

ISSN 2619-0605



# Вестник

Керченского государственного  
морского технологического  
университета

ВЫПУСК 3

2021

16+

Рецензируемый научный журнал «Вестник Керченского государственного морского технологического университета» зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации Эл № ФС77-78328 от 15.05.2020 г.

Журнал «Вестник КГМТУ» включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (с 25.12.2020 года), по научным специальностям (отраслям науки): 08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством (по отраслям и сферам деятельности (экономические науки), 03.02.06 – Ихтиология (биологические науки), 05.18.12 – Процессы и аппараты пищевых производств (технические науки).

### **Редакционный Совет журнала**

**Главный редактор:** Логунова Наталья Анатольевна – д-р экон. наук, доцент, проректор по научной работе

**Заместитель главного редактора:**

Ушаков Владислав Валериевич – канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры экономики

### **Редакционная коллегия журнала**

<b>Биологические науки</b>	<b>Технические науки</b>	<b>Экономические науки</b>
Губанов Е.П.	Доровской В.А.	Антипов С.Т.
Москул Г.А.	Емельянов В.А.	Заплетников И.Н.
Пашков А.Н.	Ныркв А.П.	Косачев В.С.
Чебанов М.С.	Олейников А.М.	Соколов С.А.
Тылик К.В.	Жуков В.А.	Панфилов В.А.
Тюрин В.В.	Каторин Ю.Ф.	Фалько А.Л.
Шибает С.В.	Авдеев Б.А.	Гукасян А.В.
Булли Л.И.	Горбенко А.Н.	Степанов Д.В.
Кулиш А.В.	Конюков В.Л.	Яковлев О.В.
Шляхов В.А.	Титов И.Л.	Яшонков А.А.
		Бутова Т.Г.
		Гришкина С.Н.
		Исраилов М.В.
		Котенев А.Д.
		Пискун Е.И.
		Подсолонко В.А.
		Подсолонко Е.А.
		Сметанко А.В.
		Яркина Н.Н.
		Серёгин С.С.
		Скоробогатова В.В.

Серёгин С.С. – ответственный секретарь

Бобарыкин О.В. – технический редактор, компьютерная верстка

Статьи в журнале издаются на русском и английском языках.

Позиция автора публикаций может не совпадать с точкой зрения редакционного совета и редакционной коллегии журнала.

Издается по решению НТС ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», протокол № 6 от 28.09.2021 г.

Адрес: 298309, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82

E-mail: [vestnik@ejkgmtu.ru](mailto:vestnik@ejkgmtu.ru)

Web: <http://www.ejkgmtu.ru/>

## Редакционная коллегия журнала

### Биологические науки

#### Научная специальность 03.02.06 «Ихтиология»:

1. Губанов Евгений Павлович – д-р биол. наук, профессор, старший научный сотрудник, ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», профессор кафедры водных биоресурсов и марикультуры;
2. Москул Георгий Алексеевич – д-р биол. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет», профессор кафедры водных биоресурсов и аквакультуры;
3. Тюрин Владислав Викторович – д-р биол. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет», заведующий кафедрой генетики, микробиологии и биотехнологии;
4. Чебанов Михаил Степанович – д-р биол. наук, профессор, директор ГКУ КК «Кубаньбиоресурсы»;
5. Шibaев Сергей Вадимович – д-р биол. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», заведующий кафедрой ихтиологии и экологии;
6. Булли Любовь Ивановна – канд. биол. наук, ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», доцент кафедры водных биоресурсов и марикультуры;
7. Кулиш Андрей Викторович – канд. биол. наук, ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», доцент кафедры водных биоресурсов и марикультуры;
8. Пашков Андрей Николаевич – канд. биол. наук, Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), заместитель руководителя Краснодарского отделения;
9. Тылик Константин Владимирович – канд. биол. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», декан факультета биоресурсов и природопользования;
10. Шляхов Владислав Алексеевич – канд. биол. наук, старший научный сотрудник ФГБНУ «ВНИРО», Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «АзНИИРХ».

### Технические науки

#### Научная специальность 05.08.05 «Судовые энергетические установки (главные и вспомогательные)»:

1. Доровской Владимир Алексеевич – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», профессор кафедры электрооборудования судов и автоматизации производства;
2. Емельянов Виталий Александрович – д-р техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», профессор кафедры бизнес-информатики;
3. Жуков Владимир Анатольевич – д-р техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова», заведующий кафедрой теории и конструкции судовых двигателей внутреннего сгорания;
4. Каторин Юрий Федорович – д-р воен. наук, профессор ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова», профессор кафедры комплексного обеспечения информационной безопасности;
5. Нырков Анатолий Павлович – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО

«Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова», профессор кафедры комплексного обеспечения информационной безопасности;

6. Олейников Александр Михайлович – д-р техн. наук, профессор, ФГУП «13 Судоремонтный завод Черноморского флота» Министерства обороны РФ, руководитель группы по развитию и новым технологиям;
7. Авдеев Борис Александрович – канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», доцент кафедры электрооборудования судов и автоматизации производства;
8. Горбенко Александр Николаевич – канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», доцент кафедры судовых энергетических установок;
9. Конюков Вячеслав Леонтьевич – канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», доцент кафедры судовых энергетических установок;
10. Титов Иван Леонидович – канд. техн. наук, ОАО «Проект», флагманский электромеханик.

#### **Научная специальность 05.18.12 «Процессы и аппараты пищевых производств»:**

1. Антипов Сергей Тихонович – д-р техн. наук, профессор, Почетный работник высшего профессионального образования РФ, Заслуженный изобретатель РФ, советник при ректорате по науке, заведующий кафедрой машин и аппаратов пищевых производств, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»;
2. Заплетников Игорь Николаевич – д-р техн. наук, профессор, академик Международной академии холода, ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского», заведующий кафедрой оборудования пищевых производств;
3. Косачев Вячеслав Степанович – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», Институт машиностроения и автосервиса, профессор кафедры технологического оборудования и систем жизнеобеспечения;
4. Соколов Сергей Анатольевич – д-р техн. наук, доцент, академик Международной академии наук Экологии и Безопасности жизнедеятельности (МАНЭБ), ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского», заведующий кафедрой общинженерных дисциплин;
5. Панфилов Виктор Александрович – д-р техн. наук, профессор, академик РАН, Заслуженный деятель науки РФ, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева», профессор кафедры процессов и аппаратов перерабатывающих производств;
6. Фалько Александр Леонидович – д-р техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», профессор кафедры машин и аппаратов пищевых производств;
7. Гукасян Александр Валерьевич – канд. техн. наук, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», Институт машиностроения и автосервиса, заведующий кафедрой технологического оборудования и систем жизнеобеспечения;
8. Степанов Дмитрий Виталиевич – канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», проректор по организационной работе и развитию структурных подразделений, доцент кафедры

машины и аппараты пищевых производств;

9. Яковлев Олег Владимирович – канд. техн. наук, ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», декан технологического факультета, доцент кафедры машин и аппаратов пищевых производств;
10. Яшонков Александр Анатольевич – канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», заведующий кафедрой машин и аппаратов пищевых производств.

## **Экономические науки**

### **Научная специальность 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством»:**

1. Бутова Татьяна Георгиевна, д-р экон наук, профессор, Почетный работник высшего образования РФ, профессор кафедры международной и управленческой экономики ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»;
2. Гришкина Светлана Николаевна – д-р экон. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Финансовый Университет при Правительстве Российской Федерации», Департамент учета, анализа и аудита;
3. Исраилов Магамед Вахаевич – д-р экон. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет», профессор кафедры менеджмента и государственного и муниципального управления;
4. Котенев Александр Дмитриевич – д-р экон. наук, доцент, Краснодарский университет Министерства внутренних дел Российской Федерации (Ставропольский филиал), профессор кафедры социально-экономических и гуманитарных дисциплин;
5. Пискун Елена Ивановна – д-р экон. наук, доцент, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», профессор кафедры «Финансы и кредит»;
6. Подсолонко Владимир Андреевич – д-р экон. наук, профессор, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», профессор кафедры государственного и муниципального управления Института экономики и управления (структурное подразделение);
7. Подсолонко Елена Адольфовна – д-р экон. наук, профессор, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», профессор кафедры менеджмента Института экономики и управления (структурное подразделение);
8. Сметанко Александр Васильевич – д-р экон. наук, доцент, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», заведующий кафедрой учета, анализа и аудита Института экономики и управления (структурное подразделение);
9. Яркина Наталья Николаевна – д-р экон. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», профессор кафедры экономики;
10. Серёгин Станислав Сергеевич – канд. экон. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», начальник отдела обеспечения научно-исследовательской деятельности, доцент кафедры экономики;
11. Скоробогатова Виктория Викторовна – канд. экон. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», заведующий кафедрой экономики.

