga whales, *Delphinapterus leucas*, in Alaska from Stomach Contents, March–November 2015. *Marine Fisheries Review*, 2015, vol. 77, pp. 70-84.
7. Cartes J. E., Sarda F. Feeding ecology of the deep-water aristeid crustacean *Aristeus antennatus*. *Marine Ecology Progress Series*, 1989, vol. 54, pp. 229-238.
8. Burukovsky R. N. *Metodika biologicheskogo analiza nekotorykh tropicheskikh i subtropicheskikh krevetok* [Methods of biological analysis of some tropical and subtropical shrimps]. Promyslovo-biologicheskkiye issledovaniya morskikh bespozvonochnykh [Commercial and biological studies of marine invertebrates]. Moscow, VNIRO, 1992, pp. 77–84.
9. Burukovsky R. N. *Pitaniye i pishchevyye vzaimootnosheniya krevetok* [Feeding and food relationships of shrimps]. Kaliningrad, FGOU VPO KGTU, 2009, 408 p.
10. Petelin V. P. *Granulometricheskyy analiz morskikh donnykh osadkov* [Particle size analysis of sea bottom sediments]. Moscow, Nauka, 1967, 11 p.
11. Factor J. R. Development of the feeding apparatus in decapod crustaceans. In: F.R. Schram. *Crustacea Issues*. Vol. 6. Functional Morfology of Feeding and Grooming in Crustacea. 1989, Balkema, Rotterdam, pp. 185-203.
12. Burukovskiy R. N., Trunova A. V. O pitanii krevetki *Crangon crangon* (Decapoda, Crangonidae) v Kandalakshskom zalive Belogo morya v iyule i sentyabre 2004 goda [On the feeding of *Crangon crangon* (Decapoda, Crangonidae) in the Kandalaksha Bay of the White Sea in July and September 2004]. *Morskiye promyslovyye bespozvonochnyye i vodorosli (biologiya i promysel). K 70-letiyu so dnya rozhdeniya B. G. Ivanova* [Marine commercial invertebrates and algae (biology and fishing). To the 70th anniversary of the birth of B.G. Ivanova. 2007]. Moscow, 2007, vol. 147, pp. 181-203.
13. Ushakov P. V. *Klass mnogoshchetinkovyye chervi. Polychaeta. Atlas bespozvonochnykh dal'nevostochnykh morey SSSI* [Polychaete worms class. Polychaeta. Atlas of Invertebrates of the Far Eastern Seas SSSI]. M.-L., 1955, Izdatelstvo AN SSSI, pp. 81-86.
14. *Wikipedia. Glycera capitata*. Available at: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Glycera capitata](https://ru.wikipedia.org/wiki/Glycera_capitata) (Accessed 4 April 2019).
15. Tsetlin A. B., Safonov M. V. Interstitsial'nyye polikhety (Annelida) Kandalakshskogo zaliva Belogo moray [Interstitial Polychaetes (Annelida) from the Kandalaksha Bay of the White Sea]. *Zoologicheskyy zhurnal*, 2002, vol. 81, no. 8, pp. 899-908.

16. Burukovsky R. N., Ivanov E. S. O reproductivnoy biologii samok krevetki *Crangon crangon* (L.) (Decapoda, Crangonidae) [On the reproductive biology of female shrimp *Crangon crangon* (L.) (Decapoda, Crangonidae)]. *Okeanologia*, 2015, vol. 55, no. 1, pp. 93-102.

17. Chuchucalo V. I. *Pitaniye i pishchevyye otnosheniya nektona i nektobentosa v dal'nevostochnykh moryakh* [Feeding and food relationships of nekton and nektobentos in the Far Eastern seas]. Vladivostok, TINRO-Centr, 2006, 484 p.

18. Sokolova M. N. *Pitaniye nekotorykh vidov dal'nevostochnykh Crangonidae* [Food of some species of the Far Eastern Crangonidae]. *Trudy IOAN SSSR*. 1957, vol. 23, pp. 270-285.

19. Komai T. Revision of *Argis dentate* and related species (Decapoda: Caridea: Crangonidae), with description of a new species from the Okhotsk Sea. *Journal Crustacean Biology*, vol. 1997, no. 1, pp. 136-161.

20. Sokolov V. I. Zamechaniya o rasprostraneni i morfologicheskoy izmenchivosti pyati vidov roda *Argis* (Crustacea, Decapoda, Crangonidae) v Okhotskom i Yaponskom moryakh [Notes on the distribution and morphological variability of five species of the genus *Argis* (Crustacea, Decapoda, Crangonidae) in the Sea of Okhotsk and the Sea of Japan]. *Zoologicheskii zhurnal*, 2001, vol. 80, no. 9, pp. 1050-1065.

21. Plagmann J. Ernährungsbiologie der Garnele (*Crangon vulgaris* Fabr.). *Helgol. Wiss. Meeresunters*, 1940, Bd. 2, Heft 2, pp. 113-162.

22. Burukovsky R. N. Ekologicheskii status taksotsena krevetok materikovogo sklona v rayonakh s razvitym terrigenym osadkoobrazovaniyem [Ecological status of shrimp taxocene from continental slope in areas with pronounced terrigenous sediment formation]. *Zhurnal obshchey biologii*, 1989, vol. 50, no. 5, pp. 621-631.

23. Burukovsky R. N. *Krevetki zapadnoafrikanskikh vod (geograficheskoye rasprostraneniye, zakonomernosti gorizontal'nogo i vertikal'nogo raspredeleniya, zhiznennyye formy i ekologicheskaya struktura taksotsenov)* [West African shrimp waters (geographical distribution, patterns of horizontal and vertical distribution, life forms and ecological structure of taxocenes)]. Saint-Petersburg, Prospekt nauki, 2017, 512 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Кобяков Кирилл Александрович – Калининградский государственный технический университет; студент кафедры ихтиопатологии и гидробиологии; E-mail: kir.321@mail.ru

Kobyakov Kirill Aleksandrovich – Kaliningrad State Technical University; student of the Department of Ichthyopathology and Hydrobiology; E-mail: kir.321@mail.ru

УДК 004.9:639.2

СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ИССЛЕДОВАНИЯХ И ПРОМЫСЛЕ ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ

Ф. В. Коломейко, С. П. Сердобинцев

DECISION SUPPORT SYSTEMS IN RESEARCHES AND FISHERY FOR AQUATIC BIOLOGICAL RESOURCES

F. V. Kolomeyko, S. P. Serdobintsev

Показана актуальность разработки и применения систем поддержки принятия решений в исследованиях и промысле водных биоресурсов. Предложено их создание с использованием принципов автоматизированных систем научных исследований. Рассматривается концепция автоматизированной системы поддержки принятия решений, которая объединяет автоматизированную систему научных исследований, информационно-справочную и географическую информационную системы. Она включает множество математических, интеллектуальных методов анализа данных, систему управления базами данных, базы данных и знаний, что повышает эффективность научных исследований и рыбного промысла.

информационное обеспечение, водные биоресурсы, рыбный промысел, базы данных, базы знаний, автоматизация, научные исследования, информационно-справочная система, географическая информационная система, система поддержки принятия решений

The paper shows relevance of creation and using of decision support systems in researches and fishery for aquatic biological resources. It is proposed to develop such systems using principles of automated scientific research. The concept of an automated decision support system is being considered that integrates the automated system of scientific research, inquiry system and geographic information system. This system includes a lot of mathematical, intellectual methods, databases, databases management system and knowledge bases. It increases the efficiency of scientific researches and fishery.

information support, water biological resources, fishery, data bases, knowledge bases, automation, inquiry system, geographic information system, decision support system

ВВЕДЕНИЕ

Проблемы стабильного и качественного обеспечения всех слоев населения рыбными продуктами питания оказывают значительное влияние на продовольственную безопасность страны. Решение этих проблем возможно за счет эффективной организации промысла водных биоресурсов (ВБР) и развития аквакультуры, что достигается путем создания новых и совершенствования существующих методов изучения и прогнозирования состояния ВБР. Данные, собираемые во время научных исследований ВБР и рыбного промысла, неоднородны и нестационарны.

Они зависят от множества стохастических факторов, поэтому традиционных математических методов для их анализа и достоверного прогноза не всегда достаточно. При использовании этих данных не менее важна смысловая, логическая обработка информации, опыт экспертов и специалистов-практиков [1]. В таких случаях необходимо принимать решения на основе множества критериев и не только использовать первичную информацию в виде баз данных, но и формировать базы знаний (БЗ). Поэтому, несмотря на то, что к настоящему времени разработано множество математических моделей динамики численности гидробионтов, создан широкий набор информационных систем [2-5], до сих пор недостаточно знаний о законах функционирования морских экосистем, и, как следствие, порой достоверность научных прогнозов оставляет желать лучшего [6]. Следовательно, задачи и проблемы, возникающие в этой области согласно классификации проблем, принятой в системном анализе, следует отнести к слабоструктурированным, так как они содержат как качественные, так и количественные элементы. Для решения указанных проблем необходимо повышать уровень автоматизации исследований ВБР и выдачи рекомендаций по организации промысла. Принятию эффективных решений в исследованиях и промысле водных биоресурсов способствуют информационные системы, совмещающие математическую и автоматизированную экспертную обработку данных. В качестве таковых могут выступать информационные системы поддержки принятия решений (СППР), которые помогают оптимизировать и ранжировать возможные решения. СППР, создаваемые для обеспечения исследований ВБР, должны строиться на принципах, заложенных в основе автоматизированных систем научных исследований (АСНИ), либо являться составной частью АСНИ. В данном контексте АСНИ представляет собой информационную систему для автоматизации проведения экспериментов, построения моделей объектов, процессов и в целом научных исследований на основе соответствующего программно-аппаратного обеспечения.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Применение СППР совместно с АСНИ наиболее эффективно в тех современных областях науки и техники, которые имеют дело с использованием больших объемов информации. Это, прежде всего, относится к исследованиям Мирового океана, ВБР и среды их обитания.

Далее под СППР в исследованиях и промысле водных биоресурсов будем подразумевать систему, совмещающую в себе элементы АСНИ. Необходимость создания и использования таких СППР связана с тем, что целью многих научных исследований является построение модели реального объекта (процесса или явления). Разработка модели включает сопоставление теории и эксперимента. На теоретической стадии сейчас постоянно растет потребность в применении все более сложного математического аппарата, а значит, всё более широком использовании ЭВМ (персональных компьютеров, серверов, смартфонов и т.п.). В свою очередь, повышение сложности модели объекта приводит к увеличению объёмов собираемой информации во время экспериментальной стадии исследования. Также длительные научные исследования позволяют формировать большие временные ряды научных данных. Так, в Атлантическом филиале ФГБНУ Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии («АтлантНИРО») в базе данных (БД) «Биология океанических районов» на текущий момент содержится более 5 млн биологических анализов ВБР, собранных в Атлантическом океане. Поэтому промысловая и научная деятельность требует создания и

использования информационных систем (СППР и АСНИ). Таким образом, при разработке и применении СППР с элементами АСНИ в исследованиях ВБР достигаются цели роста эффективности и качества научных исследований, уменьшение их продолжительности и трудоемкости.

Во время создания СППР и, соответственно, повышения уровня автоматизации научных исследований ВБР следует учитывать их главные особенности как объекта автоматизации. К таким особенностям относятся многогранность исследовательской деятельности, существенная роль человеческого фактора, высокий уровень априорной неопределенности хода и результатов исследования, непрерывность и уникальность процесса научного исследования, многообразие исследовательских задач.

Создание СППР, включающей АСНИ, представляется целесообразным на основе структуры, состоящей из трех уровней [7].

Объектный уровень функционирует при непосредственной связи с объектом исследований. Он предназначен для организации эксперимента, регистрации данных и представления исследователю первичных результатов. К этому уровню следует отнести модули Информационно-справочной системы АтлантНИРО (ИСС) [4] для ввода собранных данных во время научно-исследовательских рейсов и деятельности научных наблюдателей на промысловых судах.

Инструментальный уровень направлен на общую обработку полученных экспериментальных данных, предварительных научных расчетов. На этом уровне осуществляется накопление, хранение и формирование полученной информации в набор баз данных в соответствии с направлениями исследований. К этому уровню в АтлантНИРО можно отнести используемые многочисленные БД, две системы управления ими (СУБД) и агрегирующие функции модулей ИСС.

Базовый (или сервисный) уровень предназначен для проведения наиболее сложных научных расчетов, моделирования и представления информации. К этому уровню относятся модули географической информационной системы (ГИС) АтлантНИРО для сингулярного спектрального анализа временных рядов и для работы с базой знаний, модуль для интеллектуального анализа данных.

Трехуровневая организация современных СППР с элементами АСНИ позволяет предоставить исследователю необходимые средства вычислительной техники и автоматизации на всех этапах исследования, обеспечить оптимальное взаимодействие модулей системы.

При промысле ВБР анализируются данные и осуществляется прогноз для определения перспективного района промысла на основе априорной (ретроспективной) и новой (текущей) информации для максимизации прибыли рыбодобывающих и рыбообрабатывающих организаций и снижения непроизводительных затрат судов на поиск скоплений промысловых объектов. При этом необходимо решать задачи нахождения баланса между прибылями предприятий и обеспечением рациональной эксплуатации запасов водных биоресурсов. В рыболовстве и сохранении ВБР, производстве и реализации продукции из водных биоресурсов присутствует лицо, принимающее решение (ЛПР). В качестве ЛПР может быть любое лицо, выполняющее анализ информации, предоставляемой СППР, и оказывающее влияние на выбор решения [8]. В СППР необходимо использовать методы интеллектуального анализа данных (англ. - Data mining) [9]. Кроме этого, СППР в рыбном хозяйстве в связи с большим потоком первичных данных должны обладать средствами предоставления пользователю обобщенной информации в удобном для восприятия и анализа виде (сводные таблицы, диаграммы, географиче-

ские карты и т.п.). Подобная агрегация сведений из баз данных, содержащих первичную промыслово-биологическую, физико-химическую, гидрометеорологическую, эффективна на основе технологии многомерного анализа и обработки больших массивов данных под названием OLAP (англ. online analytical processing - интерактивная аналитическая обработка).

СППР в рыбохозяйственной отрасли можно разделить по уровню управленческих решений, принимаемых на основе их рекомендаций. СППР, как и решения по отношению ко всей отрасли, могут быть стратегическими [10], тактическими и оперативными. В данной работе делается акцент на СППР, ориентированной на принятие решений на уровне отдельных организаций.

В настоящее время в области информационного обеспечения рыбного хозяйства СППР не используются в полной мере. Такие системы обычно строятся на основе отдельных математических моделей [11] и модулей, как правило, отдающих предпочтение одному методу выбора решений (на основе прецедентов), ограниченному набору видов ВБР и (или) району промысла [12]. Часто такие системы концентрируются, прежде всего, на экономических расчетах [13]. Разработка автоматизированной СППР (АСППР), объединяющей АСНИ, ИСС и ГИС, включающей не один, а множество математических и интеллектуальных методов, СУБД, БД, БЗ ведётся в АтлантНИРО. Обобщенная функциональная структура АСППР показана на рис. 1.

Некоторые модули системы и взаимосвязи между ними уже реализованы на практике и используются при анализе промыслово-биологических данных. В качестве основы для создания программного обеспечения указанной системы применяются языки программирования JavaScript, PHP, Borland Delphi и C++. Взаимодействие с базами данных в программном комплексе организуется с помощью СУБД Microsoft SQL Server и PostgreSQL. Для построения АСППР широко применяется свободное программное обеспечение с открытыми исходными кодами, например СУБД PostgreSQL и множество модулей, созданных на JavaScript, PHP, в том числе и ГИС, обеспечивающая основную часть интерфейса всей АСППР. Это позволяет осуществлять гибкую модификацию системы и делает её доступной для использования с экономической точки зрения.

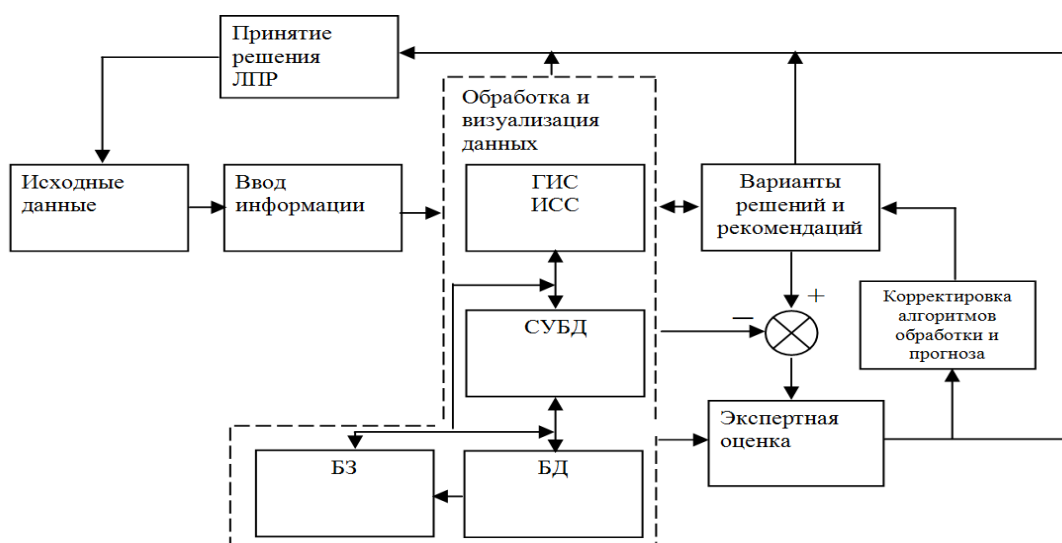


Рис. 1. Обобщенная функциональная структура АСППР
 Fig. 1. Generalized functional structure of automated decision support system

Разрабатываемая программно-техническая структура системы и веб-интерфейс взаимодействия эксперта с системой поддержки принятия решений обеспечивают нахождение эффективного варианта решения по управлению рыбным промыслом и исследованием ВБР. Отличительной чертой предлагаемой концепции АСППР является то, что возможности системы не ограничены работой с данными только определённых объектов и районов промысла. При соответствующем наполнении её баз данных и баз знаний система может быть использована для поддержки принятия решений по широкому набору объектов и районов промысла.

Согласно рис. 1 в подсистему ввода АСППР поступает исходная информация, получаемая спутниками Земли, научно-исследовательскими и промысловыми судами, также предусмотрена возможность получать другую дополнительную информацию, запрашиваемую экспертом и ЛПР. Подсистема обработки и визуализации данных включает программные средства, необходимые для комплексной обработки информации, направляемой в (из) ГИС, и набор баз данных и знаний по исследуемым объектам и районам промысла. Подсистема также содержит модули, реализующие технологии анализа данных OLAP и Data Mining. БЗ может содержать типовые ситуации в интересующем ЛПР районе, описание основных особенностей поведения и распределения биоресурсов, рекомендации по маневрированию флота, и, таким образом, БЗ описывает возможные сценарии промысловой обстановки. Учитывая это, наиболее целесообразно создавать БЗ в составе АСППР на основе продукционной модели представления знаний. Важной частью задач АСППР является пространственная визуализация данных для построения карт распределения параметров, характеризующих среду обитания ВБР и их состояние. Для целей визуализации используется ГИС собственной разработки. Один из возможных вариантов интерфейса АСППР, используемый в настоящее время на практике, показан на рис. 2.

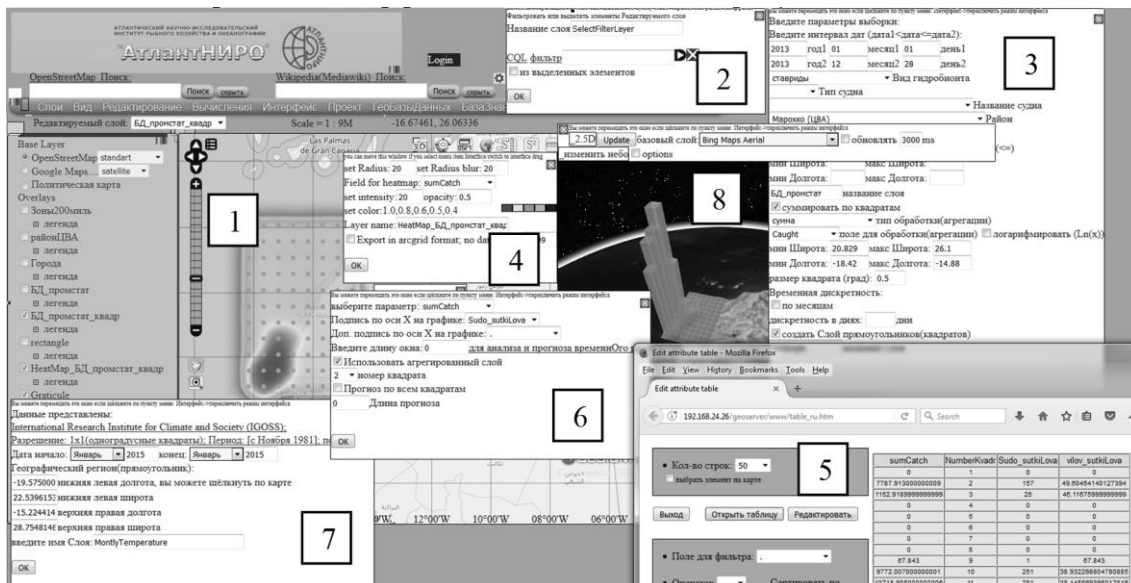


Рис. 2. Интерфейс взаимодействия ЛПР и АСППР

Fig. 2. Interaction interface of decision maker and decision support system

Некоторые составные части интерфейса, показанные на рис. 2, обозначены следующим образом: 1 - интерактивная географическая карта; 2 - инструмент для фильтрации данных; 3 - блок для выборки данных промысловой статистики из БД; 4 - блок задания параметров интерполяции; 5 - таблицы данных, с которыми работает эксперт; 6 - блок для задания параметров анализа и прогнозирования временных рядов; 7 - блок для выборки абиотических данных из соответствующих БД, в данном случае температуры поверхности океана; 8 - блок 3D-картирования. Интерфейс разработан с учетом возможности гибко настраиваться экспертом и ЛПР под свои потребности, расположение элементов меняется и сохраняется пользователем для восстановления в других сеансах работы с системой. Предусмотрено добавление новых источников информации и их просмотр на одном окне - например, данные об абиотических параметрах в анализируемом районе, в том числе гидрометеорологические сайты сети Интернет.

Для анализа динамики временного ряда и прогнозирования пространственно-временного распределения водных биоресурсов в разрабатываемой АСППР среди прочих методов использовано сочетание мощных и быстро развивающихся методов сингулярного спектрального анализа (ССА) (в частности, модификация ССА под названием “Гусеница”) и сингулярного спектрального прогноза. Математическая сущность методов подробно представлена в работе [14] применительно к анализу и прогнозу нестационарных временных рядов статистических наблюдений за ВБР и средой их обитания. Используя разрабатываемую АСППР, эксперт в процессе анализа может очистить сформированный временной ряд от шума, выделить тренд и сезонные составляющие в выловах судов, динамике среды обитания и биологического состояния ВБР. Анализ и прогноз рядов производятся с помощью web-ГИС [2], являющейся модулем АСППР и реализующей алгоритм ССА. Экономические и административные особенности промысловой деятельности являются одной из причин погрешности в математическом прогнозировании промысла, однако они могут быть учтены при формировании и применении базы знаний и опыта эксперта, используемых в АСППР.

Во время промысла важны не только время, место и размеры промысловых скоплений, но и биологическое состояние гидробионтов. Так, часто в пищевой промышленности большую ценность имеет не мышечная ткань гидробионта, а другая его составляющая часть, например, икра [15]. В АСППР автоматизированы подобные расчёты по определению района и сезона для получения соответствующего качества и количества икры.

В АтлантНИРО в рамках задачи постоянного повышения информатизации и автоматизации научных исследований ведутся работы по совершенствованию существующих модулей АСППР и созданию новых. Разработан модуль, реализующий интеграцию баз данных по разным направлениям исследований ВБР. Он позволяет научным сотрудникам в процессе экосистемных исследований не тратить время на обращение к каждой БД по отдельности и принимать решения на основе одновременного анализа всей доступной информации. Модуль, предназначенный для перевода промыслово-биологической информации в электронный вид, помогает ускорить работу и снизить вероятность ошибок ввода данных инженерами на берегу и научными наблюдателями на промысловых судах. В АСППР присутствует модуль для ведения и верификации научных БД, который обеспечивает актуальность и достоверность информации, хранящейся в них. Эти

БД используются в ежедневной работе сотрудниками АтлантНИРО для быстрого доступа ко всей информации, собранной в рейсах 1956-2019 гг. Всё перечисленное повышает информатизацию научных исследований и автоматизацию аналитической обработки информации, помогает повысить эффективность исследований, производительность труда, сократить сроки обработки и анализа научной информации. В дальнейшем планируется создание в рамках единой системы функциональности по автоматизации таких важных расчетов в исследованиях ВБР, как оценка их запаса и общего допустимого улова [16].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внедрение предлагаемой автоматизации сбора, обработки и анализа данных в процессы научных исследований и промысла ВБР позволяет повысить качество работы экспертов, исследователей, рыбаков и обеспечить своевременное принятие рациональных решений управленческим персоналом. Описанные программные решения совместимы с выбранным аппаратным обеспечением. Разрабатываемая система является распределённой и включает в себя в качестве аппаратного обеспечения ряд серверов: главный сервер БД с установленными модулями АСППР, дублирующий сервер и вспомогательные, размещённые на промысловых и научно-исследовательских судах. С серверами по клиент-серверной технологии соединены персональные компьютеры научных сотрудников, промысловиков, ЛПР и экспертов. В целях повышения отказоустойчивости АСППР, локальной вычислительной сети организации и судна необходимы резервирование серверов и автоматическая репликация данных с основного сервера (основных серверов) на резервные.

Представленный опыт показывает актуальность и принципиальную возможность создания АСППР, объединяющей несколько информационных систем, таких как АСНИ, ИСС и ГИС, не замыкающейся на одном методе или модели, а включающей множество математических, интеллектуальных методов, СУБД, БД, БЗ, смысловую и логическую обработку информации, учитывающую сложно формализуемые знания экспертов и специалистов-практиков.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Козин, М. А. Особенности принятия управленческих решений на промысле / М. А. Козин // Рыбное хозяйство. – 1990. – № 7. – С. 73-75.
2. Коломейко, Ф. В. Географические информационные системы на основе программного обеспечения с открытым исходным кодом (open source) и базы данных в научных исследованиях водных биоресурсов / Ф. В. Коломейко // Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоёмов: науч. конф. (25-26 сент.): тр.; ФГБОУ ВПО «КГТУ». - Калининград, 2013. – С. 69-72.
3. К вопросу о разработке информационно-справочной системы АтлантНИРО / Ф.В. Коломейко и [др.] // Математическое моделирование и информационные технологии в исследованиях биоресурсов Мирового океана (14-17 сент.): отраслевой семинар: материалы. – Владивосток, 2004. – С.106-107.
4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016660553 Российская Федерация. Информационно-справочная система

АтлантНИРО / Коломейко Ф. В., Перевертнюк М. В., Бутович Я. Ф., Щукина Е. В.; правообладатель – ФГБНУ «АтлантНИРО». (РФ). – №2016617847; поступл. 18.07.2016; зарегистр. 16.09.2016. – 1 с.

5. Волвенко, И. В. Информационное обеспечение комплексных исследований водных биоресурсов северо-западной Пацифики. Ч. 3. ГИС, атласы, справочники, новые перспективы / И. В. Волвенко // Труды ВНИРО. – 2015. – Т. 157. – С. 100-126.

6. Титова, Г. Д. Биоэкономические проблемы рыболовства в зонах национальной юрисдикции / Г. Д. Титова. – Санкт-Петербург: ВВМ, 2007. – 368 с.

7. Фомичев, Н. И. Автоматизированные системы научных исследований: учеб. пособие / Н. И. Фомичев. – Ярославль: Яросл. гос. ун-т, 2001. – 112 с.

8. Петровский, А. Б. Компьютерная поддержка принятия решений: современное состояние и перспективы развития / А.Б. Петровский // Системные исследования. Методологические проблемы: ежегодник под ред. Д. М. Гвишиани, В. Н. Садовского. – Москва: Эдиториал УРСС, 1996. – № 24. – С. 146-178.

9. Коломейко, Ф. В. Системы поддержки принятия решений в рыбном хозяйстве / Ф. В. Коломейко, С. П. Сердобинцев // VI Междунар. Балтийский морской форум (3-6 сент. 2018): материалы. – Калининград, 2018. – С. 21-20 [Электронный ресурс]. URL: <http://bmf.klgtu.ru/wp-content/uploads/2018/12/ТОМ-6.pdf> (дата обращения: 20.02.2019)

10. Приказ Федерального Агентства по рыболовству от 12 октября 2009 г. N 896 "Об утверждении Концепции внедрения и использования информационных технологий в деятельности Росрыболовства, его территориальных органов и находящихся в его ведении организаций".

11. Truong T.H., Rothschild B.J., Azadivar F. Decision support system for fisheries management. Proceedings of the 37th conference on Winter simulation. Winter Simulation Conference, 2005, pp. 2107-2111.

12. Дубищук, М. М. Подходы к выделению оптимальных участков промысла в Центрально-Восточной Атлантике на основе оперативных спутниковых данных о термических условиях среды / М. М. Дубищук, В.Б. Лукацкий // XI конф. по проблемам рыбопромыслового прогнозирования: тез. докл. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.atlantniro.ru/onpr/pubs/optimal_2012.pdf. (Дата обращения: 20.02.2019)

13. Фомин, С. Ю. Оптимальное управление рыбодобывающим флотом на основе применения модели линейного программирования / С. Ю. Фомин // Региональная экономика: теория и практика. – 2008. – № 36. – С. 77-87.

14. Сердобинцев, С. П. Применение информационных технологий в прогнозировании распределения объектов рыбопромыслового лова / С. П. Сердобинцев, Ф. В. Коломейко // Информационные технологии. – 2009. – № 3. – С. 82-85.

15. Многофакторный анализ выхода икры минтая Охотского моря / Е. Н. Харенко [и др.] // Рыбное хозяйство. – 2007. – № 4. – С. 106-112.

16. Амосова, В. М. Информационное и методическое обеспечение оценки запаса и общего допустимого улова шпрота Балтийского моря / В. М. Амосова, Т. Г. Васильева // Труды АтлантНИРО. Новая серия. – 2017. – Т. 1, № 4. – С. 87- 97.

REFERENCES

1. Kozin M. A. Osobennosti prinyatiya upravlencheskikh resheniy na promysle [Features of making managerial solutions in fisheries]. *Rybnoe khozyaystvo*, 1990, no. 7, pp. 73-75.
2. Kolomeyko F. V. Geograficheskie informatsionnye sistemy na osnove programmnoy obespecheniya s otkrytym iskhodnym kodom (open source) i bazy dannykh v nauchnykh issledovaniyakh vodnykh bioresursov [Geographic information systems based on Open Source Software and data bases in scientific researches of aquatic bioresources]. *Nauchnaya konferentsiya 25-26 sentyabrya "Vodnye bioresursy, akvakul'tura i ekologiya vodoyotov"*. KGTU, Kaliningrad, 2013, pp. 69-72.
3. Kolomeyko F. V., Zuev A. V., Chur V. N., Shchukina E. V. K voprosu o razrabotke informatsionno-spravochnoy sistemy AtlantNIRO [On the development of AtlantNIRO information reference system]. *Otraslevoy seminar "Matematicheskoe modelirovanie i informatsionnye tekhnologii v issledovaniyakh bioresursov Mirovogo Okeana"*. Vladivostok, 2004, pp. 106-107.
4. *Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM № 2016660553, Rossiyskaya Federatsiya*. Informatsionno-spravochnaya sistema AtlantNIRO. Kolomeyko F. V., Perevertnjuk M. V., Butovich Ya. F., Shchukina E.V. ; pravoobladatel' – FGBNU «AtlantNIRO». (RF) № 2016617847; postupl. 18.07.2016; zaregistr. 16.09.2016, 1 p.
5. Volvenko I. V. Informatsionnoe obespechenie kompleksnykh issledovaniy vodnykh bioresursov severo-zapadnoy Patsifiki. Chast' 3. GIS, atlasy, spravochniki, novye perspektivy [Information support of comprehensive studies of Northwestern Pacific aquatic biological resources. Part 3. GIS, atlases, reference books, new perspectives]. *Trudy VNIRO*, 2015, T.157, pp. 100-126.
6. Titova G. D. *Bioekonomicheskie problemy rybolovstva v zonakh natsional'noy yurisdiktsii* [Bio-economic problems of fishing in the zones of national jurisdiction]. SPb, VVM, 2007, 368 p.
7. Fomichev N. I. *Avtomatizirovannye sistemy nauchnykh issledovaniy: ucheb. posobie* [Automated systems of scientific research: textbook]. Yaroslavl', Yarosl. gos. un-t, 2001, 112 p.
8. Petrovskiy A. B. Komp'yuternaya podderzhka prinyatiya resheniy: sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya [Computer support of decision making: current state and prospects of development]. *Sistemnye issledovaniya. Metodologicheskie problemy*. M., 1996, no. 24, pp. 146-178.
9. Kolomeyko F. V., Serdobintsev S. P. Sistemy podderzhki prinyatiya resheniy v rybnom khozyaystve [Decision support systems in fisheries]. *VI Mezhdunar. Baltiyskiy morskoy forum*. Kaliningrad, 2018, pp. 21-20, available at: <http://bmf.klgtu.ru/wp-content/uploads/2018/12/TOM-6.pdf> (Accessed 20 February 2019).
10. Prikaz Federal'nogo agentstva po rybolovstvu ot 12 oktyabrya 2009 g. № 896 "Ob utverzhdenii Konceptsii vnedreniya i ispol'zovaniya informatsionnykh tekhnologiy v deyatelnosti Rosrybolovstva, ego territorial'nykh organov i nakhodyashchikhsya v ego vedenii organizatsiy".

11. Truong T. H., Rothschild B.J., Azadivar F. Decision support system for fisheries management. Proceedings of the 37th conference on Winter simulation. Winter Simulation Conference, 2005, pp. 2107-2111.

12. Dubishchuk M. M., Lukatskiy V. B. Podkhody k vydeleniyu optimal'nykh uchastkov promysla v Tsentral'no-Vostochnoy Atlantike na osnove operativnykh sputnikovykh dannykh o termicheskikh usloviyakh sredy. *Tez. dokl. XI konf. po problemam rybopromyslovogo prognozirovaniya*, available at: http://www.atlantniro.ru/onpr/pubs/optimal_2012.pdf. (Accessed 20 February 2019).

13. Fomin S. Ju. Optimal'noe upravlenie rybodobyvayushchim flotom na osnove primeneniya modeli lineynogo programmirovaniya [Optimal management of fishing fleet based on using of linear programming model]. *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika*. 2008, no. 36, pp. 77-87.

14. Serdobintsev S. P., Kolomeyko F. V. Primenenie informatsionnykh tekhnologiy v prognozirovanii raspredeleniya ob"ektov rybopromyslovogo lova [Information technologies in forecasting of fishing objects distribution]. *Informatsionnye tekhnologii*. 2009, no 3, pp. 82-85.

15. Harenko E. N., Kotenev B. N., Sopina A. V., Roy V. I., Serdobincev S. P., Kolomeyko F. V. Mnogofaktornyy analiz vykhoda ikry mintaya Okhotskogo morya [Multi-factor analysis of yield of walley pollack roe (the Sea of Okhotsk)]. *Rybnoe khozyaystvo*. 2007, no 4, pp. 106-112.

16. Amosova V. M., Vasil'eva T. G. Informatsionnoe i metodicheskoe obespechenie otsenki zapasa i obshchego dopustimogo ulova shprota Baltiyskogo morya [Information and methodological support for sprat stock assessment and total allowable catch in the Baltic Sea]. *Trudy AtlantNIRO. Novaya seriya*. 2017, vol. 1, no. 4, pp. 87- 97.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Коломейко Федор Викторович – Атлантический филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («АтлантНИРО»); зав. отделом «Региональный центр данных»;
E-mail: fed@atlantniro.ru

Kolomeyko Fyodor Victorovich – Russian Federal «Research Institute of Fisheries and Oceanography» «VNIRO» Atlantic branch of VNIRO («AtlantNIRO»);
Head of «Regional Data Center» Department; E-mail: fed@atlantniro.ru

Сердобинцев Станислав Павлович – Калининградский государственный технический университет; доктор технических наук, профессор;
E-mail: dolgi@klgtu.ru

Serdobintsev Stanislav Pavlovich – Kaliningrad State Technical University; Professor,
Doctor of Engineering; E-mail: dolgi@klgtu.ru

УДК 551.464(470.26)(06)

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ВЕРХНЕМ ПРУДУ ГОРОДА КАЛИНИНГРАДА

Е. А. Рябцева, Н. А. Цупикова

SPATIAL DISTRIBUTION OF HYDROCHEMICAL PARAMETERS IN THE
VERKHNIY POND (KALININGRAD)

E. A. Ryabtseva, N. A. Tsupikova

Проанализировано пространственное распределение гидрохимических показателей, являющихся комплексными индикаторами экологического состояния акватории. При подготовке статьи использованы данные, полученные в ходе ежемесячного гидрохимического мониторинга вод Верхнего пруда в период с 2015 по 2017 г. по следующим показателям: растворенный кислород, перманганатная окисляемость, биогенные вещества. Анализ осуществлялся стандартными общепринятыми методами; результаты для каждой станции осреднены по сезонам. В статье дана оценка современного экологического состояния пруда. Отмечены неоднократные превышения предельно допустимых концентраций для рыбохозяйственных водоемов по ряду веществ (до 26 ПДК для азота аммонийного, 7 ПДК для железа, 5 ПДК для нитритов). Повышение против фоновых значений количества биогенных веществ свидетельствует о его загрязнении сточными водами. В ходе полевых наблюдений обследованы водотоки, впадающие в Верхний пруд. Воды его в основном умеренно загрязненные, бетамезосапробные. Анализ пространственного распределения гидрохимических характеристик по акватории пруда в различные сезоны позволил выявить повышение содержания биогенных элементов в северной части водоема, а величины перманганатной окисляемости – в южной. В частности, сходные особенности пространственного распределения общего железа и азота аммонийного, видимо, связаны с привнесением этих веществ водами ручья Ботанического: их концентрации максимальны на станции, расположенной вблизи приустьевой части этого водотока. Там же, в северной части пруда, в местах впадения ручьев зимой складывается острый дефицит кислорода, а летом воды сильно перенасыщены им вследствие бурного фотосинтеза. Величина перманганатной окисляемости, наоборот, повышена в южной части водоема, что, вероятно, связано с накоплением органических остатков отмерших растений и организмов, сносимых течением.

пруд Верхний, гидрохимические показатели, растворенный кислород, перманганатная окисляемость, азот аммонийный, ионы железа, фосфаты, пространственное распределение, экологическое состояние

The paper describes spatial distribution of hydrochemical parameters that serve as integrated indicators of the ecological condition of the water body. The article is based on the data obtained during the monthly hydrochemical monitoring of the waters

of the Verkhniy pond within the period from 2015 to 2017. The following indicators were monitored: dissolved oxygen, permanganate index, nutrients. The analysis was carried out by standard generally accepted methods; the results for each station were averaged over the seasons. This paper contains an assessment of the current environmental condition of the Verkhniy pond which is an important urban water area. The repeated exceedances of the maximum permissible concentrations for fishery waters of some substances were found (up to 26MPC for ammonium nitrogen, 7MPC for iron, 5MPC for nitrites). An increase of the nutrients amount against background values indicates pollution with wastewater. Watercourses flowing into the Verkhniy pond were examined in the course of site observations. Waters in the Verkhniy pond are mainly moderately polluted, beta-mesosaprobic. Analysis of the spatial distribution of hydrochemical characteristics in the water area during different seasons allowed for detection of an elevated content of nutrients in the northern part of the pond and higher permanganate index in the southern part. In particular, similar features in spatial distribution of total iron and ammonium nitrogen are apparently related to the introduction of these substances by the waters of the Botanical stream: their concentrations are maximum at a station located near the mouth of this watercourse. There, in the northern part of the pond, at the confluence of the streams, an acute oxygen deficiency develops in winter, and in summer the waters are highly oversaturated with dissolved oxygen due to violent photosynthesis. Permanganate index, on the contrary, increases in the southern part of the reservoir, which is likely due to the accumulation of organic residues of dead plants and organisms carried by the flow.

the Verkhniy pond, hydrochemical indicators, dissolved oxygen, permanganate index, ammonium nitrogen, iron ions, phosphates, spatial distribution, environmental condition

ВВЕДЕНИЕ

Пристальное внимание к Верхнему пруду, качеству его вод и состоянию берегов обусловлено тем, что данный водоем находится в центре г. Калининграда. При этом согласно функциональному зонированию территория его водосборного бассейна очень разнообразна по назначению и использованию земель. На ней выделены: сложившаяся зона особого нормирования современного и довоенного периода застройки на участках, примыкающих к центру города; зона застройки вдоль магистралей автомобильных и железнодорожных общегородского значения (северная часть пруда, Ботанический ручей), а также башня Дона, расположенная на юго-востоке пруда и относящаяся к строительным элементам общегородского значения.

Вся акватория пруда обрамлена зоной рекреационного назначения – городских парков, скверов, садов, бульваров и набережных, предназначенных для благоустройства территории. С северо-восточной стороны располагаются жилые зоны со средне-, много-, малоэтажными и индивидуальными жилыми домами, присутствуют вкрапления участков, относящихся к общественно-деловой зоне (особенно в южной части) [1].

Генеральным планом городского округа «Город Калининград» предусматривается разработка и поэтапная реализация Проектного плана озеленения города, включая восстановление природного комплекса прудов Верхнего и Нижне-

го [2], а в рамках непрограммной части Федеральной адресной инвестиционной программы планировалась реконструкция гидротехнических сооружений и зоны отдыха вокруг оз. Верхнего [3].

Расположение водоема в центре города, а также его довольно обширный водосборный бассейн делают пруд природным аккумулятором инородных веществ, поступающих из атмосферного воздуха, городских почвогрунтов и со сточными водами. Загрязнение водоема приводит к изменению органолептических и физико-химических характеристик воды; накоплению загрязняющих веществ в тканях гидробионтов и передаче их по цепям питания. Поступающие в него загрязнители зачастую приводят к деградации акваэкосистемы не только самого водоема, но и вытекающих из него водотоков. Неблагополучное экологическое состояние акватории пруда через внешние признаки (неоднократно наблюдавшиеся неприятные запах и цвет, нехарактерные для чистой воды, всплытие мертвых рыб на поверхность, как, например, в мае 2018 г. у устья ручья Ботанического) способно неблагоприятно влиять на природные компоненты, настроение горожан и гостей региона, имидж города, а также потенциально вредно для участников водно-спортивных мероприятий и здоровья рыбаков-любителей, которых нередко можно встретить на берегах водоема.

Цель проведенного исследования – изучить картину пространственного распределения основных гидрохимических показателей в Верхнем пруду г. Калининграда. Выбранные гидрохимические показатели являются комплексными индикаторами экологического состояния акватории, так как повышение против фоновых значений количества биогенных веществ и величины перманганатной окисляемости в обычных условиях, нарушение их нормального внутригодового хода свидетельствуют о загрязнении водоема сточными водами.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В соответствии с Рекомендациями Росгидромета по отбору проб поверхностных вод суши [4] в пределах пруда было определено пять станций отбора проб, по возможности равномерно распределенных по акватории и с учетом условий водообмена (рис. 1). Отбор осуществлялся ежемесячно. Пробы для гидрохимического анализа исследуемого объекта отбирались из поверхностного горизонта.

В качестве индикаторов экологического состояния пруда были взяты следующие гидрохимические показатели: растворенный кислород, окисляемость перманганатная, нитрит-ионы, азот аммонийный, фосфат-ионы, железо общее. Приводимые в работе картосхемы построены на основании данных, осредненных отдельно для каждого сезона за весь период наблюдения (с 2015 по 2017 гг. включительно). Оценка качества воды осуществлялась в сравнении с предельно допустимыми концентрациями веществ (ПДК), предусмотренными для водоёмов рыбохозяйственного назначения.



Рис. 1. Станции отбора проб
Fig. 1. Sampling stations

Анализ качества вод по гидрохимическим показателям проводился в лаборатории Калининградского технического университета общепринятыми стандартными методами: фотоколориметрическим (биогенные вещества); методом Кубеля (перманганатная окисляемость), объемным методом Винклера (кислород). Морфометрические характеристики водоема были измерены и рассчитаны при помощи программного обеспечения «Google Earth Pro».

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Верхний пруд – искусственный русловой водоем, построенный в 1270 г. перекрытием притока р. Преголи земляной дамбой. Он считается одним из старейших прудов г. Калининграда, находящихся в его зеленой рекреационной зоне [5].

Согласно проведенным измерениям ширина пруда составила 900 м, длина – 122-390 м; длина береговой линии – 6,1 км; площадь пруда – 293 тыс. м² (что позволяет отнести Верхний по классификации В. М. Мишона [6] к большим прудам); площадь водосборного бассейна, включая водосборы ручьев, – более 1,2 га, т. е. пруд получает воду со значительной части Ленинградского района.

Естественные водотоки бассейна претерпели значительные изменения в результате процесса урбанизации и хозяйственной деятельности. Сток регулируется многочисленными гидротехническими сооружениями. Почти все реки и ручьи бассейна являются приемниками ливневой, промышленной и бытовой канализации; часто это несанкционированные выпуски сточных вод. Сам пруд испытывает значительную и разнообразную антропогенную нагрузку, так как является важной рекреационной зоной в центре города и расположен вблизи крупных городских магистралей. В результате среднегодовые концентрации оксида углерода в воздухе по берегам Верхнего пруда в 2017 г. составили 1,298-1,342 мг/м³, а прилегающая к водоему ул. Горького названа одной из самых загруженных транспортом автомагистралей наряду с Ленинским и Советским проспектами [7].

По периметру водоема сформировалась плотная застройка, на близлежащей территории часто проводятся общегородские культурно-развлекательные и спортивно-массовые мероприятия, привлекающие огромное число посетителей (например, «Городские выходные», пикники, концерты, лектории, выставки, танцевальные вечера, форумы, мастер-классы, ярмарки, стрит-фуд-фестивали и др.).

Гидрографическая система г. Калининграда состоит из рек, ручьев, озер и прудов, но главной водной артерией не только города, но и всей области является р. Преголя, к ее бассейну относится и бассейн пруда Верхнего.

Водосборный бассейн водоема является частью рукотворной системы прудов города, а водотоки, впадающие и вытекающие из него, простираются на многие километры и охватывают значительную часть города (рис. 2).

Вытекающие из пруда водотоки (Литовский и Парковый ручьи) впадают в р. Преголю. Поэтому состояние вод Верхнего пруда косвенно влияет и на состояние главной реки города, имеющей высшую рыбохозяйственную категорию.

Водоем «собирает» воды почти со всей северной части Калининграда. По натурным наблюдениям и авторским измерениям в программе «Google Earth» выяснено следующее.

1) Самым длинным из впадающих водотоков является р. Голубая, ее длина – 12,5 км. Она берет начало из оз. Дивного в 3 км к северу от города и далее течет через пос. Чкаловск на юг. Затем движется в юго-восточном направлении, параллельно Советскому проспекту, на участке с 3,25 по 5,25 км от устья закрывается в коллектор.

2) Второй по протяженности водоток – Северный ручей (ОБ-2-2), его длина – 5,4 км. Он берет свое начало в пос. Первомайском из рвов форта № 4, далее, в виде канавы с нечетким руслом, протекает мимо садового товарищества. Затем течет на юго-восток, минуя Макс-Ашман-парк. Впадает в пруд в районе ул. Льва Толстого. Визуальный осмотр в сентябре 2018 г. показал, что ручей принимает поверхностные и дренажные воды из садового товарищества «Победа», его дно заилено, откосы деформированы.

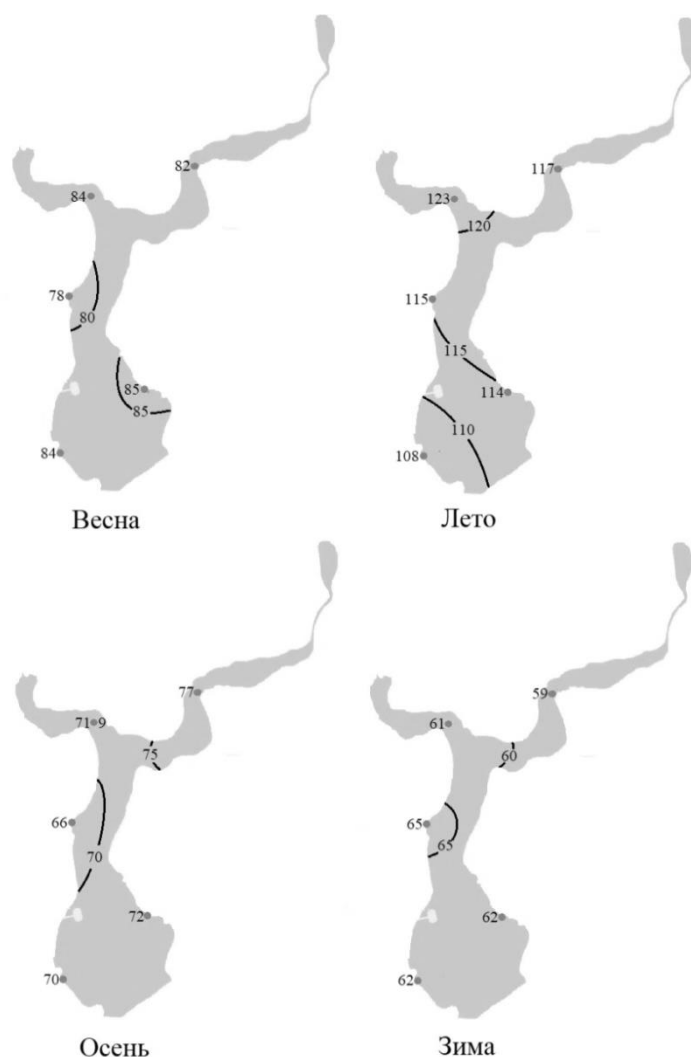


Рис. 3. Пространственное распределение растворенного кислорода, %
 Fig. 3. Spatial distribution of dissolved oxygen, %

Весной распределение кислорода наиболее равномерно и его содержание изменяется не более чем на 7 %. Осенью картина аналогичная, и концентрация растворенного кислорода колеблется в пределах от 66 до 78 %, что объясняется хорошим перемешиванием водных масс в эти сезоны года.