## СОДЕРЖАНИЕ

### **БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ. Научная специальность 03.02.06 «Ихтиология»**

- Карнаухов Г.И., Каширин А.В., Сирота Ю.В., Гиталов Э.И. ПОВЫШЕНИЕ РЫБОПРОДУКТИВНОСТИ ВОДОХРАНИЛИЩ ЮГА РОССИИ** 8
- Кашутин А.Н. ХАРАКТЕРИСТИКА ГРУНТОВ ПОБЕРЕЖИЙ ПОЛУОСТРОВА КАМЧАТКА И ПЕРСПЕКТИВЫ BIOTEХНОЛОГИИ ВОСПРОИЗВОДСТВА БУРОЙ ВОДОРОСЛИ *FUCUS DISTICHUS* SUBSP. *EVANESCENS* В ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЯХ** 29
- Козлова Г.В., Ленькова Д.Н. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ТИХООКЕАНСКОЙ УСТРИЦЫ В ЧЕРНОМ МОРЕ** 54
- Мальцев В.И., Петрова Т.Н. ПРИБРЕЖНЫЙ ИХТИОКОМПЛЕКС АКВАТОРИИ ЛАНДШАФТНОГО РЕКРЕАЦИОННОГО ПАРКА «ТИХАЯ БУХТА» (ЮГО-ВОСТОЧНЫЙ КРЫМ, ЧЁРНОЕ МОРЕ) ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ВИЗУАЛЬНЫХ УЧЁТОВ** 66
- Степанова О.Д., Кибенко В.А. ЧЕРНОМОРСКАЯ ТРАВЯНАЯ КРЕВЕТКА (*PALAEMON ADSPERSUS* RATHKE, 1837) – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ОБЪЕКТ ПРОМЫСЛА В АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОМ БАССЕЙНЕ** 84

### **ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

#### **Научная специальность 05.08.05 «Судовые энергетические установки (главные и вспомогательные)»**

- Конюков В.Л., Василенко Е.Е. АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТУРБИНОЙ СТУПЕНИ ПРИ ПОВОРОТЕ ЛОПАТОК РЕГУЛИРУЕМОГО СОПЛОВОГО АППАРАТА** 95

#### **Научная специальность 05.18.12 «Процессы и аппараты пищевых производств»**

- Соколов С.А., Яшонков А.А., Яковлев О.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПО ШУМОВЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ** 110
- Фалько А.Л. СОПРОТИВЛЕНИЕ ПИЩЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ ВНЕШНЕМУ И ВНУТРЕННЕМУ СДВИГУ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ВИБРАЦИИ** 124
- Уколов А.И., Попова Т.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ СУПЕРГИДРОФОБНОГО СЛОЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МЕТАЛЛОВ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПОГРУЖЕНИИ В ВОДУ** 145

### **ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ. Научная специальность 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством»**

- Arzumanov R. M., Klimakhina O. M., Bezkrovnaya G. D., Korneeva E. V., Zubrilin K. M. ALGORITHM FOR MANAGING THE LEVEL OF ECONOMIC SECURITY OF AN ENTERPRISE** 165
- Беляева М.С., Пискун Е.И. МЕХАНИЗМ РАЗВИТИЯ ДИЛЕРСКОЙ СЕТИ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКОЙ СТРУКТУРЫ ВИНОДЕЛЬЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ** 180

**Верна В.В., Хойна М.Н.** ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛОЯЛЬНОСТЬЮ ПЕРСОНАЛА ОРГАНИЗАЦИЙ: ОПЫТ РОССИЙСКИХ КОМПАНИЙ 193

**Симченко Н.А., Цёхла С.Ю.** ИССЛЕДОВАНИЕ ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫХ И СОЦИАЛЬНЫХ ЭФФЕКТОВ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ 205

**Smetanina O.N., Pastukhova S.E., Frolova S.N., Skorobogatova V.V.** THE ESSENCE OF BUSINESS ACTIVITY AND ENTERPRISE PROFITABILITY 216

УДК 639.2.052.2

DOI: 10.47404/2619-0605\_2021\_3\_8

Карнаухов Г.И., Каширин А.В., Сирота Ю.В., Гиталов Э.И.  
**ПОВЫШЕНИЕ РЫБОПРОДУКТИВНОСТИ ВОДОХРАНИЛИЩ ЮГА  
РОССИИ**

**Аннотация.** В работе представлены результаты исследований с 2015 по 2020 гг. на 12 водоемах комплексного назначения общей площадью около 80,0 тыс. га на территории Краснодарского и Ставропольского краев, Республики Адыгея. Гидробиологический и ихтиологический материал собирался и обрабатывался по общепринятым методикам. Приводятся сведения о гидрологическом и гидрохимическом режимах, степени развития фитопланктона, зоопланктона и зообентоса. В результате работ установлен современный состав ихтиофауны водохранилищ. В настоящее время биоразнообразие ихтиофауны в среднем представлено 20 видами и подвидами рыб. Описан качественный состав пищи аборигенных видов рыб. Основу ихтиоценоза водохранилищ в настоящее время составляют бентофаги. Увеличение рыбопродуктивности может быть обеспечено за счет мероприятий по формированию промысловой ихтиофауны. Предложены подходы по эффективному рыбохозяйственному использованию водохранилищ. Вселение белого толстолобика будет способствовать эффективному использованию кормовых ресурсов водохранилищ. Зарыбление водохранилищ белым толстолобиком приведет к изменению структуры промысловой ихтиофауны и увеличит рыбопродуктивность на 150 кг/га. Обоснованы оптимальные объемы ежегодного выпуска в водохранилища молоди белого толстолобика массой 25 г, которые составляют 33,5 млн экз.

**Ключевые слова:** водохранилища, ихтиофауна, кормовая база, спектр питания, зарыбление, промысловый возврат, рыбопродуктивность.

Karnaukhov G. I., Kashirin A.V., Sirota Yu.V., Gitalov E. I.  
**INCREASING THE FISH PRODUCTIVITY OF RESERVOIRS IN THE  
SOUTH OF RUSSIA**

**Abstract.** The paper presents the results of research from 2015 to 2020 on 12 reservoirs of complex purpose with a total area of about 80.0 thousand hectares on the territory of the Krasnodar and Stavropol territories, the Republic of Adygea. Hydrobiological and ichthyological material was collected and processed according to generally accepted methods. The data on the hydrological and hydrochemical regimes, the degree of development of phytoplankton, zooplankton and zoobenthos are given. As a result of the work, the modern composition of the ichthyofauna of the reservoirs was established. Currently, the biodiversity of the ichthyofauna is represented on average by 20 species and subspecies of fish. The qualitative composition of the food of native fish species is described. The basis of the ichthyocenosis of reservoirs currently consists of benthophages. An increase in fish productivity can be achieved through measures to form a commercial ichthyofauna. Approaches to the effective fisheries use of reservoirs are proposed. The introduction of the white carp will contribute to the effective use of the feed resources of the reservoirs. The stocking of reservoirs by the white carp will lead to a change in the structure of the commercial ichthyofauna and increase fish productivity by 150 kg/ha. The optimal volumes of the annual release of 25 g white carp juveniles into reservoirs, which amount to 33.5 million copies, are justified.

**Keywords:** reservoirs, ichthyofauna, food supply, food spectrum, stocking, commercial return, fish productivity.

**Введение.** Рыбопродуктивность водохранилищ зависит от многих



факторов: характера и площади водоема, морфометрии, гидрологических и гидробиологических режимов, изменений нормального подпорного уровня (НПУ), организации промысла и ряда других причин [1].

По данным Азово-Черноморского территориального управления Росрыболовства общий водный фонд, находящийся в его зоне ответственности, составляет около 8,4 млн га. Существенным компонентом водного фонда Краснодарского и Ставропольского краев, Республики Адыгея являются малые водохранилища, которые отличаются по происхождению, целевому назначению, особенностями эксплуатации и современному состоянию.

Природно-климатические условия Юга России создают оптимальные условия выращивания рыбы в водохранилищах, что в конечном итоге должно сказаться на увеличении запасов промысловых видов и значительно увеличить их вылов.

Сезонные колебания уровня речной воды, когда во время весеннего половодья по руслам рек протекает до 70 % общегодового стока, а в зимнюю и летнюю межень, напротив, ощущается недостаток водных ресурсов, поставили перед хозяйственным комплексом вопрос о регулировании ее стока. Создание водохранилищ гарантировало удовлетворение потребностей водопользователей и позитивно повлияло на хозяйственную деятельность человека. Водоохранилища снизили риск наводнений, обеспечили питьевой водой население, увеличили площади орошаемых земель сельхозпроизводителей, создали значительные пространства рекреационных зон и др., т.е. они имеют комплексное назначение. Как правило, при последующей эксплуатации данных водоемов они стали использоваться в рыбохозяйственных целях.

В водохранилищах воспроизводство рыбных ресурсов происходит в естественных условиях, и его эффективность зависит от благоприятного уровня режима водоема и состояния природных нерестилищ. Численность половозрелой части популяций рыб, того или иного водохранилища, формирует естественную рыбопродуктивность. Состояние отдельных популяций напрямую

связано с видовым составом ихтиофауны, состоянием кормовой базы, климатическими условиями, гидрохимическими показателями воды, а также со способностью обеспечить оптимальный объем ежегодного пополнения. «Естественная рыбопродуктивность», конечно, понятие относительно условное.

Вероятно, следует уделять большее внимание такому показателю, как промысловая рыбопродуктивность.

Ставка на увеличение рыбопродуктивности водохранилищ только за счет аборигенных видов рыб не может быть эффективной, поскольку ихтиофауна водоемов комплексного назначения изначально формировалась из речных видов рыб с невысокой продуктивностью, поскольку доминируют малоценные и тугорослые виды рыб, такие как серебряный карась, красноперка, укляя, плотва, окунь. Численность привлекательных в промысловом отношении рыб (сазан, судак, лещ, щука) достаточно низкая, что обусловлено неблагоприятными экологическими условиями, которые складываются в водохранилищах в нерестовый период.

Рыбопродуктивность также зависит от развития кормовой базы в водоеме и условий нагула рыб. Водоемы комплексного назначения Юга России, как правило, обладают высокой эвтрофностью, что в конечном итоге влияет на высокий биологический продукционный потенциал за счет массового развития фитопланктона. Однако, в рыбном населении водохранилищ отсутствуют промысловые аборигенные рыбы-фитофаги, способные эффективно утилизировать продукцию фитопланктона. В ихтиофауне водоемов комплексного назначения преобладают виды-бентофаги, которые интенсивно потребляют продукцию зообентоса и создают достаточно напряженную пищевую конкуренцию. Существенные ограничения по использованию кормовой базы бентофагами обуславливают их невысокий темп роста, что в конечном итоге сказывается на естественной рыбопродуктивности. Есть два выхода из сложившейся ситуации – увеличить кормовую базу путем вселения (акклиматизации) высокопродуктивных бентосных организмов или ввести в

состав ихтиофауны объекты, которые способны использовать не востребуемые кормовые ресурсы, создаваемые фито- и зоопланктоном. Наиболее перспективным и экономически обоснованным является второй вариант, а именно, вселение рыб-фитофагов и переход на их пастбищное выращивание. Данный подход позволит в кратчайшие сроки обеспечить устойчивый рост рыбопродуктивности водоемов.

Таким образом, рыбохозяйственная эффективность эксплуатации водоемов комплексного назначения должна быть направлена на формирование промысловой ихтиофауны путем целенаправленного выпуска молоди искусственного воспроизводства в достаточных количествах для утилизации значительных объемов, не востребуемой местной ихтиофауной, продукции микроводорослей. Только переход от пассивного рыболовства к эксплуатации водоемов методами пастбищного выращивания рыбы может обеспечить значительное увеличение производства пресноводной рыбы при относительно небольших материальных затратах.

**Цель исследования** – предложить научно обоснованные подходы для рыбохозяйственного использования биопродукционного потенциала водоемов Юга России и определить приоритетные пути увеличения их рыбопродуктивности.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: изучались гидрологический и гидрохимический режимы, видовой состав рыбного населения водоемов комплексного назначения, кормовая база, оценивалась численность популяций промысловых видов рыб, рассчитывалась удельная органическая нагрузка на водоем при зарыблении белым толстолобиком.

**Материалы и методы исследования.** Контроль кормовой базы включал сезонный отбор проб фитопланктона, зоопланктона и зообентоса в исследованных водохранилищах. Пробы зоопланктона отбирали сетью «Апштейна». Пробы отбирались с поверхностного слоя и фиксировались 4 %-

ным раствором формалина [2, 3]. Пробы зообентоса отбирали дночерпателем Ван-Вина с площадью 0,027 м<sup>2</sup> [4]. Пробы фитопланктона отбирали батометром. После отбора пробу объемом 0,5 л фиксировали 0,5 мл 5 %-ного раствора йода спиртового [5, 6]. Материал обрабатывался счетно-весовым методом.

Для расчётов потенциальной рыбопродуктивности водоемов были использованы как собственные, так и литературные данные. Так, Р/В-коэффициент для фитопланктона принят равный 200, зоопланктона – 20, зообентоса – 6 [7]. Степень использования кормовой базы для макрофитов – 40 % [8], для зоопланктона – 60 % – и для фитопланктона и зообентоса – 50 % [7]. Кормовые коэффициенты: для макрофитофагов – 60 [9], для фитофагов – 20, для зоофагов – 15, зообентофагов – 8 единиц [7].

Ихтиологический материал собирали и обрабатывали по методикам И.Ф. Правдина [10], Н.И. Чугуновой [11], Г. В. Никольского [12].

Собранный ихтиологический материал подвергался полному биологическому анализу: измерялся, взвешивался, отбирались пробы на плодовитость и питание. Районы нерестилищ и сроки нереста устанавливали по концентрации производителей на мелководьях, а также наличию самок с гонадами IV-V стадий зрелости.

Расчет численности поколений рыб проведены по В.П. Тюрину [13], И.И. Лапицкому [14], Ю.Т. Сечину [15, 16].

Лов рыбы проводили неводом и ставными сетями. Для учета сеголеток в прибрежной зоне (до изобаты 1,5 м) лов вели мальковой волокушей из хамсоросовой дели (ячей 3х3 мм) длиной 25 м. Площадь облова составляла 400 м<sup>2</sup>. Принимались коэффициенты уловистости для невода – 0,6 [14], мальковой волокуши – 0,13 [8], для сетей – 0,2 (сазан, плотва, лещ, карась), 0,15 (краснопёрка, щука, амур, толстолобик), 0,11 (судак) [17].

**Результаты исследования и их обсуждение.** Перераспределение стока рек, в результате строительства водохранилищ разного целевого назначения, затронуло не только крупные речные системы, но и малые. Например, на

территории Краснодарского края создано 7 водохранилищ и более 2 тысяч русловых водоемов на степных реках общим объемом порядка 2,5 км<sup>3</sup>, в Ставропольском крае насчитывается 58 водохранилищ и около 2,0 тысяч прудов с суммарной емкостью 2,2 км<sup>3</sup>, в Республике Адыгея – 5 водохранилищ и более 200 русловых прудов объемом 2,1 км<sup>3</sup>. Водоохранилища, которые эксплуатируются, как рыбохозяйственные водоемы или потенциально могут быть вовлечены в такое использование, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Водоохранилища, которые представляют рыбохозяйственное значение

Водоохранилище	Площадь, га	Объем, млн. м <sup>3</sup>	Год наполнения	Рыбохозяйственная эксплуатация
Краснодарский край				
Крюковское	4000,0	113,0	1972	эксплуатируется
Варнавинское	3900,0	40,0	1971	не эксплуатируется
Республика Адыгея				
Краснодарское	39780,0	1798,0	1974	эксплуатируется
Шапсугское	4570,0	150,0	1952	не эксплуатируется
Октябрьское	828,0	20,0	1964	эксплуатируется
Шенджийское	780,0	15,0	1965	не эксплуатируется
Ставропольский край				
Волчыи ворота	552,0	29,7	1955	эксплуатируется
Грушевское	270,0	12,5	1990	не эксплуатируется
Дундинское	1800,0	80,0	1985	эксплуатируется
Егорлыкское	1600,0	111,4	1962	не эксплуатируется
Красное	1130,0	44,3	1964	не эксплуатируется
Курганенское	520,0	11,75	1928	не эксплуатируется
Курское	508,0	11,4	1948	не эксплуатируется
Лысый лиман	1000,0	7,0	1958	эксплуатируется
Мокрая Буйвола	750,0	10,0	1770	эксплуатируется
Новотроицкое	1800,0	132,0	1953	не эксплуатируется
Отказненское	2160,0	131,6	1966	эксплуатируется
Ростовановское	429,0	9,5	1950	не эксплуатируется
Сенгилеевское	4200,0	260,0	1958	не эксплуатируется
Ульяновское	272,0	13,5	1972	не эксплуатируется
Чограйское	18500,0	720,0	1973	эксплуатируется

Одни водохранилища расположены на каналах перераспределения речного стока – Крюковское, Варнавинское, Красное, Егорлыкское, Новотроицкое, другие созданы в руслах рек – Краснодарское, Чограйское, Волчыи ворота,

Отказненское, Мокрая Буйвола, Октябрьское.

Основное назначение водохранилищ связано с ирригацией и предотвращением наводнений, однако некоторые используются также для целей водоснабжения и энергетики. Эксплуатация подавляющего большинства водохранилищ не предусматривает комплексное использование водных ресурсов, в частности рыбохозяйственное. Многоцелевое и эффективное использование водных ресурсов может быть достигнуто только с учетом потребностей всех заинтересованных пользователей.

Водные объекты относятся к водоемам с сезонным регулированием стока. Сезонные различия по уровню режиму весьма значительные от 1,6 м до 6,9 м. Гидрохимический режим воды относительно стабилен (таблица 2).

Таблица 2 – Средние показатели гидрохимического режима водоемов комплексного назначения

Водохранилище	Показатели				
	Минерализация, г/л	O <sub>2</sub> , мг/л	pH	НПУ*, м	УМО**, м
Краснодарское	0,29	9,2	7,5	32,8	25,9
Крюковское	0,96	8,7	7,3	14,4	11,4
Варнавинское	0,88	8,5	7,4	9,6	6,3
Октябрьское	1,91	7,7	7,6	21,1	19,6
Новотроицкое	0,41	8,7	7,3	152,8	141,2
Волчьи ворота	0,67	8,2	7,8	158,0	154,5
Егорлыкское	0,39	7,4	7,9	222,0	220,0
Отказненское	1,09	8,3	8,4	27,0	24,8
Мокрая Буйвола	2,75	6,4	8,4	91,0	89,7
Красное	0,33	6,9	7,6	395,75	393,0
Чограйское	1,92	6,1	7,6	24,2	18,0
Лысый лиман	4,62	8,1	7,4	22,5	20,4

\* – нормальный подпорный уровень, \*\* – уровень мертвого объема

Вода исследованных водоемов комплексного назначения относится к карбонатно-кальциевой группе с минерализацией от 0,29 г/л (Краснодарское водохранилище) до 4,62 г/л (Лысый лиман).

В целом, состояние среды обитания водных животных и растений в исследованных водоёмах можно признать удовлетворительным.

При комплексном освоении водоемов важное место занимают вопросы трофических связей гидробионтов, в том числе и рыб, так как они являются одним из звеньев процесса формирования рыбопродуктивности водоема. При этом особое значение приобретают вопросы состояния и использования рыбами кормовой базы.

Видовой состав ихтиофауны исследованных водоемов комплексного назначения, за исключением Краснодарского водохранилища, достаточно однороден и представлен в основном 14 видами рыб из 5 семейств: щука, плотва, красноперка, укля, густера, лещ, серебряный карась, сазан, белый амур, белый толстолобик, судак, окунь, сом, речной бычок (таблица 3).