Также хорошее перемешивание вод в весенне-осенний период приводит и к незначительному изменению величины перманганатной окисляемости по площади пруда. В соответствии с классификацией О. А. Алекина [8] она варьировала от средней (6-8 мгО/дм³ летом 2015 г.) до повышенной (до 14 мгО/дм³ в летне-осенний период 2017 г.).

Наибольшие значения перманганатной окисляемости отмечены на первой (южной) станции, где ее величина находилась в пределах от 12,9 (осень) до 17,4 мгО/дм³ (зима). В то же время, в северной части пруда она была значительно ниже, чем в южной. Например, на третьей станции значение перманганатной окисляемости варьировало от 8,9 до 13,6 мгО/дм³ (рис. 4).

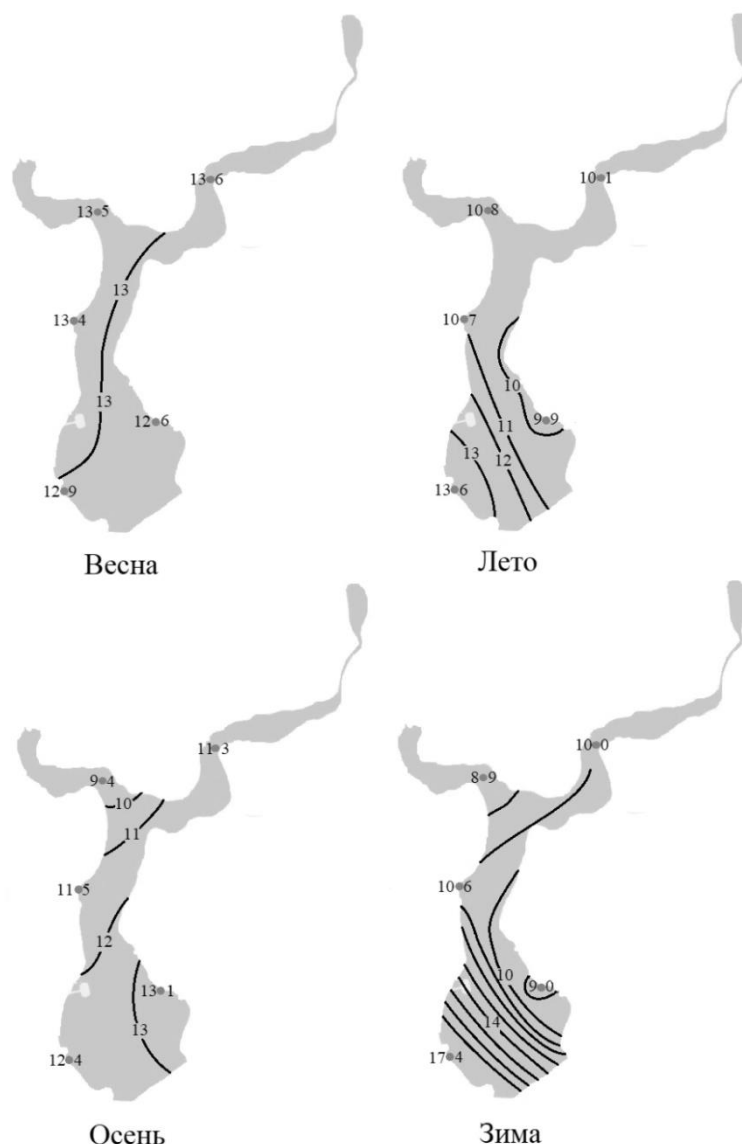


Рис. 4. Пространственное распределение перманганатной окисляемости, mgO/dm^3
 Fig. 4. Spatial distribution of permanganate value, mgO/dm^3

Таким образом, величина перманганатной окисляемости возрастает с севера на юг, вдоль оси проточности пруда. Вероятно, это связано с накоплением в южной части органических остатков отмерших растений, организмов и различных взвесей, постепенно сносимых течением.

Содержание соединений азота, которые являются наиболее важными питательными веществами, обеспечивающими развитие фитопланктона и водной растительности, оценивалось по концентрациям азота аммонийного и нитрит-ионов. В пространственном распределении концентраций аммоний-иона на протяжении рассматриваемого периода заметны постоянные их повышения на третьей станции от 1,47 (летом) до 2,75 mg/dm^3 (осенью). На первой и пятой станциях картина иная, здесь содержание азота аммонийного значительно ниже и изменяется в пре-

делах от 0,82 до 1,85 мг/дм³, что говорит о явном его уменьшении с севера на юг (рис. 5).

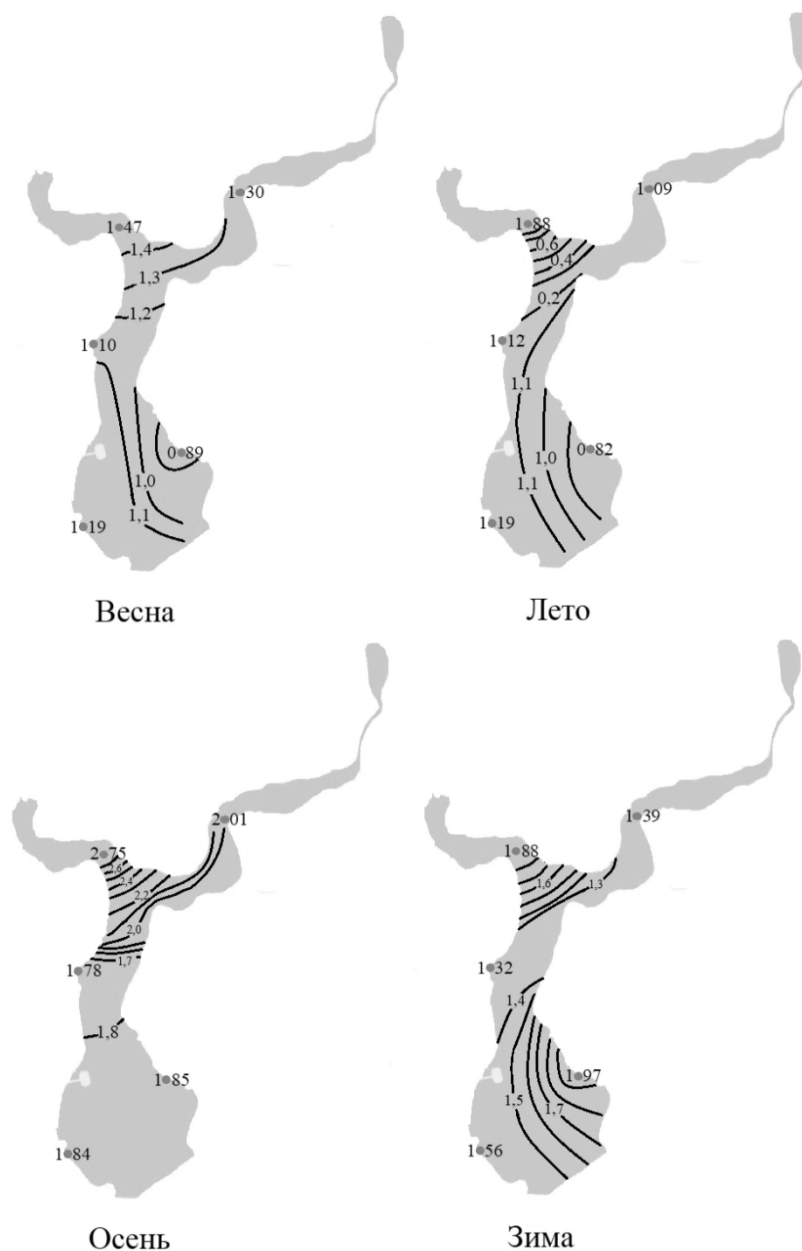


Рис. 5. Пространственное распределение азота аммонийного, мгN/дм³
 Fig. 5. Spatial distribution of ammonium nitrogen, mgN/dm³

Изменения пространственного распределения концентраций нитритов в течение года в общих чертах следовали за распределением величины перманганатной окисляемости. Некоторые увеличения концентраций наблюдались в конце весны-летом из-за массового отмирания гидробионтов на первых этапах распада органического вещества.

Соединения железа в качестве биогенного вещества в пресных водах стимулируют процесс продуцирования органического вещества. Железа в водах прудов

да растворено много, его концентрация почти всегда в разы превышает ПДК. Повышенное его содержание можно объяснить существенной долей грунтовых вод, обогащенных железом, что характерно для Калининградской области [9].

Пространственное распределение общего железа схоже с пространственной картиной азота аммонийного, где также выделяется третья станция (ручей Ботанический). В целом концентрации вещества на станции вблизи ручья Северного колеблются от 0,46 до 0,58 мг/дм³, а вблизи устья Ботанического варьируют от 0,54 до 0,66 мг/дм³ во все сезоны года (рис. 6).

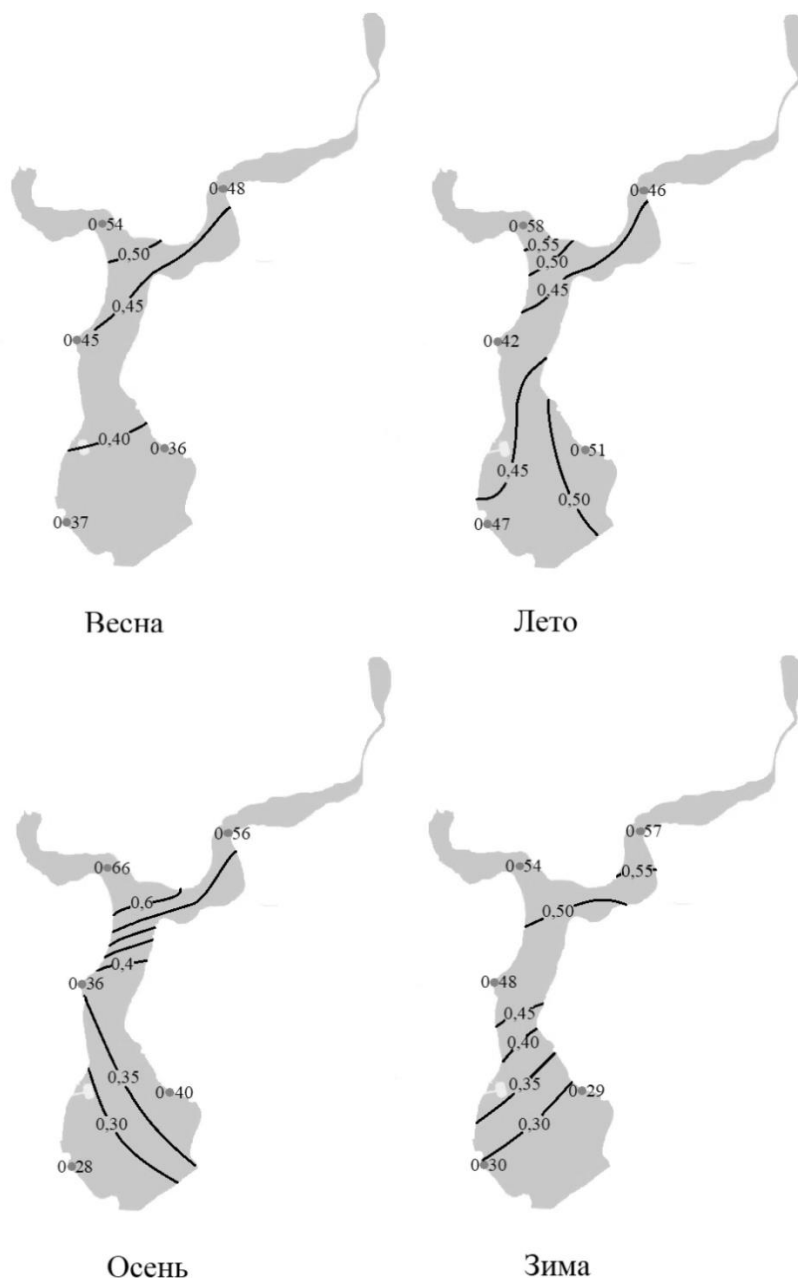


Рис. 6. Пространственное распределение железа общего, мгFe/дм³
 Fig. 6. Spatial distribution of total ferrum, mgFe/dm³

Приведенные рисунки позволяют заключить, что основными «поставщиками» биогенных и других загрязняющих веществ в акваторию пруда являются впадающие в него ручьи, устья которых расположены в северной части водоема. Загрязненные воды, проходя через пруд, как через фильтр, подвергаются естественному самоочищению и уже в южной его части концентрации многих биогенных веществ нередко значительно ниже. По средней биомассе фитопланктона южная часть водоема оценивается как эвтрофная, в то время как северная – высокоэвтрофная [10].

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Воды пруда Верхнего за период с 2015 по 2017 г. согласно ГОСТ 17.1.2.04-77 [11] оцениваются как загрязненные бетамезосапробные. При этом ощутимы отличия в уровнях сапробности между разными частями пруда: в северной части пруда он ближе к альфамезосапробному, а в южной – бетамезосапробный. Существует и разница в содержании веществ в зависимости от сезона. Так, осенью содержание большинства биогенных веществ значительно выше по сравнению с другими сезонами, что объясняется снижением их потребления и деструкцией накопленного органического вещества по окончании вегетации. Содержание кислорода наиболее сильно падает зимой.

Наблюдались частые превышения предельно допустимых концентраций для рыбохозяйственных водоемов. Наибольшее превышение (в размере 26 ПДК) было отмечено по азоту аммонийному осенью и зимой 2016 г., его содержание достигало $2,5 \text{ мг/дм}^3$ – в ноябре 2015 г. и 5 мг/дм^3 – в сентябре 2016. Это может свидетельствовать о загрязнении пруда коммунально-бытовыми стоками, на что указывалось при рассмотрении состояния ручья Ботанического. Наибольшее превышение по нитритам составило 5 ПДК в мае 2015 г., по железу – 7 ПДК в июле 2017. В то же время в целом за исследованный период по нитритам и растворенному кислороду ситуация достаточно благополучная и в летние месяцы воды бетамезосапробного класса.

Картина пространственного распределения зависит как от внутренних процессов, протекающих в самом водоеме, так и от внешних источников его загрязнения, в том числе от впадающих водотоков, степени самоочищения пруда и его проточности. Изучение распределения гидрохимических показателей позволяет более точно и наглядно определить источники загрязнения акваэкосистем и установить области распространения загрязненных вод.

Натурные наблюдения и анализ изменения концентраций основных гидрохимических показателей по акватории Верхнего пруда в разные сезоны показали, что впадающие в него ручьи и река часто становятся источником поступления загрязняющих веществ. Концентрации исследованных гидрохимических показателей в основном уменьшаются с севера на юг. Исключением является величина перманганатной окисляемости, которая «суммирует» все загрязнения водоема. Именно поэтому оздоровление экологической ситуации в пруду необходимо начинать с санации питающих его ручьев. Кроме того, следует предварительно подробно изучить состояние самих впадающих водотоков, выявить причины и источники их загрязнения.

ВЫВОДЫ

1. Воды пруда Верхнего в 2015-2017 гг. являются умеренно загрязненными, мезосапробными.
2. Качество вод водоема изменяется как по поверхности водного зеркала, так и в зависимости от времени года: оно несколько выше в южной части пруда, содержание исследованных веществ осенью значительно больше, чем в другие сезоны.
3. Водотоки, впадающие в пруд, являются важнейшим источником его загрязнения. Поэтому решение экологических проблем водоема невозможно без предварительной очистки ручьев и ликвидации осуществляемого в них сброса сточных вод, в частности с территории садового товарищества и гаражного общества.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Правительство Калининградской области, официальный портал: Материалы градостроительного зонирования муниципальных образований городского округа «Город Калининград». [Электронный ресурс]: URL: https://gov39.ru/vlast/agency/aggradostroenie/gradostroitelnoezonirovan.php?sphrase_id=14366040 (дата обращения: 14.01.2019).
2. Официальный сайт администрации городского округа «Города Калининград»: основные положения о территориальном планировании, содержащиеся в проекте Генерального плана г. Калининграда [Электронный ресурс]: URL: https://www.klgd.ru/construction/gr_documents/genplan/new_gp.php (дата обращения: 10.01.2019).
3. Официальный сайт администрации городского округа «Города Калининград»: федеральная адресная инвестиционная программа Калининграда [Электронный ресурс]: URL: <https://www.klgd.ru/economy/programs> (дата обращения: 10.01.2019).
4. Р 52.24.353-2012. Рекомендации. Отбор проб поверхностных вод суши и очищенных сточных вод (утв. заместителем Руководителя Росгидромета 10.05.2012) // СПС «КонсультантПлюс».
5. Берникова, Т. А. Роль водных объектов в обеспечении устойчивого развития городской среды (на примере бассейна пруда Верхнего в г. Калининграде) / Т. А. Берникова, Н. А. Цупикова, Н. Н. Нагорнова // Вестник РУДН. – 2013. - № 4. - С. 97-107.
6. Мишон, В. М. Функционально-генетическая классификация прудов центрального Черноземья / В. М. Мишон // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. - 2003. - № 2. - С. 22-32.
7. Государственный доклад об экологической обстановке в Калининградской области в 2017 году. - Калининград: ООО «ВИА Калининград», 2018. - 201 с.
8. Алекин, О. А. Основы гидрохимии / О. А. Алекин. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1970. - 413 с.
9. Подземные воды Калининградской области [Электронный ресурс]. – URL: <http://geodis39.ru/groundwaterhydro.html> (дата обращения: 28.08.2017).

10. Цупикова, Н. А. Влияние самоочищения на качество воды в системе прудов Верхний – Нижний (г. Калининград) летом 2015 г. / Н. А. Цупикова, О.С. Бугранова // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование // IX Всероссийская научно-практическая конференция (20–22 марта 2018 г.): материалы. - Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2018. – С. 95-98.

11. ГОСТ 17.1.2.04-77 Охрана природы. Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов // Сб. ГОСТов. – Москва: ИПК «Изд-во стандартов», 2000. - С. 51-62.

REFERENCES

1. Materialy gradostroitel'nogo zonirovaniya munitsipal'nykh obrazovaniy gorodskogo okruga «Gorod Kaliningrad» [Materials of urban zoning of municipalities of the urban district "City of Kaliningrad"]. *Pravitel'stvo Kaliningradskoy oblasti, ofitsial'nyy portal*, available at: https://gov39.ru/vlast/agency/aggradostroenie/gradostroitelnoezonirovan.php?sphrase_id=14366040 (Accessed 14 January 2019).

2. Osnovnye polozheniya o territorial'nom planirovanii, sodержashchiesya v proekte General'nogo plana g. Kaliningrada [Main provisions on territorial planning contained in the draft master plan of the city of Kaliningrad]. *Ofitsial'nyy sayt administratsii gorodskogo okruga «Gorod Kaliningrad»*, available at: https://www.klgd.ru/construction/gr_documents/genplan/new_gp.php (Accessed 10 January 2019).

3. Federal'naya adresnaya investitsionnaya programma Kaliningrada [Kaliningrad federal targeted investment programme]. *Ofitsial'nyy sayt administratsii gorodskogo okruga «Gorod Kaliningrad»*, available at: <https://www.klgd.ru/economy/programs> (Accessed 10 January 2019).

4. R 52.24.353-2012. Rekomendatsii. Otor prob poverkhnostnykh vod sushi i ochishchennykh stochnykh vod (utv. zamestitelem Rukovoditelya Rosgidrometa 10.05.2012) [Recommendations. Sampling of surface water land and treated wastewater]. *Sayt kompanii «Konsul'tantPlyus»*, available at: <http://www.consultant.ru/> (Accessed 10 January 2019).

5. Bernikova T. A., Tsupikova N. A., Nagornova N. N. Rol' vodnykh ob'ektov v obespechenii ustoychivogo razvitiya gorodskoy sredy (na primere basseyna pruda Verkhnego v g. Kaliningrade) [The role of water bodies in ensuring sustainable development of the urban environment (on the example of the Verkhniy pond basin in Kaliningrad)]. *Vestnik RUDN*, 2013, no. 4, pp. 97-107.

6. Mishon V. M. Funktsional'no-geneticheskaya klassifikatsiya prudov tsentral'nogo Chernozem'ya [Functional and genetic classification of ponds of the Central Chernozom region]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya*. 2003, no. 2, pp. 22-32.

7. *Gosudarstvennyy doklad ob ekologicheskoy obstanovke v Kaliningradskoy oblasti v 2017 godu* [State report on the environmental situation in the Kaliningrad region in 2017]. Kaliningrad, ООО «VIA Kaliningrad», 2018, 201 p.

8. Alekin O. A. *Osnovy gidrokhimii* [Basics of hydrochemistry]. L., Gidrometeoizdat, 1970, 413 p.

9. *Podzemnye vody Kaliningradskoy oblasti* [Groundwater of the Kaliningrad region], available at: <http://geodis39.ru/groundwaterhydro.html> (Accessed 28 August 2017).

10. Tsupikova N. A., Bugranova O. S. Vliyanie samoochishcheniya na kachestvo vody v sisteme prudov Verkhniy – Nizhniy (g. Kaliningrad) letom 2015 g. [Influence of self-purification on water quality in the Verkhniy – Nizhniy pond system (Kaliningrad) in the summer of 2015]. *Prirodnye resursy, ikh sovremennoe sostoyanie, okhrana, promyslovoe i tekhnicheskoe ispol'zovanie: materialy IX Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (20–22 marta 2018 g.)* [Natural resources, their current condition, protection, industrial and technical use: proceedings of the IX National Russian Scientific and Practical Conference (20-22 March 2018)]. Petropavlovsk-Kamchatskiy, KamchatGTU, 2018, pp. 95-98.

11. GOST 17.1.2.04-77 Okhrana prirody. Gidrosfera. Pokazateli sostoyaniya i pravila taksatsii rybokhozyaystvennykh vodnykh ob"ektov [State Standard 17.1.2.04-77 Nature Conservation. Hydrosphere. Indicators of condition and taxation rules for fishery water bodies]. *Sb. GOSTov*, Moscow, IPK Izd-vo standartov, 2000, pp. 51-62.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Рябцева Екатерина Анатольевна – Калининградский государственный технический университет; студентка кафедры ихтиологии и экологии; E-mail: kulati@mail.ru

Ryabtseva Ekaterina Anatolyevna – Kaliningrad State Technical University; Student; Department of Ichthyology and Ecology; E-mail: kulati@mail.ru

Цупикова Надежда Александровна – Калининградский государственный технический университет; кандидат геолого-минералогических наук; доцент кафедры ихтиологии и экологии; E-mail: tsoupikova@klgtu.ru

Tsupikova Nadezhda Aleksandrovna – Kaliningrad State Technical University; PhD (Geology and Mineralogy), Associate Professor, Department of Ichthyology and Ecology; E-mail: tsoupikova@klgtu.ru

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

УДК 664.9.022

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННОЙ СИЛЫ
ТРЕНИЯ НОЖА С РАЗЛИЧНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ ШЕРОХОВАТОСТИ
ПРИ РЕЗАНИИ РЫБЫ

О. В. Агеев, В. А. Наумов, Ю. А. Фатыхов

MATHEMATICAL MODELING OF THE DEFORMATION STRENGTH
OF THE KNIFE WITH DIFFERENT PARAMETERS OF ROUGHNESS
WHEN CUTTING FISH

O. V. Ageev, V. A. Naumov, Ju. A. Fatykhov

Показана актуальность исследования процесса трения при резании рыбы. Мышечная ткань сырья описана реологической моделью Максвелла-Томсона. При выборе аналитического описания регулярного микрорельефа ножей рыбообработывающего оборудования с учетом технологических формообразующих факторов использована физико-технологическая теория неровностей поверхности. Получено математическое описание профиля шероховатой поверхности ножа в виде безразмерной периодической однопараметрической функции. Путем решения дифференциального уравнения состояния вязкоупругого материала в безразмерном виде определен закон распределения безразмерных нормальных контактных давлений над микровыступами шероховатой поверхности грани. На основе энергетического подхода разработано выражение для безразмерной деформационной силы трения, включающее параметр формы неровности. Установлено, что при скоростях, стремящихся к нулю или бесконечности, указанная сила стремится к нулю. Величина силы монотонно возрастает с ростом меры эластичности материала и увеличением безразмерной длины грани ножа. При малой скорости скольжения зависимость силы трения от параметра формы является немонотонной. При достижении определенного значения скорости указанная сила монотонно нелинейно уменьшается со снижением коэффициента заполнения микровыступа. Безразмерная ширина контактной площадки неровностей монотонно зависит от меры эластичности материала и немонотонно - от безразмерной скорости скольжения с явно выраженным минимумом. При увеличении параметра формы и снижении коэффициента заполнения безразмерная координата крайней контактной точки нелинейно уменьшается. При значениях меры эластичности мышечной ткани 5; безразмерной длины грани 50; безразмерной скорости 1, параметра формы 1; 2; 8; 12 значения безразмерной деформационной силы трения составляют 31,6670; 33,0792; 25,0945; 21,9402 соответственно; при значении безразмерной скорости 10 – 4,3652; 4,0174; 2,7255; 2,3433 соответственно.

рыба, резание, сила, трение, форма, нож, грань, реология, вязкоупругость

The paper shows the relevance of researching the process of friction when cutting fish. The fish muscular tissue has been described by a Maxwell-Thomson

rheological model. When choosing an analytical description of a regular microrelief of fish-processing equipment knives, taking into account technological formative factors, a physical-technological theory of surface roughness has been used. A mathematical description of the profile of the knife rough surface in the form of a dimensionless periodic one-parameter function has been obtained. By solving the differential equation of viscoelastic material state in a dimensionless form, law of distribution of dimensionless normal contact pressures over the microprotrusions of the edge rough surface has been obtained. On the basis of the energy approach, an expression for the dimensionless deformation friction force, which includes the shape parameter of the roughness, has been obtained. It is established that at speeds tending to zero or infinity, this force tends to zero. The force value increases monotonically with increasing measure of the material elasticity and increasing the dimensionless length of the knife face. At a low sliding speed, the dependence of the friction force on the shape parameter is non-monotonic. When a certain value of speed is reached, the indicated force decreases monotonically non-linearly with a decrease in the fill factor of the microprotrusion. The dimensionless width of the irregularities contact area monotonously depends on the measure of material elasticity and non-monotonously depends on the dimensionless sliding speed with a pronounced minimum. As the shape parameter increases and the fill factor decreases, the dimensionless coordinate of the extreme contact point decreases nonlinearly. When the muscle tissue elasticity measure is 5, the value of the dimensionless edge length is 50, the value of the dimensionless speed is 1, the values of the form parameter are 1, 2, 8, 12; then values of the dimensionless deformation force of friction are 31.6670, 33.0792, 25.0945, 21.9402, respectively; at a value of dimensionless speed of 10 – 4.3652, 4.0174, 2.7255, 2.3433, respectively.

fish, cutting, force, friction, profile, knife, edge, rheology, viscoelasticity

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение ресурсосбережения при резании рыбы предусматривает тщательный анализ сил сопротивления. Снижение силы вредного сопротивления предполагает минимизацию её важной составляющей – деформационной силы трения.

Сила трения мышечной ткани рыбы и поверхности ножа является следствием шероховатости граней, которая определяется параметрами технологической обработки рабочего органа [1]. Как показано в работе [2], прогрессивная технология производства ножей рыбообрабатывающего оборудования предусматривает следующие основные виды операций: обработку резанием (чистовое точение) и шлифованием, в результате чего профиль поверхности включает случайную и систематическую составляющие [3].

Математическое моделирование процесса трения пищевых материалов по шероховатой поверхности представляет собой актуальное научное направление и является предметом пристального внимания в России и за рубежом. В работе [4] исследовано влияние трения и глубины погружения лезвия на силы сопротивлений при резании вязкоупругих материалов. В статье [5] выполнен теоретико-экспериментальный анализ механического поведения высокоэластичных сред в процессе деформирования и разрушения. В работе [6] рассмотрены закономерности трения при обработке пищевых материалов в широком диапазоне скоростей:

от 0,001 до 10 м/с. Статьи [7, 8] описывают численное моделирование контактных явлений на поверхности раздела эластичных и жестких тел. В работах [9, 10] исследованы закономерности процесса трения различных материалов при изменении режима скольжения.

Однако, несмотря на ценность известных работ, в настоящее время отсутствует аналитическое описание сил трения, действующих на рабочий орган при резании рыбы. Вместе с тем для оптимизации геометрии ножа по критерию минимального сопротивления резанию требуется математическое моделирование сил на его грани с учетом шероховатости поверхности.

МАТЕРИАЛ

В [11, 12] обоснован выбор реологических моделей мышечной ткани рыбы. Рассмотрены дифференциальные уравнения моделей с их решениями для трех различных условий нагружения. Установлено, что мышечная ткань рыбы до разрушения проявляет ограниченное течение под нагрузкой, релаксирует при постоянной нагрузке до равновесного состояния, полностью восстанавливается при полной разгрузке. Показано, что результатам проведенных экспериментальных испытаний материала при малых и средних напряжениях приблизительно соответствует трехэлементная реологическая модель Максвелла–Томсона. (стандартное вязкоупругое тело).

МЕТОДЫ

При выборе аналитического описания регулярного микрорельефа рабочих органов рыбообрабатывающего оборудования с учетом вышеизложенных технологических формообразующих факторов использована физико-технологическая теория неровностей поверхности [1]. Указанная теория включает спектральную теорию размерных параметров и теорию суперпозиций эффекта размерного формообразования технических поверхностей, а также предусматривает систему теорем, которые доказаны на основании ранее установленных научных положений и обобщенных результатов экспериментальных исследований.

Согласно работам [1-3] действие формообразующих факторов при чистовом точении имеет периодический или практически периодический характер, что обусловлено подачей инструмента, оборотами заготовки, самозатачиванием абразивного инструмента и другими условиями. Случайная составляющая профиля минимизируется за счет совершенствования технологии обработки поверхности ножей, улучшения отвода стружки и металлорежущего инструмента, повышения жесткости узлов станка и т.д. Если считать случайную составляющую малой, то основу микрорельефа поверхности грани ножа возможно приближенно описать тригонометрическим полиномом вида:

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^p \left\{ a_n \cdot \cos \left(\frac{2\pi \cdot n \cdot x}{S_0} + \bar{\psi}_n \right) \right\}, \quad (1)$$

где S_0 - шаг профиля (шаг первой гармоники); p - порядок многочлена (число гармоник); a_n , $\bar{\psi}_n$ - коэффициент Фурье и фазовый угол n -й компоненты профиля; $a_0/2$ - нулевой член разложения для кривой профиля (координата средней линии профиля в такой системе координат, в которой ордината параллельна средней линии профиля).

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Вследствие сжатия указанного элементарного волокна мышечной ткани dx в точке a микровыступа действует контактное усилие $\vec{\sigma}$, обусловленное внутренним напряжением в волокне dx (рис. 1). Вектор $\vec{\sigma}$ в некоторой точке a направлен по нормали к касательной, проведенной в указанной точке a к микро-рельефу $f(x)$. Контактное усилие $\vec{\sigma}$ состоит из нормальной \vec{p} к направлению скольжения микровыступа и тангенциальной \vec{q} (параллельной направлению скольжения) составляющих: $\vec{\sigma} = \vec{p} + \vec{q}$. Нормальная составляющая \vec{p} является проекцией вектора $\vec{\sigma}$ на нормаль к направлению скольжения, а тангенциальная \vec{q} - проекцией вектора $\vec{\sigma}$ на указанное направление.

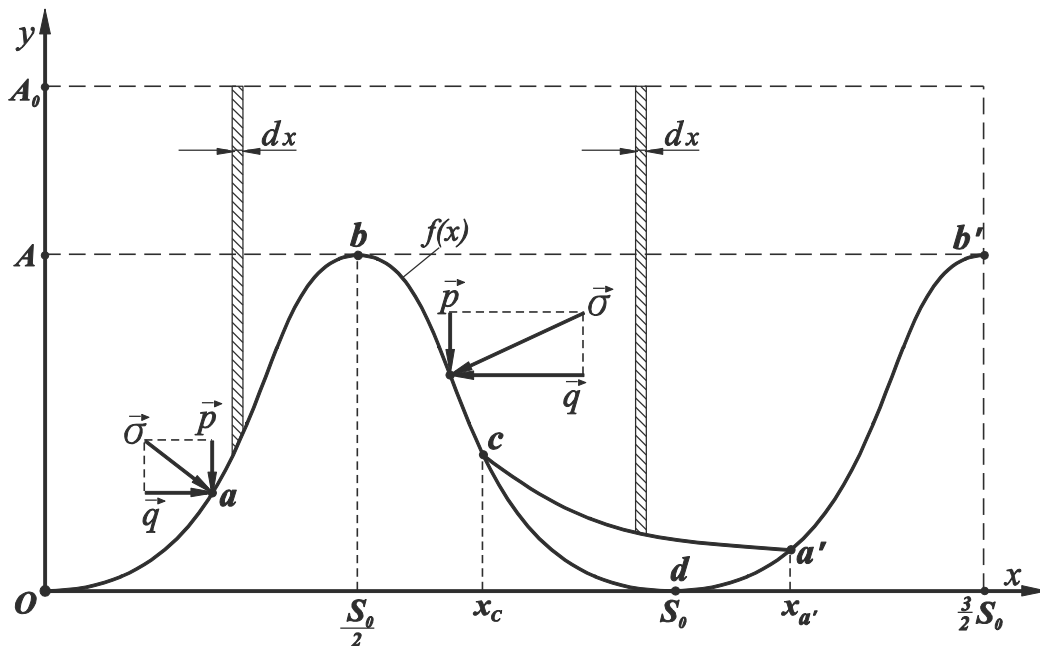


Рис. 1. Схема скольжения микровыступа грани ножа по мышечной ткани рыбы (S_0 - подача резца)

Fig. 1. The scheme of gliding of knife edge microprotrusion on the fish muscle tissue (S_0 - cutter feed)

Нормальная составляющая \vec{p} - это нормальное контактное давление элементарного волокна dx в точке a микровыступа. Тангенциальная составляющая \vec{q} является встречным сопротивлением материала движению точки a микровыступа. На микровыступе при определенной скорости скольжения существует крайняя точка контакта c , имеющая координату x_c , в которой материал полностью разгружается ($\vec{p} = 0$).

На основе выражения (1) в рамках физико-технологической теории неровностей получим математическое описание профиля шероховатой поверхности ножа в виде безразмерной периодической однопараметрической функции $\tilde{f}(\tilde{x})$, удовлетворяющей определенным требованиям. В качестве допущения будем счи-

тать, что поверхность грани образована симметричными неровностями и сформирована путем чистового точения и шлифования с постоянной скоростью подачи металлообрабатывающего инструмента, режущая кромка которого симметричная и выпуклая. Тогда безразмерная функция $\tilde{f}(\bar{x})$, описывающая симметричную форму единичного микровыступа, должна удовлетворять заданным граничным условиям, а также условиям по наличию точек перегиба и критических. Безразмерный параметр формы указанной функции зависит от режимных параметров чистового точения и геометрических параметров металлорежущего инструмента. Искомую функцию построим как решение краевой задачи для дифференциального уравнения, правая часть которого зависит от безразмерного параметра формы микровыступа. Наличие параметра в правой части уравнения позволит подчинить искомое решение дополнительному ряду условий, кроме граничных.

Из рис. 1 следует, что безразмерная периодическая функция $\tilde{f}(\bar{x})$, описывающая единичный микровыступ, является непрерывной и положительной по всей области определения, на отрезке $0 \leq \bar{x} \leq 1$ имеет две точки перегиба, а также одну точку максимума с координатами $(0,5;1)$ и две точки минимумов с координатами $(0;0)$ и $(1;0)$. Кроме того, на этом же отрезке функция должна быть симметричной относительно точки максимума.

Таким образом, на отрезке $0 \leq \bar{x} \leq 1$ вторая производная искомой функции должна дважды менять знак и в двух точках перегиба принимать нулевое значение. При этом в известной точке максимума функции вторая производная $\tilde{f}''(\bar{x})$ должна принимать отрицательное значение, а в двух известных точках минимума - положительное или нулевое. Наряду с этим, в точках экстремумов первая производная $\tilde{f}'(\bar{x})$ искомой функции должна принимать нулевое значение. Указанным требованиям удовлетворяет дифференциальное уравнение следующего вида:

$$\tilde{f}''(\bar{x}) = \frac{d^2 \tilde{f}(\bar{x})}{d\bar{x}^2} = k_1 \cdot n_1 \cdot \sin^{n_2}(\pi \cdot \bar{x}) \cdot [n_3 \cdot \cos^2(\pi \cdot \bar{x}) - \sin^2(\pi \cdot \bar{x})], \quad (2)$$

$$0 \leq \bar{x} \leq 1,$$

где k_1 - коэффициент; n_1, n_2, n_3 - параметры, соответствующие условиям: n_1 - натуральное число; n_2 - четное целое число или нуль; $n_2 \geq 0$; n_3 - нечетное целое число; $n_1 \geq 1$.

Обозначив $n_1 = m$; $n_2 = 2 \cdot m - 2$; $n_3 = 2 \cdot m - 1$, приходим к дифференциальному уравнению с одним параметром:

$$\frac{d^2 \tilde{f}(\bar{x})}{d\bar{x}^2} = k_1 \cdot m \cdot \sin^{2 \cdot m - 2}(\pi \cdot \bar{x}) \cdot [(2 \cdot m - 1) \cdot \cos^2(\pi \cdot \bar{x}) - \sin^2(\pi \cdot \bar{x})], \quad (3)$$

$$0 \leq \bar{x} \leq 1.$$

Потребуем, чтобы искомая функция $\tilde{f}(\bar{x})$ удовлетворяла граничным условиям:

$$\tilde{f}(0) = 0; \tilde{f}(1) = 0; \frac{d\tilde{f}}{d\bar{x}}(0) = 0; \frac{d\tilde{f}}{d\bar{x}}(1) = 0. \quad (4)$$

Проинтегрируем уравнение (3) в соответствии с граничными условиями (4):

$$\tilde{f}'(\bar{x}) = \frac{d\tilde{f}(\bar{x})}{d\bar{x}} = \frac{k_1 \cdot m}{\pi} \cdot \sin^{2m-1}(\pi \cdot \bar{x}) \cdot \cos(\pi \cdot \bar{x}), \quad 0 \leq \bar{x} \leq 1. \quad (5)$$

Проинтегрируем уравнение (5), удовлетворяя граничным условиям (4) и условию $\tilde{f}(0,5) = 1$, в результате чего получим искомую безразмерную функцию с одним параметром формы m , описывающую форму единичного микровыступа:

$$\tilde{f}(\bar{x}) = \sin^{2m}(\pi \cdot \bar{x}). \quad (6)$$

Дифференциальное уравнение состояния материала согласно реологической модели Максвелла-Томсона запишем в безразмерном виде [13, 14]:

$$\frac{d\tilde{p}(\bar{x})}{d\bar{x}} \cdot \bar{u} + \tilde{p}(\bar{x}) = \frac{d\tilde{f}(\bar{x})}{d\bar{x}} \cdot \bar{u} \cdot (e_{01} + 1) + \tilde{f}(\bar{x}), \quad (7)$$

где $\tilde{p}(\bar{x})$ - безразмерное нормальное контактное давление; \bar{u} - безразмерная скорость скольжения; e_{01} - безразмерная мера эластичности материала [1, 2]; \bar{x} - безразмерная координата.

Подставим в дифференциальное уравнение (7) выражения (5), (6) и получим:

$$\frac{d\tilde{p}(\bar{x})}{d\bar{x}} \cdot \bar{u} + \tilde{p}(\bar{x}) = 2\pi \cdot m \cdot \bar{u} \cdot (e_{01} + 1) \cdot \sin^{2m-1}(\pi \cdot \bar{x}) \cdot \cos(\pi \cdot \bar{x}) + \sin^{2m}(\pi \cdot \bar{x}). \quad (8)$$

Аналитическое решение уравнения (8) с учетом начального условия $\tilde{p}(0) = 0$ имеет вид комплексной функции действительной переменной, включающей действительную и мнимую (сопряженную) части:

$$\begin{aligned} \tilde{p}(\bar{x}) = & \frac{\pi \cdot \exp(-\bar{x}/\bar{u})}{4^m \cdot f_{e1} \cdot (i + 2\pi \cdot m \cdot \bar{u}) \cdot (i - 2\pi \cdot \bar{u} + 2\pi \cdot m \cdot \bar{u}) \cdot \Gamma_1 \cdot \Gamma_2} \times \\ & \times \left(-4\pi \cdot e_{01} \cdot m^2 \cdot \bar{u}^2 \cdot f_{e1} \cdot \Gamma_1 \cdot \Gamma_3 \cdot \Gamma_4 - 4\pi \cdot m^2 \cdot \bar{u}^2 \cdot f_{e1} \cdot \Gamma_1 \cdot \Gamma_3 \cdot \Gamma_4 - \right. \\ & - 2 \cdot i \cdot e_{01} \cdot m \cdot \bar{u} \cdot f_{e1} \cdot \Gamma_1 \cdot \Gamma_3 \cdot \Gamma_4 - 4\pi \cdot e_{01} \cdot m^2 \cdot \bar{u}^2 \cdot f_{e1} \cdot \Gamma_2 \cdot \Gamma_3 \cdot \Gamma_5 - \\ & - 4\pi \cdot m^2 \cdot \bar{u}^2 \cdot f_{e1} \cdot \Gamma_2 \cdot \Gamma_3 \cdot \Gamma_5 + 4\pi \cdot e_{01} \cdot m \cdot \bar{u}^2 \cdot f_{e1} \cdot \Gamma_2 \cdot \Gamma_3 \cdot \Gamma_5 + \\ & + 4\pi \cdot m \cdot \bar{u}^2 \cdot f_{e1} \cdot \Gamma_2 \cdot \Gamma_3 \cdot \Gamma_5 + 2 \cdot i \cdot \bar{u} \cdot f_{e1} \cdot \Gamma_2 \cdot \Gamma_3 \cdot \Gamma_5 - \\ & - 2 \cdot i \cdot e_{01} \cdot m \cdot \bar{u} \cdot f_{e1} \cdot \Gamma_2 \cdot \Gamma_3 \cdot \Gamma_5 - 4 \cdot i \cdot m \cdot \bar{u} \cdot f_{e1} \cdot \Gamma_2 \cdot \Gamma_3 \cdot \Gamma_5 + \\ & + (1/\pi) \cdot (f_{e1} \cdot \Gamma_2 \cdot \Gamma_3 \cdot \Gamma_5 - f_{e1} \cdot \Gamma_1 \cdot \Gamma_3 \cdot \Gamma_4 - \exp(\bar{x}/\bar{u}) \cdot f_{e2} \cdot \Gamma_1 \cdot \Gamma_2 \cdot \Phi_1) + \\ & + 4\pi \cdot \exp(\bar{x}/\bar{u}) \cdot f_{e2} \cdot m^2 \cdot \bar{u}^2 \cdot \Gamma_1 \cdot \Gamma_2 \cdot \Phi_1 + 4\pi \cdot \exp(\bar{x}/\bar{u}) \cdot f_{e2} \cdot e_{01} \cdot m^2 \cdot \bar{u}^2 \cdot \Gamma_1 \cdot \Gamma_2 \cdot \Phi_1 - \\ & - 4\pi \cdot \exp(\bar{x}/\bar{u}) \cdot f_{e2} \cdot m \cdot \bar{u}^2 \cdot \Gamma_1 \cdot \Gamma_2 \cdot \Phi_1 - 4\pi \cdot \exp(\bar{x}/\bar{u}) \cdot f_{e2} \cdot e_{01} \cdot m \cdot \bar{u}^2 \cdot \Gamma_1 \cdot \Gamma_2 \cdot \Phi_1 - \\ & - 2 \cdot i \cdot \exp(\bar{x}/\bar{u}) \cdot f_{e2} \cdot \bar{u} \cdot \Gamma_1 \cdot \Gamma_2 \cdot \Phi_1 + 4 \cdot \exp(\bar{x}/\bar{u}) \cdot f_{e2} \cdot i \cdot m \cdot \bar{u} \cdot \Gamma_1 \cdot \Gamma_2 \cdot \Phi_1 + \\ & + 2 \cdot \exp(\bar{x}/\bar{u}) \cdot f_{e2} \cdot i \cdot e_{01} \cdot m \cdot \bar{u} \cdot \Gamma_1 \cdot \Gamma_2 \cdot \Phi_1 + \\ & + (1/\pi) \cdot \exp(\bar{x}/\bar{u} + i \cdot 2\pi \cdot \bar{x}) \cdot f_{e2} \cdot \Gamma_1 \cdot \Gamma_2 \cdot \Phi_2 + \\ & + 4\pi \cdot \exp(\bar{x}/\bar{u} + i \cdot 2\pi \cdot \bar{x}) \cdot f_{e2} \cdot m^2 \cdot \bar{u}^2 \cdot \Gamma_1 \cdot \Gamma_2 \cdot \Phi_2 + \end{aligned} \quad (9)$$

$$+ 4\pi \cdot \exp(\bar{x}/\bar{u} + i \cdot 2\pi \cdot \bar{x}) \cdot f_{e2} \cdot e_{01} \cdot m^2 \cdot \bar{u}^2 \cdot \Gamma_1 \cdot \Gamma_2 \cdot \Phi_2 + \\ + 2 \cdot \exp(\bar{x}/\bar{u} + i \cdot 2\pi \cdot \bar{x}) \cdot f_{e2} \cdot i \cdot e_{01} \cdot m \cdot \bar{u} \cdot \Gamma_1 \cdot \Gamma_2 \cdot \Phi_2 \Big) .$$

где $f_{e1} = [1 - \exp(i \cdot 2\pi \cdot \bar{x})]^{2m}$;

$f_{e2} = [-i \cdot \exp(-i \cdot \pi \cdot \bar{x}) \cdot (\exp(i \cdot 2\pi \cdot \bar{x}) - 1)]^{2m}$; i - мнимая единица;

$\Gamma(z) = \int_0^\infty t^{z-1} \cdot e^{-t} dt$ - гамма-функция Эйлера; $\Gamma_1 = \Gamma\left(m - \frac{i}{2\pi \cdot \bar{u}}\right)$;

$\Gamma_2 = \Gamma\left(1 + m - \frac{i}{2\pi \cdot \bar{u}}\right)$; $\Gamma_3 = \Gamma(2 \cdot m)$; $\Gamma_4 = \Gamma\left(2 - m - \frac{i}{2\pi \cdot \bar{u}}\right)$;

$\Gamma_5 = \Gamma\left(1 - m - \frac{i}{2\pi \cdot \bar{u}}\right)$;

$\Phi = {}_2F_1[a, b; c; z]$ - гипергеометрическая функция Гаусса;

$\Phi_1 = {}_2F_1\left[1 - 2 \cdot m, \left(-m - \frac{i}{2\pi \cdot \bar{u}}\right); \left(1 - m - \frac{i}{2\pi \cdot \bar{u}}\right); \exp(i \cdot 2\pi \cdot \bar{x})\right]$;

$\Phi_2 = {}_2F_1\left[1 - 2 \cdot m, \left(1 - m - \frac{i}{2\pi \cdot \bar{u}}\right); \left(2 - m - \frac{i}{2\pi \cdot \bar{u}}\right); \exp(i \cdot 2\pi \cdot \bar{x})\right]$.

С учетом (7) выражение для безразмерной деформационной силы трения грани длиной \bar{x}_B имеет вид [15]:

$$\tilde{F}_2 = \int_0^{\bar{x}_B} (\tilde{f}'(\bar{x}) \cdot \tilde{p}(\bar{x})) d\bar{x} = \int_0^{\bar{x}_B} (2 \cdot \pi \cdot m \cdot \sin^{2m-1}(\pi \cdot \bar{x}) \cdot \cos(\pi \cdot \bar{x}) \cdot \tilde{p}(\bar{x})) d\bar{x} . \quad (10)$$

Как показывает анализ, параметр формы m соответствует числу гармоник ряда, в который возможно разложить выражение (6) в соответствии с (1), описывающим периодический профиль микровыступов шероховатой поверхности ножа. Наряду с параметром m , введем дополнительный безразмерный параметр единичного микровыступа - коэффициент заполнения $\tilde{\beta}$, который является отношением площади единичного микровыступа к площади единичного квадрата:

$$\tilde{\beta} = \int_0^1 \tilde{f}(\bar{x}) d\bar{x} = \int_0^1 \sin^{2m}(\pi \cdot \bar{x}) d\bar{x} .$$

РЕЗУЛЬТАТЫ

Разработанные математические модели (9), (10) позволяют исследовать численными методами зависимости безразмерной деформационной силы трения \tilde{F}_2 от параметра формы m и коэффициента заполнения $\tilde{\beta}$ при заданных значениях меры эластичности материала e_{01} , безразмерной скорости скольжения \bar{u} и безразмерной длины грани ножа \bar{x}_B . В табл. 1, 2 приведены значения указанной силы и безразмерной координаты крайней точки контакта при различных значениях параметра формы и коэффициента заполнения микровыступа.

Результаты моделирования получены путем вычисления значений выражения (9) и численного интегрирования выражения (10) при различных значениях параметра m и условиях: $\bar{u} = 1$ (табл. 1), $\bar{u} = 10$ (табл. 2); $e_{01} = 5$; $\bar{x}_B = 50$.

Таблица 1. Результаты моделирования безразмерной деформационной силы трения и безразмерной координаты крайней точки контакта ($\bar{u} = 1$; $e_{01} = 5$; $\bar{x}_B = 50$)

Table 1. Simulation results of the dimensionless deformation friction force and the dimensionless coordinate of the extreme point of contact ($\bar{u} = 1$; $e_{01} = 5$; $\bar{x}_B = 50$)

№ п/п	Параметр формы m (число гармоник)	Коэффициент заполнения $\tilde{\beta}$	Безразмерная деформационная сила трения \tilde{F}_2	Безразмерная ширина контактной площадки \bar{x}_c
1	1	0,5	31,6670	0,8028
2	2	0,375	33,0792	0,7554
3	3	0,3125	31,7320	0,7224
4	4	0,2734	30,1211	0,7008
5	5	0,2461	28,6246	0,6852
6	6	0,2256	27,2969	0,6731
7	7	0,2095	26,1276	0,6634
8	8	0,1964	25,0945	0,6554
9	9	0,1855	24,1760	0,6486
10	10	0,1762	23,3537	0,6427
11	11	0,1682	22,6125	0,6375
12	12	0,1612	21,9402	0,6330
13	13	0,1550	21,3269	0,6289
14	14	0,1494	20,7644	0,6252
15	15	0,1445	20,2461	0,6219
16	16	0,1399	19,7665	0,6188

На рис. 2 показаны виды микровыступа при различных значениях параметра формы. На рис. 3 приведены зависимости безразмерной координаты крайней точки контакта \bar{x}_c , коэффициента заполнения $\tilde{\beta}$ и безразмерной силы трения \tilde{F}_2 от параметра формы микровыступа m при двух значениях безразмерной скорости скольжения: $\bar{u} = 10$ и $\bar{u} = 1$, а также значениях меры эластичности материала $e_{01} = 5$ и безразмерной длины грани ножа $\bar{x}_B = 50$.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Анализ моделей (10), (11) показывает, что безразмерная деформационная сила трения является немонотонной функцией безразмерной скорости скольжения. При скоростях, стремящихся к нулю или бесконечности, указанная сила стремится к нулю. Величина силы монотонно возрастает с ростом меры эластичности материала и увеличением безразмерной длины грани ножа.