Таблица 3 – Видовой состав ихтиофауны водоемов комплексного назначения

№ п/п	Вид рыб	Водохранилище											
		Краснодарское	Крюковское	Варнавинское	Октябрьское	Новотроицкое	Волчи ворота	Мокрая	Отказненское	Егорлыкское	Красное	Чограйское	Лысый лиман
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Семейство Осетровые ( <i>Acipenseridae</i> )													
1.	белуга ( <i>Huso huso</i> Linnaeus, 1758)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.	русский осетр ( <i>Acipenser gueldenstaedtii</i> Brandt, 1833)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.	севрюга ( <i>Acipenser stellatus</i> Pallas, 1771)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.	шип ( <i>Acipenser nudiiventris</i> Lovetsky, 1828)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.	стерлядь ( <i>Acipenser ruthenus</i> Linnaeus, 1758)	+	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-
Семейство Сельдевые ( <i>Clupeidae</i> )													
6.	тюлька ( <i>Clupeonella cultriventris</i> Nordmann, 1840)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
7.	азовский пузанок ( <i>Alosa tanaica</i> Grimm, 1901)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Семейство Щуковые ( <i>Esocidae</i> )													
8.	щука ( <i>Esox lucius</i> Linnaeus, 1758)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Семейство Карповые ( <i>Cyprinidae</i> )													
9.	азово-черноморская шемая ( <i>Chalcalburnus chalcoides mento</i> Agassiz, 1832)	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-
10.	кавказский голавль ( <i>Leuciscus cephalus orientalis</i> Nordmann, 1840)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
11.	кубанский усач ( <i>Barbus tauricus kubanicus</i> Berg, 1912)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12.	сазан ( <i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus, 1758)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
13.	лещ ( <i>Abramis brama</i> Linnaeus, 1758)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
14.	вырезуб ( <i>Rutilus frisii</i> Nordmann, 1840)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15.	обыкновенный рыбец ( <i>Vimba vimba vimba</i> Linnaeus, 1758)	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-
16.	жерех ( <i>Aspius aspius</i> Linnaeus, 1758)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17.	кубанский подуст ( <i>Chondrostoma colchicum kubanicum</i> Berg, 1912)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18.	плотва ( <i>Rutilus rutilus</i> Linnaeus, 1758)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
19.	красноперка ( <i>Scardinius erythrophthalmus</i> Linnaeus, 1758)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
20.	густера ( <i>Blicca bjoerkna</i> Linnaeus, 1758)	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+
21.	верховка ( <i>Leucaspis delineatus</i> Heckel&Kner, 1858)	+	+	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-
22.	кубанская быстрянка ( <i>Alburnoides kubanicus</i> Berg, 1933)	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-
23.	чехонь ( <i>Pelecus cultratus</i> Linnaeus, 1758)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24.	золотой карась ( <i>Carassius carassius</i> Linnaeus, 1758)	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-
25.	серебряный карась ( <i>Carassius auratus gibelio</i> Bloch, 1783)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
26.	укля ( <i>Alburnus alburnus</i> Linnaeus, 1758)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
27.	обыкновенный пескарь ( <i>Gobio gobio</i> Linnaeus, 1758)	+	-	-	-	+	+	-	+	+	+	-	-
28.	обыкновенный горчак ( <i>Rhodeus sericeus</i> Pallas, 1776)	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29.	линь ( <i>Tinca tinca</i> Linnaeus, 1758)	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+
30.	белый толстолобик ( <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> Valenciennes, 1844)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-



Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
31.	пестрый толстолобик ( <i>Hypophthalmichthys nobilis</i> Richardson, 1845)	+	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	-
32.	белый амур ( <i>Stenopharyngodon idella</i> Valenciennes, 1844)	+	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	-
33.	черный амур ( <i>Mylopharyngodon piceus</i> Richardson, 1846)	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-
Семейство Вьюновые ( <i>Cobitidae</i> )													
34.	предкавказская щиповка ( <i>Sabanejewia caucasica</i> Berg, 1906)	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Семейство Сомовые ( <i>Siluridae</i> )													
35.	сом обыкновенный (европейский) ( <i>Silurus glanis</i> Linnaeus, 1758)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Семейство Иctalуровые ( <i>Ictaluridae</i> )													
36.	американский канальный сом ( <i>Ictalurus punctatus</i> Rafinesque, 1818)	+	-	+	-	+	-	-	-	-	+	-	-
Семейство Окуневые ( <i>Percidae</i> )													
37.	судак обыкновенный ( <i>Sander lucioperca</i> Linnaeus, 1758)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
38.	берш ( <i>Sander volgensis</i> Gmelin, 1788)	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
39.	окунь речной ( <i>Perca fluviatilis</i> Linnaeus, 1758)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
40.	ёрш обыкновенный ( <i>Gymnocephalus cernuus</i> Linnaeus, 1758)	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-
Семейство Игольчатые ( <i>Syngnathidae</i> )													
41.	Черноморская пухлощекая игла-рыба ( <i>Syngnathus nigrolineatus</i> Eichwald, 1831)	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+
Семейство Бычковые ( <i>Gobiidae</i> )													
42.	речной бычок Родиона ( <i>Neogobius rhodioni</i> Vasiljeva et Vasiljev, 1994)	+	+	+	-	+	+	-	+	+	-	-	-
43.	бычок-песочник ( <i>Neogobius fluviatilis</i> Pallas, 1814)	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-
44.	каспийский бычок-кругляк ( <i>Neogobius melanostomus</i> Pallas, 1814)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
Семейство Колюшковые ( <i>Gastrosteidae</i> )													
45.	малая южная колюшка ( <i>Pungitius platygaster platygaster</i> Kessler, 1959)	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-
46.	трехиглая колюшка ( <i>Gasterosteus aculeatus</i> Linnaeus, 1758)	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-
Всего видов		45	20	23	11	23	15	13	14	17	14	22	14

По характеру размножения в аборигенной ихтиофауне водоемов выделяются фитофильная (сазан, карась, лещ, плотва, густера, красноперка, сом, окунь, щука), литофильная (бычок) и индифферентная (судак, уклея) экологические группы. Как правило, период нереста сазана, леща, плотвы, сома совпадает с интенсивным водопотреблением, что приводит к снижению уровня воды в водоёмах комплексного назначения, в результате чего отложенная икра обсыхает и гибнет.

Значительные колебания уровня воды в нерестовый период особенно негативно сказывается на ценных промысловых видах, численность которых и так незначительна, поэтому происходит их замещение малоценными видами, такими как серебряный карась и окунь. Ретроспективный анализ материалов по общей численности водных биоресурсов, серебряного карася и окуня в Чограйском водохранилище убедительно это доказывает (рисунок 1).

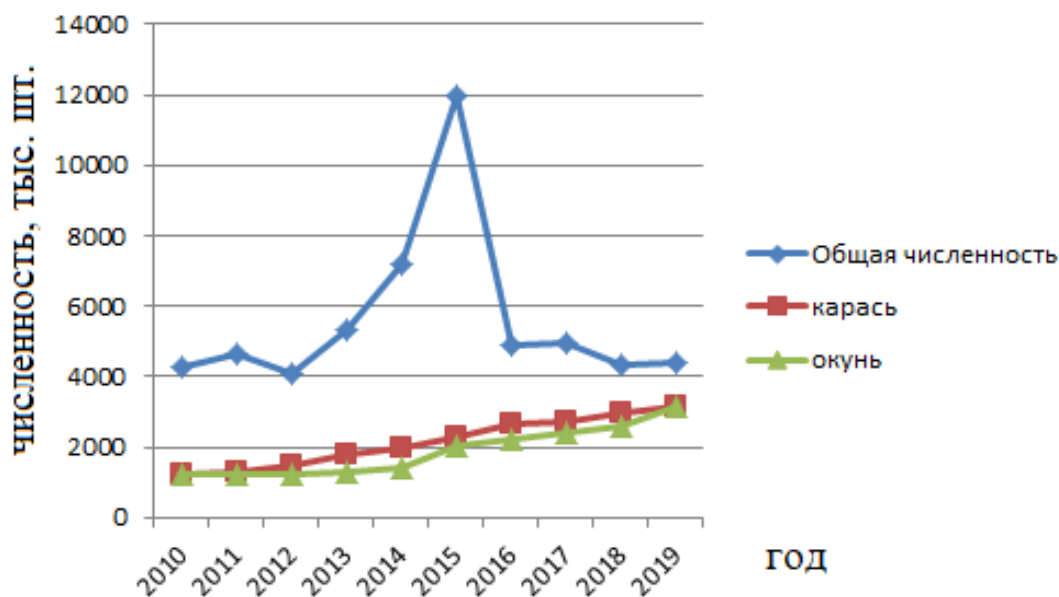


Рисунок 1 – Общая численность водных биоресурсов, серебряного карася и окуня в Чограйском водохранилище

Ежегодный объем пополнения популяции карася в последние годы в исследованных водоемах в среднем составляет около 29,0 млн экз., окуня – 15,0 млн экз.

В зависимости от степени развития кормовых организмов, исследуемые водоёмы были разделены на три группы: низкокормные, среднекормные и высококормные (таблица 4).

Таблица 4 – Среднесезонные показатели развития кормовой базы в исследованных водоемах

Водохранилище	Площадь, тыс. га	Макрофиты, кг/м <sup>2</sup>	Фитопланктон, г/м <sup>3</sup>	Зоопланктон, г/м <sup>3</sup>	Зообентос, г/м <sup>2</sup>
Низкокормные					
Новотроицкое	1,8	0,072	0,28	0,14	12,2 (0,36)*
Красное	1,1	0,03	0,11	0,06	10,5 (2,6)*
Егорлыкское	1,6	0,13	0,15	0,11	5,9 (0,16)*
Среднекормные					
Краснодарское	42,0	0,065	3,66	0,34	1,2
Варнавинское	3,9	2,96	3,42	0,51	4,3 (1,8)*
Высококормные					
Крюковское	4,0	1,68	2,19	1,41	7,2 (3,2)*
Октябрьское	0,75	0,087	6,6	1,98	46,8 (3,6)*
Чограйское	17,0	0,32	3,52	1,42	7,6
Волчьи ворота	0,55	0,25	4,3	0,88	7,2
Отказненское	1,9	0,18	4,54	1,73	9,2
Мокрая Буйвола	0,75	0,32	2,56	1,46	10,9
Лысый лиман	1,0	0,1	2,03	1,63	4,1

\*биомасса кормового зообентоса

В фитопланктоне водоемов комплексного назначения наибольшее развитие получают в видовом и количественном отношении зеленые (*Scenedesmus bijugatus*, *Pediastrum*, *Oocystis* sp.), сине-зеленые (*Oscillatoria* sp., *Pediastrum* sp., *Microcystis* sp.) и диатомовые водоросли (*Cyclotella*, *Asterionella* и др.). Весной в фитопланктоне доминируют диатомовые и, частично, зеленые водоросли. В летний и осенний периоды увеличение биомассы фитопланктона происходит за счет массового развития сине-зеленых водорослей. Средняя остаточная биомасса фитопланктона за вегетационный сезон колеблется по водоемам от 0,19 г/м<sup>3</sup> до 6,6 г/м<sup>3</sup> (см. таблицу 4).

Зоопланктон исследованных водоемов представлен тремя основными группами: коловратками (*Rotifera*), копеподами (*Copepoda*) и клadoцерами (*Cladocera*). У коловраток массовое развитие получают *Keratella cochlearis*, *Keratella quadrata*, *Brachionus calyciflorus*, *Filinia longiseta*, *Asplanchna* sp., *Brachionus angularis*, у клadoцер – *Daphnia cuculata*, *Bosmina longirostris*, *Bosmina* sp., *Moina rectirostris*, у копепод – *Cyclops vicinus*, *Paracyclops affinis*, *Acanthocyclops vernalis*. Наряду с основными группами в зоопланктоне отмечаются планктонные формы зообентосных организмов: молодь олигохет, нематод, личинки хирономид и насекомых. Как правило, в планктоне доминируют представители подотряда *Calanoida*.

Максимального развития зоопланктон достигает в осенний период. По биомассе и по численности преобладают коловратки и веслоногие ракообразные. Средняя остаточная биомасса зоопланктона в водоемах за вегетационный период изменяется от 0,14 г/м<sup>3</sup> до 1,98 г/м<sup>3</sup>.

Зообентос водохранилищ представлен личинками хирономид, олигохетами, ракообразными, моллюсками и личинками насекомых. Наиболее разнообразен видовой состав хирономид, из которых повсеместно отмечаются *Chironomus annularius*, *Ch. bernensis*, *Ch. plumosus*, *Ch. usenicus*, *Tanypus monilis*, *T. varlus*. Интенсивное развитие зообентоса наблюдается в мае, преимущественно за счет развития хирономид и олигохет. Все остальные группы зообентоса не отличаются видовым разнообразием. Брюхоногие моллюски, дрейссена и перловица встречаются редко, за исключением Новотроицкого, Октябрьского, Красного и Егорлыкского водохранилищ, где они составляют значительную часть биомассы бентоса, но кормового значения не имеют. Средняя биомасса кормового зообентоса за вегетационный период подвержена значительным колебаниям от 0,36 г/м<sup>2</sup> до 10,9 г/м<sup>2</sup> (таблица 4).

По отношению к кормовым объектам большинство рыб исследованных водоемов можно отнести к группе эврифагов, питающихся разнообразными кормами. К группе стенофагов, которые в питании используют узкий спектр

кормовых объектов, следует отнести хищных рыб и красноперку. Спектр питания аборигенных видов рыб представлен в таблице 5.

Таким образом, анализ пищевых предпочтений аборигенных рыб позволяет сделать заключение, что ими в основном потребляются зообентос и малоценная рыба (уклея, плотва, густера, карась). Например, в рационе судака уклея составляет около 71,4 % по частоте встречаемости и 38,5 % по массе, плотва – 18,8 % и 52,8 %, молодь карася и густеры – 9,8 % и 8,7 % соответственно.

Таблица 5 – Качественный состав пищи аборигенных видов рыб

Вид	Водоросли	Зоопланктон	Ракообразные	Олигохеты	Хирономиды	Моллюски	Рыба
сазан	+	+	+	+	+	-	-
лещ	-	+	+	+	+	+	-
плотва	-	+	+	+	+	+	-
густера	-	+	+	+	+	-	-
карась	-	-	+	+	+	-	-
красноперка	+	-	+	-	-	-	-
уклея	-	+	+	-	-	-	-
бычок	-	-	+	+	+	-	-
сом	-	-	-	-	-	-	+
щука	-	-	-	-	-	-	+
судак	-	-	-	-	-	-	+
окунь	-	-	-	-	+	-	+

Следует отметить, что аборигенные виды рыб дают продукцию на третьем (мирные) или на четвертом (хищники) звене пищевой цепи. В составе местной ихтиофауны отсутствуют коммерчески привлекательные виды, способные непосредственно использовать продукцию первого звена (фитопланктон).

Увеличение вылова рыбы в водоемах комплексного назначения может быть обеспечено за счет целенаправленных мероприятий по формированию ихтиофауны и рациональному управлению природными экосистемами. Пастбищное выращивание рыбы может способствовать увеличению производства товарной продукции при относительно небольших материальных затратах, поскольку не требует значительных капиталовложений, а именно затрат на корма и удобрения, отсутствует необходимость отчуждения земельных

и водных ресурсов. Проведенные оценки продукционного минимума при организации пастбищного выращивания рыбы для южных регионов России показали, что рыбопродуктивность может составлять не менее 100 кг/га [18].

Концепция пастбищного выращивания рыбы базируется на разработанных ранее теоретических основах использования в водоемах растительноядных рыб для реконструкции водных экосистем, в целях преобразования недоиспользованных кормовых ресурсов водоемов в пищевую продукцию [19].

Исследования, проводимые в течение ряда лет, показали, что эти водоемы по основным показателям гидрологического и гидрохимического режимов (прозрачность, скорость течения, активная реакция среды, содержание растворенного кислорода в воде, температура, минерализация), уровню развития кормовой базы и состоянию аборигенной ихтиофауны могут быть использованы для организации пастбищного выращивания белого толстолобика. Этот вид активно осваивает пелагиаль и употребляет в пищу продукцию фитопланктона, которая не используется аборигенными рыбами.

Пресс хищников в водоемах, как правило, невысокий и направлен, в основном, на популяции малоценных видов рыб. По в ихтиофауне хищные рыбы распределяются в следующем порядке: окунь, судак, щука, сом.

Для нагула белого толстолобика в исследованных водоемах может быть использовано около 45,0 тыс. га акватории. На этой площади, при среднегодовой биомассе фитопланктона 2,78 г/м<sup>3</sup> и суточном Р/В-коэффициенте около 1,0 [20] образуется до 563,0 т продукции фитопланктона в сутки.

Выживаемость белого толстолобика на отдельных этапах 3-х летнего выращивания составляет: для сеголеток – 46,0 %, двухлеток – 90,0 % [21]. Можно рассчитать по численности потенциальное соотношение возрастных групп в водоеме, которое будет обеспечено пищей. Соотношение сеголеток (годовиков), двухлеток и трехлеток в водоеме составит 2,4:1,2:1 соответственно. Таким образом, на долю сеголеток (годовиков) будет приходиться около 293,0 т, двухлеток – 147,0 т и трехлеток – 123,0 т суточной продукции фитопланктона.

Учитывая, что рыбы используют кормовую базу в разной степени, в зависимости от ряда причин, допускается возможность использования рыбами 10 % продукции фитопланктона [22]. Ежедневная доступная продукция фитопланктона для питания белого толстолобика составит 56,3 т. Учитывая 3-х летний период пастбищного выращивания белого толстолобика и значения суточных рационов для сеголеток (годовиков) в среднем – 35 % [23], двухлеток и трехлеток – 9,7 % [24] можно заключить, что остаточная продукция фитопланктона может обеспечить пищей 837,0 т молоди средней массой 25,0 г (33,5 млн экз.), 1516 т двухлеток средней массой 0,9 кг (1,7 млн шт.), 1268 т трехлеток средней массой 2,0 кг (0,7 млн шт.).

Изучение темпа линейного и массового роста у белого толстолобика в водохранилищах Мокрая Буйвола, Волчьи ворота и Отказненское показал, что наиболее высокие показатели отмечаются в первых двух водоемах (рисунок 2). Данные различия можно объяснить более интенсивным развитием кормового фитопланктона.

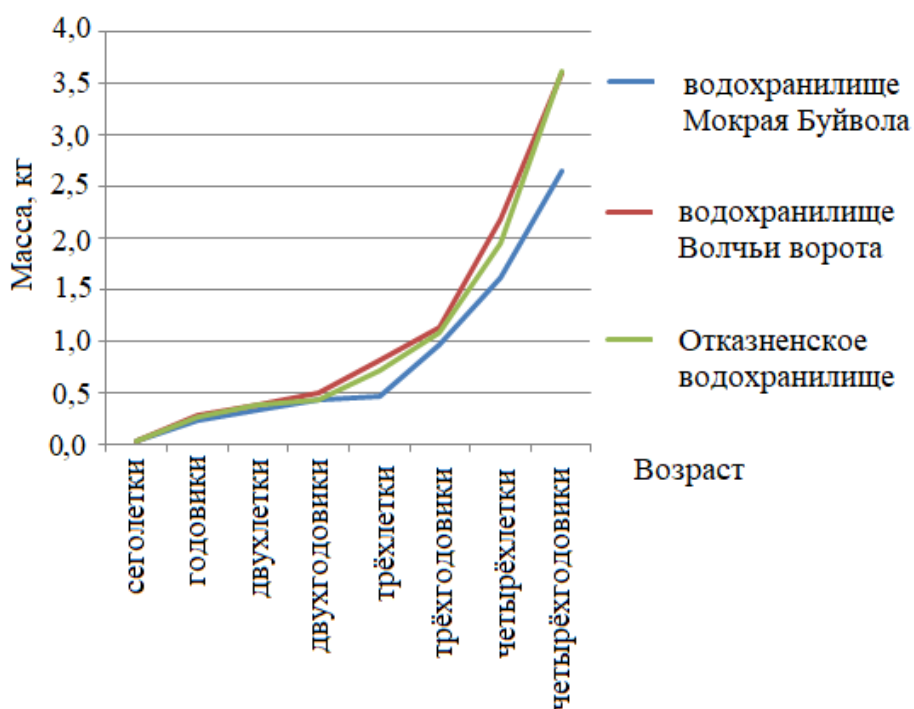


Рисунок 2 – Темп роста белого толстолобика в различных водохранилищах

Современное состояние экосистем водоемов комплексного назначения Краснодарского и Ставропольского краев, республики Адыгея характеризуется удовлетворительным уровнем развития кормовых ресурсов (фитопланктон), которые способны обеспечить прирост, только за счет выращивания белого толстолобика, на уровне 12,0 тыс. тонн и тем самым увеличить рыбопродуктивность на 150 кг/га. В настоящее время, рыбопродуктивность по белому толстолобику в среднем на превышает 1,9 кг/га.