Таблица 2. Результаты моделирования безразмерной деформационной силы трения и безразмерной координаты крайней точки контакта ($\bar{u} = 10$; $e_{01} = 5$; $\bar{x}_B = 50$)

Table 2. Simulation results of the dimensionless deformation friction force and the dimensionless coordinate of the extreme point of contact ($\bar{u} = 10$; $e_{01} = 5$; $\bar{x}_B = 50$)

№ п/п	Параметр формы m (число гармоник)	Коэффициент заполнения $\tilde{\beta}$	Безразмерная деформационная сила трения	Безразмерная ширина контактной площадки \bar{x}_c
1	1	0,5	4,3652	0,9360
2	2	0,375	4,0174	0,8633
3	3	0,3125	3,6822	0,8179
4	4	0,2734	3,4107	0,7868
5	5	0,2461	3,1908	0,7637
6	6	0,2256	3,0093	0,7457
7	7	0,2095	2,8564	0,7312
8	8	0,1964	2,7255	0,7192
9	9	0,1855	2,6118	0,7089
10	10	0,1762	2,5118	0,7001
11	11	0,1682	2,4229	0,6924
12	12	0,1612	2,3433	0,6855
13	13	0,1550	2,2713	0,6794
14	14	0,1494	2,2058	0,6739
15	15	0,1445	2,1393	0,6689
16	16	0,1399	2,0867	0,6643

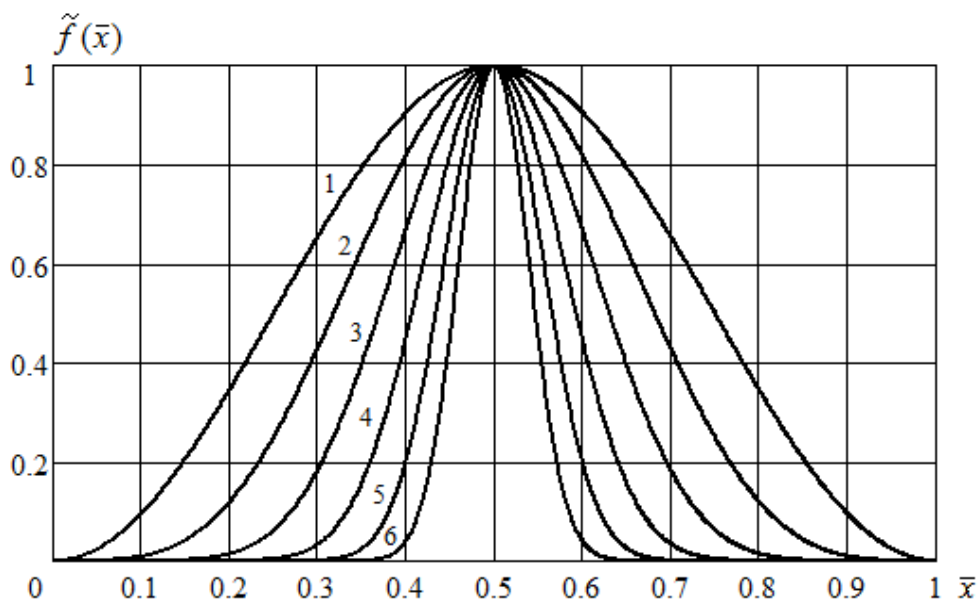


Рис. 2. Виды микровыступа при различных значениях параметра формы $\sin^{2 \cdot m}(\pi \cdot \bar{x})$: 1 – $m = 1$; 2 – $m = 2$; 3 – $m = 4$; 4 – $m = 8$; 5 – $m = 16$; 6 – $m = 32$

Fig. 2. Types of microprotrusion with different values of the shape parameter β, \bar{x}_c

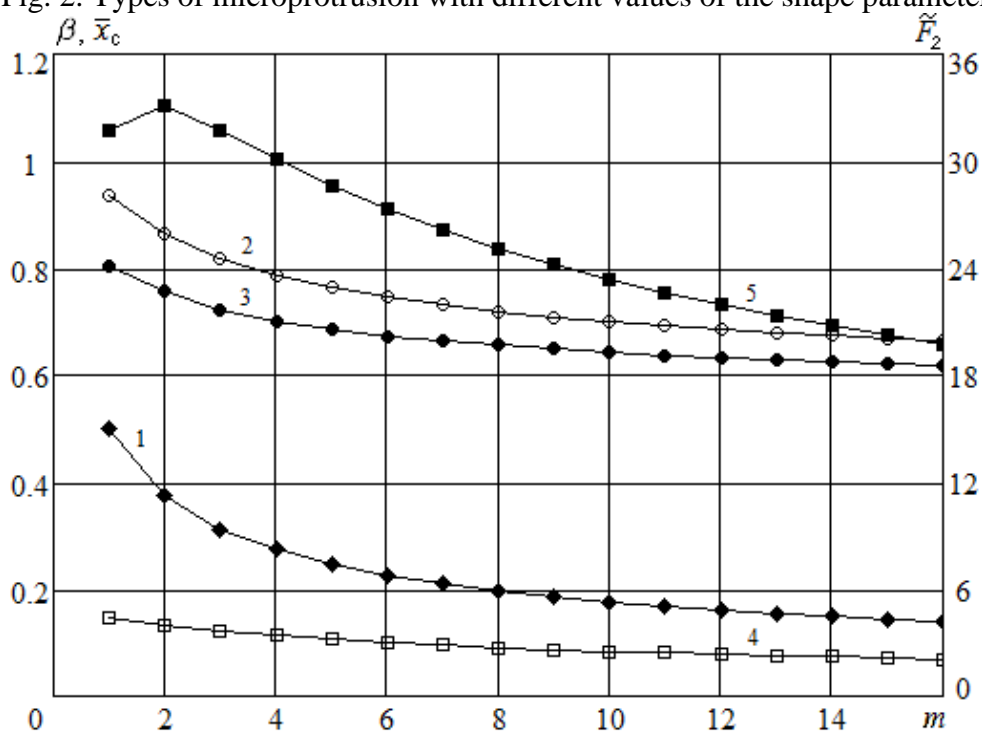


Рис. 3. Зависимости безразмерной ширины контактной площадки, коэффициента заполнения и безразмерной силы трения от параметра формы микровыступа ($e_{01} = 5; \bar{x}_B = 50$): 1 – коэффициент заполнения; 2 и 3 – безразмерная координата крайней точки контакта; 4 и 5 – безразмерная деформационная сила трения; 2 и 4 – $\bar{u} = 10$; 3 и 5 – $\bar{u} = 1$

Fig. 3. Dependences of the dimensionless width of the contact area, the fill factor and the dimensionless friction force on the microprotrusion shape: 1 - the fill factor; 2 and 3 – the dimensionless coordinate of the extreme point of contact; 4 and 5 – dimensionless deformation friction force; 2 and 4 – $\bar{u} = 10$; 3 and 5 – $\bar{u} = 1$

Функция безразмерного нормального контактного давления является периодической, амплитудные значения которой существенно возрастают с повышением безразмерной скорости скольжения. Давление растет на выступе и уменьшается на впадине микрорельефа. При увеличении безразмерной скорости распределение давлений в контакте становится более несимметричным. Безразмерная ширина контактной площадки \bar{x}_c монотонно зависит от меры эластичности материала и немонотонно - от безразмерной скорости скольжения.

Результаты моделирования, приведенные в табл. 2, 3, показывают, что на зависимость безразмерной деформационной силы трения от параметра формы и коэффициента заполнения существенное влияние оказывает безразмерная скорость скольжения микровыступов.

При безразмерной скорости $\bar{u} = 1$ указанная зависимость является немонотонной с явно выраженным максимумом при форме микровыступа $\tilde{f}(\bar{x}) = \sin^2(\pi \cdot \bar{x})$. С ростом скорости при $\bar{u} = 10$ зависимость приобретает моно-

тонный характер: деформационная сила трения уменьшается при увеличении параметра формы и снижении коэффициента заполнения. Следует отметить, что значение характерной скорости, при которой указанная закономерность становится монотонной, зависит от безразмерной длины грани ножа – наименьшая характерная скорость соответствует контактной площадке первого микровыступа: при $e_{01} = 5$; $\bar{x}_B = \bar{x}_C$ данное значение составляет $\bar{u}_{\min} = 0,18$.

Зависимость безразмерной ширины контактной площадки от параметра формы при рассмотренных значениях безразмерной скорости скольжения является монотонной: безразмерная координата \bar{x}_C крайней точки контакта уменьшается при снижении коэффициента заполнения микровыступа.

ВЫВОДЫ

1. Распределение контактных давлений и деформационная сила трения ножа существенно зависят от формы неровностей шероховатой поверхности грани, а также от скорости резания и реологических свойств рыбы. При малой скорости зависимость силы трения от параметра формы является немонотонной. При достижении определенного значения скорости указанная сила монотонно нелинейно уменьшается со снижением коэффициента заполнения микровыступа.

2. Безразмерная ширина контактной площадки микровыступов монотонно зависит от меры эластичности материала и немонотонно - от безразмерной скорости скольжения с явно выраженным минимумом. При увеличении параметра формы и снижении коэффициента заполнения безразмерная координата крайней контактной точки нелинейно уменьшается.

3. Установленные зависимости позволяют научно обоснованно управлять геометрической формой неровностей технологической шероховатости ножа с целью минимизации деформационной силы трения при резании рыбы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Григорьев, А. Я. Физика и микрогеометрия технических поверхностей / А. Я. Григорьев. – Минск: Беларуская навука, 2016. – 247 с.
2. Гик, Л. А. Ротационное резание металлов / Л. А. Гик. – Калининград: Кн. изд-во, 1990. – 254 с.
3. Остапчук, А. К. К вопросу о моделировании шероховатости поверхности / А. К. Остапчук, А. С. Канаев // Вестник Курганского государственного университета. – 2005. – № 2. – С. 144-147.
4. Spagnoli A, Brighenti R, Terzano M, Artoni F. Cutting resistance of soft materials: Effects of blade inclination and friction. *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, 2019, no. 101, pp. 200-206.
5. Xiao-Ping Zhou, Liang Fu, Wang Ju, Berto F. An experimental study of the mechanical and fracturing behavior in PMMA specimen containing multiple 3D embedded flaws under uniaxial compression. *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, 2019, no. 101, pp. 207-216.
6. Schuldt S, Schneider Y, Rohm H. High-speed cutting of foods: Cutting behavior and initial cutting forces. *Journal of Food Engineering*, 2018, no. 230, pp. 55-62.
7. Belaasilia Y, Braikat B, Jamal M. High order mesh-free method for frictional

- contact. *Engineering Analysis with Boundary Elements*, 2017, no. 82, pp. 68-78.
8. Belaasilia Y, Timesli A, Braikat B, Jamal M. A numerical mesh-free model for elasto-plastic contact problems. *Engineering Analysis with Boundary Elements*, 2018, no. 94, pp. 103-112.
9. Wang P, Ni H, Wang R, Li Zh, Wang Y. Experimental investigation of the effect of in-plane vibrations on friction for different materials. *Tribology International*, 2016, no. 99, pp. 237-247.
10. Jadav P.U, Amali R, Adetoro O.B. Analytical friction model for sliding bodies with coupled longitudinal and transverse vibration. *Tribology International*, 2018, no. 126, pp. 240-248.
11. Агеев, О. В. Выбор и идентификация реологической модели структурно-механических свойств мышечной ткани рыбы / О. В. Агеев, Ю. А. Фатыхов, Н. В. Самойлова // Известия Калининградского государственного технического университета. – 2018. – № 49. – С. 75-91.
12. Анализ соответствия реологических моделей структурно-механическим свойствам рыбы / О. В. Агеев [и др.] // Научный журнал Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. – 2018. – № 2(36). – С. 34-43. – DOI 10.17586/2310-1164-2018-11-2-34-43.
13. Агеев, О. В. Математическое моделирование сил нормального контактного давления на боковые грани ножа при резании пищевых материалов / О. В. Агеев, В. А. Наумов, Ю. А. Фатыхов // Научный журнал Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. – 2017. – № 4. – С. 27-42. – DOI: 10.17586/2310-1164-2017-10-4-27-42.
14. Математическое моделирование силы сопротивления формы двухкромочного ножа без боковых граней при резании рыбы / О. В. Агеев [и др.] // Известия Калининградского государственного технического университета. – 2019. – № 53. – С. 75-88.
15. Солдатенков, И. А. Расчет трения индентора с фрактальной шероховатостью о вязкоупругое основание / И. А. Солдатенков // Трение и износ. – 2015. – № 3. – Т. 36. – С. 257-262.

REFERENCES

1. Grigoriev A. Ya. *Fizika i mikrogeometriya tekhnicheskikh poverkhnostey* [Physics and microgeometry of technical surfaces]. Minsk, Belaruskaya navuka, 2016, 247 p.
2. Gik L. A. *Rotatsionnoe rezanie metallov* [Rotary metal cutting]. Kaliningrad, Kaliningradskoe knizhnoe izdatel'stvo, 1990, 254 p.
3. Ostapchuk A. K., Kanaev A. S. *K voprosu o modelirovanii sherokhovatosti poverkhnosti* [On the issue of modeling surface roughness]. *Vestnik Kurganskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2005, no. 2, pp. 144-147.
4. Spagnoli A., Brighenti R., Terzano M., Artoni F. Cutting resistance of soft materials: Effects of blade inclination and friction. *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, 2019, no. 101, pp. 200-206.

5. Xiao-Ping Zhou, Liang Fu, Wang Ju, Berto F. An experimental study of the mechanical and fracturing behavior in PMMA specimen containing multiple 3D embedded flaws under uniaxial compression. *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, 2019, no. 101, pp. 207-216.
6. Schuldt S., Schneider Y., Rohm H. High-speed cutting of foods: Cutting behavior and initial cutting forces. *Journal of Food Engineering*, 2018, no. 230, pp. 55-62.
7. Belaasilia Y, Braikat B, Jamal M. High order mesh-free method for frictional contact. *Engineering Analysis with Boundary Elements*, 2017, no. 82, pp. 68-78.
8. Belaasilia Y., Timesli A., Braikat B., Jamal M. A numerical mesh-free model for elasto-plastic contact problems. *Engineering Analysis with Boundary Elements*, 2018, no. 94, pp. 103-112.
9. Wang P., Ni H., Wang R., Li Zh., Wang Y. Experimental investigation of the effect of in-plane vibrations on friction for different materials. *Tribology International*, 2016, no. 99, pp. 237-247.
10. Jadav P. U, Amali R., Adetoro O. B. Analytical friction model for sliding bodies with coupled longitudinal and transverse vibration. *Tribology International*, 2018, no. 126, pp. 240-248.
11. Ageev O. V., Fatykhov Yu. A., Samoylova N. V. Vybor i identifikatsiya reologicheskoy modeli strukturno-mekhanicheskikh svoystv myshechnoy tkani ryby [Selection and identification of rheological model of the structural-mechanical properties of muscular fish tissue]. *Izvestiya Kaliningradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2018, no. 49, pp. 75-91.
12. Ageev O. V., Naumov V. A., Fatykhov Yu. A., Samoylova N. V. Analiz sootvetstviya reologicheskikh modeley strukturno-mekhanicheskim svoystvam ryby [Correspondence of rheological models to the structural-mechanical properties of fish]. *Nauchnyy zhurnal Sankt-Peterburgskogo natsional'nogo issledovatel'skogo universiteta informatsionnykh tekhnologiy, mekhaniki i optiki. Seriya: Protsessy i apparaty pishhevykh proizvodstv*, 2018, no. 2(36), pp. 34-43.
13. Ageev O. V., Naumov V. A., Fatykhov Yu. A. Matematicheskoe modelirovanie sil normal'nogo kontaktnogo davleniya na bokovye grani nozha pri rezanii pishhevykh materialov [Mathematical simulation of forces of normal contact pressure on side knife edges during cutting of food materials]. *Nauchnyy zhurnal Sankt-Peterburgskogo natsional'nogo issledovatel'skogo universiteta informatsionnykh tekhnologiy, mekhaniki i optiki. Seriya: Protsessy i apparaty pishhevykh proizvodstv*, 2017, no. 4(34), pp. 27-42.
14. Ageev O. V., Naumov V. A., Fatykhov Yu. A., Samoylova N. V. Matematicheskoe modelirovanie sily soprotivleniya formy dvukhkromochnogo nozha bez bokovykh graney pri rezanii ryby [Mathematical simulation of profile resistance force of double-edged knife without side edges during fish cutting]. *Izvestiya Kaliningradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2019, no. 53, pp. 75-88.
15. Soldatenkov I. A. Raschet treniya indentora s fraktal'noy sherokhovatost'yu o vyazkouprugoe osnovanie [Calculation of friction force for indenter with fractal roughness in sliding on viscoelastic foundation]. *Trenie i iznos*, 2015, no. 3, vol. 36, pp. 257-262.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Агеев Олег Вячеславович – Калининградский государственный технический университет; кандидат технических наук; доцент кафедры пищевых и холодильных машин; E-mail: oleg.ageev@klgtu.ru

Ageev Oleg Vyatcheslavovich – Kaliningrad State Technical University; PhD in Engineering, Associate Professor, Department of Food and Refrigeration Machines; E-mail: oleg.ageev@klgtu.ru

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

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

Фатыхов Юрий Адгамович – Калининградский государственный технический университет; доктор технических наук; зав. кафедрой пищевых и холодильных машин; E-mail: elina@klgtu.ru

Fatykhov Juriy Adgamovich – Kaliningrad State Technical University; Doctor of Engineering, Head of the Department of Food and Refrigeration Machines; E-mail: elina@klgtu.ru

УДК 664.95

ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ РОССИИ
И ИНЖЕНЕРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

С. Т. Антипов, А. В. Никифоров, В. А. Панфилов

FOOD SECURITY OF RUSSIA AND ENGINEERING EDUCATION

S. T. Antipov, A. V. Nikiforov, V. A. Panfilov

Статья посвящена некоторым аспектам опережающего инженерного образования специалистов агропромышленного комплекса России. В центре внимания находится зависимость развития инженерии техники пищевых технологий от интеллектуализации образовательного процесса. Круг обсуждаемых вопросов включает содержание Четвёртого и Пятого технологических укладов, а также прогноз Шестого технологического уклада с точки зрения индустриализации отраслей АПК. Отмечена важная роль НБИКС-технологий при переходе к ресурсосберегающим гибким производствам в пищевой промышленности. Особое внимание уделено качеству инженерного образования как функции от качества профессорско-преподавательского состава, учебных планов и рабочих программ, учебников и учебных пособий, абитуриентов, инфраструктуры вуза, а также качества управления вузом. Подчеркнуто, что стратегическим направлением интеллектуализации инженерного образования является опережающий характер всей системы образования. Прежде всего, это касается организации учебного процесса на старших курсах, что должно подготовить студента к техническому и социально-экономическому творчеству, а также сформировать моральный облик учащегося. В этой связи выделен такой аспект опережающего инженерного образования, как разработка учебников и учебных пособий в виде комплекта книг, представляющих в совокупности систему специальных знаний, ориентирующих студента на создание техники будущего в пищевых производствах. Подробно описан комплект из 19 книг, подготовленный преподавателями ведущих вузов пищевого профиля России в содружестве с издательством «Лань».

продовольственная безопасность России, продовольственное машиностроение, технологический уклад, опережающее инженерное образование, система специальных знаний, комплект учебников и учебных пособий, создание машин, аппаратов и биореакторов будущего

The article is devoted to some aspects of proactive engineering education for specialists of the agro-industrial complex of Russia. The focus is on the dependence of the development of food machinery on intellectualization of the educational process. The range of issues discussed includes the content of the fourth and fifth technological waves, as well as the forecast of the sixth technological wave in terms of the industrialization of the agro-industrial sector. The important role of NBICS-technologies in the

transition to resource-saving flexible factories in the food industry has been emphasized. Particular attention is paid to the quality of engineering education as a function of the quality of academic staff, curricula and work programmes, textbooks and teaching aids, applicants, university infrastructure, and the quality of university management. It has been emphasized that the strategic direction of the intellectualization of engineering education is the anticipating nature of the entire education system. The focus is on organization of the educational process at senior courses, which should prepare students for technical and socio-economic creativity, as well as form their moral image. In this regard, this aspect of advanced engineering education has been highlighted as the development of textbooks and teaching aids in the form of a set of books, which together represent a system of special knowledge that guides the student to create techniques for the future of food technologies. The paper describes in detail a set of 19 books prepared by teachers from the leading universities in the food industry of Russia in collaboration with the Lan publishing house.

food security of Russia, food engineering, technological wave, proactive engineering education, system of special knowledge, set of textbooks and teaching aids, creation of machines, devices and bioreactors of the future

Согласно утвержденной Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации (Указ Президента Российской Федерации от 30 января 2010 г., №120) одно из основных направлений государственной экономической политики на ближайшие годы – поэтапное снижение зависимости отечественных агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов от импорта технологий, машин, оборудования и других ресурсов.

Таким образом, при отказе от импорта технологий, машин, оборудования внимание должно быть сосредоточено на отечественном сельхозмашиностроении и продовольственном машиностроении. Такая ситуация приводит к осмыслению следующей дилеммы: или это революционные (прорывные) заменяющие инновационные технологии с соответствующим техническим сопровождением, или эволюционные улучшающие технологии также с соответствующим техническим обеспечением. Какой сценарий сейчас более актуален для нашей страны: опережающее развитие АПК или догоняющая модернизация АПК? Обоснования есть для обеих позиций. Но чтобы гарантировать достойное положение страны в мире, нам необходимо держаться преимущественно первой модели [1, 2].

Учитывая то обстоятельство, что в ведущих странах мира вот-вот начнется реализация так называемого Шестого технологического уклада [3], а АПК России еще во многом базируется на более ранних технологических укладах, надо задуматься над тем, как не отстать в решении проблемы национальной продовольственной безопасности страны [4, 5].

Технологические уклады АПК. Технологический уклад - это комплекс освоенных (инновационных для своего времени) технологий, обеспечивающих количественный и качественный скачок в развитии производительных сил общества. При этом в недрах каждого последующего технологического уклада имеется

ядро предыдущего. К сожалению, в нашей современной экономике, в том числе и в экономике АПК, сохранилось слишком много элементов реликтовых укладов [6].

Как известно, Четвертый технологический уклад формировался в 1930-1990 гг. В этот период в сельском хозяйстве дальнейшее развитие получило тяговая концепция трактора в растениеводстве и прогрессивные технологии в животноводстве. В перерабатывающей и пищевой промышленности создавались механизированные и автоматизированные поточные линии для производства практически всех основных продуктов питания, а также линии для упаковки продовольствия и специальное оборудование для его длительного хранения [7-10]. Именно в этот период окончательно сформировался агропромышленный комплекс страны, и Советский Союз выиграл в целом экономическую гонку за Четвертый технологический уклад.

Пятый технологический уклад (1985-2035 гг.) - это инновации в области микроэлектроники, информационных технологий, генной инженерии, биотехнологий, использования новых видов энергии и новых материалов. Технические достижения Пятого технологического уклада позволяют сократить потери при производстве, транспортировании и переработке сельскохозяйственной продукции. Производство продуктов питания трансформируется в промышленное преобразование первичных сельскохозяйственных ресурсов в конечный пищевой продукт. В технологиях АПК применяются новые методы подвода энергии к пищевым средам в перерабатывающих отраслях, начинается планирование инноваций. Однако становление Пятого технологического уклада в нашей стране сдерживается дефицитом производственных ресурсов, связанных с воспроизводством устаревших элементов Четвертого технологического уклада. В результате возникает технологическая многоукладная экономика, что замедляет развитие Пятого технологического уклада. Во всех отраслях АПК это приводит к значительному запаздыванию с переходом к технологиям Пятого технологического уклада.

В настоящее время в развитых странах мира начинают складываться контуры Шестого технологического уклада, период которого ориентировочно 2025-2080 гг. Этот уклад будет характеризоваться применением наукоемких технологий, в том числе био- и нанотехнологий, микромеханики, робототехники. В АПК это выход в растениеводстве к мобильным мостовым системам (передвижной сельскохозяйственный завод, обрабатывающий десятки тысяч гектаров) и в животноводстве к фермам-заводам с десятками тысяч животных [11]. Речь идёт об индустриальных технологиях в растениеводстве и животноводстве, что позволит создать машинные технологии растениеводческой продукции, начиная с прецизионного по агротехническим параметрам высева семян, и технологий животноводческой продукции, имеющие черты заводских. Такое промышленное производство сельскохозяйственной продукции дает возможность получать ее в очень узком диапазоне технологических свойств, необходимых для организации систем автоматических процессов в технологиях переработки, в том числе в роботизированных производствах и на роторных линиях по роторным технологиям [12-14].

В значительной мере переход к Шестому технологическому укладу осуществляется на основе НБИКС-технологий, представляющих собой системную интеграцию наноауки, биоинженерии, информатики, когнитивной и социальной методологии. Пищевая отрасль является активным пользователем таких технологий, в связи с чем, как указано выше, активно внедряются высокоавтоматизированные комплексы в растениеводстве и животноводстве, создаются мехатронные системы для гибких производств, повышается эффективность существующих технологических цепочек за счет информатизации и оптимизации потоков данных. Результатами применения НБИКС-технологий в рамках Национальной технологической инициативы, проекта Фуднет, а также Евразийской технологической платформы «Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания» стали разработка новых функциональных продуктов, внедрение инновационных технических систем, повышение безопасности пищевой продукции, обеспечение ресурсосбережения, улучшение качества изделий и многое другое. В целом НБИКС-конвергенция существенно ускоряет научно-технический прогресс в пищевой отрасли и обеспечивает синергетический эффект в развитии ключевых областей: биоинформатики, нанотехнологий, мехатроники, математического моделирования, социально-когнитивной науки и инженерного образования. В связи с этим, возрастает роль исследователя – ученого и инженера. Сложный междисциплинарный характер НБИКС-технологий обуславливает принципиально новый этап научно-технического прогресса и порождает новые запросы к структуре и содержанию инженерного образования. Отличительной особенностью указанных процессов является их развитие на различных масштабных уровнях: от атомарного строения материи до взаимодействия социальных систем. Широта охвата НБИКС-парадигмой предметных областей создает предпосылки для качественного роста пищевой отрасли, а также создания условий для творчества и наиболее полной реализации возможностей будущих специалистов.

Цель статьи показать, что дальнейшее развитие инженерии техники пищевых технологий в XXI в. может и должно быть результатом высокоинтеллектуального инженерного образования.

Система опережающего образования. Инженерное образование является одним из стратегических ресурсов страны. Образование, особенно высшее специальное, – это «катализатор» развития народного хозяйства страны, в том числе всех отраслей АПК. Чем выше качество специалистов, тем больше оснований для интеллектуального прогресса в сельском хозяйстве и перерабатывающей промышленности, поскольку в условиях рыночной экономики интеллектуальное преимущество имеет решающее значение.

В этой связи необходимо отметить, что качество инженерного образования есть функция от следующих его составляющих [15]:

- качество профессорско-преподавательского состава как решающий фактор;
- качество соответствующих учебных планов и рабочих программ, что определяет цели подготовки инженеров в увязке с потребностями общества;

- качество учебников и учебных пособий, которые должны нацеливать учащегося на формирование образов будущего технологий, техники, организации производства, что составляет рациональное зерно концепции опережающего образования;

- качество подготовки абитуриентов, что является исходным фактором образовательного процесса;

- качество инфраструктуры вуза, в том числе новых коммуникационных и информационных технологий;

- качество управления вузом как единым целым, взаимодействующим с окружающей средой;

- качество подготовки выпускника, который должен уметь формулировать ту или иную технико-технологическую проблему и иметь свою точку зрения на её решение.

Среди главных аргументов в пользу приоритетной роли опережающего инженерного образования в АПК – стремительный научно-технический прогресс и глобальная технологизация в рамках текущего Пятого технологического уклада и перспективы Шестого технологического уклада ведущих стран мира. Уровень развития современных технологий АПК определяется не только материальной базой производящих и перерабатывающих отраслей, но главным образом уровнем интеллектуализации специалистов, их способностью производить, усваивать и использовать новые знания, приборы, ресурсы, а также новые технологии, т. е. новые формы и методы организации труда.

Главным стратегическим направлением формирования принципиально новой перспективной системы инженерного образования должен стать опережающий характер всей системы образования, что существенно повысит его качество. Опережающее инженерное образование предполагает преимущественное изучение фундаментальных законов природы, что позволит специалистам самостоятельно находить и принимать ответственные решения в условиях неопределённости при создании сложных технологических систем. Научные знания в виде вскрытых явлений и установленных закономерностей технологических процессов являются в этом случае единственной надёжной опорой.

Что же нужно для достижения целей фундаментализации инженерного образования?

Во-первых, развернуть вектор работы профессоров, преподавателей и студентов с передачи и усвоения прагматических знаний на постановку и решение проблем развития технологий АПК.

Во-вторых, широко внедрять методы самообразования на основе информационных и телекоммуникационных технологий, что особенно важно для России, имеющей огромную территорию.

В-третьих, реализовать идеи опережающего образования с тем, чтобы подготовить студентов к восприятию АПК будущего.

Среди главных качеств, которыми должен обладать инженер отраслей агропромышленного комплекса, можно выделить:

- ноосферное сознание;

- системное научное мышление;
- экологическую культуру;
- информационную культуру;
- творческую активность.

Именно эти качества инженера должны быть приоритетными целями для системы опережающего образования, поскольку его концепция заключается в принципиальной ориентации на будущее. И необходимым условием эффективности системы опережающего инженерного образования является её органичная связь с институтом науки, оно должно быть буквально «встроено» в систему научных исследований.

Особое внимание следует уделить в системе образования учебному процессу на старших курсах, который должен быть посвящен постановке и подходам к разрешению той или иной крупной народно-хозяйственной проблемы, например, возрождению индустрии продовольственного машиностроения России, или созданию новейших энерго- и ресурсосберегающих технологий, или значительному повышению качества продукции и эффективности процессов в машинах, аппаратах и биореакторах, или разработке вопросов организации производства на прогрессивных социально-экономических принципах. Это необходимо для того, чтобы приобщить студента как будущего инженера и учёного к решению тех сложных задач в рамках его специальности, которые сегодня встают перед обществом или могут возникнуть в ближайшем будущем.

Главное, что учебный процесс должен дать студенту, - это подготовить его к техническому и социально-экономическому творчеству. Поэтому содержание учебного процесса должно быть насыщено (пронизано) массой примеров как уже решённых задач (т.е. прототипов), так и задач, которые обязательно должны быть решены. Такой учебный процесс должен быть нацелен на перспективу, будущее, понуждать студента уйти от аксиом, усомниться в их истинности, инициировать его творчество. В учебном процессе должны быть найдены места для обращений к студенту как к личности, которая приходит в своей профессиональной деятельности на смену преподавателю или профессору, но которая должна идти дальше по указанному ими направлению.

Особое внимание в учебном процессе должно быть уделено воспитательной составляющей. Она должна формировать моральный облик учащегося как человека и как специалиста, заряжать студента энергией созидания, преодоления трудностей, необходимостью постоянно пополнять знания, содержать уроки порядочности и принципиальности.

Комплект специальных учебников. В инженерном образовании пришло время при изложении специальных курсов перейти от суммы знаний в разрозненных учебниках и учебных пособиях к учебной литературе как системе знаний в виде комплекта книг. Системообразующим фактором комплекта книг становятся межотраслевая классификация технологий по признаку преобразования сельскохозяйственного сырья в продукты питания и межотраслевая классификация процессов в машинах, аппаратах и биореакторах, а также их конструкций, что приво-

дит к синергетическому эффекту в образовательном процессе за счет его структуризации.

Такой комплект учебников и учебных пособий под общим названием «Инженерия техники пищевых технологий» создан на основе книг, изданных ранее в издательствах «Высшая школа», «КолосС» и «Лань».

Профессора и преподаватели специальных кафедр ведущих профильных вузов Москвы, Воронежа, Кемерово, Краснодара, Ростова-на-Дону, Тамбова, Тулы в содружестве с редакцией учебной литературы для высшей школы издательства «Лань» (Санкт-Петербург) подготовили к печати комплект из 19 книг. Каждая книга имеет гриф федерального учебно-методического объединения в системе высшего образования по укрупнённой группе специальностей и направлений 15.00.00. «Машиностроение» в качестве учебника для обучающихся (бакалавров, магистров, специалистов) по направлениям «Технологические машины и оборудование» и «Проектирование технологических машин и комплексов».

Эти книги охватывают весь спектр образовательного процесса от введения в профессиональную деятельность, через ретроспективу техники технологий АПК, современные методы проектирования, конструирования и расчёта машин, аппаратов и биореакторов, описание линий индустриальных технологий, комплексов оборудования малых предприятий, а также его ремонт и сервисное обслуживание.

Последние четыре книги из 19 излагают учебный материал по конструированию машин, аппаратов и биореакторов будущего. В них приводятся философский и инженерный аспекты развития технологических систем как диалектическая неизбежность; исследуются закономерности развития технических систем перерабатывающих и пищевых производств; описываются концептуальные основы идеальных машин, аппаратов и биореакторов, прогнозируются конструкторские решения технологического оборудования будущего. В этих книгах также детально рассматриваются закономерности преобразования пищевых сред в машинах, аппаратах и биореакторах, что позволяет выполнять взаимную адаптацию технологических свойств этих сред с одной стороны, и конструкций рабочих органов, рабочих поверхностей и рабочих объёмов технологического оборудования – с другой.

В комплект входит лабораторный практикум с 30 виртуальными лабораторными работами, в которых изучаются прототипы будущих инновационных конструкций технологического оборудования перерабатывающих и пищевых производств АПК. Эскизы этих инновационных конструкций должен разработать и защитить студент.

В 2019 г. в свет выйдет первый учебник комплекта книг «Введение в профессиональную деятельность». Весь комплект планируется завершением к 2025 г. (год начала реализации Шестого технологического уклада) с тем, чтобы опережающее инженерное образование в перерабатывающих и пищевых отраслях АПК оказалось предметно востребованным.

Ниже приводится перечень книг комплекта «Инженерия техники пищевых технологий»:

Блок 1: Инновационные процессы в образовании и продовольственном машиностроении

1. Введение в профессиональную деятельность (инженерия техники пищевых технологий).
2. Развитие инженерии техники пищевых технологий.
3. Проектирование и конструирование техники пищевых технологий.
4. Специальные инженерные расчеты техники пищевых технологий.

Блок 2: Техника пищевых производств индустриальных предприятий

5. Индустриальные технологические комплексы продуктов питания.
6. Оборудование для введения механических и гидромеханических процессов пищевых технологий.
7. Оборудование для ведения тепломассообменных процессов пищевых технологий.
8. Оборудование для ведения биопроцессов пищевых технологий.
9. Мультимедийный лабораторный практикум к созданию техники пищевых технологий.

Блок 3: Техника пищевых производств малых предприятий

10. Техника пищевых производств малых предприятий. Книга 1 (разборка сельскохозяйственного сырья на анатомические части).
11. Техника пищевых производств малых предприятий. Книга 2 (сборка пищевых продуктов из компонентов сельскохозяйственного сырья).
12. Техника пищевых производств малых предприятий. Книга 3 (комбинированная переработка сельскохозяйственного сырья).

Блок 4: Инженерия финишных операций и ремонта оборудования

13. Оборудование для ведения процессов упаковки в пищевых технологиях.
14. Оборудования для утилизации отходов пищевых производств.
15. Диагностика, ремонт и монтаж техники пищевых технологий.

Блок 5: Техника будущего пищевых технологий

16. Перспектива развития технологий и техники пищевых производств.
17. Конструирование машин будущего пищевых технологий (научно-технические аспекты).
18. Конструирование аппаратов будущего пищевых технологий (научно-технические аспекты).
19. Конструирование биореакторов будущего пищевых технологий (научно-технические аспекты).

Конечно, комплект этих учебников, как и любая техническая литература, нуждается в систематическом обновлении. Поэтому раз в 5-10 лет содержание книг необходимо пересматривать, дополняя техническими решениями технологических задач, работающих на опережение времени.

Таким образом, будущее технологий АПК и продовольственного машиностроения на новой технической базе может быть обеспечено только системой опережающего образования. Поэтому интеллектуализация образовательного процесса должна рассматриваться как проблема сегодняшнего дня и ключ к продовольственной безопасности страны.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Основы управления инновациями в пищевых отраслях АПК (Наука, технология, экономика) / под ред. акад. В. И. Тужилкина. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательский комплекс МГУПП, 1998. – 844 с.
2. Системное развитие техники пищевых технологий / С. Т. Антипов, [и др.]; под ред. акад. РАСХН В. А. Панфилова. – Москва: КолосС, 2010. – 762 с.
3. Каблов, Е. Н. Шестой технологический уклад / Е. Н. Каблов // Наука и жизнь. – 2010. – №4. – С. 2-7.
4. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Продовольственная безопасность: Раздел 1. – Москва: МГФ «Знание», 2000. – 554 с.
5. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Продовольственная безопасность: Раздел 2. – Москва: МГФ «Знание», 2001. – 480 с.
6. Инновационное развитие техники пищевых технологий / С.Т. Антипов [и др.]; под ред. акад. РАН В. А. Панфилова. – Санкт-Петербург: Издательство «Лань», 2016. – 660 с.
7. Машины и аппараты пищевых производств: в 3-х кн. / С. Т. Антипов [и др.]; под ред. акад. РАСХН В.А.Панфилова. – изд. 2-е, перераб. и доп. – Москва: КолосС, 2009. – Кн.1. – 610 с.
8. Машины и аппараты пищевых производств: в 3-х кн. / С. Т. Антипов [и др.]; под ред. акад. РАСХН В. А. Панфилова. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Москва: КолосС, 2009. – Кн.2. – 847 с.
9. Машины и аппараты пищевых производств: в 3-х кн. / С. Т. Антипов [и др.]; под ред. акад. РАСХН В. А. Панфилова. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Москва: КолосС, 2009. – Кн.3. – 551 с.
10. Техника пищевых производств малых предприятий. / С. Т. Антипов [и др.]; под ред. акад. РАСХН В. А. Панфилова. – Москва: КолосС, 2007. – 696 с.
11. Погорелый, Л. В. Сельскохозяйственная техника и технология будущего / Л. В. Погорелый. – Киев: Урожай, 1988. – 176 с.
12. Кошкин, Л. Н. Роторные и роторно-конвейерные линии / Л. Н. Кошкин. – 2-е изд., стереотип. – Москва: Машиностроение, 1986. – 320 с.
13. Панфилов, В. А. Теория технологического потока / В. А. Панфилов. – 3-е изд., стереотип. – Москва: ИНФРА – М, 2019. – 320 с.
14. Прейс, В. В. Технологические роторные машины: вчера, сегодня, завтра / В. В. Прейс. – Москва: Машиностроение, 1986. – 128 с.
15. Система образования и безопасность России. – Москва: ФГНУ «Росинформагротех», 2002. – 164 с.

REFERENCES

1. *Osnovy upravleniya innovatsiyami v pishchevykh otraslyakh APK. Nauka, tekhnologiya, ekonomika* [Fundamentals of innovation management in food industries of the agro-industrial complex]. Moscow, Izdatel'skiy kompleks MGUPP, 1998, 844 p.

2. Antipov S. T., Panfilov V. A., Urakov O. A., Shahov S. V. *Sistemnoe razvitie tekhniki pishchevykh tekhnologiy* [System development of food technology]. Moscow, KolosS, 2010, 762 p.
3. Kablov E. N. *Shestoy tekhnologicheskiy uklad* [The sixth technological wave]. *Nauka i zhizn* ', 2010, no. 4, pp. 2-7.
4. *Bezopasnost' Rossii. Pravovye, sotsial'no-ekonomicheskie i nauchno-tekhnicheskie aspekty. Prodovol'stvennaya bezopasnost'* [Security of Russia. Legal, socio-economic, scientific and technical aspects. Food security]. Moscow, MGF "Znanie", 2000, part 1, 554 p.
5. *Bezopasnost' Rossii. Pravovye, sotsial'no-ekonomicheskie i nauchno-tekhnicheskie aspekty. Prodovol'stvennaya bezopasnost'* [Security of Russia. Legal, socio-economic, scientific and technical aspects. Food security]. Moscow, MGF "Znanie", 2001, part 2, 480 p.
6. Antipov S. T., Zhuravlyov A. V., Kazarcev D. A., Mordasov A. G. i dr. *Innovatsionnoe razvitie tekhniki pishchevykh tekhnologiy* [Innovative development of food technology]. Saint-Petersburg, Izd-vo "Lan", 2016, 660 p.
7. Antipov S. T., Kretov I. T., Ostrikov A. N. i dr. *Mashiny i apparaty pishchevykh proizvodstv* [Machines and apparatus of food production]. Moscow, KolosS, 2009, vol. 1, 610 p.
8. Antipov S. T., Kretov I. T., Ostrikov A. N. i dr. *Mashiny i apparaty pishchevykh proizvodstv* [Machines and apparatus of food production]. Moscow, KolosS, 2009, vol. 2, 847 p.
9. Antipov S. T., Kretov I. T., Ostrikov A. N. i dr. *Mashiny i apparaty pishchevykh proizvodstv* [Machines and apparatus of food production]. Moscow, KolosS, 2009, vol. 3, 551 p.
10. Antipov S. T., Dobromirov V. E., Klyuchnikov A. I. i dr. *Tekhnika pishchevykh proizvodstv malyykh predpriyatiy* [Procedures of food productions of small enterprises]. Moscow, KolosS, 2007, 696 p.
11. Pogorelyy L. V. *Sel'skokhozyaystvennaya tekhnika i tekhnologiya budushchego* [Agricultural machinery and technology of the future]. K., Urozhay, 1988, 176 p.
12. Koshkin L. N. *Rotornye i rotorno-konveyernye linii* [Rotary and rotary-conveyor lines]. Moscow, Mashinostroenie, 1986, 320 p.
13. Panfilov V. A. *Teoriya tekhnologicheskogo potoka* [Technological flow theory]. Moscow, 2019, 320 p.
14. Preys V. V. *Tekhnologicheskie rotornye mashiny: vchera, segodnya, zavtra* [Technological rotary machines: yesterday, today, tomorrow]. Moscow, Mashinostroenie, 1986, 128 p.
15. *Sistema obrazovaniya i bezopasnost' Rossii* [Education and security system of Russia]. Moscow, FGNU "Rosinformagrotekh", 2002, 164 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Антипов Сергей Тихонович – Воронежский государственный университет инженерных технологий; доктор технических наук, профессор; заведующий кафедрой машин и аппаратов пищевых производств; Заслуженный изобретатель Российской Федерации; E-mail: ast@vsuet.ru

Antipov Sergey Tikhonovich – Voronezh State University of Engineering Technologies; PhD in Technical Sciences, Professor; Head of the Department of machines and equipment for food production; Honored Inventor of the Russian Federation; E-mail: ast@vsuet.ru

Никифоров Александр Владимирович – издательство «Лань» (г. Санкт-Петербург); директор; E-mail: nikiforov@lanbook.ru

Nikiforov Alexandr Vladimirovich – Publishing house “Lan” (Saint- Petersburg); director; E-mail: nikiforov@lanbook.ru

Панфилов Виктор Александрович – Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева (г. Москва); доктор технических наук, академик РАН, профессор кафедры процессов и аппаратов перерабатывающих производств; E-mail: vap@rgau-msha.ru

Panfilov Viktor Alexandrovich – Russian State Agrarian University – K. A. Timiryazev MAA (Moscow); PhD in Technical Sciences, Academician of Russian Academy of Sciences; E-mail: vap@rgau-msha.ru

УДК 663.18:664.68(06)

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СДОБНОГО ПЕЧЕНЬЯ, ОБОГАЩЕННОГО
НАТУРАЛЬНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ,
ПО ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

И. А. Бессмертная, О. В. Казимирченко, Н. В. Васильченко

QUALITY ASSESSMENT OF BUTTER BISCUITS ENRICHED WITH NATURAL
PLANT COMPONENTS BY PHYSICAL, CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL
PARAMETERS

I. A. Bessmertnaya, O. V. Kazimirchenko, N. V. Vasilchenko

В статье приведены результаты оценки качества сдобного печенья, обогащенного натуральными компонентами растительного сырья по физико-химическим и микробиологическим показателям. Внесение в рецептуру спельтовой муки, миндаля, моркови, какао и цедры апельсина способствовало обогащению сдобного печенья пищевыми волокнами, макро- и микроэлементами, белком. Проведены экспериментальные исследования определения рациональных режимов термической обработки печенья по сенсорным показателям и величине упека. По результатам анализа установлены рациональные параметры термической обработки образцов сдобного печенья: температура 180° С при пятнадцатиминутной продолжительности выпекания и температура 170° С при длительности термообработки 17,5 мин. Разработанная технологическая схема производства обогащенного сдобного печенья позволяет рационально использовать остатки теста после первичного штампования, что способствует получению двух видов: двухцветного и мраморного. Физико-химические показатели (массовая доля влаги и жира) в продукте не превышали нормативных значений согласно нормативной документации. Однако показатель «намокаемость» был меньше нормируемого значения на 3,1 %, что определялось невысоким содержанием жира и сахара в обогащенном сдобном печенье. Разработанные образцы соответствовали нормируемым микробиологическим показателям безопасности. По органолептическим и санитарно-микробиологическим параметрам срок годности сдобного печенья, обогащенного натуральными компонентами растительного сырья, составил 30 сут при температуре хранения 18±5° С и относительной влажности воздуха не выше 75 %. К концу срока хранения наблюдали изменение органолептического показателя «хрупкость»: появление сухости и незначительного хруста при разломе печенья, но микробиологические показатели не превышали нормативных значений.

сдобное печенье, температурный режим, микробиологические показатели, сенсорные показатели, срок хранения

The quality of butter biscuits enriched with natural plant components has been estimated by physico-chemical and microbiological parameters. Introduction of spelt

flour, almonds, carrots, cocoa and orange zest has enriched the butter biscuits with dietary fiber, macro- and microelements, and protein. Experimental studies of thermal treatment of cookies by sensory indicators and amount of baking losses have been carried out. According to the analysis results, the rational parameters of thermal treatment of the biscuits have been established: temperature of 180 C in case of 15 minutes baking time and 170 C in case of 17.5 minutes baking time. The developed technological scheme of enriched butter biscuits production allows rational using of dough residues after primary stamping, which in turn makes it possible to obtain two types of butter biscuits (two-color and marble biscuits). Physical and chemical indicators (mass fraction of moisture and fat) in butter biscuits do not exceed the standard values according to the regulatory documents. However the «wetting» indicator was 3.1% less than the normalized value due to low contents of fat and sugar in the enriched butter biscuits. The developed samples of biscuits corresponded to normalized microbiological safety indicators. The shelf life of the butter biscuits enriched with natural plant components according to organoleptic and microbiological data obtained is 30 days at a storage temperature of 18 ± 5 C and relative air humidity not higher than 75%. At the end of the storage the appearance of dryness and a slight crunch when cracking cookies has been observed, but the microbiological indicators have not exceeded standard values.

butter biscuits, temperature, microbiological indicators, sensory indicators, shelf life

ВВЕДЕНИЕ

Мучные кондитерские изделия пользуются у населения большой популярностью, в особенности у детей школьного возраста. Из всего разнообразия мучных кондитерских изделий потребительский спрос на печенье постоянно повышается.

Сдобное печенье – кондитерское изделие, обладающее приятным вкусом, ароматом и привлекательным внешним видом. Привлекательность придают разнообразная форма, начинка и внешняя отделка. Вследствие невысокой влажности большинство видов сдобного печенья имеет длительный срок хранения.

Сдобное печенье – источник важных для организма человека пищевых веществ. Изделия, приготовленные из сдобного теста высококалорийны и хорошо усвояемы. Калорийность обусловлена значительным содержанием сахара, жира и яицпродуктов в рецептурах [1]. Поэтому чрезмерное употребление таких продуктов нарушает сбалансированность рациона питания по пищевой и энергетической ценности.

С целью повышения пищевой ценности мучных кондитерских изделий производители обогащают изделия натуральными компонентами растительного сырья (овощи, ягоды, фрукты, орехи, зерновые и продукты их переработки). Введение сырья растительного происхождения в рецептуру мучных кондитерских изделий позволяет не только расширить ассортимент продукции, изменить органолептические и потребительские характеристики, но и обогатить изделия микро- и макроэлементами, пищевыми волокнами. Сочетание различных компонентов растительного сырья способствует улучшению вкуса, аромата и цвета, что позволяет исключить из рецептурного состава красители, ароматизаторы, кислоты.

Каждый из рецептурных компонентов, образующих сложную систему сдобного теста, играет определенную роль в процессе тестообразования [1]. При этом особо важен контроль и управление технологическими (влажность, температура, продолжительность замеса) и рецептурными (количество, качество, консистенция вносимого сырья) факторами, которые определяют качество готовых мучных кондитерских изделий. Сдобное печенье способно подвергаться изменениям, вызванным физическими, физико-химическими, химическими или микробиологическими процессами. Физические процессы обусловлены деформацией, возникающей при механическом воздействии на изделия, которое приводит к повреждениям, разрушающим структуру печенья, вызывая количественные потери (раскрошка печенья). Физико-химические процессы оказывают влияние на изменение сорбционно-десорбционных свойств печенья. Сорбционные процессы приводят к увлажнению печенья, обладающего гигроскопическими свойствами, и способствуют его размягчению и деформации. Процесс десорбции вызывает усушку, которая влечет за собой потерю массы печенья. Химический процесс – прогоркание жиров, протекающий в печенье при контакте с кислородом воздуха, придает изделию горький вкус и прогорклый запах. Микробиологические процессы плесневения, брожения – одна из главных причин порчи продукции при хранении [2]. Поэтому соблюдение технологических параметров на всех стадиях производственного процесса способно обеспечить стабильные характеристики готовой продукции, соответствующие показателям нормативной документации.

Цель нашего исследования – оценка качества сдобного печенья, обогащенного натуральными компонентами растительного сырья по физико-химическим и микробиологическим показателям.

При проведении исследований были поставлены следующие задачи

1. Разработать рецептуру обогащенного сдобного печенья и определить его химический состав и энергетическую ценность;
2. Обосновать выбор температурного режима приготовления печенья по сенсорным показателям и величине упека;
3. Разработать технологическую схему производства обогащенного сдобного печенья;
4. Оценить качество разработанного сдобного печенья по физико-химическим и микробиологическим параметрам.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Разработка рецептуры осуществлялась экспериментально в соответствии с органолептическими показателями качества сдобного печенья согласно ГОСТ 24901-2014 [3].

Анализ пищевой и энергетической ценности проводили расчетным методом на основании таблиц химического состава пищевых продуктов [4, 5] с помощью программы MS Excel. Полученные данные сравнивались с нормами физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения (детей 7-11 лет) [6].

Экспериментальные режимы выпекания образцов сдобного печенья осуществляли при температурах 170, 180 и 190° С. Длительность выпекания при каждом температурном режиме составляла 15, 17,5 и 20 мин. Оценку качества

опытных образцов осуществляли по сенсорным показателям (форма, поверхность, вкус и запах, цвет, вид в изломе, хрупкость) и упеку.

Упек (%) рассчитывали по формуле:

$$\text{Упек (\%)} = \frac{\text{Масса изделия до выпекания} - \text{Масса изделия после выпекания}}{\text{Масса изделия до выпекания}} * 100. [7]$$

Обработку экспериментальных данных проводили при помощи программы MS Excel.

Для определения физико-химических показателей использовали стандартные методики: массовую долю влаги определяли по ГОСТ 5900-2014 [8], намокаемость – по ГОСТ 10114-80 [9], массовую долю жира – по ГОСТ 31902-2012 [10].

Микробиологические испытания включали определение количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) [11], бактерий группы кишечных палочек (БГКП) [12], патогенных микроорганизмов, в том числе Salmonella [13], плесеней и дрожжей [14].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При проведении исследований использовали рецептуру сдобного печенья, разработанную нами экспериментальным путем (табл. 1).

Таблица 1. Рецептура сдобного печенья, обогащенного натуральными компонентами растительного сырья (на 100 кг продукта)

Table 1. Recipe of butter biscuits enriched with natural plant components (per 100 kg of product)

Наименование ингредиента	Расход сырья, кг
Мука полбяная (спельтовая)	29,41
Мука пшеничная высшего сорта	29,41
Сахар	16,69
Сливочное масло	19,87
Яйцо	14,57
Какао	1,32
Разрыхлитель	0,66
Соль	0,20
Миндаль обжаренный, без добавления соли	1,99
Морковь	5,30
Цедра апельсина	1,32
Итого:	120,76

Разработанный готовый продукт представлял собой двухцветное печенье, светлая (сливочная) сторона которого включала спельтовую муку и миндаль, темная (шоколадная) – спельтовую муку, какао, морковь и цедру апельсина. Миндаль, обжаренный в течение 7 мин при температуре 160° С, добавляли в сливочное тесто в дробленном виде (фракциями 3-4 мм). Цедру апельсина и морковь в

измельченном состоянии (диаметр отверстия терки 2 мм), предварительно отжатые от сока, вводили в шоколадное тесто. Смешивание моркови с цедрой апельсина и какао способствовало исключению яркого привкуса моркови в печенье [15].

Данные по анализу химического состава и энергетической ценности разработанного обогащенного сдобного печенья представлены в табл. 2.

Таблица 2. Химический состав и энергетическая ценность обогащенного сдобного печенья (на 100 г продукта)

Table 2. Chemical composition and energy value of the enriched butter biscuits (per 100 g of product)

Показатели	Рекомендуемая физиологическая норма потребления (МР 2.3.1.2432-08) [6]	Содержание в 100 г сдобного печенья	Соответствие суточной норме, %
Белок, г	63,0	8,3	13,1
Жир, г	70,0	15,3	21,8
Углеводы, г	305,0	47,6	15,6
В т.ч. сахара, г		16,7	3,2
Пищевые волокна, г	15,0	1,9	12,8
Энергетическая ценность, кКал	2100,0	360,3	17,1
Витамины, мг			
Витамин А, мкг рет.экв	0,7	0,2	34,4
Тиамин (В ₁), мг	1,1	0,1	13,9
Рибофлавин (В ₂), мг	1,2	0,1	10,9
Пантотеновая кислота (В ₅), мг	3,0	0,5	17,6
Пиридоксин (В ₆)	1,5	0,1	8,3
Фолиевая кислота (В ₉)	0,2	0,02	10,0
Витамин Е	10,0	1,4	14,2
Ниацин (РР)	15,0	3,0	20,3
Витамин С	60,0	1,7	2,8
Макро- и микроэлементы, мг			
Кальций (Са)	1100,0	31,3	2,8
Калий (К)	900,0	185,8	20,6
Магний (Mg)	250,0	49,8	19,9
Натрий (Na)	1000,0	86,3	8,6
Железо (Fe)	12,0	2,1	17,5
Марганец (Mn)	5,0	0,9	18,3
Фосфор (P)	1100,0	103,2	9,4
Цинк (Zn)	10,0	0,7	7,1
Медь (Cu)	0,7	0,2	25,8

Спельтовая мука ценится за высокое содержание белков, липидов, пищевых волокон, минеральных веществ (на 30-60 % больше железа, меди, фосфора, магния, калия, цинка, селена по сравнению с пшеничной мукой), витаминов группы В, Е и ниацина [4, 5]. Учитывая, что комбинация муки (спельтовая и пшеничная высшего сорта) – основная составляющая рецептуры сдобного печенья (48,7 %), очевидно, что витаминно-минеральный состав готового продукта будет превалировать по микро- и макроэлементам, содержащимся в спельтовой муке. Внесение в рецептуру сдобного печенья моркови (в установленном количестве) удовлетворяет физиологически обоснованную суточную потребность организма детей 7-11 лет в витамине А на 12,5 %. Повышение уровня содержания витамина Е в готовом продукте обуславливается добавлением миндаля в рецептурный состав сдобного печенья.

При выборе рациональной термической обработки печенья учитывали сенсорные показатели и величину упека, влияющую на выход готовой продукции [7]. Профилограммы оценок органолептических показателей печенья (форма, поверхность, вкус и запах, цвет, вид в изломе, хрупкость) при различных температурных режимах выпекания представлены на рис. 1.

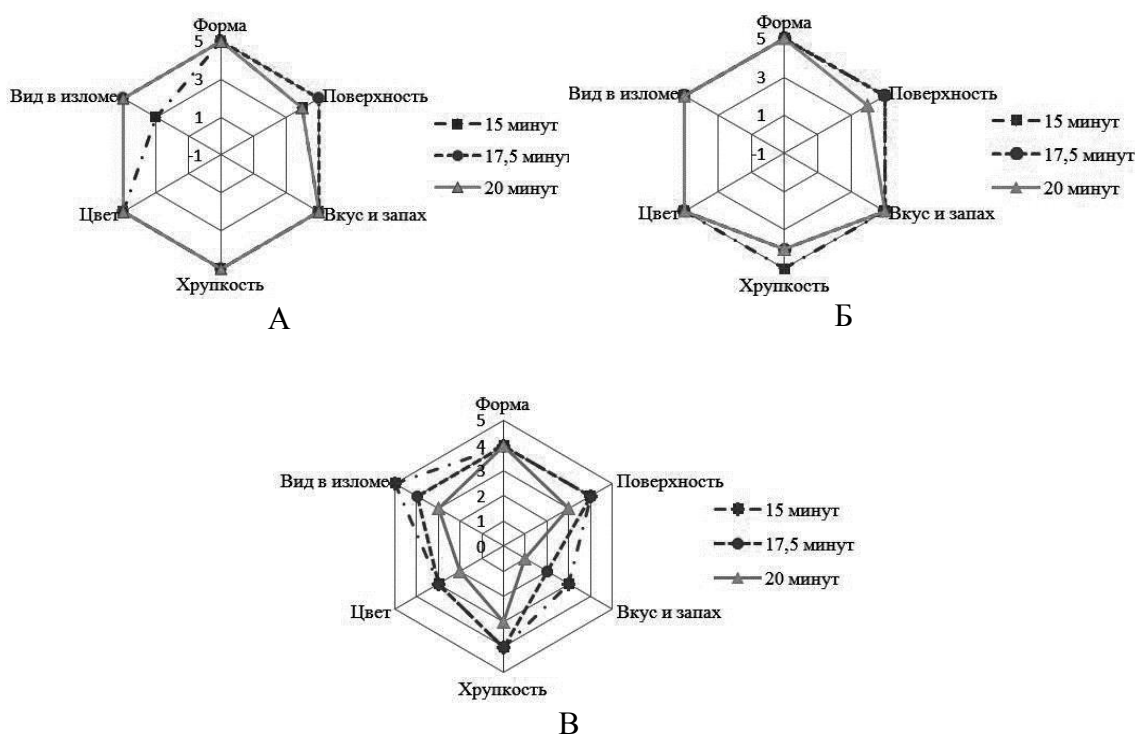


Рис. 1. Профилограммы оценок качества печенья при различных температурных режимах выпекания: А – 170° С; Б – 180° С; В – 190° С

Fig. 1. Profile diagrams of quality assessments of biscuits at different baking temperatures: А – 170° С; В – 180° С; С – 190° С

Анализ профилограмм показал, что наилучшую органолептическую оценку качества получили образцы печенья, прошедшие тепловую обработку при температурах 180 и 170° С и длительности выпекания 15 и 17,5 мин соответственно. Более низкая сенсорная оценка других образцов печенья была обусловлена твердостью, подгорелым запахом и темным цветом, что определялось превышенной температурой и продолжительностью выпекания.

Зависимость величины упека образцов сдобного печенья от температуры и длительности выпекания представлена на рис. 2.

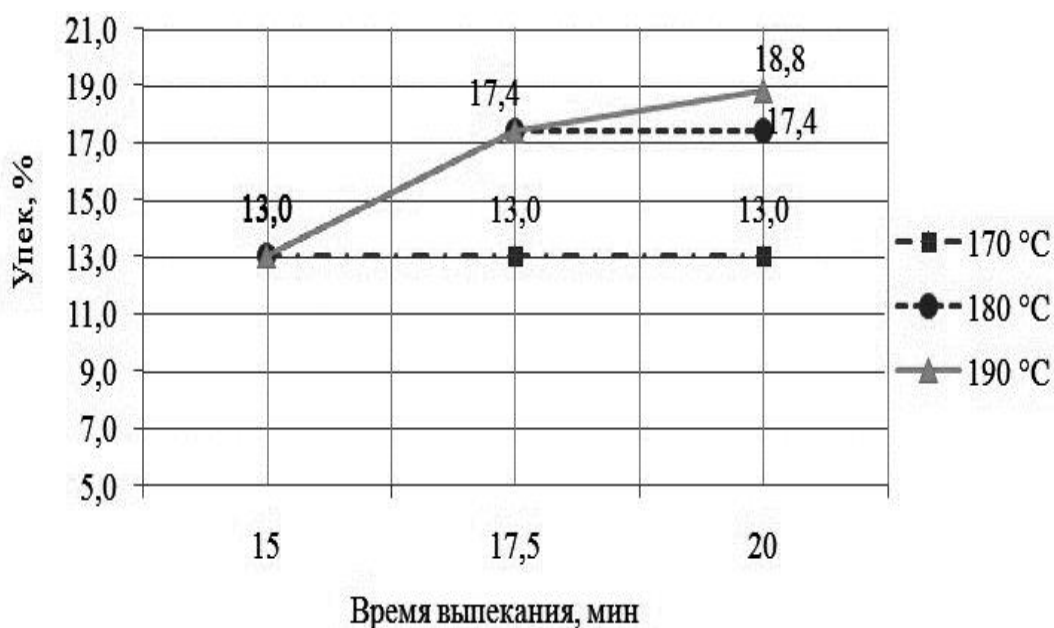


Рис. 2. Определение упека в образцах сдобного печенья при различной температуре и длительности выпекания
 Fig. 2. Determination of the baking loss in butter biscuits samples at various temperatures and baking time

Результаты расчета величины упека показали, что наименьший процент упека был у всех образцов печенья, выпеченных при температуре 170° С и у образцов, прошедших тепловую обработку при 180 и 190° С при пятнадцатиминутном выпекании. Таким образом, с учетом сенсорных показателей и величины упека образцов сдобного печенья рациональными температурными режимами можно считать 180° С при пятнадцатиминутном выпекании и 170 ° С при длительности выпекания 17,5 мин.

Органолептическая характеристика печенья при выбранных рациональных термических режимах представлена в табл. 3.

Таблица 3. Органолептическая характеристика сдобного печенья, обогащенного натуральными компонентами растительного сырья

Table 3. Organoleptic characteristics of butter biscuits enriched with natural plant components

№ образца	Наименование показателя	Характеристика печенья
1	Форма	Фиксированная, четкая, нерасплывчатая, без вмятин. Края печенья без повреждений, ровные или фигурные. Без надрыва (след от разлома двух изделий, слипшихся ребрами во время выпечки). Ненадломленные
2	Поверхность	Неподгорелая, без вздутий. Нижняя часть изделия ровная. Без вкраплений не полностью растворенных кристаллов сахара. Поверхность шероховатая с вкраплениями частиц спельтовой муки. Без трещин. Наличие мелких вкраплений крошек ореха и стружки моркови
3	Цвет	Равномерный, от светло-коричневого до темно-коричневого, соответствующий какао для темной стороны печенья, светло-соломенный цвет – для светлой. Без наличия темной окраски краев печенья, нижней стороны и следов от противня
4	Вид в изломе	Пропеченное изделие с равномерной пористой структурой. Без пустот и следов непромеса. Без наличия нерастворенных кристаллов сахара и комочков муки.
5	Вкус и запах	Яркий вкус и аромат обогатительных компонентов, входящих в состав изделия (за исключением моркови). Четко выраженный вкус светлой и темной сторон печенья. Без постороннего вкуса и запаха. Без привкуса горечи
6	Хрупкость (поведение при разломе)	Мягкое. Нежное. Легко разламывается. Без хруста при разломе/незначительный

После первичного формования остаются излишки теста, которые не подлежат повторной раскатке, так как изменяется внешний вид готового продукта. Предложенные нами изменения в стандартную технологическую схему производства обогащенного сдобного печенья позволят рационально использовать остатки теста после первичного формования (рис. 3).

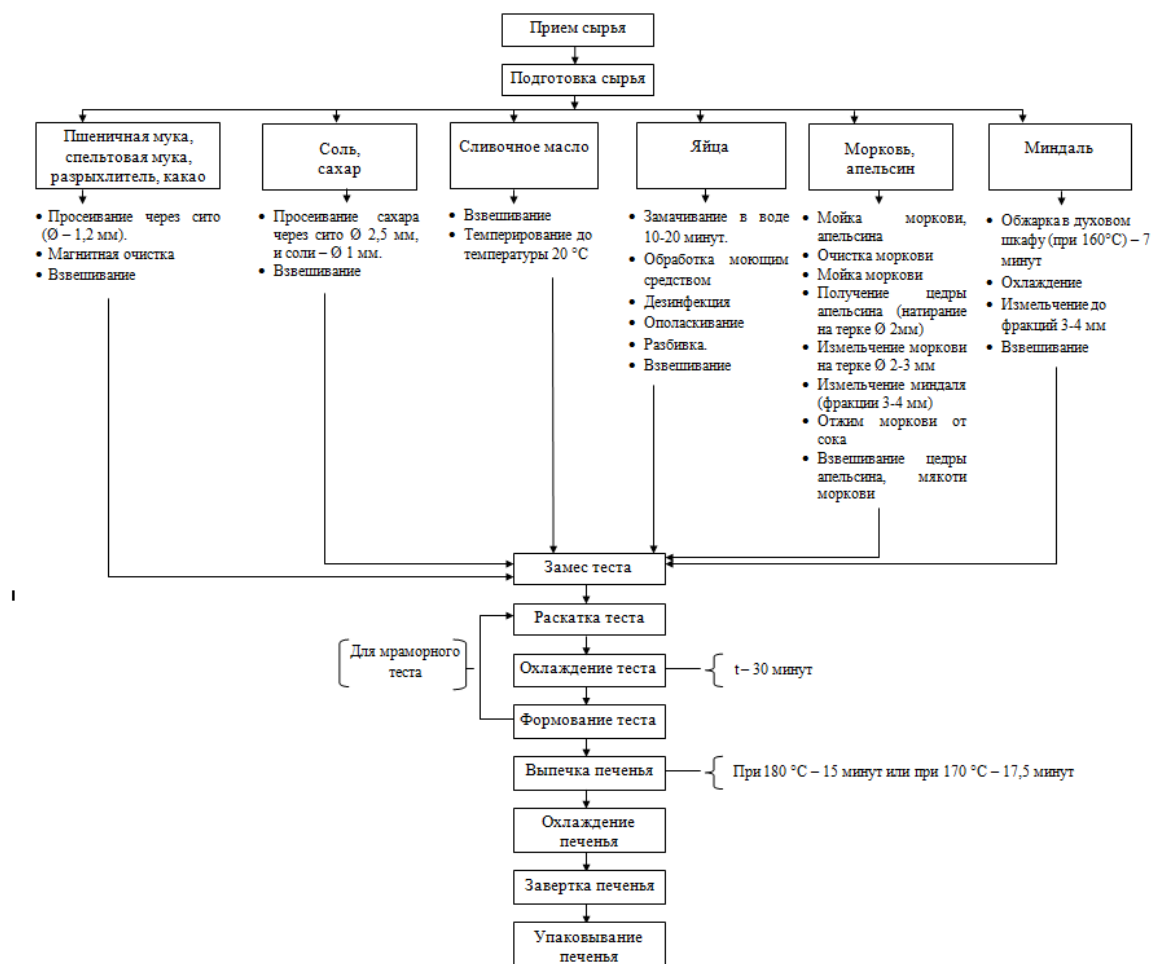


Рис. 3. Технологическая схема приготовления обогащенного сдобного печенья
 Fig. 3. Process diagram of making enriched butter biscuits

Согласно технологической схеме возможно производство двух видов сдобного печенья: двухцветное и мраморное. Мраморное печенье отличается от «базового» цветом и отсутствием четко выраженного вкуса сливочной и шоколадной сторон печенья. После первичного формования двухцветные тестовые заготовки подвергаются выпечке. Остатки после штампования двухцветного теста соединяются и повторно раскатываются. При этом образуется мраморный рисунок изделия. Невысокая интенсивность и продолжительность смешивания тестовых остатков ограничивает набухание белков клейковины, способствуя сохранению пластичности теста и получению готовой продукции высокого качества.

Результаты исследования физико-химических показателей обогащенного сдобного печенья представлены в табл. 4.

Таблица 4. Физико-химические показатели обогащенного сдобного печенья
Table 4. Physico-chemical parameters of enriched butter biscuits

Анализируемый показатель, %	Нормативное значение (ГОСТ 24901-2014) [3]	Фактическое значение
Массовая доля влаги	Не более 16,0	7,1±0,55
Намокаемость	Не менее 150	146,9±0,78
Массовая доля жира	Не более 40,0	18,4±0,5

Показатели «массовая доля влаги» и «массовая доля жира» в сдобном печенье не превышали нормативных значений. Снижение намокаемости (на 3,1 % ниже нормируемого показателя), вероятно, было обусловлено невысоким содержанием сахара (18,5 %) и жира (18,4 %), которые обладают способностью ограничивать адсорбцию влаги коллоидами муки, препятствуя их набуханию. Таким образом, уменьшенное количество сахара и жира в рецептуре увеличило водопоглощающую способность муки, что привело к незначительному уплотнению структуры теста и снижению пористости изделия.

Для установления сроков годности образцы печенья были заложены на хранение при температуре 18±5° С и относительной влажности воздуха не выше 75 % в полимерные пакеты с Zip-lock замками и в коробки. Результаты санитарно-микробиологических исследований сдобного печенья представлены в табл. 5.

Таблица 5. Результаты микробиологических исследований обогащенного сдобного печенья

Table 5. Results of microbiological analysis of enriched butter biscuits

Анализируемый показатель	Нормативное значение (ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой про- дукции») [17]	Продолжительность хранения, сут				
		0 (фон)*	10	20	30	40
Санитарно-показательные микроорганизмы						
Количество мезо-фильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов, КОЕ/г, не более	1x10 ⁴	1x10 ⁴	15x10 ¹	15x10 ¹	15x10 ¹	0,09x10 ⁴
Бактерии группы кишечных палочек (колиформы) не допускаются в массе продукта, (г)	0,1	Не обнаружено				

* печенье свежеприготовленное

Окончание табл. 5

Анализируемый показатель	Нормативное значение (ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции») [16]	Продолжительность хранения, сут				
		0 (фон)	10	20	30	40
Патогенные микроорганизмы						
Патогенные микроорганизмы в т.ч. <i>Salmonella</i> , не допускаются в массе продукта, (г)	25	Не обнаружено				
Микробы-порчи						
Плесени, КОЕ/г, не более	100	Менее 1	Не обнаружено			
Дрожжи, КОЕ/г, не более	50	Не обнаружено				

Как видно из полученных данных, на протяжении 30 сут хранения обогащенного сдобного печенья показатель КМАФАнМ не превысил нормативных значений. Фоновое значение КМАФАнМ обеспечивалось наличием вегетативных спорных бактерий, которые были внесены с растительными компонентами. Санитарно-показательных бактерий группы кишечных палочек (БГКП) и патогенных бактерий рода *Salmonella* не обнаружили. Количество колоний плесневых грибов не превысило нормативного значения согласно ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» [16]. Срок хранения сдобного печенья составил 30 сут. На десятые сутки хранения отмечали резкое понижение показателя общей бактериальной обсемененности. К концу срока хранения наблюдали изменение органолептического показателя «хрупкость»: появление сухости и незначительного хруста при разломе печенья, но микробиологические показатели не превышали нормативных значений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внесение в разработанную рецептуру сдобного печенья натуральных компонентов растительного сырья позволяет повысить пищевую ценность продукта и улучшить его вкусовые качества.

Установлены рациональные параметры термической обработки образцов сдобного печенья, позволяющие достичь наилучших потребительских характеристик при минимальном упеке: температура 180° С при пятнадцатиминутной продолжительности выпекания и 170° С при длительности термообработки 17,5 мин.

Разработанная технологическая схема производства обогащенного сдобного печенья позволяет рационально использовать остатки теста после первичного штампования, появляется возможность приготовления печенья с мраморным рисунком, обладающего новыми вкусовыми качествами.

Физико-химические показатели (массовая доля влаги и жира) в сдобном печенье не превышали нормативных значений согласно нормативной документации. Однако показатель «намокаемость» был меньше нормируемого значения на 3,1%, что могло определяться невысоким содержанием жира и сахара в обогащенном продукте.

Разработанные образцы сдобного печенья соответствовали нормируемым микробиологическим показателям безопасности. По органолептическим и санитарно-микробиологическим параметрам срок годности печенья, обогащенного натуральными компонентами растительного сырья, составил 30 сут при температуре хранения $18 \pm 5^\circ \text{C}$ и относительной влажности воздуха не выше 75 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Корячкина, С. Я. Технология мучных кондитерских изделий: учебник / С. Я. Корячкина, Т. В. Матвеева. – Санкт-Петербург: Троицкий мост, 2011. – 400 с.
2. Богатырев, С. А. Технология хранения и транспортирования товаров: учебное пособие / С. А. Богатырев, И. Ю. Михайлова. – Москва, 2009. – 86 с.
3. ГОСТ 24901-2014 Печенье. Общие технические условия.
4. Скурихин, И. М. Химический состав пищевых продуктов: в 2 кн. / И. М. Скурихин, М. Н. Волгарев. — 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: ВО «Агропромиздат», 1987. – Кн. 1: Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов. – 224 с.
5. Крюкова, Е. В. Исследование химического состава полбяной муки / Е. В. Крюкова, Н. В. Лейберова, Е. И. Лихачева // Вестник Южно-Уральского государственного университета. – 2014. – Т. 2, № 2 – С. 75-81.
6. МР 2.3.1.2432—08 Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации.
7. Бутейкис, Н. Г. Технология приготовления мучных кондитерских изделий: учебник для проф.-техн. уч-щ по подготовке кондитеров / Н. Г. Бутейкис, А. А. Жукова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Экономика, 1984. – 256 с.
8. ГОСТ 5900-2014 Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ.
9. ГОСТ 10114-80 Изделия кондитерские мучные. Метод определения намокаемости.
10. ГОСТ 31902-2012 Изделия кондитерские. Методы определения массовой доли жира.
11. ГОСТ 10444.15-94 Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов.
12. ГОСТ 31747-2012 Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий).
13. ГОСТ 31659-2012 Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода *Salmonella*.
14. ГОСТ 10444.12-2013 Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов.

15. Бессмертная, И. А. Некоторые аспекты технологии печенья из смеси пшеничной и спельтовой муки / И. А. Бессмертная, Н. В. Васильченко // Инновации в технологии продуктов здорового питания: V Национальная научная конференция (3-5 сент.). – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2018. – С. 31-36.

16. Технический регламент Таможенного союза 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

REFERENCES

1. Koryachkina S. Ya. *Tekhnologiya muchnykh konditerskikh izdeliy* [Flour confectionery technology]. SPb, Troitskiy most, 2011, 400 p.

2. Bogatyrev S. A. *Tekhnologiya khraneniya i transportirovaniya tovarov* [Technology of storage and transportation of goods]. Moscow, 2009, 86 p.

3. GOST 24901-2014 Pechen'e. Obshchie tekhnicheskie usloviya [Biscuits. General specifications].

4. Skurikhin I. M. *Khimicheskiy sostav pishchevykh produktov. Kn. 1: Spravochnye tablitsy sodержaniya osnovnykh pishchevykh veshchestv i energeticheskoy tsennosti pishchevykh produktov* [Chemical composition of food. Vol. 1: Reference tables of basic nutrients and energy value of food]. Moscow, Agropromizdat, 1987, 224 p.

5. Kryukova E. V., Leyberova N. V., Likhacheva E. I. Issledovanie khimicheskogo sostava polbyanoy muki [Study of the chemical composition of spelt flour]. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo Gos. Univ.*, 2014, vol. 2, no. 2, pp. 75-81.

6. MR 2.3.1.2432-08 *Normy fiziologicheskikh potrebnostey v energii i pishchevykh veshchestvakh dlya razlichnykh grupp naseleniya Rossiyskoy Federatsii* [Norms of physiological energy and nutrient requirements for various groups of the population of the Russian Federation].

7. Buteykis N. G. *Tekhnologiya prigotovleniya muchnykh konditerskikh izdeliy* [Technology of cooking pastry]. Moscow, Ekonomika, 1984, 256 p.

8. GOST 5900-2014 Izdeliya konditerskie. Metody opredeleniya vlagi i sukhikh veshchestv [Confectionery. Methods for determination of moisture and solids].

9. GOST 10114-80 Izdeliya konditerskie muchnye. Metod opredeleniya namo-kaoemosti [Flour confectionary. Method for determination of water absorbtion].

10. GOST 31902-2012 Izdeliya konditerskie. Metody opredeleniya massovoy doli zhira [Confectionery. Methods for determination of fat weight fraction].

11. GOST 10444.15-94 Produkty pishchevye. Metody opredeleniya kolichestva mezofil'nykh aerobnykh i fakul'tativno-anaerobnykh mikroorganizmov [Food products. Methods for determination of quantity of mesophilic aerobes and facultative anaerobes].

12. GOST 31747-2012 Produkty pishchevye. Metody vyyavleniya i opredeleniya kolichestva bakteriy gruppy kishechnykh paloček (koliformnykh bakteriy) [Food products. Methods for detection and quantity determination of coliformes].

13. GOST 31659-2012 Produkty pishchevye. Metod vyyavleniya bakteriy roda Salmonella [Food products. Method for detection of Salmonella spp].

14. GOST 10444.12-2013 Mikrobiologiya pishchevykh produktov i kormov dlya zhivotnykh. Metody vyyavleniya i podscheta kolichestva drozhdzey i plesnevykh gribov [Microbiology of food and animal feeding stuffs. Methods for detection and colony count of yeasts and moulds].

15. Bessmertnaya I. A., Vasil'chenko N. V. *Nekotorye aspekty tekhnologii pechen'ya iz smesi pshe-nichnoy i spel'tovoy muki* [Some aspects of the technology of biscuits from a mixture of wheat and spelt flour]. *Natsional'naya V nauchnaya konferentsiya "Innovatsii v tekhnologii produktov zdorovogo pitaniya"* [National 5th Scientific Conference "Innovations in healthy food technology"]. Kaliningrad, KGTU, 2018, pp. 31-36.

16. Tekhnicheskiy reglament Tamozhennogo soyuza 021/2011 "O bezopasnosti pishchevoy produktii" [Technical Regulations of the Customs Union TR CU 021/2011 On Food Safety].

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Бессмертная Ирина Анатольевна – Калининградский государственный технический университет; кандидат технических наук, доцент; профессор кафедры технологии продуктов питания; E-mail: irina.bess@mail.ru

Bessmertnaya Irina Anatolyevna – Kaliningrad State Technical University; PhD in Engineering, Associate Professor; Professor of the Faculty of Mechanics and Technology; E-mail: irina.bess@mail.ru

Казимирченко Оксана Владимировна – Калининградский государственный технический университет; кандидат биологических наук, доцент; научный сотрудник; доцент кафедры ихтиопатологии и гидробиологии; E-mail: oksana.kazimirchenko@klgtu.ru

Kazimirchenko Oksana Vladimirovna – Kaliningrad State Technical University; PhD in Biology; Research Associate; Associate Professor of the Department of Ichthyopathology and Hydrobiology; E-mail: oksana.kazimirchenko@klgtu.ru

Васильченко Надежда Викторовна – Калининградский государственный технический университет; магистрант кафедры технологии продуктов питания; E-mail: nadezhdavasilchenko94@mail.ru

Vasilchenko Nadezhda Victorovna – Kaliningrad State Technical University; Graduate student of the Faculty of Mechanics and Technology; E-mail: nadezhdavasilchenko94@mail.ru

УДК 664.959, 664.951

ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЫБНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ДЛЯ ПИТАНИЯ ДЕТЕЙ ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

А. С. Куликова, И. М. Титова, М. В. Писарькова

DESIGN OF FISH SEMI-FINISHED PRODUCTS FOR NUTRITION OF SCHOOL-AGED CHILDREN

A.S. Kulikova, I. M. Titova, M. V. Pisarkova

Питание оказывает определяющее воздействие на рост и развитие детского организма. Отсутствие сбалансированного питания способно привести к появлению различных форм аллергий, анемии, рахита, повышению частоты инфекционных заболеваний. Статистика последних лет показывает рост заболеваний у детей возрастной группы от 0 до 14 лет по различным группам заболеваний. Одним из факторов, влияющих на неблагоприятную тенденцию, является несбалансированное питание. Дисбаланс в соотношении белков и углеводов в сторону увеличения последних, в том числе чрезмерное употребление сахара в рационе, приводят к ожирению, диабету и сопутствующим заболеваниям. В связи с этим возникает необходимость разработки сбалансированных по химическому составу продуктов. Продукты питания из рыбного сырья позволяют восполнить дефицит нутриентов. Рыба является основным источником ненасыщенных жирных кислот, потребление которых способствует профилактике ожирения и ряда сердечно-сосудистых заболеваний. Потребление рыбных блюд способно восполнить дефицит микро- и макроэлементов, витаминов. В работе представлено проектирование рецептур блюд из рыбных полуфабрикатов. Акцентируется внимание на продуктах, обогащенных витамином D. Обоснован выбор рыбного сырья и источника витамина D – это печень трески. Описана технологическая схема рыбного полуфабриката. В ходе работы установлены сроки годности замороженных рыбных полуфабрикатов: 108 сут при температуре минус $18\pm 1^\circ\text{C}$. Установлена микробиологическая безопасность разработанной продукции: Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) во всех точках контроля образцов не превышает нормируемого уровня. Важный аспект в питании детей школьного возраста – органолептические характеристики блюд. В результате экспертизы было определено, что исследуемая продукция характеризуется привлекательными органолептическими показателями: вкус и запах умеренно соленый, свойственный продуктам, привкуса печени трески не обнаружено, консистенция сочная, нежная. Разработанная рецептура рыбного полуфабриката «котлеты рыбные, обогащенные витамином D, с растительными компонентами» позволяет существенно повысить пищевую ценность и разнообразить рацион детей школьного возраста.

рыба, судак, печень трески, витамин D, рыбный полуфабрикат, школьное питание

Nutrition has a decisive effect on growth and development of a child's body. The lack of a balanced diet can lead to the development of various forms of allergies, anemia, rickets, an increase in the frequency of infectious diseases. Statistics of recent years shows an increase in various groups of diseases among children aged from 0 to 14 years. One of the factors affecting the unfavorable trend is unbalanced nutrition. The imbalance in the ratio of proteins and carbohydrates in the direction of increasing the latter, including excessive consumption of sugar in the diet leads to an increase in obesity, diabetes and coexisting diseases. In this regard, it is necessary to develop products that are balanced in chemical composition. Foods from fish raw materials allow compensating the deficiency of nutrients. Fish is the main source of unsaturated fatty acids, consumption of which contributes to the prevention of obesity and a number of cardiovascular diseases. Consumption of fish dishes is able to compensate for the deficit of micro and macro elements and vitamins. The paper presents the design of recipes of fish semi-finished products. The emphasis is on semi-finished products enriched with vitamin D. The choice of raw fish as well as the source of vitamin D (cod liver) has been substantiated. The technological scheme of fish semi-finished product has been described. In the course of work, expiration dates of frozen fish semi-finished products have been established: 108 days at a temperature of -18 ± 1 ° C. The microbiological safety of the developed products has been established: the number of mesophilic and facultative anaerobic micro organisms at all points of the samples control does not exceed the normalized level. An important aspect in the nutrition of school-aged children is organoleptic characteristics of dishes. As a result of the examination, it has been determined that the products under investigation are characterized by attractive organoleptic characteristics: the taste and smell are moderately salty, typical of products, the taste of cod liver has not been found, the consistency was juicy, tender. The developed recipe of fish semi-finished product "fish cutlets enriched with vitamin D, with herbal ingredients" can significantly increase the nutritional value and diversify the diet of school-aged children.

fish, pike perch, cod liver, vitamin D, fish semi-finished product, school feeding

ВВЕДЕНИЕ

Здоровье детей и подростков – основа благополучия и развития страны в будущем. По данным официальной статистической отчетности за период с 2005 по 2016 гг. значительно ухудшились показатели, характеризующие заболеваемость детей возрастной группы от 0 до 14 лет. Наиболее значительный рост выявлен по заболеваемости злокачественными новообразованиями (+62,5 %), болезнями эндокринной системы, расстройствами питания, нарушениями обмена веществ (сахарный диабет (+96,3 %), ожирение (+64,5 %)) [1, 2].

Рассматривая данные по потреблению основных продуктов питания и сравнивая их с рекомендуемыми нормами, утвержденными министерством здравоохранения РФ, можно проследить тенденцию: избыточное потребление углеводов на фоне существенного дефицита белка (табл. 1). Белки участвуют в ряде важнейших процессов и отвечают за пластическую, антиоксидантную, транспортную регуляторную и другие функции в организме человека.

Биологическая ценность белков заключается в наличии незаменимых аминокислот, которые не синтезируются в организме и должны поступать с пищей. Источниками незаменимых аминокислот являются: молоко и молочные продукты, яйца, мясо, рыба, печень – те группы продуктов, в которых отмечен дефицит потребления.

Таблица 1. Потребление основных продуктов питания и их нормы, в кг на душу населения (РФ) [3-5]

Table 1. Consumption of basic foods and their norms, in kg per capita

Группа продуктов питания	Норма (рекомендации Минздрава)	Годы			Отклонение от нормы
		2015	2016	2017	
Мясо и мясопродукты	73	67	68	69	-5,5
Молоко и молокопродукты	325	239	236	231	-29
Рыба и рыбопродукты	22	19,8	19,5	19,6	-10,9
Яйцо и яйцепродукты (шт.)	260	269	273	279	+7,3
Картофель	90	112	113	96	+6,7
Овощи	140	111	112	107	-23,5
Ягоды и фрукты	100	61	62	59	-41
Хлебные продукты	96	118	117	117	+21,8
Сахар	24	39	39	39	+62,5
Масло растительное	12	13,6	13,7	13,9	+15,8

Недостаточное потребление мясных, молочных и рыбных продуктов влечет дефицит макро- и микронутриентов. Витамины играют важную роль в регулировании обменных процессов организма человека. Так, обмен веществ в костной ткани обеспечивает витамин D посредством регулирования сбалансированного сочетания кальция и фосфатов. Дефицит витамина D приводит к снижению мышечной силы и повышению риска переломов, его нехватку связывают не только с патологией костной системы (рахит, остеопороз), но и отдельными формами рака, заболеваниями сердечно-сосудистой системы. Недостаток витамина D также может быть связан с неврологическими и психическими (инсульт, депрессия, шизофрения) заболеваниями, миопатией, болезнями периодонта, аутоиммунной патологией (сахарный диабет 1-го типа, рассеянный склероз, ревматоидный артрит) метаболического синдрома и ожирения [6, 7].

Причины дефицита витамина D, в особенности у детей и подростков, связывают, прежде всего, со снижением потребления или синтеза данного витамина (рождение от матери с дефицитным статусом витамина D; недоношенность; низкое потребление продуктов, содержащих витамин D), а также с нарушением функции кишечника или всасывания [8]. Большое влияние на уровень потребления данного витамина оказывает географическое месторасположение. Жирорастворимый витамин может образовываться в коже под воздействием ультрафиолетового излучения от предшественника 7-дегидрохолестерина, но из-за более высокой степени широты лучи UVB с длиной волны 290-315 нм, необходимые для эндогенного формирования, достигают земли в европейской части только с марта по октябрь [9].

Одним из методов уменьшения риска заболеваний является разработка сбалансированного рациона для школьного питания. Рыба и рыбные продукты являются источником белка и незаменимых аминокислот, витамина D, полиненасыщенных жирных кислот, обеспечивают необходимое для питания детей соотношение омега-3 и омега-6 жирных кислот [10].

Цель исследования – разработка рецептуры рыбного полуфабриката, обогащенного витамином D, определение органолептических показателей и установление сроков годности полученного продукта.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования являлись: рыба мороженая, печень трески мороженая, овощи, полуфабрикат рыбный обогащенный.

Исследования рыбы и печени трески проводились в соответствии с нормативными документами: ГОСТ 7631-85 [11], ГОСТ Р 54607.2-2012 [12]. Оценка сроков годности и обязательные контролируемые показатели безопасности определялись по методическим указаниям МУК 4.2.1847–04 [13], техническому регламенту Евразийского экономического союза ТР ЕАЭС 040/2016 [14], техническому регламенту Таможенного союза ТР ТС 021/2011 [15]. В процессе хранения замороженного продукта определяли КМАФАнМ, бактерии группы кишечных палочек (БГКП), стафилококки, сульфитредуцирующие клостридии, плесени и дрожжи в сумме, патогенные бактерии.

Для оценки органолептических показателей готового продукта проводилась экспертиза с привлечением экспертов-дегустаторов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При выборе основного сырья учитывался ряд факторов: ассортимент рыбной продукции на местном рынке, химический, жирнокислотный и аминокислотный составы. Анализ полученного комплекса данных позволил рекомендовать для проектирования рецептуры рыбных полуфабрикатов в виде котлет из судака (*Sander lucioperca*). Мышечная ткань судака обладает стабильным химическим составом, низким содержанием липидов и высоким содержанием белка. Анализ аминокислотного состава белков показывает повышенное содержание таких незаменимых белков, как валин, изойлейцин,

лейцин, лизин, метионин по сравнению с другими видами рыб, используемых в школьном питании (хек, треска) [16].

Источником витамина D принято считать процесс его образования в организме под воздействием солнечных лучей. Поступление витамина с продуктами питания возможно при употреблении сливочного масла, яичного желтка. Однако анализ рационов детей школьного возраста показал, что уровень потребления данных продуктов соответствует рекомендованному, но дефицит витамина D сохраняется. Поэтому для обогащения витамином D использовалась печень трески.

Известно, что белки животного происхождения значительно повышают усвоение белков растительного происхождения при совместном их употреблении в пищу, наряду с этим внесение растительных и жиросодержащих ингредиентов в продукт на основе рыбного сырья позволяет сформировать полноценный по содержанию жиров, витаминов и минеральных веществ состав, а также обеспечить высокие органолептические показатели. При проектировании рецептур в качестве растительного сырья использовали картофель, лук репчатый, морковь.

Рецептуры рыбных котлет представлены в табл. 2. Рецепт № 1 – «котлеты рыбные, классические» на основе рыбного фарша с добавлением пшеничного хлеба; рецепт № 2 – «котлеты рыбные с добавлением картофеля», рецепт № 3 – «котлеты рыбные, обогащенные витамином D, с растительными компонентами» с добавлением печени трески.

Таблица 2. Рецепт рыбных котлет
Table 2. Fish cutlet recipe

Компонент	Содержание, %		
	Рецепт № 1	Рецепт № 2	Рецепт № 3
Филе судака	60,0	60,0	60,0
Лук репчатый	10,0	10,0	10,0
Морковь	12,0	12,0	12,0
Картофель	-	17,5	7,5
Печень трески	-	-	10,0
Яйцо куриное	5,0	-	-
Молоко	5,0	-	-
Хлеб пшеничный	7,5	-	-
Соль	0,5	0,5	0,5

При производстве рыбных котлет по рецептуре № 1 используют замороженную печень трески. Использование мороженого сырья связано с требованием СанПиН 3.2.1333-03 [17] и СанПиН 2.3.4.050-96 [18] для обеспечения в части сырья, зараженного личинками нематод семейства Anisakidae, безопасности при производстве рыбных полуфабрикатов с добавлением печени трески. Для гарантии качества и безопасности продукция должна производиться из обеззараженного сырья. Предусмотрена операция «инспекция», которая обеспечивает дополнительный паразитарный контроль.

Технологическая схема приготовления представлена на рис. 1.

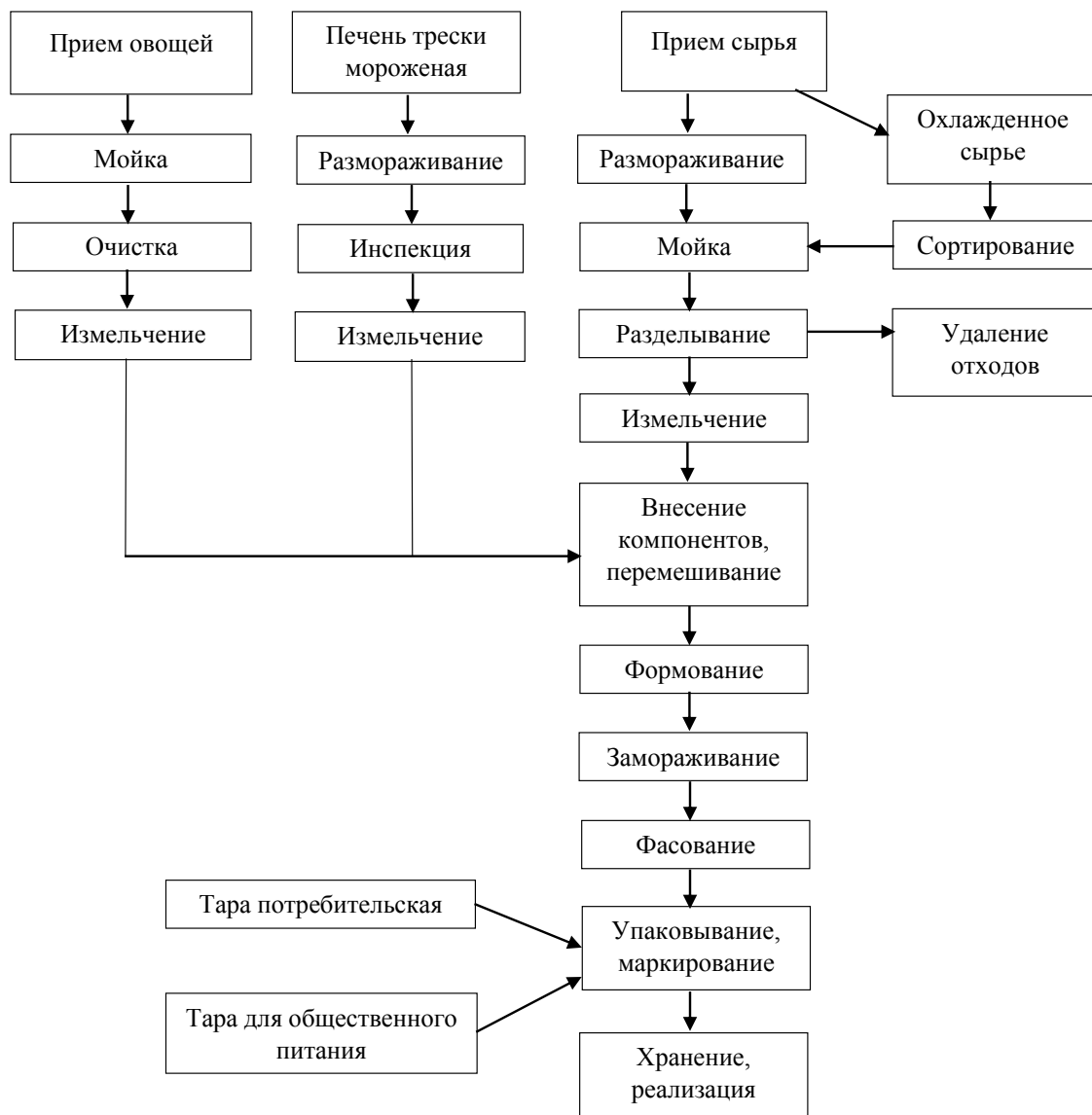


Рис. 1. Технологическая схема приготовления рыбных котлет, обогащенных витамином D

Fig. 1. Process scheme of cooking fish cutlets enriched with vitamin D

Для определения сроков годности и условий хранения рыбных котлет проведены исследования динамики микробиологических показателей в заданных условиях в течение 108 сут. Условия хранения: температура хранения минус $18 \pm 1^\circ\text{C}$, относительная влажность воздуха - не более 75 %. Программа исследования соответствует рекомендациям МУК 4.2.1847-04, согласно которым для анализа продукта установлены сроки хранения с коэффициентом запаса 1,2.

Перечень показателей и их значения выбраны в соответствии с Техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 021/2011 и Техническим регламентом Евразийского экономического союза ТР ЕАЭС 040/2016.

Образцы были заложены на хранение при температуре минус 18° С±1. Санитарно-микробиологические исследования проводились на протяжении 108 дней. В табл. 3 представлены результаты санитарно-микробиологических исследований в фоновой точке.

Таблица 3. Результат санитарно-микробиологических исследований образцов в фоновой точке

Table 3. Result of sanitary-microbiological studies of the samples in the background point

Объект исследования	Исследуемый показатель	Полученные данные
Образец № 1	Патогенные микроорганизмы, в т.ч. Salmonella	Не обнаружено в 25 г продукта
	КМАФАнМ, КОЕ/г	$1,7 \cdot 10^7$
	БГКП	Не обнаружены
	Сульфитредуцирующие клостридии	Не обнаружены
	Плесени и дрожжи в сумме	Менее 15 КОЕ/г
	S. aureus	Не обнаружены
Образец № 2	Патогенные микроорганизмы, в т.ч. Salmonella	Не обнаружено в 25 г продукта
	КМАФАнМ, КОЕ/г	$1,8 \cdot 10^6$
	БГКП	Не обнаружены
	Сульфитредуцирующие клостридии	Не обнаружены
	Плесени и дрожжи в сумме	Менее 15 КОЕ/г
	S. aureus	Не обнаружены
Образец № 3	Патогенные микроорганизмы, в т.ч. Salmonella	Не обнаружено в 25 г продукта
	КМАФАнМ, КОЕ/г	$2,0 \cdot 10^6$
	БГКП	Не обнаружены
	Сульфитредуцирующие клостридии	Не обнаружены
	Плесени и дрожжи в сумме	Менее 15 КОЕ/г
	S. aureus	Не обнаружены

Далее проводились исследования по показателю КМАФАнМ. Полученные результаты отражены в табл. 4.

Таблица 4. Результаты исследований обогащенных рыбных котлет в процессе хранения

Table 4. Results of studies of enriched fish cutlets during storage

Сутки хранения	Норматив	Образцы		
		№ 1	№ 2	№ 3
18	1,0*10 ⁴ КОЕ/г	1,7*10 ³ КОЕ/г	3,3*10 ² КОЕ/г	2,3*10 ³ КОЕ/г
36		1,6*10 ³ КОЕ/г	3,4 *10 ² КОЕ/г	1,8 *10 ³ КОЕ/г
54		1,4*10 ³ КОЕ/г	2,9*10 ² КОЕ/г	1,5*10 ³ КОЕ/г
72		1,4*10 ³ КОЕ/г	2,5*10 ² КОЕ/г	3,4*10 ³ КОЕ/г
90		3,2*10 ³ КОЕ/г	2,6*10 ² КОЕ/г	3,8*10 ² КОЕ/г
108		2,7*10 ² КОЕ/г	2,3*10 ² КОЕ/г	4,0*10 ² КОЕ/г

Показатель КМАФАнМ во всех точках контроля образцов не превышает нормируемого уровня.

Результаты санитарно-микробиологических исследований свидетельствуют о доброкачественном микробиологическом состоянии продукта на протяжении 108 дней.

Для определения потребительских свойств разработанных рецептур была проведена органолептическая оценка. Приготовленные образцы подверглись органолептической экспертизе группой экспертов-дегустаторов в количестве семи человек. Продукт оценивался по специально разработанной пятибалльной шкале. Результаты экспертизы представлены на профилограммах (рис. 2-4). Образец №1 – «котлеты рыбные, классические» на основе рыбного фарша с добавлением пшеничного хлеба; образец №2 – «котлеты рыбные с добавлением картофеля», образец №3 – «котлеты рыбные, обогащенные витамином D, с растительными компонентами» с добавлением печени трески.