**Выводы.** На основании вышеизложенного можно заключить, что водоемы комплексного назначения Юга России имеют значительные возможности по увеличению рыбопродуктивности. Однако увеличить отдачу рыбы с единицы площади можно только при условии ежегодного зарыбления молодью белого толстолобика в оптимальном количестве.

Кормовые ресурсы по фитопланктону способны обеспечить ежегодное вселение 33,5 млн экз. молоди белого толстолобика навеской 25,0 г, что позволит в дальнейшем создать устойчивые промысловые запасы на уровне не менее 12,0 тыс. тонн и повысить рыбопродуктивность до 150,0 кг/га с дополнительным получением до 8,5 тыс. тонн рыбной продукции.

Список использованной литературы:

1. *Авакян, А.Б., Шаранов В.А.* Водохранилища СССР как рыбохозяйственный фонд // Перспективы рыбохозяйственного использования водохранилищ: тезисы докладов Всесоюзного совещания. Киев-М., 1986. С. 4-5.
2. *Гусева К.А.* Методы эколого-физиологического исследования водорослей. Жизнь пресных вод. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1956. Т. 4, ч. 1. С. 122-159.
3. *Жадин В.И.* Методика изучения донной фауны водоёмов и экологии донных беспозвоночных. Жизнь пресных вод СССР. М.-Л.: изд-во АН СССР, 1956. Т. 4. 238 с.
4. Инструкция по отбору проб зообентоса. Л.: ГосНИОРХ, 1983. 39 с.
5. Инструкция по сбору и обработке планктона. М.: ВНИРО, 1971. 23 с.
6. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 78 с.
7. Методика исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам: приказ Федерального агентства по рыболовству от 25.11.2011 г. № 1166. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902333025> (дата обращения: 20.08.2021).
8. *Абаев Ю.И.* Реконструкция ихтиофауны как метод увеличения промысловой продуктивности водохранилищ // Тезисы докладов к конференции по интенсивному рыбохозяйственному использованию внутренних водоемов Северного Кавказа. Краснодар, 1971. С. 78-79.
9. *Золотова З.К., Виноградов В.К.* Использование белого амура для борьбы с зарастанием



- водоемов водной растительностью. М., 1974. С. 38-46.
10. *Правдин И.Ф.* Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). М.: Пищевая промышленность, 1966. 376 с.
  11. *Чугунова Н.И.* Руководство по изучению возраста и роста рыб. М.: АН СССР, 1959. 112 с.
  12. *Никольский Г.В.* Частная ихтиология. М.: Высшая школа, 1973. 471 с.
  13. *Тюрин П.В.* Фактор естественной смертности рыб и его значения при регулировании рыболовства // Вопросы ихтиологии. 1962. № 2. С. 403-427.
  14. *Лапицкий И.И.* Направленное формирование ихтиофауны и управление численности популяции рыб в Цимлянском водохранилище // Труды Волгоградского отделения ГосНИОРХ. 1970. Т. 4. С. 60-65.
  15. *Сечин Ю.Т.* Методические указания по оценке численности рыб в пресноводных водоемах. М.: ВНИИПРХ, 1990. 50 с.
  16. *Сечин Ю.Т.* Некоторые вопросы прогнозирования уловов рыбы // Вопросы ихтиологии. 1985. Т. 25. Вып. 5. С. 763-769.
  17. *Белянина Т.Н.* Влияние отбирающего действия обяеивающих орудий лова на качественный состав облавливаемой популяции рыб // Труды совещания по динамике численности рыб. М., 1961. С. 254-259.
  18. *Рыжков Л.П., Ананьев В.И.* Проблемы пресноводной аквакультуры. Биологические основы развития озерного товарного рыбоводства. Пресноводная аквакультура. СПб.: ГОСНИОРХ, 1992. Вып. 320. С. 3-10.
  19. *Виноградов В.К.* Концепция развития пресноводной аквакультуры России // Рыбное хозяйство. 1993. № 5. С. 32-34.
  20. *Кончиц В.В.* Растительные рыбы как основа интенсификация рыбоводства Беларуси. Минск, 1999. 272 с.
  21. *Карнаухов Г.И., Каширин А.В.* Оценка промыслового возврата белого толстолобика в водохранилище Волчьих ворот // Рыбное хозяйство. 2019. № 3. С. 77-79.
  22. Методика определения последствий негативного воздействия при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства, внедрении новых технологических процессов и осуществлении иной деятельности на состояние водных биологических ресурсов и среды их обитания и разработки мероприятий по устранению последствий негативного воздействия на состояние водных биологических ресурсов и среды их обитания, направленных на восстановление их нарушенного состояния: приказ Федерального агентства по рыболовству от 06.05.2020 г. № 238. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400311500/> (дата обращения: 20.08.2021).
  23. *Корчевой Ф.* И рыбку съесть, и пруды почистить // Зерно. 2010. № 5(49). С. 134-137.
  24. *Чигринская Ю.Н.* Потребление синезеленых водорослей белым толстолобиком и особенности его пищеварения. Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.18 / Юлия Николаевна Чигринская. Днепропетровск, 1984. 24 с.

#### References:

1. Avakyan, A.B., Sharapov V.A. Vodohranilishcha SSSR kak rybohozyajstvennyj fond [Reservoirs of the USSR as a fisheries fund]. *Perspektivy rybohozyajstvennogo ispol'zovaniya vodohranilishch: tezisy dokladov Vsesoyuznogo soveshchaniya* [Prospects for the fisheries use of reservoirs: abstracts of reports of the All-Union meeting]. Kiev-Moscow, 1986, pp. 4-5. (In Russian).
2. Guseva K.A. Metody ekologo-fiziologicheskogo issledovaniya vodoroslej [Methods of ecological and physiological research of algae]. *Zhizn' presnyh vod* [The life of fresh waters]. Moscow-Leningrad, AS USSR Publ., 1956, vol. 4, part 1, pp. 122-159. (In Russian).
3. Zhadin V.I. Metodika izucheniya donnoj fauny vodoyomov i ekologii donnyh bespozvonochnyh [Methods of studying the bottom fauna of reservoirs and the ecology of bottom invertebrates]. *Zhizn' presnyh vod SSSR* [The life of fresh waters of the USSR]. Moscow-Leningrad, AS USSR

- Publ, 1956, vol. 4, 238 p. (In Russian).
4. *Instrukciya po otboru prob zoobentosa* [Instructions for sampling zoobenthos]. Leningrad, GosNIORH Publ., 1983, 39 p. (In Russian).
  5. *Instrukciya po sboru i obrabotke planktona* [Instructions for collecting and processing plankton]. Moscow, VNIRO Publ., 1971, 23 p. (In Russian).
  6. *Rukovodstvo po metodam gidrobiologicheskogo analiza poverhnostnyh vod i donnyh otlozhenij* [Guide to methods of hydrobiological analysis of surface waters and bottom sediments]. Leningrad, Hidrometeoizdat Publ., 1983, 78 p. (In Russian).
  7. *Order of the Federal Agency for Fisheries No. 1166 of 25.11.2011. Metodika ischisleniya razmera vreda, prichinennogo vodnym biologicheskim resursam* [The methodology for calculating the amount of damage caused to aquatic biological resources]. (In Russian). Available at: <https://docs.cntd.ru/document/902333025> (accessed 20.08.2021).
  8. Abaev Yu.I. Rekonstrukciya ihtiofauny kak metod uvelicheniya promyslovoj produktivnosti vodohranilishch [Reconstruction of the ichthyofauna as a method of increasing the commercial productivity of reservoirs]. *Tezisy dokladov k konferencii po intensivnomu rybohozyajstvennomu ispol'zovaniyu vnutrennih vodoemov Severnogo Kavkaza* [Abstracts of reports for the conference on intensive fisheries use of inland reservoirs of the Northern Caucasus]. Krasnodar, 1971, pp. 78-79. (In Russian).
  9. Zolotova Z.K., Vinogradov V.K. *Ispol'zovanie belogo amura dlya bor'by s zarastaniem vodoemov vodnoj rastitel'nost'yu* [The use of white amur to combat the overgrowth of reservoirs with aquatic vegetation]. Moscow, 1974, pp. 38-46. (In Russian).
  10. Pravdin I.F. *Rukovodstvo po izucheniyu ryb (preimushchestvenno presnovodnyh)* [A guide to the study of fish (mainly freshwater)]. Moscow, Pishchevaya promyshlennost' Publ., 1966, 376 p. (In Russian).
  11. Chugunova N.I. *Rukovodstvo po izucheniyu vozrasta i rosta ryb* [Guide to the study of the age and growth of fish]. Moscow, AS USSR Publ., 1959, 112 p. (In Russian).
  12. Nikol'skij G.V. *Chastnaya ihtiologiya* [Private ichthyology]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1973, 471 p. (In Russian).
  13. Tyurin P.V. Faktor estestvennoj smertnosti ryb i ego znacheniya pri regulirovanii rybolovstva [The factor of natural mortality of fish and its significance in the regulation of fishing]. *Voprosy ihtiologii* [Problems of Ichthyology], 1962, no. 2, pp. 403-427. (In Russian).
  14. Lapickij I.I. Napravlennoe formirovanie ihtiofauny i upravlenie chislennosti populyacii ryb v Cimlyanskom vodohranilishche [Directed formation of the ichthyofauna and management of the fish population in the Tsimlyansk reservoir]. *Trudy Volgogradskogo otdeleniya GosNIORH* [Proceedings of the Volgograd branch of GosNIORH], 1970, vol. 4, pp. 60-65. (In Russian).
  15. Sechin Yu.T. *Metodicheskie ukazaniya po ocenke chislennosti ryb v presnovodnyh vodoemah* [Methodological guidelines for assessing the number of fish in freshwater reservoirs]. Moscow, VNIIPRH Publ., 1990, 50 p. (In Russian).
  16. Sechin Yu.T. Nekotorye voprosy prognozirovaniya ulovov ryby [Some questions of forecasting fish catches]. *Voprosy ihtiologii* [Problems of Ichthyology], 1985, vol. 25, issue 5, pp. 763-769. (In Russian).
  17. Belyanina T.N. Vliyanie otbirayushchego dejstviya ob'yacheivayushchih orudij lova na kachestvennyj sostav oblavlivaemoj populyacii ryb [The influence of the selection action of the fishing gear on the qualitative composition of the fished fish population]. *Trudy soveshchaniya po dinamike chislennosti ryb* [Proceedings of the meeting on the dynamics of the number of fish]. Moscow, 1961, pp. 254-259. (In Russian).
  18. Ryzhkov L.P., Anan'ev V.I. Problemy presnovodnoj avakul'tury. Biologicheskie osnovy razvitiya ozernogo tovarnogo rybovodstva. Presnovodnaya akvakul'tura [Problems of freshwater aviculture. Biological bases of the development of lake commercial fish farming. Freshwater aquaculture. St. Petersburg, GOSNIORH Publ., 1992, vol. 320, pp. 3-10. (In Russian).
  19. Vinogradov V.K. *Koncepciya razvitiya presnovodnoj akvakul'tury Rossii* [The concept of the