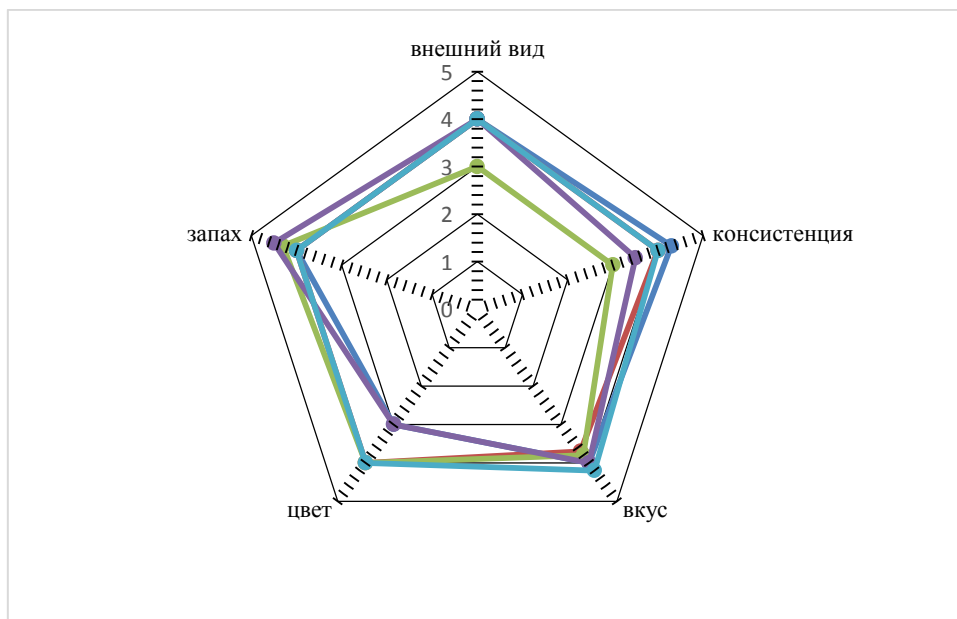


Рис. 2. Профилограмма органолептической оценки образца № 1
Fig. 2. Profile diagram of organoleptic evaluation of sample № 1

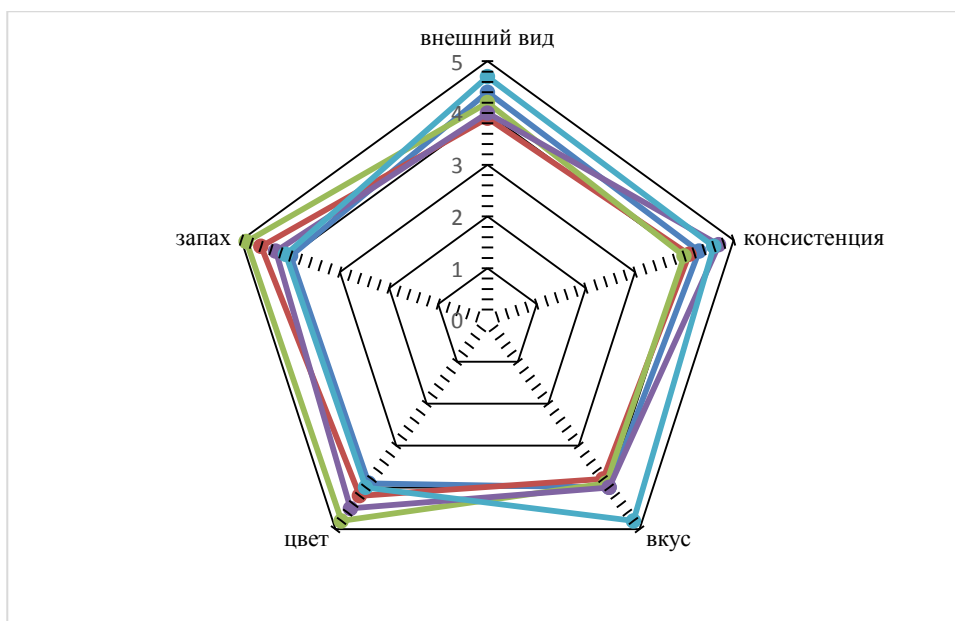


Рис. 3. Профилограмма органолептической оценки образца № 2
Fig. 3. Profile diagram of organoleptic evaluation of sample № 2

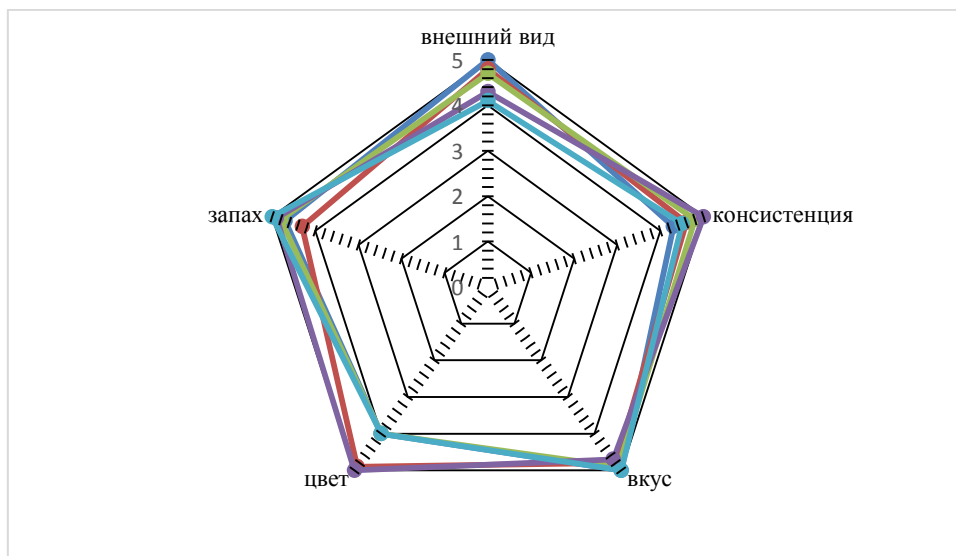


Рис. 4. Профилограмма органолептической оценки образца № 3

Fig. 4. Profile diagram of organoleptic evaluation of sample № 3

Все образцы получили высокую оценку по исследуемым параметрам. Наибольшее количество максимальных оценок по внешнему виду и цвету получили образцы № 2 и 3: отсутствуют следы трещин и изломов, цвет корочки золотистый, на разрезе - белый или серый. Вкус и запах у всех образцов отмечался как умеренно соленый, свойственный продуктам. В образце № 2 не наблюдался привкус печени трески, консистенция более сочная и нежная по сравнению с другими образцами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработаны рецептуры рыбного полуфабриката для питания школьников: № 1 – «котлеты рыбные, классические» на основе рыбного фарша с добавлением пшеничного хлеба; № 2 – «котлеты рыбные с добавлением картофеля»; №3 – «котлеты рыбные, обогащенные витамином D, с растительными компонентами» с добавлением печени трески в соотношении 10 % от общей массы продукта.

Органолептическая оценка продукта показала, что разработанные рецептуры рыбных полуфабрикатов имеют высокие вкусовые показатели. Наибольшее количество максимальных баллов получил образец котлет рыбных, обогащенных витамином D, с растительными компонентами, как наиболее сочный и с приятным вкусом.

Обоснованы сроки годности продукта. Результат санитарно-микробиологических исследований образцов не выявил отклонений от норматива в течение всего срока хранения.

В соответствии с требованиями ТР ТС 021/2011 и ТР ЕАЭС 040/2016 было сделано заключение о санитарно-гигиенической безопасности рыбного полуфабриката.

Дальнейшие исследования рыбного полуфабриката «котлеты рыбные, обогащенные витамином D, с растительными компонентами» позволят обосновать их использование в рационе детей школьного возраста.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Здравоохранение в России. 2017: стат. сб. / Росстат. – Москва, 2017. – 170 с.
2. Стратегия «Здоровье и развитие подростков России» (гармонизация Европейских и Российских подходов к теории и практике охраны и укрепления здоровья подростков). – Москва: Издатель Научный центр здоровья детей РАМН, 2010. – 54 с.
3. Приказ Министерства здравоохранения РФ от 19 августа 2016 г. № 614 "Об утверждении Рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания".
4. Потребление основных продуктов питания населением Российской Федерации. Федеральная служба государственной статистики. 2017. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1286360627828 (дата обращения: 03.05.2019).
5. Российский статистический ежегодник. Федеральная служба государственной статистики. 2017. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gks.ru/free_doc/doc_2017/year/year17.pdf (дата обращения: 05.05.2019).
6. Никитина, И. Л. Дефицит витамина D и здоровье / И. Л. Никитина, Т. Л. Каронова, Е. Н. Гринёва // Артериальная гипертензия. – 2010. – Т. 16, № 3. – С. 277-281.
7. Косторнова, О. С. Дефицит витамина D: природа, распространенность, факторы, приводящие к дефициту, и последствия / О. С. Косторнова, К. С. Светлицкий, Ю. С. Кравцова // Актуальные направления научных исследований: от теории к практике. – 2015. – № 3. – С. 68-69.
8. Недостаточность витамина D: что нового? / И. Н. Захарова [и др.] // Вопросы современной педиатрии. – 2014. – Т.13, № 1. – С. 134-140.
9. DGE-Ernährungsbericht: Vitamin-D-Versorgung in Deutschland unzureichend. Stella Glogowski. Umschau 9/17. 485.
10. Куликова, А. С. Расширение ассортимента рыбных блюд в меню дошкольников как профилактика ожирения у детей / А. С. Куликова, И. М. Титова // Производство рыбной продукции: проблемы, новые технологии, качество: XI Междунар. научно-практич. конф. (5-8 сент.): материалы / Федер. агентство по рыболовству; ФГБНУ «АтлантНИРО». – Калининград: АтлантНИРО, 2017. – С. 149-153.
11. ГОСТ 7631-85 «Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Правила приемки, органолептические методы оценки качества, методы отбора проб для лабораторных испытаний». [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200022220> (дата обращения: 03.05.2019).

12. ГОСТ Р 54607.2-2012 «Услуги общественного питания. Методы лабораторного контроля продукции общественного питания». – Москва, 2014. – Ч. 2. Методы физико-химических испытаний. – 32 с.
13. МУК 4.2.1847–04 Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200035982> (дата обращения: 03.05.2019).
14. Технический регламент Евразийской экономической комиссии ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции»: принят Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 18.10.2016 г. № 162. – Москва, 2016. – 140 с.
15. Технический регламент Таможенного Союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции»: утвержден решением комиссии Таможенного Союза от 9 декабря 2011. – № 880. – 2011. – 242 с.
17. Химический состав пищевых продуктов: справ. в 2-х т./ под ред. И. М. Скурихина, М. Н. Волгарева. – Москва: Агропромиздат, 1987. – Т.1. – 224 с.
18. СанПиН 3.2.1333-03 «Профилактика паразитарных болезней на территории Российской Федерации». [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/420233490> (дата обращения: 03.05.2019).
19. СанПиН 2.3.4.050-96 «Производство и реализация рыбной продукции». [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200006397> (дата обращения: 03.05.2019).

REFERENCES

1. *Zdravookhranenie v Rossii*. 2017 [Health care in Russia. 2017]. Stat. sb. Rosstat. Moscow, 2017, 170 p.
2. *Strategiya "Zdorov'e i razvitie podrostkov Rossii" (garmonizatsiya Evropeyskikh i Rossiyskikh podkhodov k teorii i praktike okhrany i ukrepleniya zdorov'ya podrostkov)* [Strategy «Health and development of adolescents in Russia» (harmonization of European and Russian approaches to the theory and practice of protection and improvement of health of adolescents)]. Moscow, Izdatel' Nauchnyy tsentr zdorov'ya detey RAMN, 2010, 54 p.
3. *Prikaz Ministerstva zdravookhraneniya RF ot 19 avgusta 2016 g. № 614 "Ob utverzhdenii Rekomendatsiy po ratsional'nym normam potrebleniya pishchevykh produktov, otvechayushchikh sovremennym trebovaniyam zdorovogo pitaniya"* [Order of the Ministry of Health of the Russian Federation of 19 August 2016 № 614 “On approval of Recommendations on rational norms of food consumption that meet modern requirements for healthy nutrition”].
4. *Potreblenie osnovnykh produktov pitaniya naseleniem Rossiyskoy Federatsii* [Consumption of basic foodstuffs by the population of the Russian Federation]. *Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki*. 2017, available at:

http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1286360627828/ (Accessed 03 May 2019).

5. Rossiyskiy statisticheskiy ezhegodnik [Russian statistical yearbook]. *Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki*. 2017, available at: http://www.gks.ru/free_doc/doc_2017/year/year17.pdf/ (Accessed 05 May 2019).

6. Nikitina I. L., Karonova T. L., Grinyova E. N. Defitsit vitamina D i zdorov'e [Vitamin D deficiency and health]. *Arterial'naya gipertenziya*. 2010, vol. 16, no. 3, pp. 277-281.

7. Kostornova O. S., Svetlitskiy K. S., Kravtsova Yu. S. Defitsit vitamina D: priroda, rasprostranennost', faktory, privodyashchie k defitsitu, i posledstviya [Vitamin D deficiency: nature, prevalence, deficiency factors and consequences]. *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy: ot teorii k praktike*, 2015, no. 3, pp. 68-69.

8. Zakharova I. N., Dmitrieva YU. A., Yablochkova S. V., Evseeva E. A. Nedostatochnost' vitamina D: chto novogo? [Vitamin D deficiency: what's new?] *Voprosy sovremennoy pediatrii*, 2014, vol. 13, no. 1, pp. 134-140.

9. DGE-Ernährungsbericht: Vitamin-D-Versorgung in Deutschland unzureichend. Stella Glogowski. *Umschau* 9/17. 485.

10. Kulikova A. S., Titova I. M. Rasshirenie assortimenta rybnykh blyud v menyuu doshkol'nikov kak profilaktika ozhireniya u detey [Expanding the assortment of fish dishes in the preschool menu as the prevention of obesity among children]. *Materialy 11 Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Proizvodstvo rybnoy produktsii: problemy, novye tekhnologii, kachestvo"* [Proceeding of 11th International Scientific and Practical Conferention "Fish production: problems, new technologies, quality"]. Kaliningrad, AtlantNIRO, 2017, pp. 149-153.

11. GOST 7631-85 "Ryba, morskije mlekopitayushchie, morskije bespozvonochnye i produkty ikh pererabotki. Pravila priemki, organolepticheskie metody otsenki kachestva, metody otbora prob dlya laboratornykh ispytaniy" [State All-Union Standard 7631-85 "Fish, marine mammals, marine invertebrates and their products. Acceptance rules, organoleptic quality assessment methods, sampling methods for laboratory tests"]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200022220/> (Accessed 03 May 2019).

12. GOST R 54607.2-2012 "Uslugi obshchestvennogo pitaniya. Metody laboratornogo kontrolya produktsii obshchestvennogo pitaniya. CHast' 2. Metody fiziko-khimicheskikh ispytaniy" [State All-Union Standard R 54607.2-2012 "Catering services. Methods of laboratory control of catering products. Part 2. Methods of physical and chemical tests"]. Moscow, 2014, 32 p.

13. MUK 4.2.1847-04 Sanitarno-epidemiologicheskaya otsenka obosnovaniya srokov godnosti i usloviy khraneniya pishchevykh produktov [Methodological Guidelines 4.2.1847-04 Sanitary and epidemiological assessment of the justification of shelf life and storage conditions of food]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200035982/> (Accessed 05 May 2019).

14. Tekhnicheskiy reglament Evraziyskoy ekonomicheskoy komissii TR EAES 040/2016 "O bezopasnosti ryby i rybnoy produktsii": prinyat Resheniem Soveta Evraziyskoy ekonomicheskoy komissii ot 18.10.2016. Moscow, 2016, no. 162, 140 p.

15. Tekhnicheskiy reglament Tamozhennogo Soyuzа TR TS 021/2011 “O bezopasnosti pishchevoy produktsii”: utverzhen resheniem komissii Tamozhennogo Soyuzа ot 9 dekabryа 2011, no. 880, 242 p.

16. Skurikhin I. M., Volgareva M. N. *Khimicheskiy sostav pishchevykh produktov: sprav. tabl. v 2-kh t.* [Chemical composition of food: lookup tables in 2 volumes]. Moscow, 1987, vol. 1, 224 p.

17. SanPiN 3.2.1333-03 “Profilaktika parazitarnykh bolezney na territorii Rossiyskoy Federatsii” [Prevention of parasitic diseases in the Russian Federation]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/420233490> (Accessed 03 May 2019).

18. SanPiN 2.3.4.050-96 “Proizvodstvo i realizatsiya rybnoy produktsii” [Production and sale of fish products]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200006397> (Accessed 03 May 2019).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Куликова Алина Сергеевна – Калининградский государственный технический университет; аспирант кафедры технологии продуктов питания; E-mail: alina36@yandex.ru

Kulikova Alina Sergeevna – Kaliningrad State Technical University; Post-graduate student; Department of Food Products Technology; E-mail: alina36@yandex.ru

Титова Инна Марковна – Калининградский государственный технический университет; кандидат технических наук, доцент; зав. кафедрой технологии продуктов питания; E-mail: inna.titova@klgtu.ru

Titova Inna Markovna – Kaliningrad State Technical University; PhD in Engineering, Associate Professor; Head of the Department of Food Products Technology; E-mail: inna.titova@klgtu.ru

Писарькова Мария Викторовна – Калининградский государственный технический университет; магистрант кафедры технологии продуктов питания; E-mail: marya.39@yandex.ru

Pisarkova Maria Viktorovna – Kaliningrad State Technical University; Master student; Department of Food Products Technology; E-mail: marya.39@yandex.ru

УДК 613.292

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СОУСА НА ОСНОВЕ ПЕКТИНОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ ПОВЫШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ

И. О. Орлов, Е. С. Землякова

RATIONALE OF SAUCE TECHNOLOGY ON THE BASIS OF PECTIN-CONTAINING RAW MATERIALS OF INCREASED FOOD VALUE

I. O. Orlov, E. S. Zemlyakova

В данной статье рассмотрена возможность использования пектинового сырья как основного сырья для производства соусов функционального назначения. Сравнительный анализ по шести показателям десяти сортов тыквы в качестве основы, а также как источника пектиновых веществ для производства соуса функционального назначения позволил выявить наиболее подходящие сорта, произрастающие на территории Калининградской области, а именно: «Акорн», «Прикубанская», «Голосемянная», лучший из которых «Акорн». Обоснован выбор ягодного компонента по показателям содержания витамина С, пектина, органолептическим свойствам и доступности в нашем регионе – это ягоды брусники (также источник природных консервирующих веществ) и красной смородины. В качестве сырьевой базы были рассмотрены как наиболее доступные для Калининградской области сорта, так и распространенные в других частях страны. По результатам физико-химических исследований, в том числе и реологических показателей пюре, полученного из ряда сортов тыкв, активно культивируемых в Калининградской области, обоснованы выбор основного и дополнительного сырья, а также технология приготовления нового соуса функционального назначения. Пополнена база отраслевых теоретических знаний, что позитивно повлияет на темпы продвижения технологии от разработчика к производителю. Исследованы качественные характеристики готового продукта, с применением профильного метода выявлены особенности органолептических признаков вкуса и запаха нового соуса. Установлена его функциональность: в 100 г нового соуса функционального ингредиента пектина содержится более 50 % от суточной нормы, а витамина С - более 30 %. Определены сроки хранения и микробиологическая стабильность продукта на основании результатов изучения микробиологических показателей в течение трёх месяцев.

пектин, пектинового сырье, функциональные продукты, соусы

This article discusses the possibility of using pectin-containing raw materials as the main raw material for the production of functional sauces. A comparative analysis upon six indicators of 10 pumpkin varieties as a basis, as well as a source of pectin substances for the production of functional sauce has made it possible to identify the most suitable varieties growing on the territory of the Kaliningrad region, namely:

"Acorn", "Prikubanskaya", "Golosemyannaya ", the best of which being "Acorn ". The choice of the berry component in terms of the content of vitamin C, pectin, organoleptic properties and availability in our region has been justified - these are the berries of lingonberry (also a source of natural preserving substances) and red currants. In order to substantiate the raw material base for the product, both the most accessible varieties in the Kaliningrad region and those common in other parts of the country have been considered. According to the results of physico-chemical studies, including rheological indicators of mashed potatoes obtained from a number of pumpkin varieties actively cultivated in the Kaliningrad region, the choice of the main and additional raw materials, as well as the technology of the new functional sauce, have been substantiated. The database of sectoral theoretical knowledge has been replenished, which will positively affect the pace of technology advancement from developer to manufacturer. The qualitative characteristics of the finished product have been investigated, and using the profile method, the features of the organoleptic taste and smell characteristics of the new sauce have been revealed. Its functionality has been established: 100 g of a new sauce contains more than 50% of the daily requirement of the functional ingredient pectin, and more than 30% of the daily requirement of Vitamin C. The shelf life and microbiological stability of the product have been grounded on the basis of the results of three-month study of the microbiological indicators.

pectin, pectin containing raw materials, functional products, sauces

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день Калининградская область является перспективным регионом для переработки овощных культур и производства пищевой продукции, в том числе овощных соусов. Этому способствуют благоприятные почвенно-климатические условия, а также наличие в регионе незамерзающего морского порта и развитой железнодорожной системы, способных обеспечить экспорт продукции. На данный момент на территории области функционирует большое количество предприятий, занимающихся производством овощной продукции, среди которых КФХ «АСБ», ООО «Агропродукт», ООО «Вершининское», ООО «Богатый сад», а также агрофабрика «Натурово».

Активная политика импортозамещения существенно повлияла на объем финансирования агропромышленного комплекса. В связи с этим возникает потребность в планомерной разработке новых продуктов на базе наиболее доступного для региона сырья с целью расширения ассортимента продуктов повышенной пищевой ценности, богатых незаменимыми веществами эндоэкологического действия.

Уникальность разрабатываемого технологического решения заключается в создании основы для соуса с применением тыквы как основного источника пектина с последующим введением в нее гомогенизированной ягодной массы из брусники и красной смородины, последние, в свою очередь, обеспечивают пролонгирование сроков хранения, благодаря содержащимся в них природным консервантам. Практическая значимость заключается в создании проектов технических условий на новый продукт и технологической инструкции к ним и возможности апробации технологии на перерабатывающих предприятиях региона.

Цель работы заключалась в совершенствовании технологии производства овощного соуса на основе растительного сырья Калининградской области. Для ее достижения были поставлены и решены следующие задачи: проведение маркетингового анализа предпочтений потребителей Калининградской области в выборе соусов; обоснование выбора основного сырья и обогащающих компонентов; изучение реологических свойств пюре из различных сортов тыквы с целью выявления наиболее подходящего сорта для использования в производстве соуса; оценка технологии производства соуса функционального назначения; анализ качества и функциональности нового продукта; выполнение микробиологических исследований и установление сроков годности продукта.

ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Современная медицина уделяет большое внимание вопросам взаимосвязи между здоровьем человека и особенностями его питания [1-4]. В концепции государственной политики здорового питания населения РФ определены меры по улучшению макронутриентной обеспеченности, включающей белки, жиры, пищевые волокна, а также витаминной и минеральной обеспеченности [4].

В связи с этим одной из приоритетных задач науки о питании и инновационных разработок является создание специализированных продуктов питания, способствующих сохранению здоровья, повышению умственной деятельности и сопротивляемости организма к неблагоприятным воздействиям окружающей среды [4-7].

В производстве специализированных продуктов в качестве функциональных ингредиентов чаще всего используются белково-полисахаридные комплексы, растительные экстракты, витаминно-минеральные комплексы, пищевые волокна, комплексы ПНЖК [8, 9]. Рынок соусов в РФ стремительно развивается, об этом свидетельствует отчет аналитического ресурса *BusinesStat*, по данным которого в 2017-2020 гг. объем производства будет расти на 2,1 % ежегодно и к 2020 г. достигнет 1,9 млн т. Освободившийся после сокращения ввоза соусов объем будет компенсировать отечественная продукция. На данный момент ассортимент рынка соусов расширяется преимущественно за счет ароматизаторов и специй. В связи с этим перспективным является создание новых видов соусов на основе натуральных растительных компонентов.

В своей работе О.В. Вакуленко, Е.В. Челяпов, Т.М. Тугуз и С.А. Ильинова дают наиболее полную общую характеристику перспективных направлений для производства соусов функционального назначения [10].

Типсина Н. Н. и Селезнева Г. К. в ходе проведения исследований приводят основные этапы приготовления тыквенного пюре. Они устанавливают, что введение части воды, используемой при варке плодов, в протёртую массу позволяет сохранить часть растворимых веществ, также они обосновывают введение в технологию процесса ошпаривания плодов для снижения времени приготовления пюре [11].

Неймушина Е.Г и Зайко Г.М. разрабатывают способ обогащения и стабилизации соуса на основе яблочного пюре измельченными грецкими орехами и тыквенным пюре, что увеличивает стойкость к расслоению в процессе хранения [12].

На российском рынке соусов в последние годы, кроме традиционных майонезов и томатных соусов, появляются соусы на основе плодов и овощей (свекла, морковь, слива, алыча, яблоки и т.д.), в том числе и повышенной пищевой ценности. Обогащающие компоненты позволяют не только расширить ассортимент соусов, но и улучшить их вкусовые качества, внешний вид и повысить биологическую ценность. Поэтому разработка технологии соуса на основе недоиспользуемого сырья Калининградской области является актуальной и практически значимой темой с учётом имеющихся овощеперерабатывающих предприятий в регионе.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

Для формирования представления о потребности в продукте у потребителей соусов Калининградской области был применен метод маркетингового исследования, а именно опроса, в котором приняли участие 175 респондентов (57 % мужчин, 43 % женщин), 64 % респондентов - лица в возрасте 21-40 лет, с низким и средним уровнем дохода (95 % опрошенных). Значительная часть респондентов, а именно 92 % используют различные соусы в своём питании, 31 % - редко, 20 и 12 % несколько раз в неделю и ежедневно соответственно. 13 % респондентов задумываются о пользе соуса, 45 – употребляют, потому что вкусно, а 42 % - из-за необходимости, для приготовления основных блюд. Большинство респондентов – 64 % считают, что необходимость создания новых полезных и вкусных соусов существует, и они попробовали бы такие новые продукты. Анализируя данные маркетингового исследования, можно сделать вывод о целесообразности разработки технологии приготовления нового соуса.

Основным сырьем для производства нового соуса были выбраны томатная паста (ГОСТ 3343-2017) и тыквенное пюре. Для приготовления второго отобраны шесть сортов тыкв, активно культивируемых на территории Калининградской области. С целью обоснования выбора были проведен ряд исследований тыквенного пюре с использованием стандартных методов (количество сухих веществ, сумма сахаров, в том числе моносахаридов, пектин, растекаемость), а также изучены литературные данные по ряду показателей (содержание калия, каротиноидов), среди которых основными являются количество пектина и растекаемость, оказывающие значительное влияние на консистенцию готового соуса (чем он меньше, тем лучше реологические свойства готового соуса). В табл. 1 также приведены данные из литературных источников по сортам тыквы, культивируемым на территории РФ, а именно «Алтайская», «Кустовая оранжевая», «Мозолевская», «Херсонская».

По данным табл. 1 следует, что наилучшими показателями обладают пюре из сортов: «Акорн», «Прикубанская», «Голосемянная». Следует отметить и высокое содержание БАВ в них: пектина, К и каротиноидов. Наилучшим выявлен сорт тыквы «Акорн», он и был использован в дальнейших исследованиях.

Таблица 1. Физико-химические показатели тыквенного пюре
Table 1. Physico-chemical parameters of pumpkin puree

Показатель	Образцы (название сорта)*									
	Калининградская область						Россия			
	«Акорн»	«Прикубанская»	«Багтернат»	«Голосемянная»	«Грибовская зимняя»	«Дачная»	«Алтайская»	«Кустовая оранжевая»	«Мозолеевская»	«Херсонская»
К**, мг/100 г	149	159	132	168	290	123	110	133	257	150
Каротиноиды**, мг/100 г	15,2	11,9	7,5	6,9	3,4	4,3	9,0	2,5	2,4	3,5
Сухое в-во, %	18,1	15,8	14,6	11,4	9,8	8,1	14,4	8,5	7,4	4,3
Сумма сахаров, %, в том числе моносахариды, %	7,7	7,1	5,1	5,7	4,5	4,2	3,9	8,1	3,9	4,0
Пектин, %	2,1	3,1	3,7	2,9	2,6	1,9	-	-	-	-
Растекаемость, мм	7,6	6,6	5,6	6,6	4,3	5,0	0,1	3,6	3,5	1,1
	31	55	67	53	63	63	50	68	60	65

* - образцы тыквенного пюре, полученного из различных сортов тыквы, произрастающих на территории Калининградской области / территории России;
** - данные из литературы [13, 14]

Соус на основе пюре из тыквы сорта «Акорн» был получен по следующей разработанной и оптимизированной рецептуре (г/1000 г соуса): вода – 400, тыква – 500, томатная паста – 350, брусника – 50, красная смородина – 50, перец чёрный – 0,8. Технология производства нового обогащенного соуса включает следующие операции: входной контроль сырья, подготовку сырья, приготовление соуса, тепловую обработку продукта, перекачку в расходную емкость, розлив в горячем виде, укупоривание, маркирование, пастеризацию готового продукта, охлаждение, хранение, реализацию. Полученный продукт изучен по органолептическим и физико-химическим характеристикам, результаты представлены в табл. 2 и 3 и на рис. 1 и 2.

Таблица 2. Органолептическая характеристика нового соуса [15]
Table 2. Organoleptic characteristics of the new sauce

Наименование показателя	Характеристика
Внешний вид и консистенция	Однородная протертая соусообразная масса. Допускается наличие незначительного количества мелкоизмельчённых частиц ягод и пряностей
Цвет	Однородный. От темно-оранжевого до оранжевого
Запах	Ярко выраженный, томатно-тыквенный с ягодными нотами
Вкус	Кисло-сладкий, с небольшим привкусом пряностей, с хорошо выраженным вкусом томатов

Разработанные профилограммы (рис. 1, 2) дают более точное представление о вкусе и запахе нового продукта.



Рис. 1. Профилограмма запаха
Fig. 1. Odor profilogram

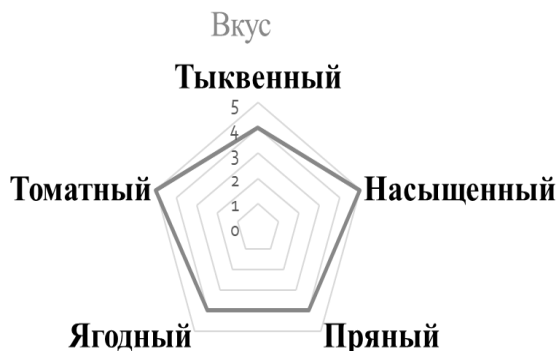


Рис. 2. Профилограмма вкуса
Fig. 2. Profile diagram of the taste

Разработанная балловая шкала для органолептической оценки качества нового овощного соуса представлена в табл. 3.

Таблица 3. Балловая шкала для органолептической оценки овощного соуса функционального назначения

Table 3. Scale for organoleptic evaluation of the vegetable sauce of functional purpose

Показатели качества	Оценка и описание
1	2
Внешний вид и консистенция	5 баллов – однородная протертая масса, без расслоения, без посторонних вкраплений, допускается наличие незначительного количества измельченных ягод и частиц пряностей; 4 балла – масса имеет незначительное расслоение, без посторонних вкраплений, допускается наличие незначительного количества измельченных ягод и частиц пряностей;

Продолжение табл. 3

1	2
	3 балла – видимое расслоение с выделением большого количества влаги, без посторонних вкраплений, наличие значительного количества частиц плохо измельчённых ягод и частиц пряностей; 2 балла – масса неоднородная, обильное отделение жидкой фазы; 1 балл – полное несоответствие заявленным характеристикам продукта
Цвет	5 баллов – однородный, от темно-оранжевого до оранжевого; 4 балла – незначительная неоднородность по цвету, небольшое отклонение по цветовой гамме; 3 балла – неоднородный, с большим количеством примесей; 2 балла – значительная неоднородность по цвету во всей массе соуса, цвет не характерный компонентам рецептуры; 1 балл - полное несоответствие заявленным характеристикам продукта
Запах	5 баллов – ярко выраженный, гармоничный, овощной, с включениями, свойственными дополнительному вносимому сырью; 4 балла – слабовыраженный, приятный, с включениями, свойственными дополнительному вносимому сырью; 3 балла – слабовыраженный или несвойственный сырью; 2 балла – неприятный, резкий, кислый; 1 балл - полное несоответствие заявленным характеристикам продукта
Вкус	5 баллов – кисло-сладкий, с хорошо выраженным вкусом томатов, с приятным привкусом пряностей; 4 балла – кислый, с небольшим привкусом пряностей, еле ощутимый привкус томатов; 3 балла – кислый, трудно отличимый вкус пряностей, негармоничный; 2 балла – несвойственный вкусу сырьё, неприятный, очень кислый или безвкусный; 1 балл - полное несоответствие заявленным характеристикам продукта

Таблица 4. Физико-химические показатели качества нового соуса

Table 4. Physical and chemical indicators of the quality of the new sauce

Наименование показателя	Значения
Белки, %	1,8
Жиры, %	0,6
Углеводы, %	12,5
Витамин С, мг	19,0
Пектиновые вещества, г	2,1
Энергетическая ценность, ккал	41,0

Данные табл. 4 по количественным показателям витамина С и пектина свидетельствуют о функциональности нового соуса: 100 г соуса удовлетворяют суточную потребность человека в пектине более чем на 50 % и в витамине С более чем на 30 %. Низкая калорийность, всего 41 ккал/100 г, указывает на диетические свойства продукта.

При проведении микробиологических испытаний руководствовались требованиями ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» [16]. Испытания сырья и готового продукта проводили по показателям: КМАФАнМ, БГКП, плесени/дрожжи, *Proteus*, *St. aureus*, *Salmonella*. В табл. 5-7 представлены результаты исследований. Показатели по всем образцам не превышали нормативных значений.

Таблица 5. Результаты определения КМАФАнМ методом посева в агаризованные питательные среды (ГОСТ 10444.15-94)

Table 5. Results of the determination of the number of mesophilic and facultative anaerobic micro organisms by sowing in agar nutrient media (GOST 10444.15-94)

Исследуемый продукт	Результат, КОЕ/г	Соответствие нормативу
Овощной соус на основе пектинодержущего сырья	$1,0 \times 10^3$	Соответствует
Контрольный образец	$1,0 \times 10^3$	Соответствует

Таблица 6. Результаты определения бактерий группы кишечной палочки (БГКП - ГОСТ 31747-2012)

Table 6. Results of the determination of bacteria of the E. coli group (BGKP - GOST 31747-2012)

Исследуемый продукт	Норма [16]	Результат
Овощной соус с ягодами	Не допускается в 1,0 г	Отсутствие в 1,0 г
Контрольный образец	Не допускается в 1,0 г	Отсутствие в 1,0 г

Таблица 7. Результаты микробиологических испытаний овощного соуса на основе пектинодержущего сырья и контрольного образца

Table 7. Results of microbiological testing of vegetable sauce based on pectin-containing raw material and control sample

Наименование показателя	Норма [16]	Результат испытания, КОЕ/г	Соответствие нормативу
<i>Proteus</i>	Отсутствие в 0,1 г	Отсутствие в 0,1 г	Соответствует
<i>S. aureus</i>	Отсутствие в 1,0 г	Отсутствие в 1,0 г	Соответствует
<i>Salmonella</i>	Отсутствие в 25 г	Отсутствие в 25 г	Соответствует
Дрожжи/плесени	Не более 50, КОЕ/г	Менее $1,0 \times 10^1$	Соответствует

Новый соус также был исследован в процессе хранения при различных температурных режимах по показателям: КМАФАнМ, Proteus, плесени. Результаты микробиологических испытаний нового соуса в процессе хранения представлены в табл. 8.

Таблица 8. Результаты исследований микробиологических показателей нового соуса при хранении ($t = 4^{\circ}\text{C}$)

Table 8. Research results of microbiological indicators of the new sauce during storage ($t = 4^{\circ}\text{C}$)

Показатель	Нормативное значение [16]	Значение в исследуемом продукте на 90-е сут
КМАФАнМ, КОЕ/г	Не более $5 \cdot 10^3$	$4,5 \cdot 10^2$
Proteus, не допускаются в массе продукта, г	0,1	Не обнаружено в 0,1 г
Плесени, КОЕ/г(см ³)	Не более 50, КОЕ/г	Менее 10

Таким образом, по микробиологическим показателям обоснованы сроки хранения нового продукта при температуре не выше 4°C (холодильные условия) в течение 3 мес.

ВЫВОДЫ

1. Согласно проведенным маркетинговым исследованиям целесообразно производство новых овощных соусов повышенной пищевой ценности с целью расширения ассортимента и увеличения количества продуктов здорового питания.

2. Сравнительный анализ по шести показателям десяти сортов тыквы в качестве основы, а также как источника пектиновых веществ для производства соуса функционального назначения позволил выявить наиболее подходящие сорта, произрастающие на территории Калининградской области, а именно: «Акорн», «Прикубанская», «Голосемянная», лучший из которых – «Акорн».

3. Обоснован выбор ягодного компонента по показателям содержания витамина С, пектина, органолептическим свойствам и доступности в нашем регионе – это ягоды брусники (также источник природных консервирующих веществ) и красной смородины.

4. Разработана и оптимизирована рецептура с применением метода математического планирования эксперимента с использованием ортогонального центрального композиционного плана второго порядка для двух факторов.

5. Проведены комплексные микробиологические исследования готового продукта по таким показателям, как: КМАФАнМ, БГКП, Proteus, S. Aureus, Salmonella, плесени. По всем показателям результаты не превышали нормативных значений. Также изучена микробиологическая стабильность продукта в хранении при различных температурах. Установлен срок хранения в течение трех месяцев при $t = 4^{\circ}\text{C}$.

6. Установлена функциональность по содержанию в 100 г нового соуса пектина (более 50 % от суточной нормы) и витамина С (более 30 % от суточной

нормы), что даёт возможность рекомендовать продукт широкому кругу лиц ввиду диетических характеристик и функциональной составляющей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ардатская, М. Д. Клиническое применение пищевых волокон / М. Д. Ардатская. – Москва: 4TE Арт, 2010. – 48 с.
2. Байгарин, Е. К. Пищевые волокна: термины и определения / Е. К. Байгарин, В. М. Жминченко // Вопросы питания. – 2007. – Т. 76, № 4. – С. 10-14.
3. О состоянии заболеваемости, обусловленной дефицитом микронутриентов: письмо Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека №01/12925-8-32 от 12.11.2008.
4. Базарнова, Ю. Г. Теоретические основы методов исследования пищевых продуктов: учеб. пособие. / Ю. Г. Базарнова. – Санкт-Петербург, 2014. – 136 с.
5. Гудвин, Т. Введение в биохимию растений / Т. Гудвин, Э. Мерсер: пер. с англ.; под ред. В. Л. Кретовича. – Москва, 2003. – 630 с.
6. Brennan, M. A., Monro, J. A., Brennan, C. S. (2008). Effect of inclusion of insoluble and soluble fibres into extruded breakfast cereal products made with reverse screw configuration. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 43, 2278–2288.
7. Kampuse, S., Straumîte, E., Mûrniece (2013). Evaluation of rowanberry and rowanberry-pumpkin sauces. *Proc. Latvian Acad. Sci., Section B*, 67, 422–428.
8. Голубев, В. Н. Пектин: химия, технология, применение / В. Н. Голубев, Н. П. Шелухина. – Москва: Академия технологических наук, 1995. – 387 с.
9. Annunziata, A., Vecchio R. (2011). Functional foods development in the European market: A consumer perspective. *J. Funct. Foods*, 3, 223–228.
10. Вакуленко, О. В. Современные тенденции создания специализированных пищевых соусов / О. В. Вакуленко, С. А. Ильинова, М. Р. Тугуз // Новые технологии. – Майкоп, 2011. – №3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lib.mkgtu.ru/images/stories/journal-nt/2011-03..>
11. Типсина, Н. Н. Использование пюре из тыквы в пищевой промышленности / Н. Н. Типсина, Г. К. Селезнева // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – КГАУ. – Красноярск, 2013. – №12 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kgau.ru/vestnik/content/2013/12.13.pdf>
12. Патент 2185079 Россия, МКИ А23L1/39, 1/24. Плодово-овощной соус / Е.Г. Наймушина, Г.М. Зайко. № 2000119507/13; заяв. 11.07.2000; опубл. 20.07.2002, Бюл. № 32.
13. Борисова, А. В. Экспериментальное определение физико-химических и антиоксидантных показателей четырех видов овощей / А. В. Борисова, Н. В. Макарова // Техника и технология пищевых производств: сетевое издание. – Кемерово: КГУ, 2012. - № 3.
14. Щербакова, И. И. Обоснование использования нетрадиционного сырья в производстве мучных кондитерских изделий / И. И. Щербакова // Вестник

Южно-Уральского государственного университета. Сер.: Пищевые и биотехнологии: сетевое издание ЮурГУ. – Челябинск, 2014. - №2.

15. Орлов, И.О. Совершенствование рецептуры соуса функционального назначения / И.О. Орлов, Е.С. Землякова // VI Международный Балтийский морской форум // Пищевая и морская биотехнология (3-6 сент. 2018 г.): VII Междунар. научно-практ. конф.: материалы. – Калининград: Изд-во БГАРФ, 2018. – Ч. 4. – С. 104-111.

16. ТР ТС 021/2011 О безопасности пищевой продукции. – Москва, 2013. – 192 с.

17. Елисеева, Л. Г. Товароведение и экспертиза продуктов переработки плодов и овощей: учебник для вузов / Л. Г. Елисеева, Т. Н. Иванова, О. В. Евдокимова. – Москва: Дашков и К°, 2009. – 376 с.

REFERENCES

1. Ardatskaya M. D. *Klinicheskoe primeneniye pishchevykh volokon* [Clinical use of dietary fiber]. Moscow, 4TE Art, 2010, 48 p.

2. Baygarin E. K., Zhminchenko V. M. *Pishchevye volokna: terminy i opredeleniya* [Dietary fiber: terms and definitions]. *Voprosy pitaniya*, 2007, no. 4, pp. 10-14.

3. *O sostoyanii zabolevaemosti, obuslovlennoy defitsitom mikronutrientov: pis'mo Federal'noy sluzhby po nadzoru v sfere zashchity prav potrebiteley i blagopoluchiya cheloveka* [On the state of morbidity due to micronutrient deficiencies: letter from the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare]. №01/12925-8-32 ot 12.11.2008.

4. Bazarnova Yu. G. *Teoreticheskie osnovy metodov issledovaniya pishchevykh produktov: ucheb. posobie* [Theoretical basis for the study of food products: textbook]. Saint-Petersburg, 2014, 136 p.

5. Kretovich V. L., Gudvin T., Merser E. *Vvedeniye v biokhimiyyu rasteniy* [Introduction to Plant Biochemistry]. Moscow, Mir, 2003, 630 p.

6. Brennan M. A., Monro J. A., Brennan C. S. (2008). Effect of inclusion of soluble and insoluble fibres into extruded breakfast cereal products made with reverse screw configuration. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 43, 2278-2288.

7. Kampuse S., Straumite E., Murniece (2013). Evaluation of rowanberry and rowanberry-pumpkin sauces. *Proc. Latvian Acad. Sci., Section B*, 67, 422-428.

8. Golubev V. N., Shelukhina N. P. *Pektin: khimiya, tekhnologiya, primeneniye* [Pectin: chemistry, technology, application]. Moscow, Akademiya tekhnologicheskikh nauk, 1995, 387 p.

9. Annunziata A., Vecchio R. (2011). Functional foods development in the European market: A consumer perspective. *J. Funct. Foods*, 3, 223-228.

10. Vakulenko O. V., Il'ina S. A., Tuguz M. R., Chelyapov E. V. *Sovremennyye tendentsii sozdaniya spetsializirovannykh pishchevykh sousov* [Modern trends in making specialized food sauces]. *Novyye tekhnologii: setevoye izdaniye MGTU*,

2011, no. 3, available at: <http://lib.mkgtu.ru/images/stories/journal-nt/2011-03> (Accessed 24 May 2019).

11. Tipsina N. N., Selezneva G. K. Ispol'zovanie pyure iz tykvy v pishchevoy promyshlennosti [Application of mashed pumpkin in the food industry]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta: setevoe izdanie*, 2013., no. 12, available at: <http://www.kgau.ru/vestnik/content/2013/12.13.pdf> (Accessed 24 May 2019).

12. Pat. (RU) 2185079 MKI A23L1/39, 1/24. Plodovo-ovoshchnoy sous [Patent (RU) 2185079 MKI A23L1/39, 1/24. Fruit and Vegetable Sauce]. Naymushina E. G., Zayko G. M. Zayav. Opubl. 20.07.2002, Byul. no. 32.

13. Borisova A. V. Makarova N. V. Eksperimental'noe opredelenie fiziko-khimicheskikh i antioksidantnykh pokazateley chetyrekh vidov ovoshchey [Experimental determination of physicochemical and antioxidant parameters of four types of vegetables]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv*, 2012, no. 3, pp. 87-89.

14. Shcherbakova I. I. Obosnovanie ispol'zovaniya netraditsionnogo syr'ya v proizvodstve muchnykh konditerskikh izdeliy [Justification of the use of non-traditional raw materials in the production of flour confectionery]. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Pishchevye i biotekhnologii*, 2014, no. 2, available at: <https://vestnik.susu.ru/food/article/view/2556> (Accessed 24 May 2019).

15. Orlov I. O., Zemlyakova E. S. Sovershenstvovanie retseptury sousa funktsional'nogo naznacheniya [Improving the formulation of a functional sauce]. *VI Mezhdunarodnyy Baltiyskiy morskoy forum. VII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Pishchevaya i morskaya biotekhnologiya» [VI International Baltic Maritime Forum. VII International Scientific and Practical Conference "Food and Marine Biotechnology"]*. Kaliningrad, 2018, pp. 104-111.

16. TR TS 021/2011 O bezopasnosti pishchevoy produktsii [TR CU 021/2011 On food products safety]. Moscow, 2013, 192 p.

17. Eliseeva L. G., Ivanova T. N., Evdokimova O. V. *Tovarovedenie i ekspertiza produktov pererabotki plodov i ovoshchey* [Merchandising and expert examination of fruit and vegetable products]. Moscow, 4TE Art, 2019, 376 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

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

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

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

Zemlyakova Evgeniya Sergeevna – Kaliningrad State Technical University; PhD in Engineering; Assistant professor of the Department of Food Biotechnology; E-mail: evgeniya.zemljakova@klgtu.ru

СУДОСТРОЕНИЕ, МАШИНОСТРОЕНИЕ И ЭНЕРГЕТИКА

УДК 629.5.03(06)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЬ - ГЕНЕРАТОРОВ
ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ СИСТЕМЫ
КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

В. Ф. Белей

IMPROVING THE EFFICIENCY OF MARINE DIESEL-GENERATORS
OWING TO THE USE OF CENTRALIZED REACTIVE POWER
COMPENSATION SYSTEM

V. F. Beley

Анализ эксплуатационных режимов работы ряда судовых электростанций показывает, что величина реактивной мощности их нагрузки превышает расчетные проектные значения. Это превышение приводит к перегрузке синхронных генераторов судовой электростанции по реактивному току. В итоге генераторы недогружаются по активной мощности, а дизели работают с более высоким удельным расходом топлива. В работе приведена методика оценки эффективности судовых дизель-генераторов (ДГ) при использовании централизованной системы компенсации реактивной мощности в судовых электростанциях. На примере судов проекта В-69 показано, что применение централизованной системы компенсации реактивной мощности позволяет значительно снизить ток генераторов и, как следствие, вывести из работы дизель - генератор. В результате имеют место уменьшение расхода топлива и масла, экономия ресурса работы оборудования ДГ. В работе дана схема реализации централизованной системы компенсации реактивной мощности, основу которой составляют конденсаторные батареи и система управления. Конденсаторная установка разделена на две части: постоянно включенную к шинам главного распределительного щита судовой электростанции и обеспечивающую компенсацию минимально возможной реактивной мощности электростанции во время эксплуатации судна и группу конденсаторов, подключаемых к шинам автоматически системой управления. Система управления по заданному алгоритму на основе анализа величины суммарного тока всех генераторов и линейного напряжения производит расчет величины реактивной мощности и подает сигналы на подключение или отключение конденсаторных батарей необходимой мощности.

дизель-генератор, судовая электростанция, режим работы, реактивная мощность, ток, компенсация, эффективность, ресурс, топливо

The analysis of operating conditions of a number of ship power plants shows that the reactive load power exceeds the calculated design values. This leads to reactive current overload of diesel generators (DG). As a result, generators are underloaded by active power, and diesel engines operate with higher specific fuel consumption. The paper represents a methodology for assessing the efficiency of ship diesel generators (DG)

using a centralized system of reactive power compensation in ship power plants. Using the example of B-69 project vessels, it is shown that the use of a centralized reactive power compensation system can significantly reduce the current of generators, and therefore, take the diesel generator out of operation. As a result, there is: a reduction in fuel and oil consumption and service life savings of DG equipment. The paper provides a scheme for the implementation of a centralized system for reactive power compensation, which is based on: capacitor batteries and a control system. The capacitor unit is divided into two parts: permanently connected to the buses of the main switchboard of the ship's power station, providing compensation for the minimum possible reactive power of the power plant during operation of the vessel, and a group of capacitors connected to the buses automatically by the control system.

diesel-generator, ship power plant, operating mode, reactive power, current, compensation, efficiency, resource, fuel

ВВЕДЕНИЕ

Значительная доля судов эксплуатируется при реактивных нагрузках, приведенных в проектной документации, что влечет за собой перегрузку синхронных генераторов по реактивному току и работу дизелей на долевых нагрузках и, как следствие, использование большего числа ДГ в эксплуатационных режимах судна. Задачей исследований является повышение эффективности судовых дизель-генераторов за счет централизованной системы компенсации реактивной мощности судовой электростанции.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Анализ эксплуатационных режимов ряда судовых электростанций показал, что величина их реактивных нагрузок (табл. 1) зачастую превышает расчетные значения, представленные в проектной документации на судно ($\cos \varphi_{\text{ном}} = 0,8$) [1-3].

Таблица 1. Результаты исследований реактивных нагрузок судовых электростанций в эксплуатационных условиях

Table 1. Results of studying reactive loads of ship power plants under operational conditions

Тип и наименование судна	Состав электростанции S_H (кВА)	$\Sigma Q=Q_{\text{max}}$			$\cos \varphi_{\text{min}}$
		ΣP , кВт	ΣQ , кВАр	$\cos \varphi$	
ПБ «Ленинский путь»	6ДГx460	1680	1522	0,74	0,69
РТМС «Курская дуга»	2ДГx700,2ДГx600	1300	1130	0,76	0,72
	1ВГx1200	400	704	0,5	0,2*
БМРТ «Козенков»	4ДГx250	462	654	0,57	0,57
ССТ «Мелонгена»	3ДГx350	380	400	0,69	0,49
БСТ «Родина»	3ДГx800	1149	1023	0,75	0,73
ТР «Гранитный берег»	4ДГx763	1050	953	0,74	0,74

Перегрузка генераторов по реактивному току приводит к тому, что синхронные генераторы электростанции недогружаются по активной мощности и, как следствие, дизель работает с более высоким удельным расходом топлива (рис. 1) [4].

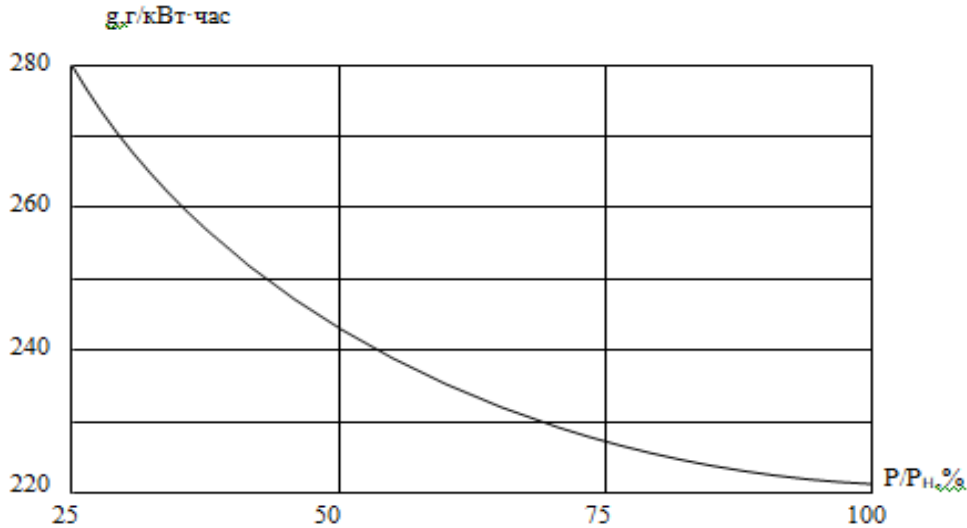


Рис. 1. Зависимость удельного расхода топлива дизеля 8ВАН-22 судна проекта В-69 от загрузки

Fig. 1. Dependence of specific fuel consumption of 8VAN-22 diesel of the B-69 vessel project on the load

Применение централизованного способа компенсации реактивной мощности (РМ) на шинах судовой электростанции позволит разгрузить генераторы от выработки РМ. На рис. 2 показана электрическая схема судовой электростанции, когда РМ нагрузки (Q_H) обеспечивается за счет конденсаторной батареи (КБ).

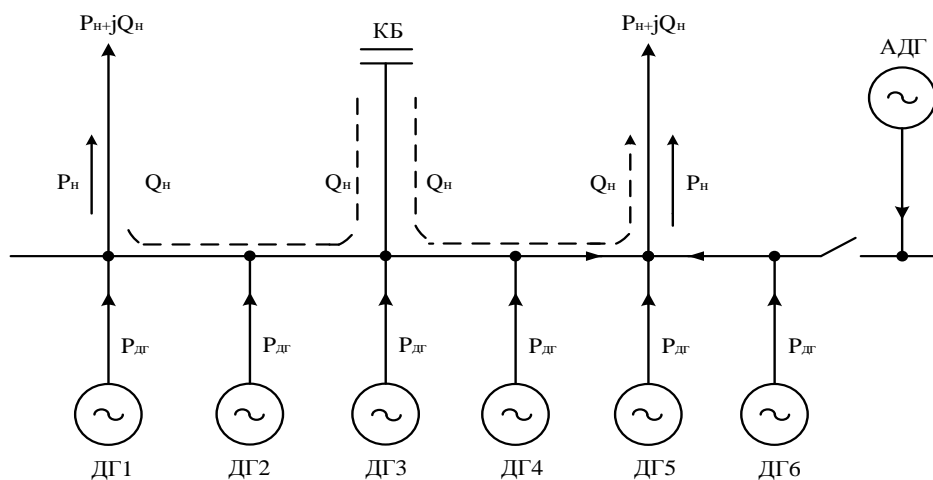


Рис. 2. Упрощенная электрическая схема судовой электростанции проекта В-69

Fig. 2. Simplified electric circuit of ship power plant of the B-69 project

Рассмотрим эффективность применения централизованного способа компенсации на примере судна ПБ «Ленинский путь» (проект В-69) (рис. 2, табл. 2 и 3).

Таблица 2. Технические данные судовой электростанции судна проекта В-69

Table 2. Technical data of ship power plant of the В-69 vessel project

№ п/ п	Наименование	n	Дизель	Синхронный генератор GBm 1412b-02				
				P _{ном} , кВт	U _{ном} , В	r _c , Ом	Возбуждение	
							U _{ном} , В	I _{ном} , А
1	Вспомогательный дизель-генератор	6	8ВАН-22	320	380	5,25·10 ⁻³	70	130
2	Аварийный дизель-генератор	1	-	2	380	-	-	-

Таблица 3. Нагрузка электростанции ПБ «Ленинский путь» в течение производственного рейса

Table 3. Loading of depot ship «Leninskiy put» power plant during work-in-process time

Число работающих ДГ	Ток одного ДГ, А	Электростанция		Время работы	
		ΣP, кВт	ΣQ, кВАр	ч	%
2	320	320	287	50	1,24
	400	400	362	22	0,55
	460	460	417	18	0,45
	500	250	453	344	8,53
3	440	660	598	82	2,03
	460	690	625	60	1,49
	500	760	680	199	4,94
	540	810	734	269	6,67
	290	870	788	50	1,24
4	440	880	797	8	0,2
	460	920	834	31	0,77
	500	1000	906	146	3,62
	540	1080	978	28	0,69
	600	1200	1087	45	1,12
5	500	1250	1133	196	4,86
	540	1350	1223	83	2,06
	560	1400	1268	246	6,1
	600	1500	1359	479	11,88
6	520	1560	1413,4	501	12,43
	500	1500	1359	198	4,9
	540	1620	1468	205	5,08
	560	1680	1522	769	19,07
	567	1700	1540	3	0,07
Итого				4032	100

Суммарные потери мощности (ΔP): в обмотках статора и обмотке возбуждения синхронных генераторов (СГ), в цепи генератор - шины главного распределительного щита (ГРЩ) определяются по выражениям

$$\Delta P = n \cdot \left[3 \cdot \sum r \cdot I_{CG}^2 + 1,15 U_B \cdot I_B \right]; \quad (1)$$

$$\sum r = r_c + r_{ПР} + k \cdot r_{ТР} + r_{AB} + p \cdot r_{ПК}, \quad (2)$$

где $\sum r$ – суммарное активное сопротивление цепи СГ – ГРЩ; r_{AB} – переходное сопротивление коммутирующей аппаратуры; $r_{ТР}$ – сопротивление, обусловленное измерительными трансформаторами тока; $r_{ПК}$ – сопротивление переходных контактов в силовой цепи; k и p – соответственно, число измерительных трансформаторов и переходных контактов тракта от клемм обмотки статора генератора до шин ГРЩ; n – число дизель-генераторов; U_B, I_B – соответственно, напряжение и ток обмотки возбуждения генератора (рис. 3).

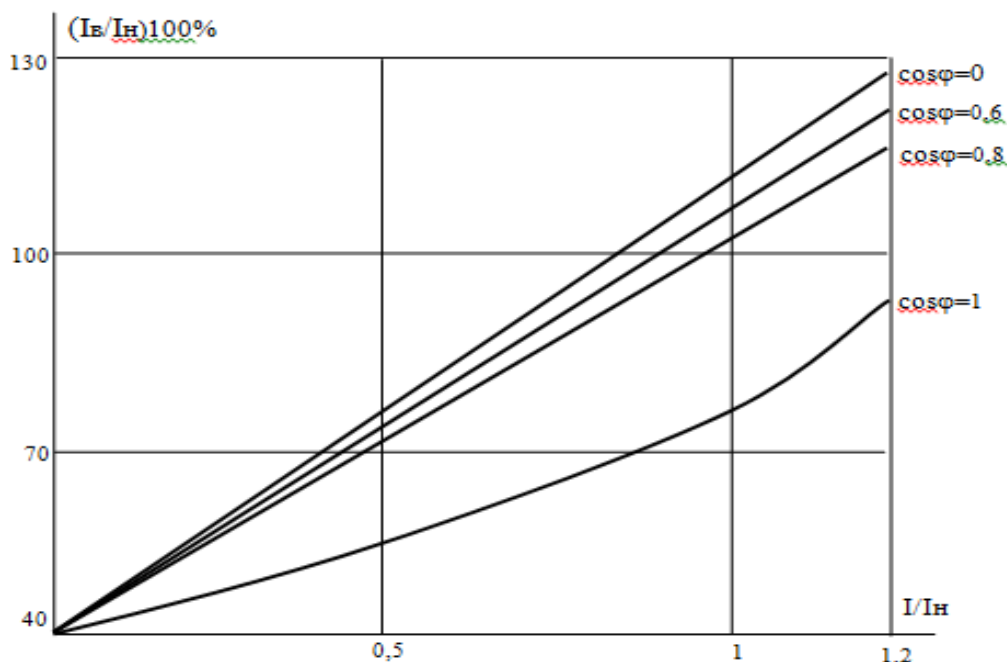


Рис. 3. Зависимость тока возбуждения от тока нагрузки синхронного генератора
 Fig. 3. Dependence of the exciting current on the load current of synchronous generator

Как показали расчеты, наибольший эффект от применения установки по компенсации РМ на судне имеет место при выводе из работы дизель-генератора: с шести работающих на пять; с пяти - на четыре и т. д. В табл. 4 приведены результаты расчетов эффективности использования централизованной системы компенсации РМ при различной мощности конденсаторной батареи и перехода на эксплуатацию с шести на пять дизель-генераторов судовой электростанции.

Таблица 4. Результаты расчетов эффективности централизованной системы компенсации РМ электростанции «Ленинский путь» при мощности нагрузки: $\Sigma P_H=1560$ кВт и $\Sigma Q_{HГ}=1407$ кВАр

Table 4. Calculation data on the effectiveness of the centralized compensation system of the CP "Leninsky put" power station with the load power: $\Sigma P_{LN}=1560$ kWt and $\Sigma Q_{LN}=1407$ kVar

Число работающих ДГ	Нагрузка одного ДГ				Q _{кб} , кВАр	Суммарные электрические потери мощности (ΔP- формула (1)), кВт
	P, кВт	I, А	Q _{дг} , кВАр	cos φ		
6	260	520	235	0,74	0	110,4
5	312	624	281	0,74	0	114,5
5	312	557	209	0,832	360	95,2
5	312	505	138	0,92	720	77
5	312	473	66	0,98	1080	70
5	312	462	0,00	1,00	1407	64

На рис. 4 показаны изменения тока, реактивной мощности и $\cos \varphi$ синхронного генератора электростанции «Ленинский путь» в зависимости от мощности конденсаторной батареи, свидетельствующие об эффективности использования централизованной системы компенсации РМ.

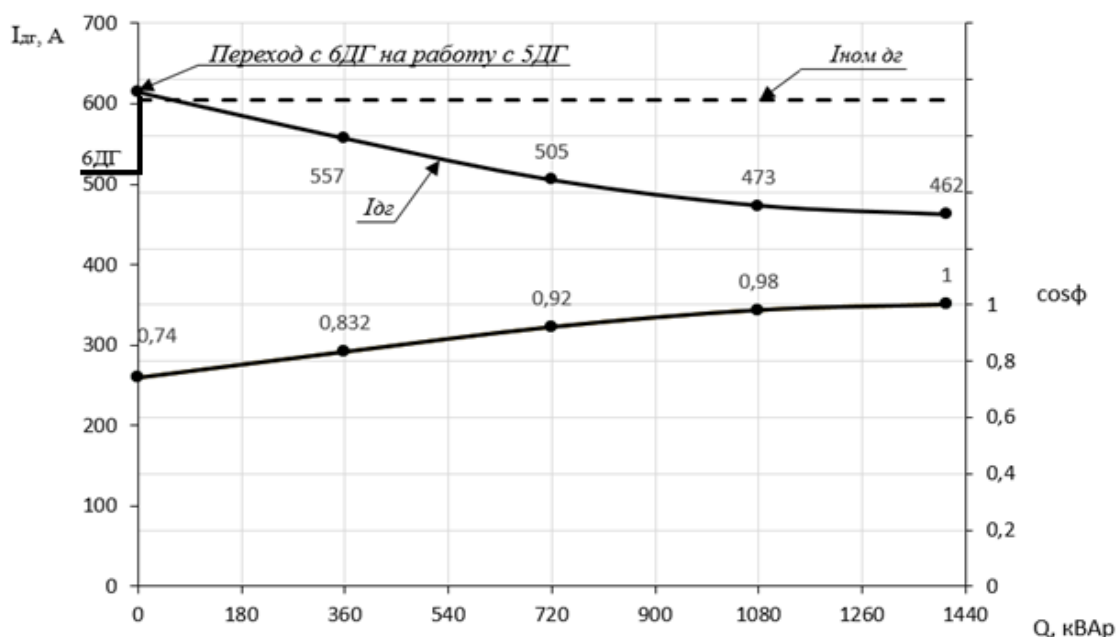


Рис. 4. Зависимости изменения тока, реактивной мощности и $\cos \varphi$ синхронного генератора электростанции ПБ «Ленинский путь» от мощности конденсаторной батареи

Fig. 4. Dependences of current change, reactive power and $\cos \varphi$ of the synchronous generator of the power plant of depot ship "Leninskiy put" on capacity bank power

Анализ этих зависимостей (табл. 4 и рис. 4) показывает, что централизованная компенсация РМ позволяет перейти на работу с шести на пять ДГ при

меньших значениях тока синхронного генератора из-за меньших потерь электрической мощности. Переход электростанции на работу с меньшим числом ДГ приводит к экономии топлива и масла. Применительно к ПБ «Ленинский путь» при переходе с шести ДГ на работу с пятью ДГ экономия топлива (Δm_T) и масла ($\Delta m_{\text{масла}}$) определится по выражениям:

$$\Delta m_T = 6 \cdot P_{\text{ДГ}}^1 \cdot g_{E1} - 5 \cdot P_{\text{ДГ}}^{11} \cdot g_{E2}; \quad (3)$$

$$\Delta m_{\text{масла}} = 0,115 \cdot \Delta m_T, \quad (4)$$

где P^1 и P^{11} - соответственно, мощности ДГ при числе работающих ДГ шесть и пять.

Конденсаторную установку следует разделить на две части: постоянно включенную к шинам ГРЩ (Q_{MIN}) и обеспечивающую компенсацию минимально возможной РМ электростанции во время эксплуатации судна, что составит для вышерассматриваемого судна примерно 280 кВАр (табл. 3), и группу конденсаторов, подключаемых к шинам автоматически системой управления (СУ) (рис. 5). Система управления работает по заданному алгоритму: на основе анализа величины суммарного тока всех ДГ [5] и линейного напряжения производит расчет величины РМ и подает управляющие сигналы на подключение или отключение КБ необходимой мощности (рис. 5).

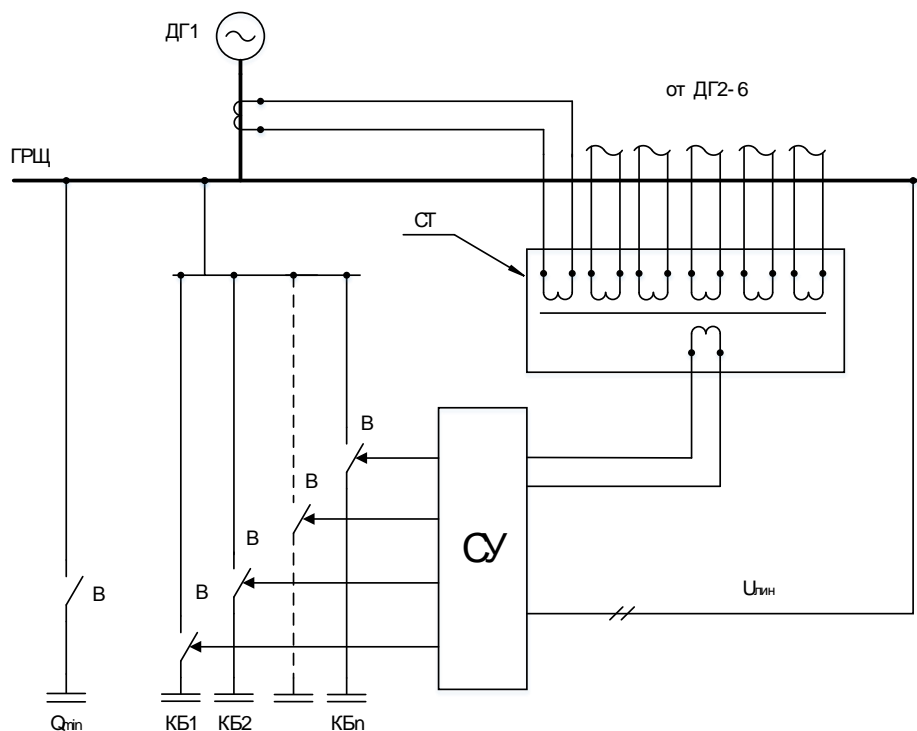


Рис. 5. Электрическая схема конденсаторной установки судна проекта В-69
 Fig. 5. Electric circuit of the condenser installation of the В-69 vessel project

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение централизованной системы компенсации реактивной мощности, подключенной к шинам главного распределительного щита судовой электростанции, позволяет значительно снизить ток судовых генераторов и, как следствие, выводить из работы ДГ. В результате имеют место уменьшение расхода топлива и масла, экономия ресурса работы дизеля и генератора.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Панов, В. А. Судовые электростанции и расчет их мощности / В. А. Панов. - Ленинград: Судостроение, 1965. – 132 с.
2. Белей, В. Ф. Баланс реактивной мощности судовых энергосистем: проблемы и некоторые пути их решения / В. Ф. Белей // Международный балтийский морской форум. Т.2. [Электронный ресурс]: материалы. – Калининград: Изд-во БГАРФ, 2018. – С. 123-128.
3. Белей, В. Ф. Уточненная методика расчета баланса реактивной мощности судовой электростанции / В. Ф. Белей, М. С. Харитонов, Р. О. Брижак // Морские интеллектуальные технологии. – 2018. – № 4 (42), Т. 3. – С. 67-71.
4. Российский морской регистр судоходства. Правила классификации и постройки морских судов. –2016. Издание утв. 15.09.2015 г.
5. Белей, В.Ф. Применение согласующих трансформаторов в установках компенсации реактивной мощности / В. Ф. Белей // Промышленная энергетика. – 1993. – № 1. – С. 28-29.

REFERENCES

1. Panov V. A. *Sudovye elektrostantsii i raschet ikh moshchnosti* [Ship power plants and calculation of their capacity]. L., Sudostroenie, 1965, 132 p.
2. Beley V. F. Balans reaktivnoy moshchnosti sudovykh energosistem: problemy i nekotorye puti ikh resheniya [Reactive power balance of shipboard power: technical challenges and solutions]. *Materialy Mezhdunarodnogo morskogo foruma* [Proceedings of the International Maritime Forum]. Kaliningrad, BSARF, 2018, vol. 2, pp. 123-128.
3. Beley V. F., Kharitonov M. S., Brizhak R. O. Utochnennaya metodika rascheta balansa reaktivnoy moshchnosti sudovoy elektrostantsii [Extended methodology for calculating the balance of reactive power of the ship power plant]. *Morskie intellektual'nye tekhnologii*, 2018, vol. 3, no. 4 (42), pp. 67-71.
4. *Rossiyskiy morskoy registr sudokhodstva. Pravila klassifikatsii i postroyki morskikh sudov* [Russian Maritime register of shipping. Rules of classification and construction of ships]. 2016. Edition 15.09.2015.
5. Beley V. F. Primenenie soglasuyushchikh transformatorov v ustanovkakh kompensatsii reaktivnoy moshchnosti [Use of matching transformers in reactive power compensation installations]. *Promyshlennaya energetika*, 1993, no. 1, pp. 28-29.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Белей Валерий Феодосиевич – Калининградский государственный технический университет; доктор технических наук, профессор; зав. кафедрой электрооборудования судов и электроэнергетики; E-mail: vbeley@klgtu.ru

Beley Valeriy Feodosievich – Kaliningrad State Technical University; PhD in Engineering, Professor; Head of the Department of Electrical Equipment of Ships and Electrical Power Engineering; E-mail: vbeley@klgtu.ru

УДК 629.5.01

ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НАДСТРОЕК НА РАННИХ
СТАДИЯХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СРЕДНИХ РЫБОЛОВНЫХ СУДОВ

А. В. Дектярев, С. В. Дятченко, В. А. Коробчинский, В. Н. Морозов

JUSTIFICATION OF PROJECT CHARACTERISTICS OF SUPPLEMENTS AT
EARLY STAGES OF DESIGNING MEDIUM FISHING VESSELS

A.V. Dektyarev, S. V. Dyatchenko, V. A. Korobchinsky, V. N. Morozov

В настоящее время для создания конкурентоспособных проектов промысловых судов необходим комплекс технических решений, направленных на повышение грузоподъемности и грузовместимости, разработку новых форм и конструкций корпуса, отвечающих требованиям мореходных качеств, прочности и условиям обитаемости, а также сокращение численности экипажей до уровня, обеспечивающего безопасность мореплавания и работу энергетического и технологического комплексов. Проектирование нового промыслового судна, как системы в целом, предусматривает совершенствование его подсистем и их составляющих. Применительно к подсистеме «Корпус и надстройки» актуальной является необходимость обоснования размеров, архитектурно-конструктивного исполнения и расположения надстройки на судне. Полученные в данной работе результаты являются определенным шагом к решению проблемы создания современных средних рыболовных судов. Показана актуальность исследования проектных характеристик надстроек. Выполнен анализ известных технических решений в области проектирования обитаемых помещений надстроек. Определены направления исследований проектных характеристик надстроек, сформулированы цели и задачи по определению их проектных характеристик. Собрана статистика и выполнена систематизация данных по размерам ярусов надстроек средних рыболовных судов. Получены зависимости изменения расчетной длины ярусов надстройки от размеров судна и его водоизмещения, а также приближенные значения нагрузки масс надстроек для ряда известных проектов средних рыболовных судов. Результаты выполненных исследований позволяют на ранних стадиях проектирования обоснованно выбрать граничные условия и, используя методы вариаций и последовательных приближений, выполнить изыскания по определению размеров, конструктивного исполнения и массы надстройки для проекта среднего рыболовного судна.

судостроение, системный подход, промысловое судно, надстройка, конструкция и размеры, вибрация

At present, to create competitive projects for fishing vessels, a set of technical solutions is needed to increase payload and cargo capacity, develop new forms and hull design that meet the requirements of seaworthiness, strength and habitability, and re-

duce the number of crews to safety levels. navigation and the work of the energy and technological complexes. Designing a new fishing vessel as a system as a whole, provides for the improvement of its subsystems and their components. With regard to the subsystem “hull and superstructure”, it is important to justify the size, architectural design and location of the superstructure on the vessel. The results obtained in this paper are a definite step towards solving the problem of creating modern medium-sized fishing vessels. The relevance of the study of the design characteristics of superstructures of medium fishing vessels is shown. The analysis of the known technical solutions in the design of habitable premises of superstructures is performed. The research directions for the design characteristics of superstructures were determined, and the goals and objectives for determining the design characteristics of superstructures were formulated. Statistics were collected and data were systematized according to the size of superstructure tiers of medium fishing vessels. The dependences of the change in the estimated length of the superstructure tiers on the size of the vessel and its displacement, as well as approximate loadings of the mass of superstructures for a number of well-known projects of medium-sized fishing vessels are obtained. The results of the studies made it possible at the early design stages to justify the selection of boundary conditions and, using the methods of variations and successive approximations, to carry out studies to determine the size, design and mass of the superstructure for the design of an average fishing vessel.

shipbuilding, systems approach, fishing vessel, superstructure, structure and dimensions, vibration

ВВЕДЕНИЕ

В зависимости от назначения главных размерений рыболовного судна и численности экипажа изменяются размеры и архитектурно-конструктивное исполнение надстройки. Корпус и надстройка формируют геометрическую структуру системы «Объект морской техники». Для среднего рыболовного судна надстройка является основным местом расположения жилых, служебных и общественных помещений. Ее архитектурно-конструктивное исполнение, размеры и место расположения на судне существенно влияют на нагрузку масс, абсциссу и аппликату центра тяжести подсистемы «Корпус и надстройка», мореходные качества, связанные с посадкой, остойчивостью, качкой, а также условия жизнедеятельности для подсистемы «Экипаж». От обоснования численности экипажа и удовлетворения технических и санитарных требований к условиям его жизнедеятельности зависят нагрузка масс и объемы помещений, связанные с вместимостью экипажа. На стадиях, когда отрабатывается концепция судна, необходимы статистические данные по судам – аналогам и нормативные требования к конструкции, устройству и оборудованию обитаемых помещений. Условия жизнедеятельности экипажа регламентируются санитарными правилами для морских судов промышленного флота, которые направлены на защиту экипажа от вредного воздействия физических факторов судовой среды. Нарушение норм приводит к снижению трудоспособности членов экипажа, появлению прогрессирующих заболеваний, травматизму и возникновению аварийных ситуаций. Для оценки условий жизнедеятельности экипажа на судне в математическую модель определения характеристик и элементов судна на стадиях его проектирования вводится функциональное требование обитаемости:

$$\Phi(\Psi = \sum_{i=1}^n a_i \psi_i) \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$\Phi \geq \Phi_d, \quad (2)$$

где Φ – фактические условия жизнедеятельности экипажа; Φ_d – допускаемые условия жизнедеятельности экипажа; Ψ – функция обитаемости, определяемая как совокупность факторов локальных функций ψ_i , характеризующих благоприятные условия жизнедеятельности экипажа на судне при воздействии i -го фактора; a_i – коэффициент весомости i -го фактора.

К важным факторам обитаемости относят уровень вибрации. В качестве примера на СРТМ «Нейтрино» показан уровень вибрации по октавным полосам частот со средними геометрическими частотами 16, 31,5, 63 Гц (рис. 1).

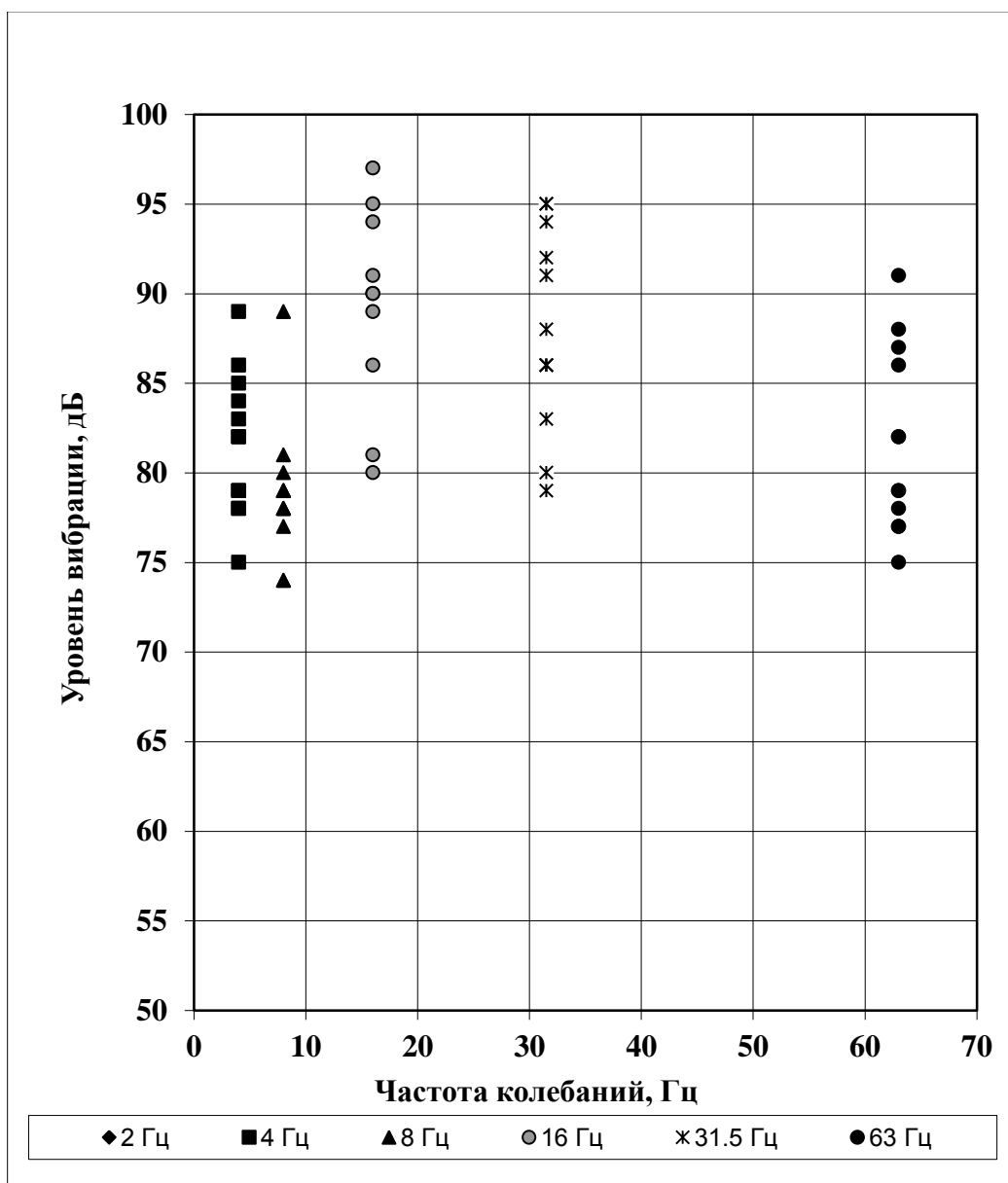


Рис. 1. Уровни вибрации на СРТМ «Нейтрино» по октавным полосам частот
 Fig. 1. Vibration levels at SRTM Neutrino by octave frequency bands

В ходе инструментальных измерений установлено, что в жилых помещениях этого проекта судна более 80 % членов экипажа подвержены воздействию повышенного уровня вибрации, вызванной работой главного двигателя и гребного винта.

Следует отметить, что для решения задач, связанных с созданием конкурентоспособных подсистем «Корпус и надстройка» и «Экипаж», взаимодействующих с другими подсистемами средних рыболовных судов, необходимы статистические данные, полученные по результатам системного анализа их основных элементов и характеристик.

Анализ литературных источников показал, что теория проектирования водоизмещающих кораблей и судов изложена в [1, 2], а методика проектирования конструкций надстроек для транспортных судов в [3-5]. Для определения массы надстройки на стадиях проектирования судна используют данные, представленные в [1, 4, 6]. Методы определения вибрации в местах пребывания экипажей и обеспечения ее нормативных значений на транспортных и рыболовных судах изложены в [7-10].

Проведенный анализ показал актуальность создания методического обеспечения для установления размеров, архитектурно-конструктивного исполнения и массы надстроек средних рыболовных судов, начиная с ранних стадий их проектирования. Выбраны направления исследований для определения основных элементов характеристик надстройки с учетом требований мореходных качеств судна и обеспечения нормативных характеристик прочности и вибрации. Разработана структурная схема исследований надстроек средних рыболовных судов, представленная на рис 2.



Рис. 2. Структурная схема исследований надстроек средних рыболовных судов

Fig. 2. Structural scheme of studies of superstructures of medium fishing vessels

К задачам общего проектирования надстроек средних рыболовных судов отнесены: системный анализ данных по надстройкам; разработка алгоритма про-

ектирования и математических моделей, проведение вариационных исследований для выбора вариантов, отвечающих нормативным требованиям к прочности, вибрации и мореходным качествам судна, а также использованию при создании надстроек современных композиционных материалов. В соответствии со структурной схемой выполнен анализ статистических данных длины рыболовных судов, их водоизмещения, ярусов надстроек и их толщин. Анализ показал, что толщина настилов палуб, переборок и бортовых перекрытий надстроек для всего размерного ряда рассмотренных судов в большинстве одинакова и составляет 5 мм. В табл. 1 представлены статистические данные проектных характеристик средних рыболовных судов.

Таблица 1. Статистические данные проектных характеристик средних рыболовных судов

Table 1. Statistical data of design characteristics of medium fishing vessels

№ п/п	Название судна	Длина, м	Водоизмещение, м	Длина ярусов надстройки, м		
				1-го	2-го	3-го
1	Svanaug Elise	64	3043	16,8	12,5	-
2	Мыс Корсакова	64,05	2870	10,1	10,1	-
3	Невельск	64,05		10,4	10,4	-
4	Таурус	63,85	1860	16	9,6	-
5	Ариус	61,44	3477	15,9	10,4	-
6	Печора	59,9	1940	28,2	26,6	10,1
7	Баренцево море	58,91	2737	10,7	5,9	-
8	Севрыба-2	57,8	2356	18,5	15,8	9,9
9	Севрыба-1	56,4	1220	17,2	14,4	10,1
10	Василий Яковенко	54,8	1234	12,4	12,4	6,2
11	Андрей Смирнов	53,7	1234	8,6	8,6	8
12	Горный	53,7	1202	8,6	8,6	8
13	Альпинист	53,7	1557	10,7	6,3	-
14	Антиас	52,55	1412	18,2	13,7	-
15	Михаил Порошенко	51,1	1305	12,4	10	-
16	Каспрыба-1	49,95	1863	15	12,5	-
17	Александр Масленников	49,8	1352	16,7	9	-
18	Вестлайнер	47,5	1266	13,6	11,6	-
19	Капитан Карташов	46,5	781	18,2	18,2	8,1
20	Надежный	44,81		7,2	4,5	-
21	Norafjell	44	987,8	8,9	8	-
22	Валерий Маслаков	42,24	605	10,2	6,6	2,5
23	СДСУ	41,9	1401	17,1	7,1	-
24	Иван Шаньков	40,8	596	10,5	8,4	-
25	Приморье	39,83	872,1	13,1	6,5	-
26	Ягры	38,5		7,5		-

На рис. 1-3 представлены зависимости длины 1-3-го ярусов надстройки от длины рыболовного судна, а на рис. 4-6 – зависимости от его водоизмещения.

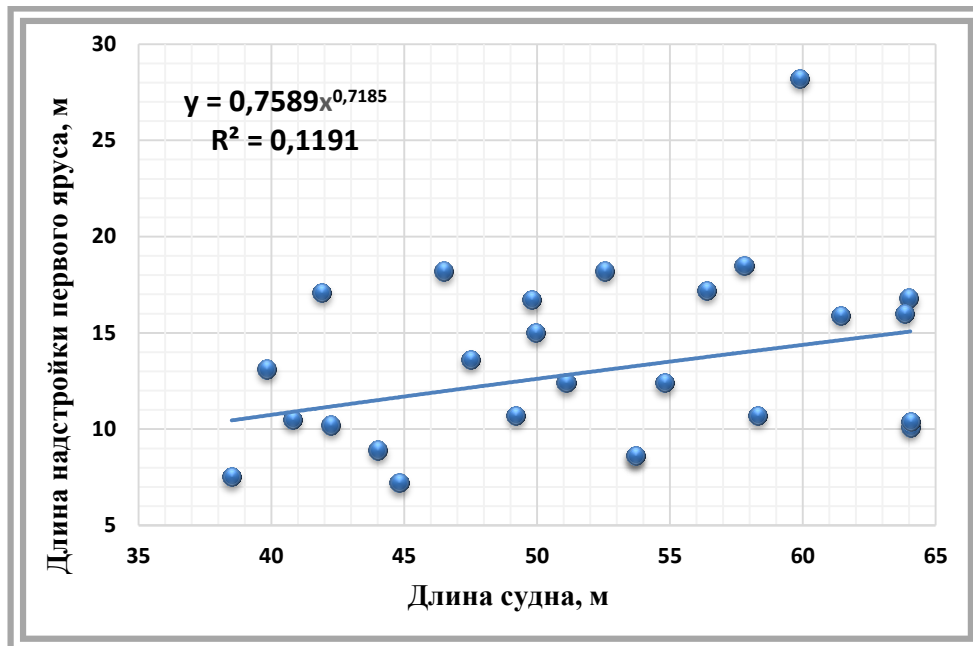


Рис. 1. Зависимость длины первого яруса надстройки от длины среднего рыболовного судна

Fig. 1. The dependence of the length of the 1st tier of the superstructure from the length of an average fishing vessel

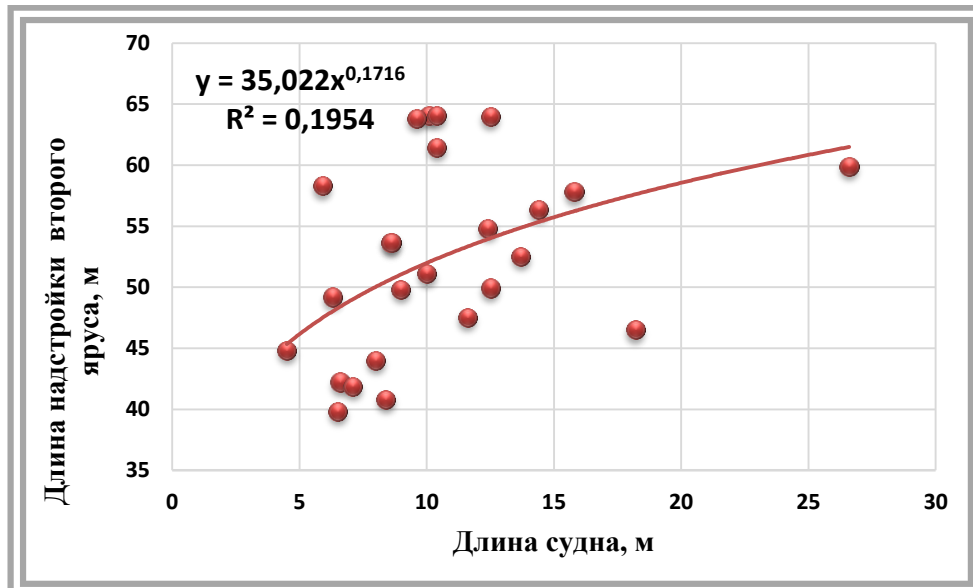


Рис. 2. Зависимость длины второго яруса надстройки от длины среднего рыболовного судна

Fig. 2. Dependence of the length of the second tier of the superstructure on the length of an average fishing vessel

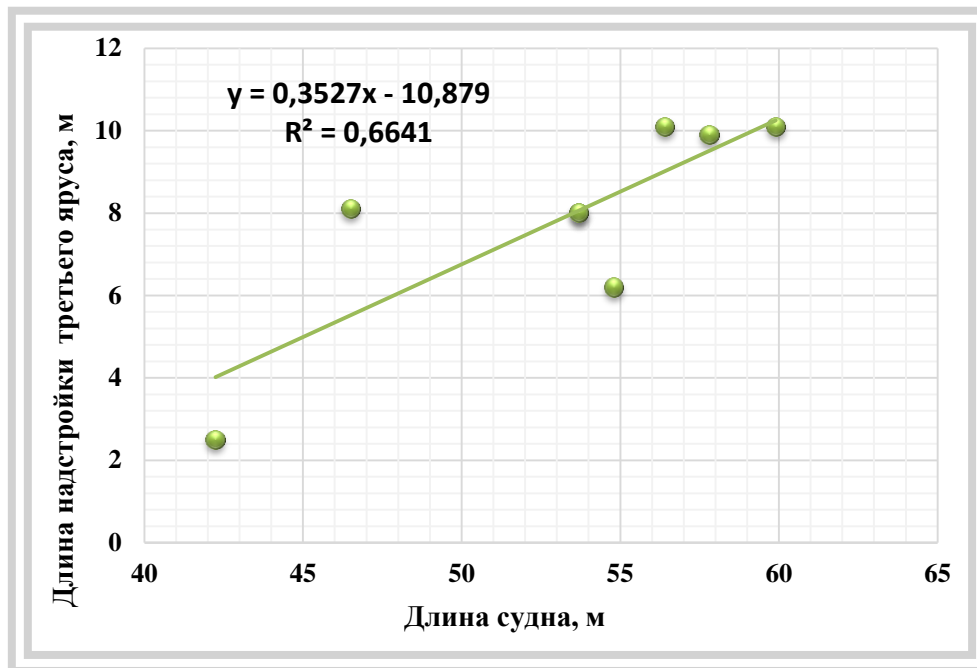


Рис. 3. Зависимость длины третьего яруса надстройки от длины среднего рыболовного судна

Fig. 3. Dependence of the length of the third tier of the superstructure on the length of the average fishing vessel

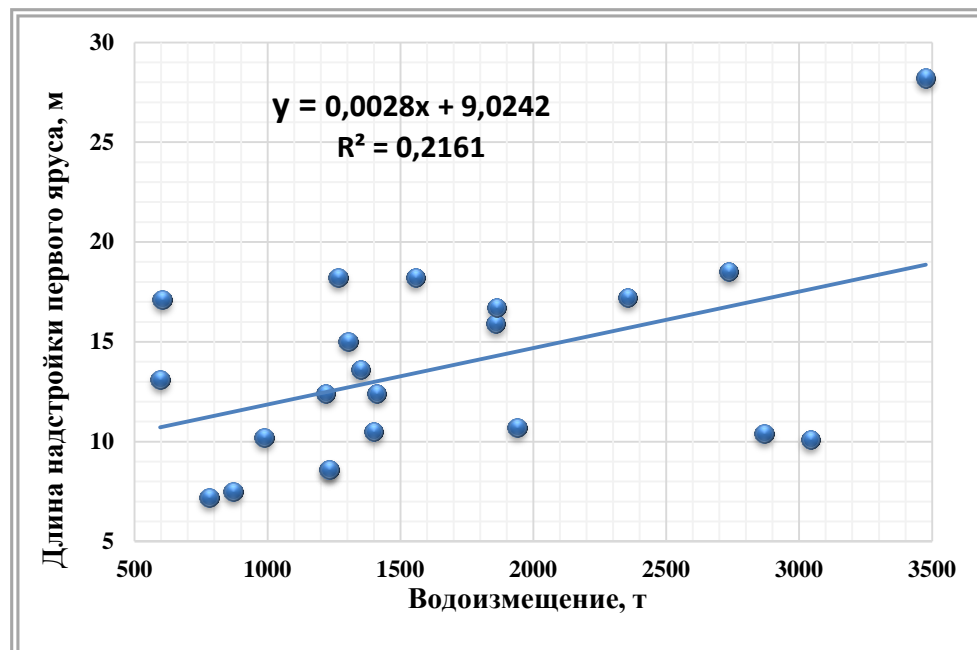


Рис. 4. Зависимость длины первого яруса надстройки от водоизмещения среднего рыболовного судна

Fig. 4. The dependence of the length of the first tier of the superstructure from the displacement of an average fishing vessel

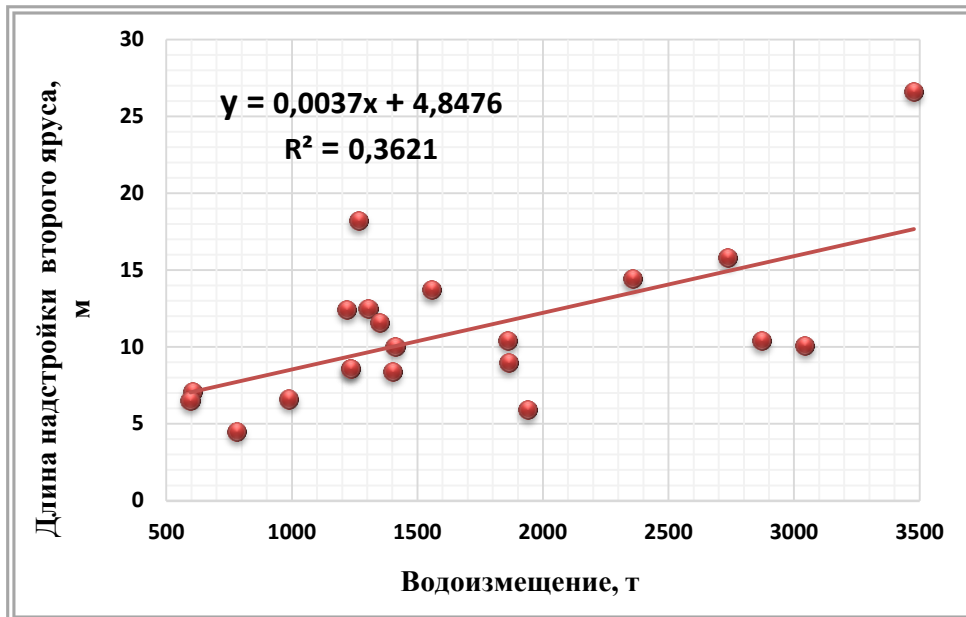


Рис. 5. Зависимость длины второго яруса надстройки от водоизмещения среднего рыболовного судна

Fig. 5. The dependence of the length of the second tier of the superstructure from the displacement of an average fishing vessel

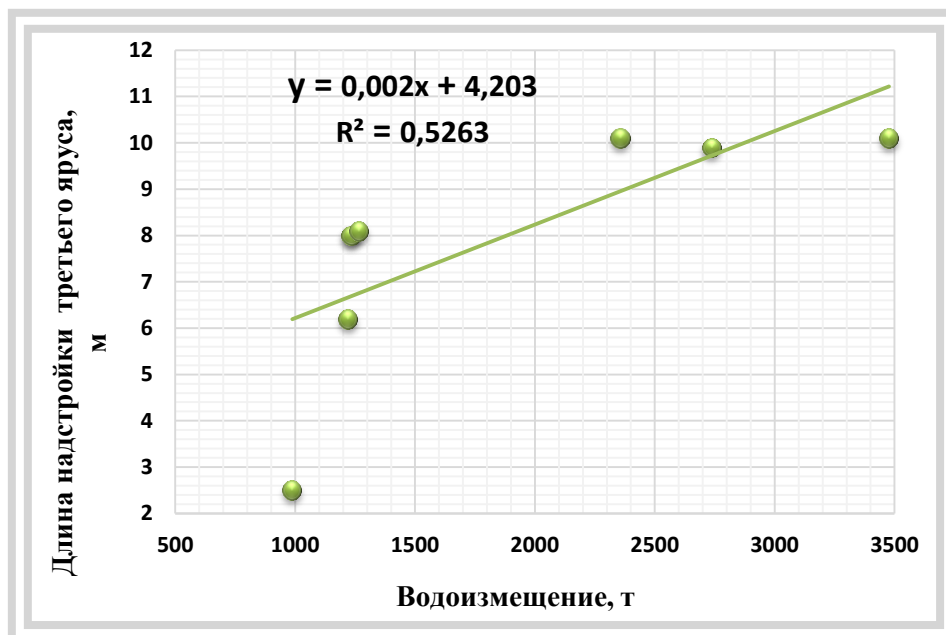


Рис. 6. Зависимость длины третьего яруса надстройки от водоизмещения среднего рыболовного судна

Fig. 6. The dependence of the length of the third tier of the superstructure from the displacement of an average fishing vessel

В табл. 2 представлены данные расчетной оценки массы надстройки средних рыболовных судов, а на рис. 7 – ее зависимость от водоизмещения.

Таблица 2. Расчетная оценка массы надстройки средних рыболовных судов
Table 2. Estimated superstructure weight of medium fishing vessels

№ п/п	Название судна	Грузоподъемность, т	Масса корпуса, т	Масса надстройки, т
1	Мыс Корсакова	550	1874	244
2	Невельск	540	1600	208
3	Ариус	328	1315	210
4	Баренцево море	338	1290	206
5	Севрыба-2	485	1599	208
6	Севрыба-1	510	1546	201
7	Василий Яковенко	207	820	131
8	Андрей Смирнов	112	895	143
9	Торный	60	879	141
10	Антиас	470	749	97
11	Каспрыба-1	300	781	125
12	Альпинист	160	699	112
13	Капитан Карташов	60	750	120
14	Надежный	100	573	92
15	Валерий Маслаков	200	638,8	102
16	Иван Шаньков	252	985	158
17	Приморье	50	484	77
18	Ягры	183	549,1	88

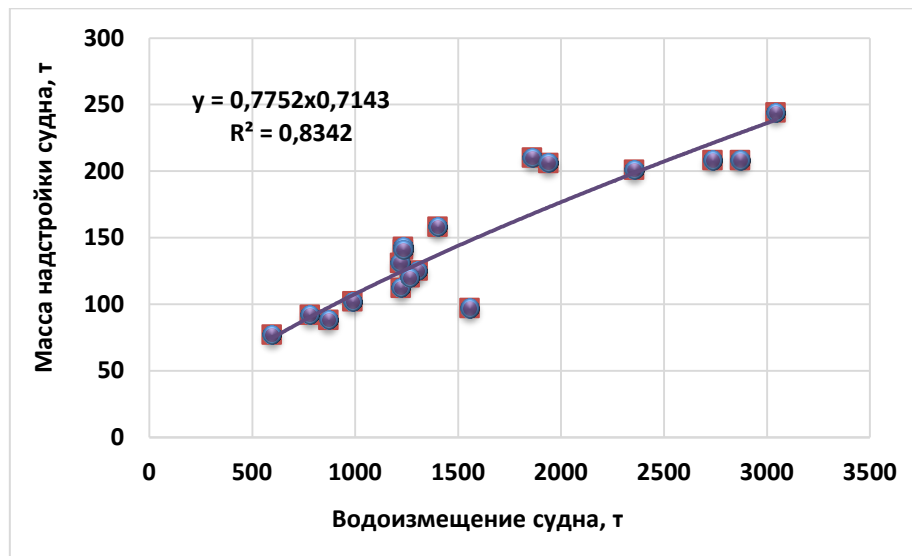


Рис. 7. Зависимость массы надстройки от водоизмещения судна
Fig. 7. The dependence of the superstructure mass on the vessel's displacement

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье обоснована актуальность и разработана структурная схема исследования основных элементов и характеристик надстроек средних рыболовных судов.