- development of freshwater aquaculture in Russia]. *Rybnoe hozyajstvo* [Fisheries], 1993, no. 5, pp. 32-34. (In Russian).
20. Konchic V.V. *Rastitel'noyadnye ryby kak osnova intensivizatsiya rybovodstva Belarusi* [Herbivorous fish as a basis for the intensification of fish farming in Belarus]. Minsk, 1999, 272 p. (In Russian).
21. Karnauhov G.I., Kashirin A.V. Ocenka promyslovogo vozvrata belogo tolstolobika v vodohranilishche Volch'i vorota [Assessment of the commercial return of the white carp in the Volchye Vorota reservoir]. *Rybnoe hozyajstvo* [Fisheries], 2019, no. 3, pp. 77-79. (In Russian).
22. Order of the Federal Agency for Fisheries No. 238 of 06.05.2020. *Metodika opredeleniya posledstvij negativnogo vozdeystviya pri stroitel'stve, rekonstrukcii, kapital'nom remonte ob'ektov kapital'nogo stroitel'stva, vnedrenii novyh tekhnologicheskikh processov i osushchestvlenii inoj deyatel'nosti na sostoyanie vodnykh biologicheskikh resursov i srede ih obitaniya i razrabotki meropriyatij po ustraneniyu posledstvij negativnogo vozdeystviya na sostoyanie vodnykh biologicheskikh resursov i srede ih obitaniya, napravlennykh na vosstanovlenie ih narushennogo sostoyaniya*. [Methodology for determining the consequences of negative impact during construction, reconstruction, major repairs of capital construction facilities, the introduction of new technological processes and the implementation of other activities on the state of aquatic biological resources and their habitat and the development of measures to eliminate the consequences of negative impact on the state of aquatic biological resources and their habitat, aimed at restoring their disturbed state]. (In Russian). Available at: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400311500/> (дата обращения: 20.08.2021).
23. Korchevoj F. I rybku s'est', i prudy pochistit' [And eat the fish, and clean the ponds]. *Zerno* [Grain], 2010, no. 5(49), pp. 134-137. (In Russian).
24. Chigrinskaya Yu.N. *Potreblenie sinezelenykh vodoroslej belym tolstolobikom i osobennosti ego pishchevareniya Avtoref. ... kand. biol. nauk* [Consumption of blue-green algae by the white carp and the peculiarities of its digestion. Cand. biol. sci. diss. abstr.]. Dnepropetrovsk, 1984, 24 p. (In Russian).

#### Сведения об авторах / Information about authors

<b>Карнаухов Геннадий Иванович</b>	канд. биол. наук, доцент ВАК по ихтиологии, заведующий сектором пресноводных рыб отдела «Краснодарский» Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («АзНИИРХ») 350000, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Гоголя, 46 gik23@mail.ru
Karnaukhov Gennady Ivanovich	Ph.D. (Biol.), Associate Professor of ichthyology, Head of the freshwater fish sector of the Krasnodar Department Azov-Black sea branch of "All-Russian research Institute of fisheries and Oceanography" ("AzNIIRKH") 350000, Russian Federation, Krasnodar, Gogol str., 46 gik23@mail.ru
<b>Каширин Александр Викторович</b>	главный специалист сектора пресноводных рыб отдела «Краснодарский» Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («АзНИИРХ») 350000, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Гоголя, 46 Kav230675@mail.ru

- Kashirin  
Alexandr Viktorovich Chief specialist of the freshwater fish sector of the Krasnodar Department  
Azov-Black sea branch of “All-Russian research Institute of fisheries and  
Oceanography” (“AzNIIRKH”)  
350000, Russian Federation, Krasnodar, Gogol str., 46  
Kav230675@mail.ru
- Сирота**  
**Юлия Викторовна** ведущий специалист сектора пресноводных рыб отдела  
«Краснодарский»  
Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-  
исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»  
350000, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Гоголя, 46  
sirota\_y\_v@azniirkh.ru
- Sirota  
Yulia Viktorovna Leading specialist of the freshwater fish sector of the Krasnodar  
Department  
Azov-Black sea branch of “All-Russian research Institute of fisheries and  
Oceanography” (“AzNIIRKH”)  
350000, Russian Federation, Krasnodar, Gogol str., 46  
sirota\_y\_v@azniirkh.ru
- Гиталов**  
**Эмиль Игоревич** младший специалист сектора пресноводных рыб отдела  
«Краснодарский»  
Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-  
исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»  
(«АзНИИРХ»)  
350000, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Гоголя, 46  
emil.gitalov@mail.ru
- Gitalov  
Emil Igorevich Junior specialist of the freshwater fish sector of the Krasnodar Department  
Azov-Black sea branch of “All-Russian research Institute of fisheries and  
Oceanography” (“AzNIIRKH”)  
350000, Russian Federation, Krasnodar, Gogol str., 46  
emil.gitalov@mail.ru

УДК 582.272+624.131.1

DOI: 10.47404/2619-0605\_2021\_3\_29

Кашутин А.Н.

**ХАРАКТЕРИСТИКА ГРУНТОВ ПОБЕРЕЖИЙ ПОЛУОСТРОВА  
КАМЧАТКА И ПЕРСПЕКТИВЫ БИОТЕХНОЛОГИИ  
ВОСПРОИЗВОДСТВА БУРОЙ ВОДОРОСЛИ *FUCUS DISTICHUS* SUBSP.  
*EVANESCENS* В ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЯХ**

**Аннотация.** В связи с высокой хозяйственной ценностью бурая водоросль *Fucus distichus* subsp. *evanescens* активно изучается в нашей стране и за рубежом, но нигде в мире фукус не культивируется. Этому препятствуют сложившиеся представления о низкой скорости его роста и отсутствие биотехнике выращивания в холодных водах. Также немаловажным являются взаимоотношения фукуса с природными факторами – течением, грунтами, поверхностной температурой воды и продолжительности ледового периода. Знание объема осадконакопления, концентрации, переносе и осаждении в зоне литорали продуктов разрушения береговых пород, полученных при исследовании восточного и западного побережий полуострова Камчатка возможно составление полной картины меняющейся литорали. Как показали наши исследования – лишь всесторонние знания распространения грунтов береговой зоны помогут решить вопрос о разработке проблем рационального природопользования побережий.

**Ключевые слова:** *Fucus distichus*, литораль, субстраты, культивирование, побережья Камчатки, гидрометеорологические условия.

Kashutin A.N.

**CHARACTERISTICS OF GROUNDS ON THE KAMCHATKA PENINSULA  
PENINSULA AND PROSPECTS OF BIOTECHNOLOGY REPRODUCTION  
OF THE BROWN ALGAE *FUCUS DISTICHUS* SUBSP. *EVANESCENS* IN  
NATURAL CONDITIONS**

**Abstract.** Due to its high economic value, the brown alga *Fucus distichus* subsp. *evanescens* is actively studied in our country and abroad, but fucus is not cultivated anywhere in the world. This is hindered by the prevailing ideas about the low rate of its growth and the lack of biotechnology for growing in cold waters. Also important is the relationship of fucus with natural factors - current, soil, surface water temperature and the duration of the ice period. Knowledge of the volume of sedimentation, concentration, transfer and deposition in the littoral zone of the products of destruction of coastal rocks obtained in the study of the eastern and western coasts of the Kamchatka Peninsula, it is possible to compile a complete picture of the changing littoral. As our research has shown, only comprehensive knowledge of the distribution of soils of the coastal zone will help to solve the problem of developing the problems of rational nature management of the coasts.

**Keywords:** *Fucus distichus*, littoral, substrates, cultivation, Kamchatka coasts, hydrometeorological conditions.

**Введение.** Морское побережье является одной из самых выраженных естественных географических границ, которая одновременно разделяет и связывает географические структуры суши и моря или океана. Пространственные сочетания наземных и морских природных, природно-

ресурсных, инфраструктурных и хозяйственных компонентов в зоне контакта, стыка суши и моря, океана выделяются и рассматриваются нами как контактные географические структуры [1, с. 6-7].

Пограничная зона суша – вода – представляет собой особую природную структуру, которая за последние десятилетия существенно поменяла свою архитектуру. На этой сравнительно небольшой полосе гидродинамической зоны – контакта суши с водами морей и океанов природа предоставила наиболее благоприятные на планете Земля жизненные условия, для наивысшей биологической продуктивности, симбиоза растений и организмов, и регулирования газового состава атмосферы. На протяжении геологического времени здесь концентрировались в больших количествах твердые выносы – песок, галька, гравий валуны, меняя очертания береговой зоны. Несомненно, что особенно велика ее роль в будущем человечества.

Анализ научной литературы показывает, что процессы рельефообразования и осадконакопления на литорали во многих морях изучены и представлены с разной степенью точности и достоверности. Географическое положение побережий в густо населенных районах таково, что они подвержены не только изменению береговой линии, гидродинамическому воздействию, но и необратимой экологической деградации.