Собраны и систематизированы статистические данные по надстройкам, получены зависимости изменения длины ярусов надстройки от длины среднего рыболовного судна. Для решения проектных задач на ранних стадиях проектирования получены зависимости длины ярусов надстройки от водоизмещения судна.

Выполнена расчетная оценка нагрузки масс надстроек для рассмотренных проектов средних рыболовных судов и получена зависимость массы надстройки от их водоизмещения.

Получены новые результаты, которые позволяют перейти к оптимизационным исследованиям основных элементов и характеристик надстройки для обеспечения мореходных, прочностных, вибрационных и технологических качеств.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гайкович, А. И. Теория проектирования водоизмещающих кораблей и судов: в 2 т. / А. И. Гайкович. – Санкт-Петербург: Изд-во НИЦ МОРИНТЕХ, 2014. – Т. 1. Описание системы «Корабль». – 819 с.
2. Гайкович, А. И. Теория проектирования водоизмещающих кораблей и судов: в 2 т. / А. И. Гайкович. – Санкт-Петербург: Изд-во НИЦ МОРИНТЕХ, 2014. – Т. 2. Анализ и синтез системы «Корабль». – 812 с.
3. Проектирование конструкций надстроек транспортных судов: учеб. пособие / В. Л. Александров [и др.]. – Санкт-Петербург: Изд. центр СПбГМТУ, 1997. – 63 с.
4. Роннов, Е. П. Проектирование судов внутреннего плавания: учеб. пособие / Е. П. Роннов. – Нижний Новгород: Изд-во ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2009. – 288 с.
5. Сиверс, Р. Л. Расчет и конструирование судовых надстроек / Р. Л. Сиверс. – Ленинград: Судостроение, 1966. – 300 с.
6. Бавыкин, Г. В. Определение массы надстройки на ранних стадиях проектирования судна / Г. В. Бавыкин, Б. А. Царев. – Ленинград: Судостроение, 1984. – № 9. – С. 5-7.
7. Борьба с вибрацией на судах / под общей ред. В. Л. Александрова. – Санкт-Петербург: МорВест, 2005. – 424 с.
8. Дятченко, С. В. Теоретические положения проектного обеспечения норм вибрации на судах промыслового флота / С. В. Дятченко // Известия КГТУ. – Калининград, 2012. – № 25. – С. 119-126.
9. Дятченко, С. В. Прогнозирование параметров общей вибрации корпуса рыболовного судна / С. В. Дятченко // Судостроение. – 2009. – № 4. – С. 15-19.
10. Расчетная оценка уровней вибрации в обитаемых помещениях морских судов: метод. указания. – МУ 2.2.4.1518-03, 2003.

REFERENCES

1. Gaykovich A. I. *Teoriya proektirovaniya vodoizmeshchayushchikh korabley i sudov* [Theory of design of displacement ships and vessels]. Saint-Petersburg, Publishing House SIC MORINTECH, 2014, vol. 1, 819 p.
2. Gaykovich A. I. *Teoriya proektirovaniya vodoizmeshchayushchikh korabley i sudov* [Theory of design of displacement ships and vessels]. Saint-Petersburg, Publishing House SIC MORINTECH, 2014, vol. 2, 812 p.
3. Alexandrov V. L., Glozman M. K., Matlakh A. P., Polyakov V. I. *Proektirovanie konstruksiy nadstroek transportnykh sudov: uchebnoe posobie* [Designing superstructures of transport ships: studies manual]. Saint-Petersburg, Izd. tsentr SPbGMTU, 1997, 63 p.
4. Ronnov E. P. *Proektirovanie sudov vnutrennego plavaniya: uchebnoe posobie* [Design of inland navigation vessels: studies manual]. N. Novgorod, Publishing house FGUU VPO "VGAVT", 2009, 288 p.
5. Sivers R. L. *Raschet i konstruirovaniye sudovykh nadstroek* [Calculation and design of ship superstructures]. L., Sudostroenie, 1966, 300 p.
6. Bavykin G. V., Tsarev B. A. *Opreделение massy nadstroyki na rannikh stadiyakh proektirovaniya sudna* [Determination of superstructure mass in the early stages of ship design]. L., *Sudostroenie*, 1984, no. 9, pp. 5-7.
7. Aleksandrov V. L., Matlah A. P., Polyakov V. I. *Bor'ba s vibratsiyey na sudakh* [Fighting vibration on ships]. Saint-Petersburg, MorVest, 2005, 424 p.
8. Dyatchenko S. V. *Teoreticheskie polozheniya proektnogo obespecheniya norm vibratsii na sudakh promyslovogo flota* [Theoretical provisions of the project provision of vibration standards on the vessels of the fishing fleet]. *Izvestiya KGTU*, Kaliningrad, 2012, no. 5, pp. 119 -126.
9. Dyatchenko S. V. *Prognozirovaniye parametrov obshchey vibratsii korpusa rybolovnogo sudna* [Prediction of general vibration parameters of the hull of a fishing vessel]. Saint-Petersburg, *Sudostroenie*, 2009, no. 4, pp. 15-19.
10. *Raschetnaya otsenka urovney vibratsii v obitaemykh pomeshcheniyakh morskikh sudov. Metodicheskie ukazaniya* [Estimated assessment of vibration levels in the inhabited premises of ships. Methodical instructions]. MU 2.2.4.1518-03, 2003.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Дектярев Александр Владимирович – Калининградский государственный технический университет; аспирант кафедры кораблестроения;
E-mail: nwasanches@mail.ru

Dektyarev Alexander Vladimirovich – Kaliningrad State Technical University;
Post-graduate student; Department of shipbuilding; E-mail: nwasanches@mail.ru

Дятченко Сергей Васильевич – Калининградский государственный технический Университет; доктор технических наук, доцент; заведующий кафедрой кораблестроения; E-mail: svd.ks@mail.ru

Dyatchenko Sergey Vasilyevich – Kaliningrad State Technical University;
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor; Head of the Shipbuilding
department; E-mail: svd.ks@mail.ru

Коробчинский Валерий Анатольевич – ООО «Техцентр», руководитель проекта
судостроения; E-mail: val-kor@mail.ru

Korobchinskiy Valeriy Anatolievich – «TechCenter» LLC; Shipbuilding Project
Manager; E-mail: val-kor@mail.ru

Морозов Владимир Николаевич – Калининградский государственный технический
университет; кандидат технических наук; доцент; академик РАЕН;
E-mail: mvn3613@gmail.com

Morozov Vladimir Nikolaevich – Kaliningrad State Technical University;
Doctor of Technical Science; Associate Professor; Academician of RANS;
E-mail: mvn3613@gmail.com

УДК 629.5.01

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ 3D-ПЕЧАТИ В СУДОМОДЕЛИЗМЕ
ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ БУКСИРОВОЧНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ
МАЛОМЕРНОГО СУДНА В УСЛОВИЯХ ОПЫТОВОГО БАСЕЙНА

А. В. Дектярев, П. Г. Зобов, И. И. Николаев, П. Р. Гришин, Д. А. Романюта,
В. Н. Морозов

EXPERIENCE OF USING 3D-PRINTING IN SHIP MODELING WHILE
INVESTIGATING TOWING RESISTANCE OF A SMALL-SIZED VESSEL
IN AN EXPERIMENTAL TANK

A. V. Dektyarev, P. G. Zobov, I. I. Nikolaev, P. R. Grishin, D. A. Romanyuta,
V. N. Morozov

В представленной статье приводится исследование буксировочного сопротивления модели маломерного судна, изготовленной посредством аддитивных технологий трехмерной печати.

На основании габаритов используемых 3D-принтеров и технологических параметров работы с ними, а также конструктивных особенностей опытового бассейна в качестве прототипа будущей модели были исследованы маломерные суда серии каяков, байдарок и каноэ, обладающие достаточной длиной, но не слишком широкие и высокие, что идеально подходит под методы аддитивного изготовления. Составлена база прототипов судов подобного класса и дано обоснование выбора самого судна-прототипа для исследований, включающее анализ конструктивного исполнения представленных судов, наличия конструкторско-технологической документации, а также технологических схем изготовления модели. Были проведены разработка 3D-модели судна, ее оптимизация под 3D-печать и анализ геометрических форм.

Экспериментальные исследования буксировочного сопротивления модели на тихой воде выполнялись в опытовом бассейне гравитационного типа на базе Института судостроения и морской арктической техники г. Северодвинска для диапазона скоростей в 1-5 уз. Дополнительно, для проверки экспериментальных данных, было произведено имитационное моделирование проведенного опытного эксперимента при помощи современного комплекса программного обеспечения FreeShip методом Карег, основывающимся на статистических данных модельных испытаний судов представленного типа, и посредством программы Michlet Pro, использующейся при предпроектных исследованиях гидродинамических свойств судна. Также было выполнено краткое представление относительно трудоемкости изготовления судовой модели для испытаний в опытовом бассейне по двум технологическим схемам – при помощи аддитивных технологий и традиционных методов моделирования.

аддитивные технологии, 3D-печать, 3D-принтер, судомоделизм, буксировочное сопротивление, опытовой бассейн, маломерные суда, имитационное моделирование

The article presents a study of the towing resistance of the model of a small-sized vessel manufactured using additive three-dimensional printing technology.

Based on the dimensions of the 3D printers used and the technological parameters of working with them, as well as the design features of the experimental pool, as a prototype of the future model, small-sized vessels such as kayaks and canoes with sufficient length, but not too wide and high, ideally suitable for methods of additive manufacturing, have been studied. A database of prototype ships of this type has been compiled and the choice of the prototype ship itself for research has been substantiated, including the analysis of the design of the ships presented, availability of design and technological documentation, and also technological schemes for manufacturing of the model. A 3D model of the vessel has been developed, then it has been optimized for 3D printing, after which its geometric shapes have been analysed.

Experimental studies of the towing resistance of the model on quiet water have been carried out in a gravity-type experimental tank on the basis of the Institute of Shipbuilding and Marine Arctic Technology of the city of Severodvinsk for a speed range of 1–5 knots. Additionally, to verify the experimental data, a simulation has been performed of the model experiment carried out using the modern FreeShip software package by the Kaper method, based on statistical data from model tests of ships of the type presented, and using the Michlet Pro programme used in the preliminary design study of the vessel's hydrodynamic properties. Also, a brief presentation has been made regarding labour intensity of manufacturing a shipboard model for testing in an experimental tank according to two flow charts – by applying additive technologies and traditional modeling methods.

additive technologies, 3D-printing, 3D-printer, ship modeling, towing resistance, experimental tank, small-sized vessels, simulation modeling

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день аддитивные технологии являются важной составляющей современного производственного цикла, что подтверждено как представителями Объединенной судостроительной корпорации (АО «ОСК»), внедряющими группы по аддитивным технологиям на свои предприятия, так и множеством научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по данной тематике, число которых в последние годы заметно возросло.

С расширением номенклатуры продукции на смену традиционным технологиям изготовления приходит 3D-печать. При анализе применимости объектов морской техники к аддитивному производству встает вопрос о дальнейших возможных путях использования технологий быстрого прототипирования в судостроительной отрасли. 3D-печать в судомоделизме – принципиально новое и динамично развивающееся направление, требующее многочисленных исследований, как экспериментальных, так и теоретических, и аналитических изысканий.

Цель работы – проведение экспериментального исследования буксировочного сопротивления модели маломерного судна, изготовленной посредством аддитивных технологий, с изучением технико-экономических параметров её 3D-печатного производства.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В данной работе, ввиду габаритов применяемых 3D-принтеров, а также конструктивных особенностей опытового бассейна, в качестве прототипа использовалось маломерное судно, обладающее достаточной длиной, но не слишком широкое и высокое. Это сделано для избегания лишних операций по склеиванию частей судна после их печати. Прототипами могут быть суда типа байдарок, каяков или каноэ. В результате собрана и изучена база, состоящая из 31 судна (таблица), и на основании их конструктивного исполнения, наличия конструкторско-технологической документации, габаритов опытного бассейна и используемого оборудования принято решение о выборе прототипа судна.

Таблица. Основные параметры исследуемых судов

Table. Basic data on the vessels under study

Название судна	Длина, м	Ширина, м	Высота борта, м	Вес корпуса, кг
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Скоростная туристическая байдарка «Акула» [1]	5.7	0.7	0.35	35
Байдарка-одиночка класса K1 [2]	4.0	0.6	0.3	13
Слаломное каноэ-двойка класса LS-C2 [2]	4.6	0.8	0.35	20
Стеклопластиковая байдарка «Нерль» [3]	5.41	0.84	0.40	35
Стеклопластиковая байдарка «Нерль-Р» [3]	4.95	0.77	0.35	35
Каноэ «Таймыр» [4]	4.5	1.0	0.57	-
Одноместное легкое каноэ «Runabout» [5]	4.9	0.9	0.35	-
Алеутская байдарка «СКФ» [6]	5.1	0.5	0.3	-
Традиционная алеутская байдарка [7]	-	0.5	0.3	-
Круглоскульное каноэ «Cinderella» [8]	3.65	0.76	-	-
Байдарка с гибким корпусом Дж. Хита [9]	5.0	0.75	0.35	-
Байдарка «Искра» [10]	4.8	0.82	0.30	40
Байдарка «Таймень-2» [11]	5.0	0.85	0.27	24
Байдарка «Таймень-3» [11]	5.7	0.88	0.27	29
Байдарка «Салют-4,7» [10]	4.7	0.88	0.27	31
Байдарка «Салют-5,2» [10]	5.2	0.98	0.27	35
Байдарка «RZ-85» [10]	5.5	0.86	0.27	32
Байдарка «Нептун» [10]	5.5	0.75	0.24	-
Каяк слаломный [12]	4.0	0.6	0.17	11.5
Каяк слаломный «Хартунг» [12]	4.0	0.61	0.2	-
«K1» К. Шталса и Р. Трачулиса [12]	4.0	0.6	0.18	13

Окончание таблицы

1	2	3	4	5
Одиночка М. Долбенко и Н. Сазонова [12]	3.7	0.67	0.21	13
«Боливар» В. Строгонова [12]	3.6	0.65	-	12.5
Одиночка В. Мельникова [12]	3.4	0.72	0.21	12
«Стрела» П. Устинова [12]	3.6	0.72	0.25	13
«Сирена» В. Грушевского и Г. Ничкова [12]	4.0	0.65	0.2	16
Байдарка Н. Панкратова [12]	3.9	0.72	0.26	19
«Север» П. Устинова [12]	4.2	0.75	0.27	19
«Кайман» [12]	3.9	0.69	0.27	16
«Хартунг» [12]	4.0	0.6	0.21	-
«Норд» М. Долбенко [12]	4.3	0.7	0.21	18

Прототипом исследования выбран стеклопластиковый каяк «Нерль».

Разработка 3D-модели осуществлялась во FreeShip. Модель изготавливалась в масштабе 1:5. Печать модели выполнялась на 3D-принтере «Anet А6» из PLA-пластика. Технологический цикл печати модели, а также ее проверка к допуску до гидродинамических испытаний в опытовых бассейнах, согласно международным правилам к изготовлению судовых моделей [13, 14], наиболее полно отражены в [15].

Буксировочные испытания проводились в опытовом бассейне гравитационного типа на базе Института судостроения и морской арктической техники г. Северодвинска. Были выполнены исследования буксировочного сопротивления модели на тихой воде при ее посадке без крена (прямо) и на ровный киль (без дифферента) с диапазоном скоростей в 1-5 уз. Пересчет данных модельных испытаний осуществлен в соответствии с [16]. Шероховатость корпуса модели принята условно равной шероховатости натурального судна. Испытания проводились по числу Фруда.

Имитационные испытания осуществлялись по методу Carer [17] во Free Ship и в программном обеспечении Michlet Pro [18].

Метод расчета сопротивления Carer предназначен для каноэ, байдарок и каяков. В его основе лежат статистические данные, полученные при модельных испытаниях судов этого типа.

Michlet – это программное обеспечение, позволяющее исследовать некоторые аспекты гидродинамических свойств судна. Обычно программа используется для предварительных проектных работ, таких как, например, оценка сопротивления, волновых характеристик, давления на подводную часть корпуса судна и т.д.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате разработки 3D-модели было выяснено, что некоторые участки поверхности или можно развернуть на плоскость (рис. 1, зеленый окрас), или нельзя (рис. 1, красный окрас). Следовательно, традиционными методами изготовить подобный корпус – задача достаточно трудоемкая и затратная.

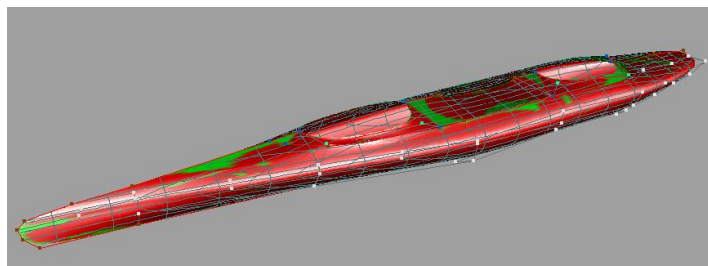


Рис. 1. 3D-модель судна с анализом технологичности формы корпуса
 Fig. 1. 3D-model of the vessel with the analysis of the hull form processibility

Исходя из опыта модельных мастерских по изготовлению судовых моделей для испытаний в опытовых бассейнах, стоит отметить, что макеты по образцу можно выполнить за 1-2 недели, но срок может быть увеличен, если модель необходимо разработать с нуля. Время изготовления обычно зависит от особенностей модели, ее масштаба, материала, необходимости комплектования интерактивными элементами (подсветка, трубки Пито и др.). В российских компаниях стоимость модели сильно варьируется и может составлять от €450 (при низкой детализации) до €1000 (при высокой детализации) и даже больше. В ведущих европейских модельных мастерских при опытовых бассейнах изготовление подобной модели судна-прототипа оценивается в ≈€6500.

На печать данной модели была израсходована одна катушка с нитью стоимостью ≈ €15. Время изготовления – пять дней (при работе одного 3D-принтера) с учетом склеивания частей модели и полного застывания клеевых швов.

Вид модели в процессе испытаний в опытовом бассейне приведен на рис. 2. Результаты испытаний показаны на рис. 3, где сопротивление судна R делится на две составляющие: сопротивление трения R_f и остаточное сопротивление R_r . Сопротивление R_r предполагается равным сопротивлению эквивалентной пластины той же длины и площади смоченной поверхности, что и натурное судно.

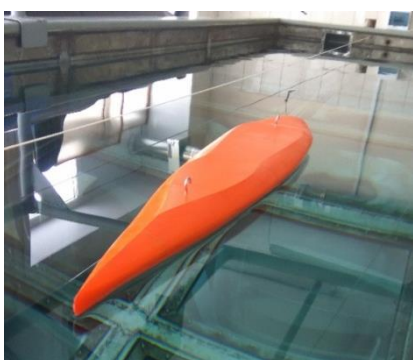


Рис. 2. Модель судна в процессе испытаний
 Fig. 2. Model of the vessel

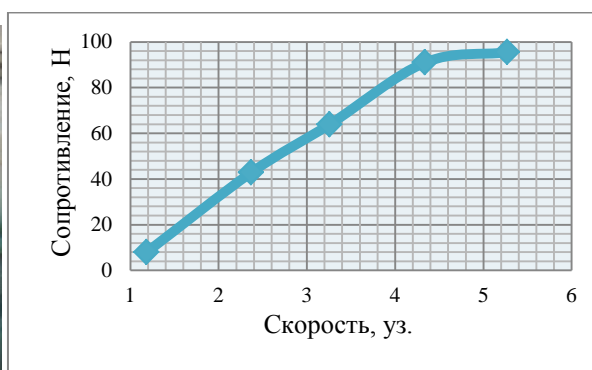


Рис. 3. Результаты экспериментальных исследований в опытовом бассейне
 Fig. 3. Results of experimental studies carried in the experimental tank

Результаты имитационного моделирования (график зависимости сопротивления от скорости модели) по методу Карег показаны на рис. 4.

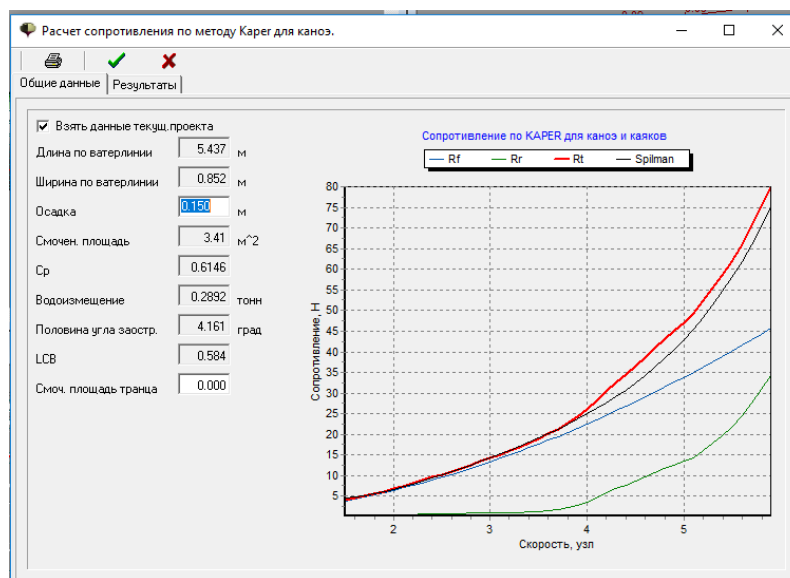


Рис. 4. Результаты имитационного моделирования методом Карег
Fig. 4. Imitation simulation results using Kaper method

На рис. 4 приняты обозначения: R_f (синяя линия) – сопротивление трения; R_r (зеленая линия) – остаточное сопротивление; R_t (красная линия) – полное сопротивление; Spilman (черная линия) – полное сопротивление согласно Spilman (остаточное сопротивление в этом случае представляет собой простейшую зависимость, основанную только на отношении скорости и длины проекта, и включается, чтобы дать пользователю точку для справки).

Результаты имитационных испытаний по Michlet Pro показаны на рис. 5-13.

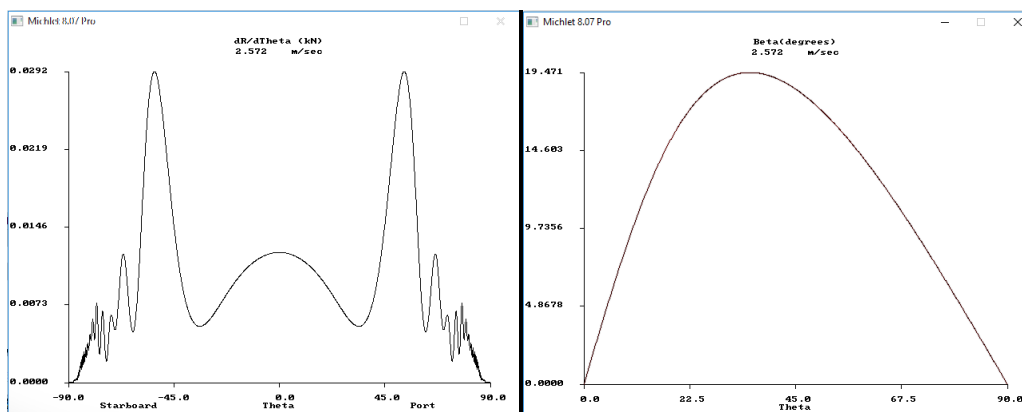


Рис. 5. Спектр свободных волн
Fig. 5. Spectrum of free waves

Рис. 6. Зависимость угла дрейфа β от угла отклонения θ
Fig. 6. Dependence of the drift angle β on the angle of leeway θ

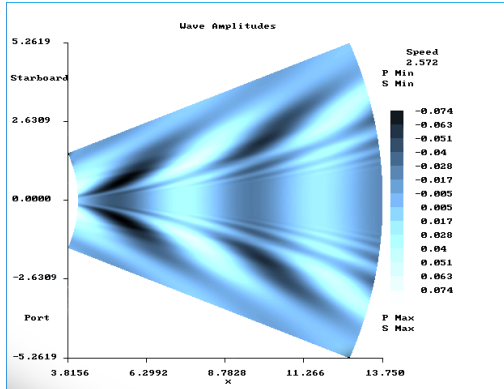


Рис. 7. Волновая картина
Fig. 7. Wave amplitudes

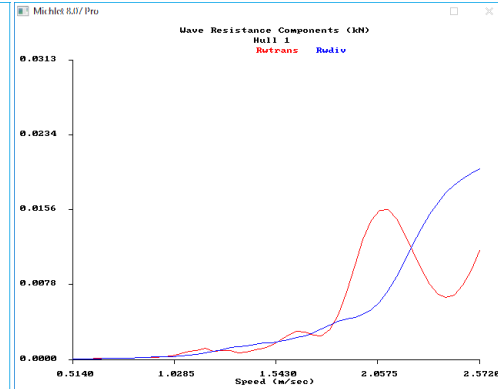


Рис. 8. Компоненты волнового сопротивления
Fig. 8. Wave resistance components

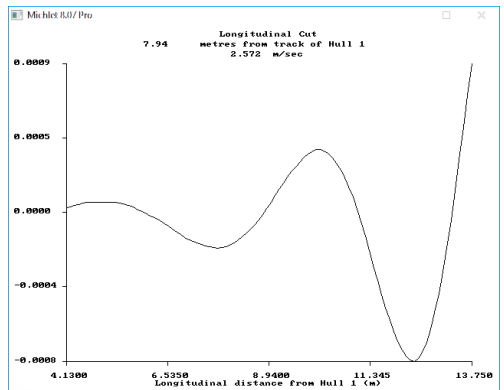


Рис. 9. Волнообразование за корпусом
Fig. 9. Longitudinal cut

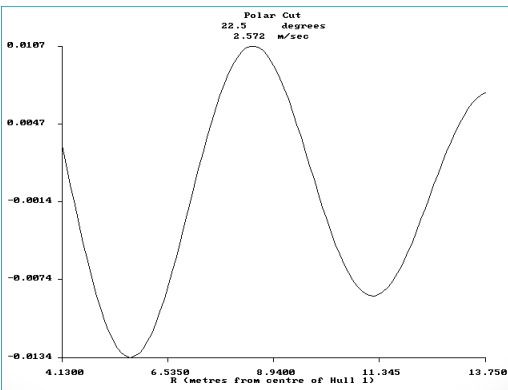


Рис. 10. Продольный срез волн
Fig. 10. Polar cut

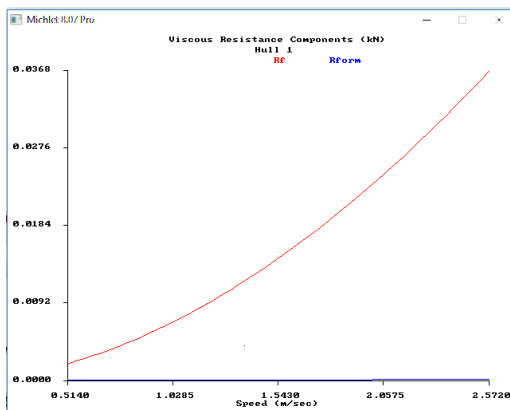


Рис. 11. Компоненты вязкостного сопротивления
Fig. 11. Viscous resistance components

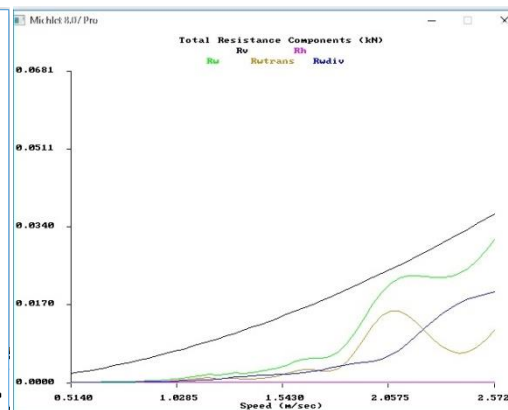


Рис. 12. Компоненты общего сопротивления
Fig. 12. Total resistance components

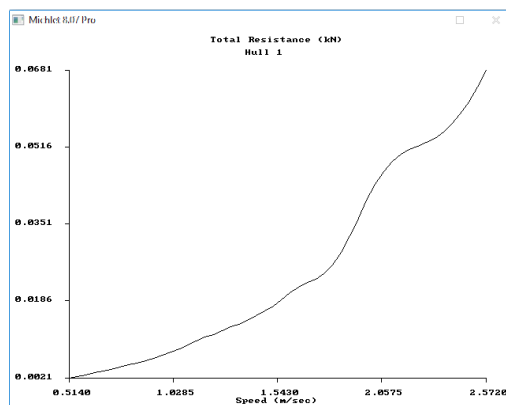


Рис. 13. Общее сопротивление
Fig. 13. Total resistance

На рис. 5-13 приняты следующие обозначения: R_v – вязкостное сопротивление; R_f – сопротивление трения; R_{form} – сопротивление формы, R_w – волновое сопротивление; R_{wtrans} – сопротивление кормовой системе волн; R_{wdiv} – сопротивление носовой системе волн; R_h – гидростатическое сопротивление транцевой кормы; R_{lee} – сопротивление сносу или отклонению; Beta (degrees) – угол дрейфа судна β ; Theta – угол отклонения θ ; $dR/d\theta$ – спектр свободных волн.

ВЫВОДЫ

Применение технологии аддитивного производства вместо использования традиционных методов изготовления судовых моделей дало возможность сделать следующие выводы:

- номенклатура объектов морской техники, подходящая под аддитивное производство, существенно расширилась и продолжает динамику роста;
- изготовление судовых моделей при помощи 3D-принтеров является более экономичным и менее трудоемким производством по сравнению с традиционными методами изготовления испытуемых моделей;
- использование полилактида в качестве производственного сырья – это наиболее верное с точки зрения экологии решение ввиду биоразлагаемости этого материала;

Имитационные испытания позволяют сделать следующие заключения:

- сопротивление формы у данной модели минимально;
- отсутствуют сопротивление транца R_{tr} (нет явного транца), сопротивление выступающих частей R_{app} , сопротивление бульба R_b и сопротивление ветру R_{wind} ;
- полное волновое сопротивление R_w имеет сложный профиль из-за наложения носовой и кормовой системы волн, при этом важна точка, где они взаимно гасятся;
- на графике «Total resistance components» (рис. 12) видно, что для данного корпуса существуют ярко выраженные точки «экономического хода» в местах понижения волнового сопротивления.

Анализ результатов испытаний в опытовом бассейне показывает: в данном случае при модельном эксперименте из расчета эквивалентных пластин следует,

что сопротивление трения пренебрежительно мало, и это заметно влияет на результаты имитационного моделирования. Большая часть сопротивления – формы и волновое. Пересчет модельного эксперимента в опытовом бассейне по Фрудру гораздо лучше отражает именно волнообразование. Метод Карег, основывающийся на статистических данных, полученных при модельных испытаниях серий каноэ, байдарок и каяков, практически не учитывает волнообразование. Расчет методом Michlet дает более приближенные к действительности результаты по волнообразованию.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Озолс, М. Р. Скоростная байдарка «Акула» / М. Р. Озолс // Катера и яхты. – 1969. – № 1 (017). – С. 101–102.
2. Шталс, К. Р. Слаломно-туристские лодки из стеклопластика / К. Р. Шталс, Р. А. Трачулис // Катера и яхты. – 1969. – № 4 (020). – С. 56–59.
3. Ефимов, В. Стеклопластиковая байдарка «Нерль» / В. Ефимов // Катера и яхты. – 1990. – № 1 (143). – С. 44–49.
4. Каноэ Таймыр // BoatPortal URL: <http://www.boatportal.ru/projects/415> (Дата обращения: 4.02.2019 г.)
5. Одноместное легкое каноэ // BoatPortal URL: <http://www.boatportal.ru/projects/606> (Дата обращения: 4.02.2019 г.)
6. Piani costruzione kayak // Moon URL: <http://tettocasa.la-perle.ru/piani-costruzione-kayak/> (Дата обращения: 4.02.2019 г.)
7. Алеутская байдарка // BoatPortal URL: <http://www.boatportal.ru/projects/408> (Дата обращения: 4.02.2019 г.)
8. Круглоскульное каноэ Cinderella // BoatPortal URL: <http://www.boatportal.ru/projects/414> (Дата обращения: 4.02.2019 г.)
9. Friedrich Vetterlein. Building a flexible baidarka. Dedicated to Jochen, 1998. URL: guillemot-kayaks.com (Дата обращения: 4.02.2019 г.)
10. Пластмассовая байдарка для турбаз – «Искра» / А. П. Дубровский [и др.] // Катера и яхты. – 1972. – № 2 (36). – С.12–13.
11. Горбенко, Ю. С. «Таймени» на смену «Салютам» / Ю. С. Горбенко, М. Ю. Долбенко, Ю. В. Макаров // Катера и яхты. – 1977. – № 6 (70). – С. 20–22.
12. Коробков, А. И. Какой быть одноместной туристской байдарке / А. И. Коробков, Н. А. Сазонов // Катера и яхты. – 1973. – № 6 (46). – С. 43–55.
13. ИТТС, 2002. «Ship Models», 23rd International Towing Tank Conference, Vehicle, ИТТС Recommended Procedures, Procedure 7.5-01-01-01, Rev. 01.
14. ИТТС, 2002. «Resistance uncertainly analysis, example for resistance test», 23rd International Towing Tank Conference, Vehicle, ИТТС Recommended Procedures, Procedure 7.5-02-02-02, Rev. 01.

15. Зобов, П. Г. Современные методы 3D-сканирования при размерном анализе судовых моделей с учетом их аддитивного изготовления / П. Г. Зобов, А. В. Дектярев, В. Н. Морозов // Известия КГТУ. – 2019. – № 53. – С. 151–161.
16. Справочник по теории корабля: в 3 т. / Я. И. Войткунский [и др.]. – Ленинград: Судостроение, 1985. – Т. 1. – 768 с.
17. FREE!ship manual. Version 2.6. 2006. pp. 57. URL: www.freeship.org(Датаобращения: 20.03.2019 г.)
18. MICHLET User's Manual. 2010. Cyberiad. pp.35. URL: <https://www.scribd.com/document/47263938/MICHLET-users-manual-thin-ship-theory> (Дата обращения: 26.03.2019 г.)

REFERENCES

1. Ozols M. R. Skorostnaya baydarka “Akula” [Speed kayak “Akula”]. *Katera i yakhty*, 1969, no. 1 (17), pp. 101-102.
2. SHtals K. R., Trachulis R. A. Slalomno-turistskie lodki iz stekloplastika [Slalom-tourist boats made of fiberglass]. *Katera i yakhty*, 1969, no. 4 (20), pp. 56-59.
3. Efimov V. Stekloplastikovaya baydarka “Nerl” [Fiberglass kayak “Nerl”]. *Katera i yakhty*, 1990, no. 1 (143), pp. 44-49.
4. Kanoë Taymyr [Canoe “Taymyr”]. *Boat Portal*, available at: <http://www.boatportal.ru/projects/415> (Accessed 4 February 2019).
5. Odnomestnoe legkoe kanoë [One-man light canoe]. *Boat Portal*, available at: <http://www.boatportal.ru/projects/606> (Accessed 4 February 2019).
6. Piani costruzione kayak. *Moon*, available at: <http://tettocasa.la-perle.ru/piani-costruzione-kayak/> (Accessed 4 February 2019).
7. Aleutskaya baydarka [Aleutian Kayak]. *Boat Portal*, available at: <http://www.boatportal.ru/projects/408> (Accessed 4 February 2019).
8. Krugloskul'noe kanoë Cinderella [Round canoe “Cinderella”]. *Boat Portal*, available at: <http://www.boatportal.ru/projects/414> (Accessed 4 February 2019).
9. Friedrich Vetterlein. Building a flexible baidarka. *Dedicated to Jochen*, 1998, available at: guillemot-kayaks.com (Accessed 4 February 2019).
10. Dubrovskiy A. P., Kolodyazhnaya E. M., Korobkov A. I., Sokolova Z. V., Freylin A. A. Plastmassovaya baydarka dlya turbaz – “Iskra” [Plastic kayak for camp sites – “Iskra”]. *Katera i yakhty*, 1972, no. 2 (36), pp. 12-13.
11. Gorbenko YU. S., Dolbenko M. YU., Makarov YU. V. “Taymeni” na smenu “Salyutam” [“Taymen’s” to replace the “Saluts”]. *Katera i yakhty*, 1977, no. 6 (70), pp. 20-22.
12. Korobkov A. I., Sazonov N. A. Kakoy byt' odnomestnoy turistskoy baydarke [What should a single tourist kayak be like]. *Katera i yakhty*, 1973, no. 6 (46), pp. 43-55.
13. ITTC, 2002. “Ship Models”, 23rd International Towing Tank Conference, Vehicle, ITTC Recommended Procedures, Procedure 7.5-01-01-01, Rev. 01.

14. ITTC, 2002. “Resistance uncertainly analysis, example for resistance test”, 23rd International Towing Tank Conference, Vehicle, ITTC Recommended Procedures, Procedure 7.5-02-02-02, Rev. 01.

15. Zobov P. G., Dektyarev A. V., Morozov V. N. Sovremennye metody 3D-skanirovaniya pri razmernom analize sudovykh modeley s uchetom 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.

16. Voytkunskiy YA. I. i dr. *Spravochnik po teorii korablya* [Handbook of the ship theory]. Leningrad, Sudostroenie, 1985, vol. 1, 768 p.

17. FREE!ship manual. Version 2.6. 2006. pp. 57, available at: www.freeship.org (Accessed 20 March 2019).

18. MICHLET User’s Manual. 2010. Cyberiad. pp. 35, available at: <https://www.scribd.com/document/47263938/MICHLET-users-manual-thin-ship-theory> (Accessed 26 March 2019).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Дектярев Александр Владимирович – Калининградский государственный технический университет; аспирант кафедры кораблестроения;
E-mail: nwasanches@mail.ru

Dektyarev Alexander Vladimirovich – Kaliningrad State Technical University; Post-graduate student; Department of shipbuilding; E-mail: nwasanches@mail.ru

Зобов Павел Геннадиевич – Институт судостроения и морской арктической техники (г. Северодвинск); бакалавр 4-го курса; направление «Судостроение и системотехника объектов морской инфраструктуры»;
E-mail: pavelzobov98@mail.ru

Zobov Pavel Gennadievich – Institute of Shipbuilding and Marine Arctic Technology (Severodvinsk); Bachelor student of 4-th year in “Shipbuilding and systems engineering of marine infrastructure”; E-mail: pavelzobov98@mail.ru

Николаев Игорь Игоревич – Калининградский государственный технический университет; магистрант кафедры кораблестроения;
E-mail: igornikolaevlit@yandex.ru

Nikolaev Igor Igorevich – Kaliningrad State Technical University; Master student; Department of shipbuilding; E-mail: igornikolaevlit@yandex.ru

Гришин Павел Романович – Калининградский государственный технический университет; аспирант кафедры кораблестроения;
E-mail: pchel2000@gmail.com

Grishin Pavel Romanovich – Kaliningrad State Technical University; Post-graduate student; Department of shipbuilding; E-mail: pchel2000@gmail.com

Романюта Дмитрий Александрович – Калининградский государственный технический университет; магистрант кафедры кораблестроения;
E-mail: dmitriy-marcus@yandex.ru

Romanyuta Dmitriy Alexandrovich – Kaliningrad State Technical University; Master student; Department of shipbuilding; E-mail: dmitriy-marcus@yandex.ru

Морозов Владимир Николаевич – Калининградский государственный технический университет; кандидат технических наук; доцент; академик РАЕН;
E-mail: mvn3613@gmail.com

Morozov Vladimir Nikolaevich – Kaliningrad State Technical University; Doctor of Technical Sciences; Associate Professor; Academician of RANS;
E-mail: mvn3613@gmail.com

УДК 629.12.001.57

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОСТОЙЧИВОСТИ
СОВРЕМЕННЫХ СРЕДНЕТОННАЖНЫХ РЫБОЛОВНЫХ СУДОВ
НАЛИВНОГО ТИПА

Зыюнг Ван Тхань

INVESTIGATION OF STABILITY CHARACTERISTICS
OF MODERN MEDIUM-TONNAGE RSW-TYPE FISHING VESSELS

Duong Van Thanh

В данной статье рассмотрены вопросы обеспечения в процессе проектирования приемлемых характеристик одного из важнейших качеств среднетоннажных наливных рыболовных судов – их остойчивости. Особенности формы обводов наливных рыболовных судов определяют их как отдельную характерную категорию таких судов. За основу работы приняты результаты исследования Ю. Л. Макова и К. Ч. Мая, в соответствии с которыми математические модели для аппликаты центра тяжести судна по всем критериям остойчивости имеют вид множественной линейной регрессии с параметрами, зависящими от геометрических характеристик судна. По итогам реконструирования характеристик наливных рыболовных судов на базе схем их общего расположения и с использованием программного пакета Maxsurf и его программного модуля Hydromax воссозданы теоретические чертежи всех означенных судов и получены расчетные значения кривых элементов теоретического чертежа. В результате выполненных статистических исследований получены практически значимые аналитические выражения для аппликаты центра тяжести наливных рыболовных судов по частным критериям их остойчивости и их совокупности. В ходе исследования влияния поперечных размеров наливных рыболовных судов на их остойчивость определены зависимости, необходимые уже на ранних стадиях проектирования для аргументированного выбора значений характеристик уравнений остойчивости – начальной и относительной метацентрической высоты – с целью осуществления технико-экономического анализа и оптимизации характеристик технического задания на его проектирование. Последующее уточнение характеристик остойчивости может осуществляться в ходе практического проектирования судна с использованием разработанных статистических формул.

среднетоннажные рыболовные суда наливного типа (НРС), остойчивость НРС и ее критерии, критические значения метацентрической высоты судна (МЦВ) и аппликаты центра его тяжести (ЦТ), статистический анализ

This article addresses the issues of ensuring acceptable characteristics of stability- one of most important qualities of medium-tonnage RSW-type fishing vessels in the design process. The hull shape features of RSW-type fishing vessels define them as a special category of fishing vessels. This work is based on the results of the research by

Y. L. Makov and K. C. Mai, according to which the mathematical models for the center of gravity according to all stability criteria have the form of multiple linear regression with its parameters depending on the geometric characteristics of the vessel. Reconstruction of characteristics of RSW-type fishing vessels, which based on their general layout with the use of the software package Maxsurf and its module Hydromax has resulted in recreation of the line drawings of all the above vessels and obtaining of the values of the hydrostatic curves. By the result of the statistical studies, practically significant analytical expressions for the center of gravity of RSW-type fishing vessels have been obtained upon individual criteria of their stability and according to their combination. In the study carried on the effect of transverse dimensions of RSW-type fishing vessels on their stability, dependencies have been obtained that are necessary already at the early design stages for a well-reasoned choice of the values of the characteristics of the vessel stability equations— the initial metacentric height and its relative value. They are for the purpose of carrying out a feasibility analysis and optimization of the characteristics of its design specifications. Further adjustment of the stability characteristics of the vessel can be carried out during the practical design by using the developed statistical formulas.

medium-tonnage RSW- type fishing vessels, stability of RSW-type fishing vessels and its criteria, limiting values of the metacentric height of the vessel and its center of gravity, statistical analysis

ВВЕДЕНИЕ

Особенности современных среднетоннажных рыболовных судов наливного типа в части их размерений, формы обводов, энерговооруженности и пр., отмеченные по результатам статистического анализа их характеристик [1], определяют НРС как отдельную характерную категорию рыболовных судов. Очевидно, что проектирование этих судов предполагает всесторонний учет их особенностей. В данной статье рассмотрим вопросы обеспечения в процессе проектирования приемлемых характеристик одного из важнейших качеств НРС – их остойчивости.

По действующим Правилам Российского Регистра морского судоходства (РМС) остойчивость судна считается обеспеченной, если для всех случаев нагрузки судна, регламентируемых РМС, удовлетворяются частные критерии остойчивости, значения которых применительно к НРС представлены в табл. 1.

Таблица 1. Критерии остойчивости НРС

Table 1. Stability criteria of the RSW-type fishing vessel

№ п/п	Наименование	Критериальные значения
1	Начальная метacentрическая высота (МЦВ)	$\bar{h} \geq 0,35 \text{ м}$
2	Угол максимума ДСО	$\bar{\theta}_{\max} \geq 30^\circ$
3	Максимальное плечо ДСО	$\bar{l}_{\max} \geq 0,2 \text{ м}$
4	Угол заката ДСО	$\bar{\theta}_v \geq 60^\circ$
5	Критерий погоды	$\bar{K} \geq 1$
6	Плечо ДДО при крене $\theta=30^\circ$	$\bar{l}_{d30} \geq 0.055 \text{ мрад}$
7	Плечо ДДО при крене $\theta=40^\circ$	$\bar{l}_{d40} \geq 0.09 \text{ мрад}$

8	Разность плеч ДДО при крене $\theta=30^\circ$ и $\theta=40^\circ$	$I_{d30,40} \geq 0.03$ м ² /рад
---	---	--

Известно также, что обобщение требований к остойчивости судна может быть представлено в виде неравенств

$$Zg \leq Zg_{kr} \text{ или } h = Zm - Zg \geq h_{kr} \quad (1)$$

или уравнений

$$Zg = Zg_{kr} - \Delta h \text{ или } h = h_{kr} + \Delta h, \quad (2)$$

где Zg , $Zm = Zc + r$ и h , м, – соответственно, фактические значения аппликат центра тяжести судна (ЦТ), его метацентра, центра величины (ЦВ), а также метацентрического радиуса и метацентрической высоты (МЦВ) при соответствующем случае нагрузки судна, а $Zg_{kri} = \min(Zg_{kri})$ и $h_{kr} = \max(h_{kri})$ – совокупные критические значения ЦТ и МЦВ, при которых один из частных критериев остойчивости (табл. 1) выполняется без избытка и недостатка, а остальные – с избытком. Величина Δh выступает в роли запаса остойчивости, т. е. параметра, значение которого принимается при проектировании судна. Заметим, что значения Zg_{kr} и h_{kr} (равно как и значения Zm , Zc и r) не зависят от фактического положения ЦТ судна и могут точно быть рассчитаны при наличии теоретического чертежа (ТЧ), поскольку определяются его геометрией. Соответственно, обеспечивается возможность установить взаимосвязь значений указанных характеристик корпуса судна и его ТЧ (включая значения Zg_{kr} и ее производных $\zeta_{kr} = Zg_{kr}/H$, h_{kr} , $h_{bkr} = h_{kr}/B$).

Отметим, что исследования влияния характеристик формы судов на их остойчивость осуществлялись неоднократно, однако в силу исключительного разнообразия форм обводов у судов разных классов и назначений полученные результаты не являются универсальными. Очевидно, что для нового поколения среднетоннажных НРС также требуется специальное рассмотрение. За основу данной работы примем результаты исследования Ю. Л. Макова и К. Ч. Мая [2], в соответствии с которыми математические модели для Zg_{kri} по всем критериям остойчивости (табл. 1) имеют вид множественной линейной регрессии с параметрами X_i (табл. 2), зависящими от геометрических характеристик судна:

$$Zg_{kri} = a_{0i} + a_{1i}X_1 + a_{2i}X_2 + a_{3i}X_3 + a_{4i}X_4, \quad (3)$$

где a_{0i} , a_{1i} , a_{2i} , a_{3i} , a_{4i} – свободные члены и коэффициенты регрессии Zg_{kri} для означенных в табл. 1 критериев остойчивости.

Таблица 2. Параметры регрессии

Table 2. Regression parameters

$X_1 = \frac{\alpha T}{\alpha + \delta}$	$X_2 = \frac{\alpha^2 B^2}{12\delta T}$	$X_3 = \frac{\alpha^2 k_{sdl}^{(2-\frac{\delta}{\alpha})} B}{(1+\alpha)(2\alpha-\delta)} (H/T)^{(\frac{2\alpha-1}{\delta})}$	$X_4 = \frac{\alpha H}{\alpha + \delta} k_{sdl}^{\frac{\delta}{\alpha}}$
--	---	--	--

Здесь L_p , B , H – длина, ширина и высота борта судна, м; δ , α и k_{sdl} – коэффициенты общей полноты, полноты конструктивной ватерлинии (КВл) судна и седловатости палубы.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ZG_{KR} ДЛЯ НРС И ЕГО РЕЗУЛЬТАТЫ

Для определения указанных коэффициентов регрессии и последующего статистического анализа этих и других характеристик остойчивости были выполнены работы по реконструированию одиннадцати современных НРС (см. табл.3)

водоизмещением D от 600 до 3600 т и длиной L от 24 до 60 м.

Таблица 3. Характеристики реконструированных НРС

Table 3. Characteristics of reconstructed RSW-type fishing vessels

№ п/п	Суда	D	L_p	B	H	T	$B_h=B/H$	$H_t=H/T$	$B_t=B/T$	δ	α	K_{sdl}
1	Sildaskjaer	626	23,6	8,5	5,98	4,40	1,421	1,359	1,932	0,692	0,858	1,012
2	Solvaerskjaer	966,3	28,7	9,3	6,20	4,90	1,492	1,265	1,888	0,725	0,893	1,029
3	Julianne III	1745	33,3	12,0	7,80	6,63	1,538	1,176	1,810	0,643	0,889	1,037
4	Silva Nova	1456	36,0	10,0	7,30	6,00	1,370	1,217	1,667	0,658	0,872	1,033
5	Norafjell	1510	38,4	10,0	7,00	5,80	1,429	1,207	1,724	0,661	0,881	1,060
6	Clipperton	2052	46,3	10,0	7,15	6,30	1,399	1,135	1,587	0,687	0,868	1,024
7	Veronica	3010	49,8	12,0	7,60	7,07	1,579	1,075	1,697	0,695	0,882	1,094
8	Paula	3001	51,6	12,0	8,00	7,00	1,500	1,143	1,714	0,675	0,878	1,089
9	Libas	2441	55,0	11,6	7,00	6,00	1,657	1,167	1,933	0,622	0,850	1,200
10	SvanaugElise	3308	56,4	13,0	8,60	6,90	1,512	1,246	1,884	0,638	0,825	1,071
11	Hargun	3582	60,0	12,6	8,40	6,90	1,500	1,217	1,826	0,670	0,867	1,079

В результате реконструирования на базе схем общего расположения судов и с использованием программного пакета Maxsurf и его программного модуля Hydromax воссозданы теоретические чертежи всех означенных судов и получены расчетные значения гидростатических кривых для девяти осадок каждого судна (итого 99 вариантов расчетов). В ходе статистической обработки этих данных для критериев остойчивости определены и в табл. 4 представлены значения коэффициентов регрессии уравнения (3). Исключением стал критерий погоды, поскольку выполненные контрольные расчеты показали, что для данного класса судов этот критерий не является определяющим. В табл. 4 представлены также значения показателей статистического анализа (коэффициентов детерминации R^2 , среднеквадратичных отклонений σ и коэффициентов вариации δ_v), которые свидетельствуют о практической значимости полученных регрессий.

Таблица 4. Коэффициенты регрессии уравнения (3)

Table 4. Regression coefficients of the equation (3)

Коэффициенты регрессии	Частные критерии остойчивости						
	h	θ_{max}	I_{max}	θ_v	I_{d30}	I_{d40}	$I_{d30,40}$
a_0	0,2868	0,914	0,612	0,605	0,441	0,5253	0,689
a_1	0,9242	-0,015	0,2538	-0,086	0,6594	0,4668	0,2137
a_2	0,9831	1,1881	1,0158	0,753	1,3606	1,361	1,355
a_3	-	-0,1616	-0,091	-0,106	-0,1050	-0,114	-0,184
a_4	-	0,8161	0,5975	0,9975	0,1581	0,3482	0,5988
R^2	0,964	0,929	0,958	0,930	0,972	0,969	0,960
σ	0,134	0,187	0,143	0,184	0,119	0,122	0,137
$\delta_v\%$	2,35	3,2	2,57	3,3	2,22	2,24	2,52

Таким образом, критическая аппликация ЦТ для НРС может быть представлена выражением

$$Zg_{kr} = \min(Zg_{kri}), \tag{4}$$

где $z_{g_{сп}}(h_0) = 0,2868 + 0,9242X_1 + 0,9831X_2$;
 $z_{g_{сп}}(\theta_{max}) = 0,914 - 0,015X_1 + 1,1881X_2 - 0,1616X_3 + 0,8161X_4$;
 $z_{g_{сп}}(l_{max}) = 0,612 + 0,2538X_1 + 1,0158X_2 - 0,091X_3 + 0,5975X_4$;
 $z_{g_{сп}}(\theta_v) = 0,605 - 0,086X_1 + 0,753X_2 - 0,106X_3 + 0,9975X_4$;
 $z_{g_{сп}}(l_{d30}) = 0,441 + 0,6594X_1 + 1,3606X_2 - 0,1050X_3 + 0,1581X_4$;
 $z_{g_{сп}}(l_{d40}) = 0,5253 + 0,4668X_1 + 1,361X_2 - 0,114X_3 + 0,3482X_4$;
 $z_{g_{сп}}(l_{d(30,40)}) = 0,689 + 0,2137X_1 + 1,355X_2 - 0,184X_3 + 0,5988X_4$.

В качестве дополнительной проверки значимости полученных регрессионных зависимостей проведена и в табл. 5 представлена сопоставительная оценка расчетных (фактических) и статистических значений Zg_{kr} для всех 11 НРС при их расчетном водоизмещении. Расчеты показали их приемлемую разницу, не превышающую 3%. Исключением являются два судна (5 и 7), характеризующиеся минимальными значениями надводного борта и отношения Н/Т. Для этих судов погрешность расчетов достигает 6%, но она направлена в безопасную сторону. В любом случае при действующих правилах РМС для НРС со значениями Н/Т < 1,1 следует обращать особое внимание на их остойчивость с учетом обеспечения частного критерия θ_{max} (табл. 5).

Таблица 5. Расчетные и статистические значения Zg_{kr} для НРС полного водоизмещения

Table 5. Calculated and statistical values of Zg_{kr} for RSW-type fishing vessels at full displacement

№ п/п	Суда	Расчетные значения Zg_{kpi} по Maxsurf							Статистические значения Zg_{kpi} по (4)							$Zg_{сп}$	$Zg_{сгс}$	$M_{згср}, \%$
		l_{d30}	l_{d40}	$l_{d(30,40)}$	l_{max}	θ_{max}	h_0	θ_v	l_{d30}	l_{d40}	$l_{d(30,40)}$	l_{max}	θ_{max}	h_0	θ_v			
1	Sildaskjaer	3,936	4,038	4,224	4,601	4,953	3,879	4,362	4,002	4,073	4,217	4,231	4,490	3,968	4,272	3,88	3,97	-2,29
2	Solvaerskjaer	4,445	4,506	4,638	4,601	4,953	4,393	4,601	4,392	4,437	4,547	4,530	4,772	4,359	4,501	4,39	4,36	0,77
3	Julianne III	6,157	6,166	6,227	6,197	6,367	6,106	6,062	6,094	6,107	6,173	6,058	6,295	6,029	5,913	6,06	5,91	2,46
4	Silva Nova	5,006	5,085	5,242	5,244	5,548	4,951	5,401	4,989	5,040	5,159	5,173	5,382	5,026	5,208	4,95	4,99	-0,76
5	Norafjell	4,929	4,883	4,872	4,865	4,735	4,938	4,754	5,000	5,050	5,169	5,162	5,386	5,006	5,172	4,74	5,00	-5,59
6	Clipperton	4,904	4,906	4,906	4,919	5,072	4,898	4,994	4,870	4,886	4,959	4,974	5,131	4,963	4,946	4,90	4,87	0,57
7	Veronica	5,728	5,643	5,579	5,579	5,295	5,832	5,517	5,748	5,738	5,777	5,743	5,903	5,808	5,625	5,30	5,63	-6,24
8	Paula	5,895	5,899	5,955	5,912	6,062	5,890	5,961	5,816	5,840	5,923	5,918	6,105	5,866	5,886	5,89	5,82	1,25
9	Libas	5,577	5,666	5,835	5,840	6,152	5,517	5,843	5,684	5,740	5,863	5,825	6,091	5,622	5,807	5,52	5,62	-1,91
10	Svanaug Elise	6,192	6,266	6,415	6,380	6,727	6,119	6,347	6,002	6,054	6,173	6,196	6,418	6,024	6,225	6,12	6,00	1,91
11	Hargun	6,094	6,140	6,251	6,211	6,583	6,043	6,160	5,978	6,021	6,129	6,137	6,354	5,999	6,140	6,04	5,98	1,07

Представление о роли частных критериев остойчивости Zg_{kri} в формировании совокупного критерия Zg_{kr} дают графики, рассчитанные для НРС Julian III ($D=1745$ т) и приведенные на рис. 1. Они, в частности, свидетельствуют о том, что при водоизмещении судна $1050 < D < 1300$ т определяющим критерием является l_{d30} , при $1300 < D < 1650$ т – h , а при $D > 1650$ т – θ_v .

В данной работе получены также статистические значения поправочных коэффициентов уравнения остойчивости по Л. Эйлеру, из которых менее ста-

бильным оказывается коэффициент k_r :

$$k_c=1.0462\pm 0.0291 (\delta_v=0,027) \text{ и } k_r=1.1028\pm 0.0551 (\delta_v=0,049). \quad (5)$$

В результате взаимосвязь между Zg_{kr} и h_{kr} для НРС может быть представлена в виде:

$$h_{kr}=Zc+r-Zg_{kr}=1,0462T\alpha/(\alpha+\delta)+(\alpha^2/10,881\delta)B^2/T-\zeta_{kr}H. \quad (6)$$

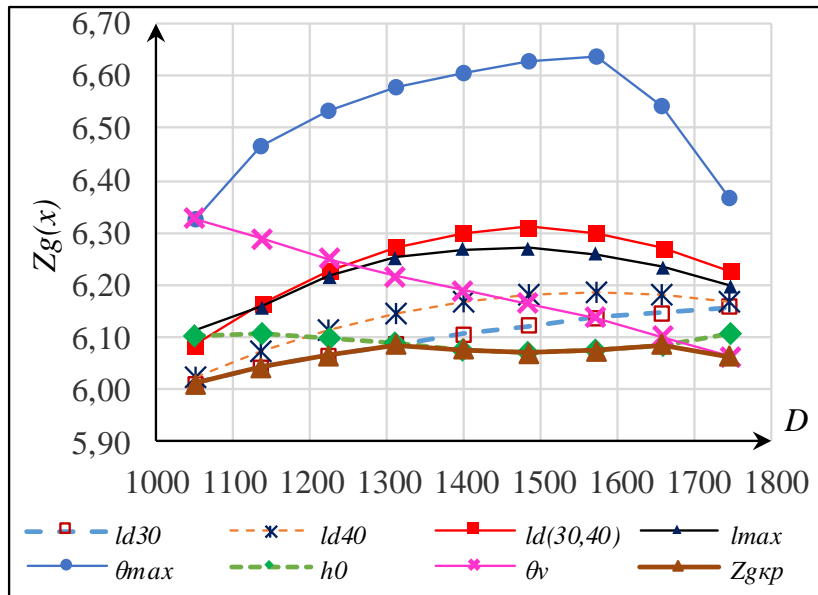


Рис. 1. Критическое значение Zg_{kri} НРС Julian III

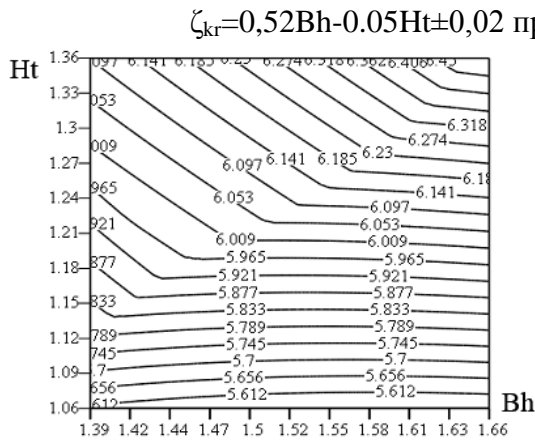
Fig. 1. Limiting value of Zg_{kri} for RSW-type fishing vessel Julian III

О влиянии поперечных размеров НРС на их остойчивость

Получение практически значимых зависимостей (4) и (6) дает возможность исследовать влияние соотношений поперечных размеров НРС на величину Zg_{kr} , а также других показателей остойчивости судна: $\zeta_{kr}=Zg_{kr}/H$, h_{kr} и $h_{Bkr}=h_{kr}/B$. Соответствующий анализ выполнен на базе данных одного из НРС – Julianne III (см. табл. 3).

Подстановка выражений (4) в (6) позволила получить зависимости показателей остойчивости от характеристик формы корпуса этого судна, представленных в табл. 3. Далее размеры судна при его неизменном водоизмещении и длине были аффинно преобразованы в рамках диапазонов $1,39 \leq Bh \leq 1,66$ и $1,06 \leq Ht \leq 1,36$, характерных для всей группы рассмотренных судов. Для этих вариаций поперечных размеров судна по формулам (4) рассчитаны Zg_{kr} и другие показатели остойчивости, которые представлены на графиках рис. 2–5 в зависимости от соотношений Bh и Ht .

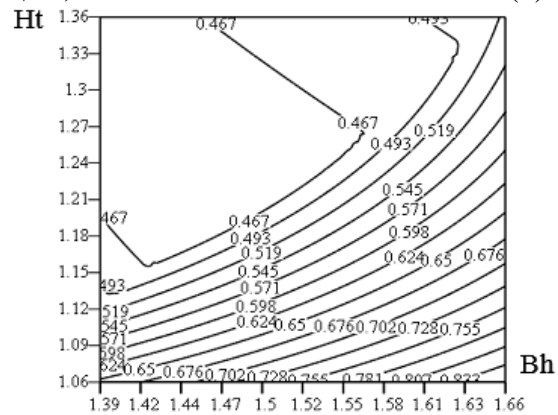
Графики на рис. 2 показывают, что на всем диапазоне соотношений B/H для НРС с малым надводным бортом ($H/T < 1,15$) значения абсолютной величины Zg_{kr} определяются фактически только соотношением H/T , а значимость соотношения B/H возрастает при более высоких значениях H/T . По графикам на рис. 4 относительная аппликата ЦТ судна в расчетном случае нагрузки изменяется в достаточно узких пределах ($\zeta_{kr} = 0,7 \dots 0,8$), что обусловлено низкими значениями коэффициента погрузочной кубатуры груза (рыба в воде, $v \sim 1 \text{ м}^3/\text{т}$), характерными для НРС. При этом ζ_{kr} может быть оценена аналитически по формуле



Zgkr

Рис. 2. $Zg_{kr}=f(Bh,Ht)$ при $\delta=0.643$ и $\alpha=0.889$

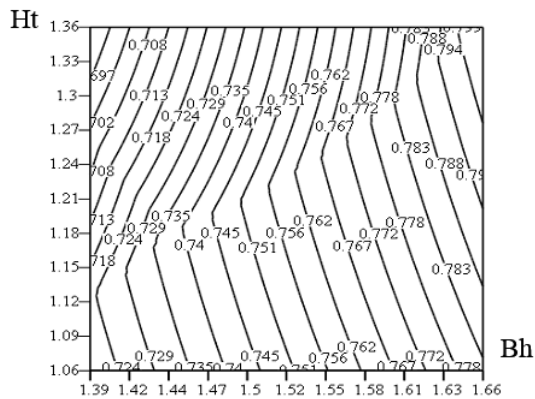
Fig. 2. $Zg_{kr}=f(Bh,Ht)$ at $\delta=0.643$ and $\alpha=0.889$



hkr

Рис. 3. $h_{kr}=f(Bh,Ht)$ при $\delta=0.643$ и $\alpha=0.889$

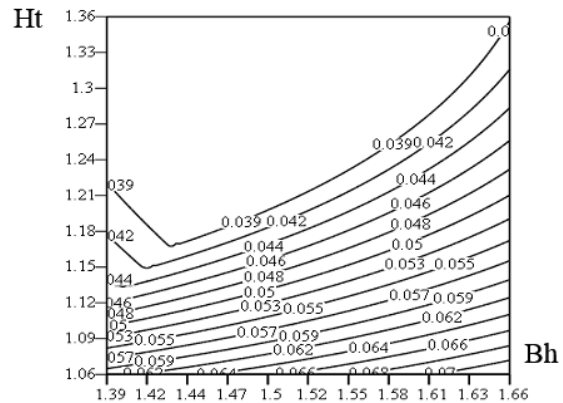
Fig. 3. $h_{kr}=f(Bh,Ht)$ at $\delta=0.643$ and $\alpha=0.889$



ζ_{kr}

Рис. 4. $\zeta_{kr}=f(Bh,Ht)$ при $\delta=0.643$ и $\alpha=0.889$

Fig. 4. $\zeta_{kr}=f(Bh,Ht)$ at $\delta=0.643$ and $\alpha=0.889$



hBkr

Рис. 5. $h_{Bkr}=f(Bh,Ht)$ при $\delta=0.643$ и $\alpha=0.889$

Fig. 5. $h_{Bkr}=f(Bh,Ht)$ at $\delta=0.643$ and $\alpha=0.889$

Для оценки влияния поперечных размеров судна на остойчивость НРС наиболее информативными представляются идентичные по своему виду графики h_{kr} и h_{Bkr} (рис. 3 и 5). В аналитическом виде они представляются выражениями:

$$h_{kr} = 0.2767Bh - 0.0323Ht \pm 0.0628 \text{ при } \delta_v = 0.17 \quad (8)$$

и

$$h_{Bkr} = 0.021Bh + 0.0015Ht \pm 0.0074 \text{ при } \delta_v = 0.22. \quad (9)$$

Отметим, что характер полученных графиков и аналитических зависимостей не изменился и при выполнении расчетов с вариацией коэффициентов полноты судна, что связано с достаточно узким диапазоном их значений, используемых для НРС (см. табл. 3).

Далее для расчетных случаев нагрузки НРС было выполнено сопоставление значений $h_{кр}$ и $h_{Вкр}$, полученных расчетным путем (по Maxsurf) и с использованием аналитических зависимостей (8) и (9). Из данного анализа исключено судно с минимальным надводным бортом ($H_t = 1.075$), поскольку, как отмечено ранее, такие суда ($H_t \leq 1.1$) требуют особого подхода в расчетах остойчивости. В целом анализ показал удовлетворительную сходимость результатов расчетов и характерную стабильность значений $h_{кр}$ и $h_{Вкр}$, полученных и расчетным путем (по Maxsurf):

$$h_{кр} = 0,374 \pm 0,061 \ (\delta_v = 0.16) \quad \text{и} \quad h_{Вкр} = 0,035 \pm 0,008 \ (\delta_v = 0.23),$$

и по статистическим формулам (8) и (9):

$$h_{кр} = 0,371 \pm 0,022 \ (\delta_v = 0.06) \quad \text{и} \quad h_{Вкр} = 0,033 \pm 0,016 \ (\delta_v = 0.05).$$

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Результаты выполненного исследования ориентированы на ранние стадии проектирования, посвященные разработке концепции проекта современного среднетоннажного НРС и осуществления технико-экономического анализа и оптимизации характеристик технического задания на его проектирование ([3]). Использование полученных формул (8) или (9) позволяет в математической модели НРС осуществлять аргументированный выбор значения МЦВ h или ее относительной величины h_B , обеспечивающих в первом приближении остойчивость проектируемого судна. Последующее уточнение характеристик остойчивости может осуществляться в ходе практического проектирования судна с применением разработанных статистических формул (4). Итоговая проверка соответствия остойчивости НРС требованиям классификационных правил (РМС) осуществляется с использованием действующих редакторов Maxsurf, Dialog-Statika и других, а также по результатам кренования судна.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Иванов, В. П. Анализ характеристик современных малотоннажных и наливных рыболовных судов для задач их проектирования / В. П. Иванов, С. Д. Дудин, В. Т. Зыонг. – Санкт–Петербург: Морские интеллектуальные технологии, 2017. – № 3 (37). – Т. 1. – С. 48–56.
2. Май, К. Ч. Регрессионные формулы для вычисления критических возвышений центра тяжести маломерных рыболовных судов Вьетнама / К. Ч. Май, Ю. Л. Маков. – Санкт–Петербург: Морской вестник, 2010. – № 2 (34). – С. 85–88.
3. Иванов, В. П. Техничко-экономические основы создания рыболовных судов: учебник / В. П. Иванов. – Калининград: Изд-во БГАРФ, 2010. – 275 с.

REFERENCES

1. Ivanov V. P., Dudin S. D., Duong V. T. Analiz kharakteristik sovremennykh malotonnazhnykh i nalivnykh rybolovnykh sudov dlya zadach ikh proektirovaniya [Analysis of characteristics of modern small tonnage fishing vessels and RSW-type fishing vessels for the purposes of preliminary design]. Saint-Petersburg, *Morskie intellektual'nye tekhnologii*, 2017, no. 3(37), vol. 1, pp. 48-56.

2. May K. S., Makov U. L. Regressionnyye formuly dlya vychisleniya kriticheskikh vozvysheniy tsentra tyazhesti malomernykh rybolovnykh sudov V'etnama [Regression formulas for calculating limiting center of gravity height of small fishing boats in Vietnam]. Saint-Petersburg, *Morskoy vestnik*, 2010, no. 2(34), pp. 85-88.

3. Ivanov V. P. Tekhniko-ekonomicheskie osnovy sozdaniya rybolovnykh sudov: uchebnik [Technical and economic basis for the design of fishing vessels: text-book]. Kaliningrad, BGARF, 2010, 275 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Зыонг Ван Тхань – Калининградский государственный технический университет;
аспирант кафедры кораблестроения;
E-mail: duongvthanh@gmail.com

Zyong Van Than' – Kaliningrad State Technical University;
Post-graduate student; department of shipbuilding;
E-mail: duongvthanh@gmail.com

УДК 639.2.081.19

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОДЪЁМА
ТРАЛОВЫХ МЕШКОВ С УЛОВОМ ПО СЛИПУ СУДНА

Н. А. Скуратов, А. В. Суконнов

EXPERIMENTAL STUDY OF THE PROCESS OF RAISING TRAW BAGS
WITH THE CATCH ON THE SHIP SLEEP

N. A. Skuratov, A. V. Sukonnov

Работа посвящена исследованию физического процесса выборки мешков с уловом по слипам судов, что связано с вопросами сохранения качества рыбы сырья и выявления причин повреждаемости объектов лова, а также снижения пиковых нагрузок в вытяжном конце при выборке траловых мешков с уловом, приводящих к аварийным ситуациям. Для проведения исследований создана установка, представляющая модель промысловой палубы РТМ-С, выполненной в масштабе 1:25. Определены влияющие факторы реальных условий эксплуатации, а именно: степень наполнения мешка, углы выхода вытяжного конца и наклона слипа. С целью проведения экспериментальных исследований по данному вопросу разработана методика экспериментальных работ, которая включает в себя оснащение экспериментальной установки измерительной аппаратурой, подготовку моделей траловых мешков и порядок проведения испытаний. Эксперимент проходил с применением методов планирования экспериментов. Была получена математическая зависимость усилия выборки мешка с уловом от вышеуказанных факторов. Из нее следует, что приоритет влияния следующий: наполнение мешка, угол наклона слипа и направление движения вытяжного конца. С целью снижения пиковых нагрузок предложено техническое решение в виде удлинённого порога слипа. Для проверки правильности принятого технического решения, а также его работоспособности были проведены испытания, аналогичные выполненным ранее, но для удлинённого порога слипа. По результатам экспериментов получены силовые динамограммы, позволяющий сделать следующие вывод: усилие в вытяжном конце при выборке траловых мешков с уловом при движении на слипе с удлинённым порогом позволяет снизить и сгладить усилие выборки в вытяжном конце и тем самым обеспечить более равномерную работу промысловых лебёдок.

трал, улов, слип, модель, эксперимент, факторы, математическая зависимость, снижение нагрузок

The work is devoted to the study of the physical process of sampling bags with the catch on the sleeps of ships. This is connected with the issues of preserving the quality of raw fish and identifying the causes of damage to the objects of fishing, as well as reducing peak loads at the exhaust end when hauling trawl bags with catches leading to emergency situations. For research purposes, an installation was created representing the model of the fishing deck RTM-S, made on a scale of 1:25. The influencing factors

of the actual operating conditions were identified, namely: the degree of bag filling, the exit angle of the exhaust end and the slip angle of the slip. In order to conduct experimental studies on this issue, a methodology for experimental work was developed, which includes equipping the experimental setup with instrumentation, preparing trawl sack models and testing procedures. The experiment was carried out using the methods of planning experiments. A mathematical dependence of the bag selection effort with the catch on the above factors was obtained, from which it follows that the priority of the influence is the following: bag filling, slip angle and direction of movement of the exhaust end. In order to reduce peak loads, a technical solution has been proposed in the form of an elongated slip threshold. To verify the correctness of the adopted technical solution, as well as its efficiency, tests were carried out similar to those performed earlier, but for an elongated slip threshold. According to the results of the experiments, force dynamograms were obtained, which make the following conclusion: the force at the exhaust end when hauling trawling bags with a catch when moving on a slip with an elongated threshold allows reducing and smoothing the sampling force at the exhaust end and thereby ensuring more uniform operation of the field winches.

trawl, catch, slip, model, experiment, factors, mathematical dependence, load reduction

ВВЕДЕНИЕ

Траловый лов является наиболее значимым видом промысла рыбы [1], на его долю приходится около 70 % всего мирового улова. Большая часть промысловых судов тралового лова работает слиповым методом с частичным или полным поднятием мешка на судно [2, 3], что объясняется конструктивными особенностями данных судов [4].

При поднятии траловых мешков с уловом по слипу судна возникают пиковые нагрузки, которые приводят к поломке механизмов, перегрузке вытяжных лебёдок, порывам сетной части [5], повреждаемости объектов лова [6].

Вопрос по снижению нагрузок поднимался во многих работах, в частности, научными изысканиями по данному вопросу занимался доктор технических наук Александр Львович Фридман [7, 8]. В своих работах он рассматривал зависимость усилия во время выборки трала от коэффициента его трения о поверхность слипа и промысловую палубу и формы его поверхности. Так, им было установлено, что наименьшее тяговое усилие будет иметь место, когда направляющей цилиндрической поверхностью будет прямая, а сама поверхность – плоскостью. Таким образом, плоская форма слипа с плавными закруглениями на его верхнем и нижнем окончаниях является наиболее оптимальной.

Также им отмечен ряд приспособлений, способов и методов, изобретений и патентов, которые предназначены для снижения нагрузок и повреждаемости рыбы и представляют собой в большинстве случаев идею и не более того, потому что большинство таких преобразований можно осуществить только на судах новостроя. В частности, установку рольгангов по площади слипового настила, выбор рациональной формы слипа, покрытие антифрикционными составами настила слипа (пенки, смолы и т. д.). Однако результатов по данным мероприятиям не получено в силу различных обстоятельств, например, смолы откалывались и повреждали орудие лова, рольганги запутывали сетное полотно при спуске трала, а ис-

пользование пенок приводило к материальным затратам, связанным с покупкой и большим их расходом.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для выявления причины возникновения пиковых нагрузок необходимо исследовать физическую сущность – процесс подъёма траловых мешков на палубу судна. Осуществить такие исследования в море не представляется возможным в силу объективных обстоятельств: из-за отсутствия измерительной техники и промышленной деятельности судна. В связи с этим нами поставлена задача провести испытания на физической модели судна с моделями траловых мешков.

Целью данных исследований является установление зависимости тягового усилия выборки трала с уловом на палубу судна от факторов реальных условий эксплуатации систем судно – трал, что позволит оценить степень влияния факторов на процесс выборки уловов на палубу судна.

ВЛИЯЮЩИЕ ФАКТОРЫ И МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Для достижения поставленной цели были выполнены следующие задачи:

1. Изготовлена и оснащена измерительной аппаратурой экспериментальная установка.
2. Изготовлены модели траловых мешков с различной степенью наполнения.
3. Разработана методика исследований;
4. Проведены экспериментальные работы.

Для выполнения этих испытаний была изготовлена установка (рис. 1), представляющая из себя макет промышленной палубы РТМ-С со слиповым устройством, изготовленным в масштабе 1:25. Она состоит из слипового устройства с возможностью смены угла наклона, ванны с водой, регулируемой по уровню, настила промышленной палубы, блока, портала, вытяжной лебёдки [9].

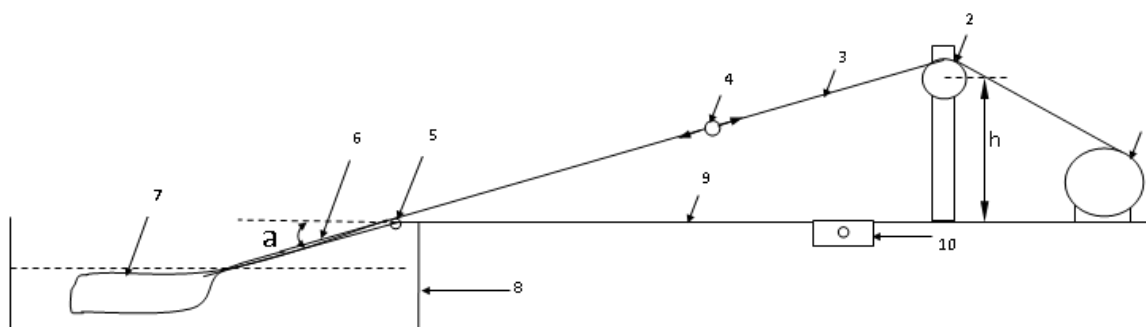


Рис. 1. Схема установки: 1 – лебедка (кабельно-сетной барабан); 2 – блок; 3 – веревка (канатно-сетная часть); 4 – оборудование Mic2000; 5 – слиповый ролл; 6 – слип; 7 – мешок с уловом; 8 – ванна с водой; 9 – палуба; 10 – пульт; а – угол наклона слипа

Fig. 1. Installation diagram: 1– winch (cable net drum); 2 – block; 3 – rope (rope-net part); 4 – equipment Mic2000; 5 – slip roll; 6 – slip; 7 – bag with the catch; 8 – bath with water; 9 – deck; 10 – console; a – slip angle

Для проведения исследований нами были отобраны влияющие факторы, характеризующиеся судовыми конструкциями, промышленными механизмами и конструкциями тралового мешка, а именно:

- 1) наполнение мешка;
- 2) угол и форма слипа;
- 3) угол выхода вытяжного конца.

Для каждого из факторов были определены диапазоны их изменения. В частности:

- угол наклона определяется изменением осадки в результате загрузки судна, а также размерами промышленной палубы для большинства судов и составляет от 10 до 30°;

- высота подвеса регламентирует установку промышленных механизмов на палубе и позволяет изменять направление вытяжного конца относительно слипа. В эксперименте диапазон данного фактора изменяется от 170 до 600 мм;

- диапазон фактора, характеризующий степень наполнения тралового мешка, составляет 0,5 – 1.

Для сокращения количества экспериментальных работ, их систематизации и получения математической зависимости нами был использован метод планирования эксперимента. В исследованиях применялся трёхфакторный эксперимент на двух уровнях.

ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТОВ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

С учётом выбранных факторов и диапазонов их изменения была составлена матрица планирования эксперимента (таблица).

Таблица. Матрица трёхфакторного эксперимента на двух уровнях (с результатами экспериментов)

Table. Matrix of three-factor experiment on two levels (with the results of experiments)

№ п/п	x_1 (g_{cp} , кг)	x_2 (α_{cp} , °)	x_3 (h_{cp} , мм)	T_{cp} , Н
1	+ (2,5)	+ (30)	+ (600)	23,7
2	+ (2,5)	+ (30)	- (170)	28,9
3	+ (2,5)	- (10)	+ (600)	19,5
4	+ (2,5)	- (10)	- (170)	21,9
5	- (1,25)	- (10)	- (170)	11,1
6	- (1,25)	- (10)	+ (600)	10,2
7	- (1,25)	+ (30)	- (170)	14,3
8	- (1,25)	+ (30)	+ (600)	12,5

Примечание. x_1 , x_2 , x_3 – значения заполнения мешка, угла наклона слипа и выхода вытяжного конца соответственно, записанные в кодированном виде.

В данной таблице (-) и (+) – это минимальное и максимальное значения влияющих факторов в диапазоне их изменения (в кодированном виде); α – угол наклона слипа, °; h – высота подвеса блока, мм; g – нагрузка тралового мешка, кгс; T – вытяжное усилие, Н.

Измерения усилия в вытяжном конце лебёдки при подъёме мешка с уловом по слипу судна осуществлялись силоизмерительным комплексом «Mic 2000», ко-

торый представляет из себя силоизмерительный датчик тезометрического типа и ноутбук.

После проведения экспериментальных работ по результатам первичных опытов нами была получена силовая динамограмма, подтверждающая наличие пиковых нагрузок и распределение усилий по длине слипового устройства (рис. 2).

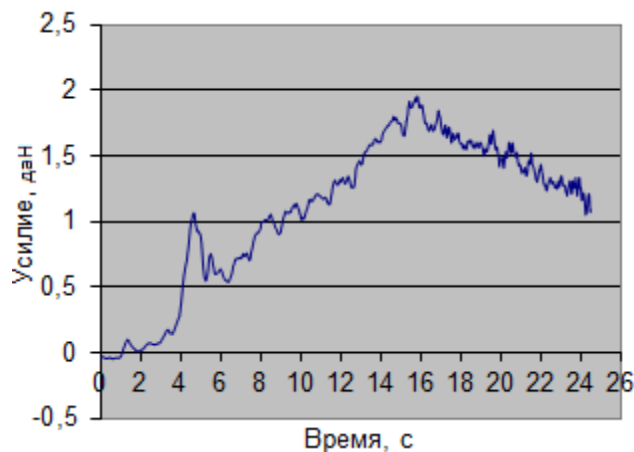


Рис. 2. Диаграмма усилия при выборке модели полного мешка: масса мешка 2,5 кг, угол наклона слипа 10°, высота подвеса h=600 мм

Fig. 2. The force diagram for sampling a full bag model: bag weight 2.5 kg, slip angle 10 °, suspension height h = 600 mm

Как видно из рис. 2, наблюдается значительный скачок усилия во время выхода мешка на порог слипа.

После математической обработки экспериментальных данных в системе Mathcad [10] была получена зависимость (1) усилия в вытяжном конце вытяжной лебёдки от следующих факторов: угол наклона слипа, высота подвеса блока, загрузка тралового мешка.

Зависимость усилия в вытяжном конце от параметров x_1 , x_2 , x_3 :

$$T = 17,76 + 5,74 * x_1 + 2,09 * x_2 + (-1,29) * x_3, \quad (1)$$

где x_1 , x_2 , x_3 – значения наполнения тралового мешка, угла наклона слипа и высоты выхода вытяжного конца соответственно, записанные в кодированном виде (изменяемые от -1, до +1 в зависимости от выбранного значения в соответствии с матрицей).

Анализ результатов исследований показал, что первостепенное значение на усилие в вытяжном конце имеет наполнение тралового мешка. Следующим по значимости является угол наклона слипа. Наименьшее влияние из рассмотренных факторов на прямом слипе оказывает угол выхода вытяжного конца в исследуемом диапазоне.

Значимость полученной зависимости состоит в том, что впервые экспериментальным путём получена динамограмма силового воздействия тяги при выборке мешков с уловом по слиповому настилу с учётом условий эксплуатации рыболовных систем судно-трал. Это позволяет акцентировать направление дальнейших исследований, связанных со снижением пиковых нагрузок при выборке тралов. В частности, предлагается техническое решение, суть которого заключается в изменении конструкции слипового устройства.

Поэтому следующим этапом наших исследований явилась экспериментальная проверка устройства, касающаяся модернизации слипового настила, которая заключается в удлинении порога слипа. Для реализации данного решения нами был изготовлен слип, имеющий ту же конфигурацию, что и предыдущий, но с удлинённым порогом.

Исследования были проведены в соответствии с ранее приведённой методикой, в результате получена силовая диаграмма (рис. 3).

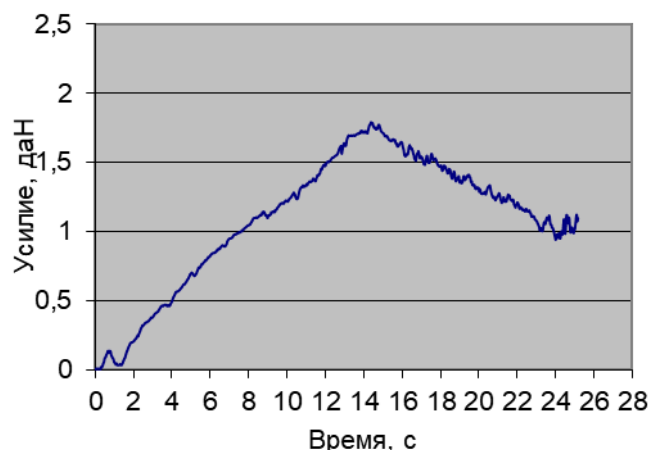


Рис. 3. Диаграмма усилия при выборке полного мешка (массой 2,5 кг) на установке с углом наклона слипа 10° на удлинённом прямолинейном слипе на высоте $h=600$ мм

Fig. 3. Diagram of the force when sampling a full bag (weighing 2.5 kg) on a device with a slip angle of 10° on an elongated straight slip height $h = 600$ mm

Сравнительная оценка результатов диаграмм (рис. 2, 3) показывает, что техническое решение, представленное в виде удлинённого порога слипа, позволяет сгладить и снизить пиковую нагрузку на пороге слипа в два раза. Это является довольно хорошим результатом, позволяющим снизить рывки при выборке, что обеспечивает более равномерное распределение усилия и его снижение в вытяжном конце при выборке на 17 %, что дает возможность, в свою очередь, снизить энергозатраты промышленных механизмов, износ системы судно-трал.

Сравнение экспериментальных данных и расчётных величин говорит об адекватности полученной зависимости, так как отклонение между ними не превышает 8 %. В дальнейшем планируется провести исследования с большим количеством факторов и различными формами слипа.

Экспериментальные исследования проводились методом имитации, поэтому результаты испытаний могут быть применены на конкретных промышленных судах.

ВЫВОДЫ

Подводя итог проведённым исследованиям, можно сделать следующие выводы:

- первостепенное значение на усилии в вытяжном конце имеет вес тралового мешка;

- снижение наполнения мешка позволяет снизить нагрузки во время выборки в два раза, при этом сохраняя пиковые нагрузки во время выхода мешка на порог слипа;

- следующим по значимости выводом является угол наклона слипа. Наиболее незначительное влияние из рассмотренных факторов на прямом слипе оказывает угол выхода вытяжного конца. Применение конструкции слипового настила с удлинённым порогом исключает пиковые нагрузки во время выхода мешка на порог слипа.

Выполненный объём экспериментальных исследований, на основе которого получена взаимосвязь факторов реальных условий эксплуатации на тяговое усилие промысловых комплексов, а также техническое решение по снижению пиковых нагрузок в вытяжном конце промысловой лебёдки, позволяют рассмотреть более детально процесс подъёма траловых мешков по слипам судов и рекомендовать соответствующие мероприятия по обеспечению сохранности качества улова и безопасному выполнению промысловых операций.

Данные исследования проводились с учётом масштабного подобия, что позволит применить результаты исследований и рекомендации на промысловых судах рыбодобывающих организаций.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Trawling the North Pacific [электронный ресурс]. – URL: http://www.akmarine.org/wp-content/uploads/2014/06/AMCC_bottom-trawl-north-pacific-report-04-01-02.pdf (дата обращения 03.07.2018).
2. Государственный судовой реестр [электронный ресурс]. – URL: <http://www.pasp.ru> (дата обращения: 11.06.2017).
3. Флот рыбной промышленности: Справочник типовых судов. – 3-е изд., составлен специалистами Гипрорыбфлота. – Москва: Транспорт, 1990. – 384 с.
4. Зайчик, К. С. Промысловые устройства морских рыболовных судов / К. С. Зайчик. – Ленинград: Судостроение, 1972. – 232 с.
5. Суконнов, А. В. К вопросу сохранения качества выливаемых уловов из траловых мешков / А. В. Суконнов, Н. А. Скуратов // Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности российской федерации: I Национальная заоч. науч.-техн. конф. (Владивосток, 22 декабря 2017 г.): материалы. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2017. – С. 261-265.
6. Долин, Г. М. Сохранение качества улова в траловом мешке / Г. М. Долин // Морская техника и технологии. Безопасность морской индустрии: III Балтийский морской форум: Международная научная конференция: материалы. – Калининград: БГАРФ, 2015. – Т. I.
7. Фридман, С. Л. Взаимодействие трала и судна при подъеме улова на кормовом траулере: дис.... канд. техн. наук / С. Л. Фридман. – Мурманск: Мурманское высшее мореходное училище, 1960. – 242 с.
8. Фридман, А. Л. Исследование взаимодействия системы судовая слиповая установка / А. Л. Фридман – Калининград: КТИРПиХ, 1985. – 135 с.
9. Суконнов, А. В. Экспериментальное определение зависимости тягового усилия выборки трала с уловом на палубу судна от параметров системы судно

– трал на модели промысловой палубы судов типа РТМ-С / А. В. Суконнов, Н. А. Скуратов // Известия КГТУ. – 2018. – № 48. – С. 39-46.

10. Наумов, В. А. Прикладная математика: учеб. пособие по решению профессиональных задач в среде MathCad / В. А. Наумов – Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2014. – 144 с.

REFERENCES

1. Trawling the North Pacific Available at: http://www.akmarine.org/wp-content/uploads/2014/06/AMCC_bottom-trawl-north-pacific-report-04-01-02.pdf (Accessed 03.07.2018).

2. Gosudarstvennyy sudovoy reestr [State Ship Registry]. Available at: <http://www.pasp.ru> (Accessed 11.06.2017).

3. *Flot rybnoy promyshlennosti: spravochnik tipovykh sudov* [Fleet of the fishing industry: Reference book of standard vessels]. Moscow, Transport, 1990, 384 p.

4. Zaychik K. S. *Promyslovye ustroystva morskikh rybolovnykh sudov* [Fishing devices of sea fishing vessels]. Leningrad, Sudostroenie, 1972, 232 p.

5. Sukonnov A. V., Skuratov N. A. *K voprosu sokhraneniya kachestva vylivaemykh ulovov iz tralovykh meshkov* [On the issue of preserving the quality of the poured catches from trawl bags]. *Innovacionnoe razvitie rybnoy otrasli v kontekste obespecheniya prodovol'stvennoy bezopasnosti Rossiyskoy Federatsii. Materialy I Nacional'noy zaочноy nauch.-tekhn. konf.* [Innovative development of the fish industry in the context of ensuring the food security of the Russian Federation. Materials of the I National Correspondence Scientific and Technical Conference]. Vladivostok, 2017, pp. 261-265.

6. Dolin G. M. *Sokhranenie kachestva ulova v tralovom meshke* [Preserving the quality of the catch in the trawling bag]. *III Baltiyskiy morskoy forum. Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya «Morskaya tekhnika i tekhnologii. Bezopasnost' morskoy industrii»* [III Baltic Marine Forum. International Scientific Conference “Marine Equipment and Technologies. Safety of the marine industry ”]. Kaliningrad, 2015.

7. Fridman S. L. *Vzaimodeystvie trala i sudna pri podyome ulova na kormovom traulere* [The interaction of the trawl and the vessel when raising the catch on the stern trawler]. Murmansk, Murmansk Higher Navigational School, 1960, 242 p.

8. Fridman A. L. *Issledovanie vzaimodeystviya sistemy “sudovaya slipovaya ustanovka”* [Study of system interaction “ship slip installation”]. Kaliningrad, KTIRPiH, 1985, 135 p.

9. Sukonnov A. V., Skuratov N. A. *Eksperimental'noe opredelenie zavisimosti tyagovogo usiliya vyborki trala s ulovom na palubu sudna ot parametrov sistemy sudno – tral na modeli promyslovoy paluby sudov tipa RTM-S* [Experimental determination of the dependence of the trawl hauling effort with the catch on the ship deck on the parameters of the ship-trawling system on the model deck of the RTM-S type vessels]. *Izvestiya Kaliningradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2018, no. 48, pp. 39-46.

10. Naumov V. A. *Prikladnaya matematika: uchebnoe posobie po resheniyu professional'nykh zadach v srede MathCad* [Applied mathematics: a tutorial on solving

professional problems in the environment of MathCad]. Kaliningrad, FGBOU VPO “KGTU”, 2014, 144 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Скуратов Николай Александрович – Калининградский государственный технический университет, студент 1 курса магистратуры факультета промышленного рыболовства; E-mail: snikal@tut.by

Skuratov Nikolay Alexandrovich – Kaliningrad State Technical University; student of the 1st year of master's degree in the Faculty of Industrial Fisheries; E-mail: snikal@tut.by

Суконнов Анатолий Владимирович – Калининградский государственный технический университет; доцент кафедры промышленного рыболовства, заведующий лабораториями

Sukonnov Anatoly Vladimirovich – Kaliningrad State Technical University; Associate Professor of the Department of Industrial Fisheries, Head of Laboratories

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ ЖУРНАЛА «ИЗВЕСТИЯ КГТУ»

Общие требования

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

В редакцию журнала авторы представляют:

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

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

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

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

Объем статьи

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

Структура статьи

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

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

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

Составные части статьи и порядок их следования

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

11. Через два интервала после текста статьи по центру **список использованных литературных источников** (прописными буквами, кегель 12, шрифт обычный). Список литературы в научных публикациях обязателен (оформляется по ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления», ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка. Правила составления»). Список литературы должен содержать все цитируемые и упоминаемые в тексте работы. В список включаются только те работы, на которые автор ссылается в тексте. Источники в списке литературы нумеруются и располагаются в порядке их упоминания в тексте (в порядке цитирования). Для размещения статьи в международной базе Agriis (по рекомендации редактора рубрики) требуется не менее 7-ми источников, среди них должны быть зарубежные авторы.

Образцы оформления списка использованных литературных источников:

Монография

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

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

Книга

Книги одного - трех авторов

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

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

Книги более трех авторов

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

Книги, не имеющие индивидуальных авторов (под редакцией)

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

Статья в журнале

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

2. Байдалинова, Л. С. Перспективы использования растительных антиоксидантов для стабилизации гидролитических и окислительных процессов в препаратах полиненасыщенных жирных кислот / Л. С. Байдалинова, С. В. Андропова // Известия Калининградского государственного технического университета. – 2013. – № 29. – С. 74-80.

Статья в электронном журнале

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

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

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

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

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

Диссертация или автореферат диссертации

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

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

Переводная книга

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

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

Ссылки на все приведенные в списке литературы источники в тексте заключаются в квадратные скобки, например: [2], [4–7], [1, 18, 25]. Если в тексте есть прямая цитата, заключенная в кавычки, то обязательно должна быть указана страница, на которой эта цитата находится в цитируемом источнике. Например: [7, с. 28]. **Ссылки на неопубликованные работы и работы, находящиеся в печати, не допускаются.**

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

Образцы оформления ссылок:

Монография, книга

1. Shorygin A. A. *Pitanie i pishchevye vzaimootnosheniya ryb Kaspiyskogo morya* [Diet and food relations of fish in the Caspian Sea]. Moscow, Pishchepromizdat Publ., 1952, 268 p.

2. Latyshev V. N. *Tribologiya rezaniya. Kn. 1: Friksionnye protsessy pri rezanii metallov* [Tribology of Cutting, Vol. 1: Frictional Processes in Metal Cutting]. Ivanovo, Ivanovskiy Gos. Univ., 2009.

Статья в журнале

1. Zagurenko A. G., Korotovskikh V. A., Kolesnikov A. A., Timonov A. V., Kardymon D.V. Tekhniko-ekonomicheskaya optimizatsiya dizayna gidrorazryva plasta [Techno-economic optimization of the design of hydraulic fracturing]. *Neftyanoe khozyaystvo*, 2008, no. 11, pp. 54-57.

2. Sokolov L. I. Pitaniye sibirskogo osetra *Acipenser baerii* Brandt r. Leny [Diet of the Siberian sturgeon of the river Lena]. *Voprosy ikhtiologii*, 1966, vol. 6, iss. 3 (40), pp. 550–560.

Статья в электронном журнале

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

Статья, опубликованная в материалах конференций

1. Usmanov T. S., Gusmanov A. A., Mullagalin I. Z., Muhametshina R. Ju., Chervyakova A. N., Sveshnikov A. V. Osobennosti proektirovaniya razrabotki mestorozhdeniy s primeneniem gidrorazryva plasta [Features of the design of field

development with the use of hydraulic fracturing]. *Trudy 6 Mezhdunarodnogo Simpoziuma "Novye resursosberegayushchie 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 ekologicheskii chistykh tekhnologiy belkovykh kormovykh produktov na osnove vtorichnykh resursov. Avtoreferat diss. dokt. tekhn. nauk* [Development of ecological pure technologies of protein feeding products on the basis of water resources. Abstract of dis. dr. sci.]. Saratov, 1997, 54 p.

Переводная книга

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

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

Образец:

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

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

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

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

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

Правила оформления рукописей

- формат бумаги: А4;
- ориентация: книжная;
- поля сверху, слева, справа – 3 см, снизу – 3,5 см;
- гарнитура шрифта: Times New Roman;
- кегль – 12;
- абзац с отступом Tab. 1,27;
- межстрочный интервал – одинарный;
- при наборе текста:

- не допускается: применять стили при формировании текста; вносить изменения в шаблон или создавать свой для формирования текста; ставить пробелы перед знаками препинания; применять любые разрядки слов;

- необходимо: слова внутри абзаца разделять одним пробелом; набирать текст без принудительных переносов; установить автоматическую расстановку переносов (путь: меню СЕРВИС → подменю ЯЗЫК → пункт РАССТАНОВКА ПЕРЕНОСОВ → поставить галочку в открывшемся окне «автоматическая расстановка переносов»).

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

Рисунки. Допускаются только черно-белые четкие рисунки, выполненные средствами компьютерной графики или сканированные (сканированные необходимо распечатывать на лазерном или струйном принтере). Рисунки могут быть введены в текст статьи или выполнены в виде отдельных графических файлов. В последнем случае необходимо указать место расположения рисунка, написав на полях рукописи после абзаца, в котором он впервые упоминается: Рис. 1. и т. д. Все рисунки должны быть пронумерованы (Рис. 1. и т. д.) и иметь 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 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: e не \bar{e} . Перенос в формулах допускается делать в первую очередь на знаках (=, », <, > и др.), во вторую очередь – на отточии (...), на знаках сложения и вычитания (+, –), в последнюю – на знаке умножения в виде косоугольного креста (\times). Перенос на знаке деления не допускается. Математический знак, на котором разрывается формула при переносе, обязательно должен быть повторен в начале второй строки. При переносе формул нельзя отделять выражения, содержащиеся под знаком интеграла, логарифма, суммы, произведения, от самих знаков. Небольшие формулы, не имеющие самостоятельного значения, набираются внутри строк текста. Наиболее важные формулы, все нумерованные формулы, а также длинные и громоздкие формулы, содержащие знаки суммирования, произведения и т. п., набирают отдельными строками. Отбивка до и после строки с формулой в этом случае – 6 пунктов. Вместо выражения вида $\frac{a}{b}$ рекомендуется писать a/b. Отдельные элементы математических формул, вынесенные в текст, набираются по приведенным выше правилам (прямой шрифт в формуле – прямой шрифт в тексте, курсив в формуле – курсив в тексте).

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

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

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

Электронный вариант материалов

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

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

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

Рукописи статей, принятых к публикации, авторам не возвращаются.

Публикации статей бесплатные. Рукописи статей сотрудников ФГБОУ ВПО «КГТУ» направляются в редакционную коллегию журнала по рекомендациям научно-методических семинаров кафедр. Все статьи проходят обязательное внешнее или внутреннее рецензирование. Автор самостоятельно или в соавторстве может представить в номер не более одной статьи. Статьи публикуются на русском или английском языке. Страницы не нумеровать.

Адрес редакции:

236022, г. Калининград, Советский проспект, 1,
Калининградский государственный технический университет

Тел. (4012) 99-59-74

E-mail: svetlana.suprunova@klgtu.ru

<http://klgtu.ru/science/magazine/index.php>

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

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

Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
236022, г. Калининград, Советский проспект, 1
Лицензия № 05609 от 14.08.2001
Подписано в печать 29.07.2019. Выход в свет 01.08.2019. Формат 60 x 88 (1/8)
Печ. л. 25,7. Уч.-изд. л. 15,1. Тираж 1000 экз. Заказ № 18.