В Охотском и Беринговом морях экологическая обстановка остается благополучнее, но это вовсе не означает, что проблемы экологии в крае отсутствуют. В настоящее время в Тихий океан, например, сбрасывается около 10 млн. т отходов.

В прибрежных водах Камчатки идет активная добыча морских млекопитающих, но главным объектом промысла являются, конечно же, рыба и крабы. Более тревожная ситуация складывается вокруг водорослей-макрофитов. Например, до последнего времени по отношению к грунтам побережий п-ова Камчатка, где произрастает бурая водоросль *Fucus distichus* subsp. *evanescens* не было проведено никаких исследований.

Начало изучению флоры Камчатки положили сборы водорослей, выполненные натуралистами военных экспедиций, проводившихся в XIX в., но более пристальное внимание на водоросли обратили альгологи лишь во второй половине прошлого столетия. Проведенные исследования российскими учеными во второй половине XX столетия дальневосточных морей позволил открыть не только новые виды водорослей и морских трав, но и дать краткую характеристику субстратов, на которых они произрастают [2-4]. Однако результаты многолетних экспедиционных наблюдений авторов и других исследователей не дают исчерпывающей информации осадочного материала зон литорали побережий Камчатки.

Несмотря на многочисленные исследования бурая водоросль *F. distichus*, со стороны альгологов была незаслуженно обделена вниманием и лишь с середины семидесятых годов XX-го столетия, в связи с высокой хозяйственной ценностью, начала активно изучаться в нашей стране.

Среди многочисленных бурых водорослей, имеющих практическое использование, *F. distichus* ценится не только за свой уникальный химический состав, но за противовирусные, антиоксидантные, противовоспалительные и противоопухолевые действия. Поток фармакологических и медицинских исследований, направленных на изучение влияния биологически активных веществ, содержащихся у фукусов, на живые организмы, в том числе и на человека, активно возрастает [5-10].

Отметим также, что фукус является ценным пищевым сырьем. Традиции использования его в пищу у северных народов восходят еще к прошлым векам. Они ценили его не только за хороший вкус, но и целебные свойства. В прошлом веке, особенно после Второй мировой войны пищевое использование фукусов и других видов водорослей резко сократилось. Однако в настоящее время спрос на фукусовое сырье снова растет.

Среди известных представителей рода *Fucus*, только *F. distichus* широко распространен в литоральных альгоценозах холодных и холодоумеренных вод

Северного полушария: Арктики, северной Атлантики и северных районов Тихого океана. У Азиатского побережья от Беренгова пролива до п-ова Корея и о. Хоккайдо. Даже у берегов Китая, на жестких неподвижных грунтах он формирует обширные по площади заросли (рис. 1).

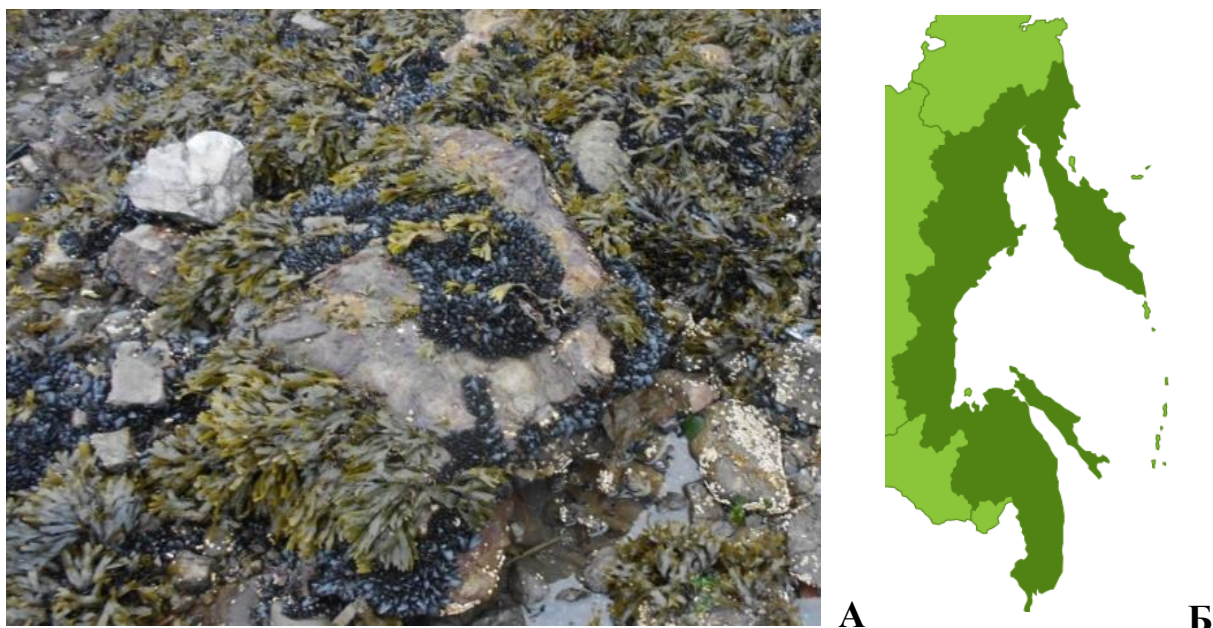


Рисунок 1 – Поселение *Fucus distichus* subs. *evanescens* на природных неподвижных грунтах – А; распространение фукуса в дальневосточных морях – Б

В зависимости от биономического типа побережья *F. distichus* может заселять разные горизонты литорали и даже супралитораль, но более всего он предпочитает средний горизонт, который в районах с высокими полусуточными приливами наиболее регулярно подвергается осушению.

Исключительная устойчивость вида к опреснению, солнечной инсоляции, гидродинамическим факторам позволяет ему подниматься в верхний горизонт или даже в супралиторальную зону. Но там, где он может довольствоваться лишь заплесками волн, он испытывает сильную ингибицию и живет не столь долго, как в зоне экологического оптимума.

Как известно, на естественном субстрате литорали, который сложен из



валунов, подстилающих скалистых пористых платформ и крупной гальке наблюдаются наибольшие поселения фукуса. Этому способствуют активный водообмен и абиотические факторы.

К сожалению, мы не всегда располагаем объективной количественной мерой оценивания изменений окружающей природной среды, а потому попытка реализовать конкретные проекты по культивированию *F. distichus* не только тормозят их разработку, а, как правило, приводят к их полному провалу. Особую остроту эта проблема приобретает в экстремальных природно-климатических условиях Камчатки, и прежде всего в местах произрастания бурой водоросли *F. distichus*, где процессы самопроизводства и регулирования подавляются природными факторами (рис. 2).



Рисунок 2 – *Fucus distichus* subsp. *evanescens*: замытый после шторма – А;  
выбросы фукуса после штормов – Б и В

Прибрежная полоса мелководья – литораль находясь под воздействием гидродинамических явлений приливов, течений, изменения границ береговой черты, ледовых раносов и трансформации осадконакоплений не остается статически неподвижной. Границы распространения поселений *F. distichus* в течение года постоянно изменяются.

В настоящее время имеется большой объем научной литературы, инструкций по биотехнологии искусственного выращивания водорослей-макрофитов российскими и зарубежными исследователями [11-15]. Бурая водоросль *F. distichus*, как объект искусственного разведения в природной среде

ником не решался, поэтому нами никаких научных источников по его выращиванию не найдено.

Таким образом, все более очевидным становится необходимость получения более точных абиотических процессов, происходящих в прибрежной полосе побережий п-ова Камчатка, для создания методики его культивирования с последующим внедрением в естественную среду.

**Целью исследования** являлось изучение рельефообразования, распределения грунтов литорали береговой зоны полуострова Камчатка и определение влияния льда, гидродинамических процессов, на поселение *F. distichus*, и организации ее культивирования в местах его традиционного произрастания.

**Материалы и методы исследования.** Изучение возможности культивирования бурой водоросли *F. distichus* в зонах литорали западного и восточного побережий полуострова Камчатка ранее никем не проводились. Литературные данные не дают полной картины гранулометрического состава прибрежной полосы. Также необходимо отметить, что состав грунтов не постоянен и подвержен изменению.

Исследования побережий Камчатки проводились в 2017-2021 годах с начала апреля по ноябрь месяцы. Особое внимание уделялось поиску не только подходящих субстратов для культивирования фукуса, но и гидрологические условия для его развития от стадии зигот до фертильных растений.

При исследовании грунтов проводились наблюдения за популяциями *F. distichus* в местах круглогодичного доступа. При описании берегового уклона литорали и определения глубин использовали карты побережий (масштаб 1:50000). Большую часть наблюдений проводили с борта судна применяя фотоаппаратуру. Полученные результаты заносили в таблицы, для последующей обработки. Дальнейшая обработка фотографий позволила составить полную картину распространения субстратов не только по районам, но в целом по побережьям. Все это в дальнейшем позволило сделать выводы по возможности

культивирования *F. distichus*. При описании грунтов применялась таблица классификации морских осадков по гранулометрическому составу (табл. 1).

Таблица 1 – Классификации морских осадков по гранулометрическому составу [16]

Грунт (морские осадки)	Модуль крупности фракций, мм	Размер частиц, мм
Глыбы	1000	> 1000
Валуны: крупный, средний, мелкий	1000-500; 500-250; 250-100	100-1000
Галька: крупная, средняя, мелкая	100-50; 50-25; 25-10	10-1000
Гравий: крупный, средний, мелкий	10-5; 5-2,5; 2,5-1,0	1.0-10
Песок: крупный, средний, мелкий	1,0-0,05; 0,1-0,01	1,0-0,05; 0,1-0,01
Алевриты: крупные, мелкие	0,1-0,05; 0,1-0,01	0,1-0,05; 0,1-0,01
Алевриты-глинистые илы	0,01 (50-70 %)	0,01-0,007
Глинистые илы	0,01 (>70 %)	0,01-0,007

**Результаты исследования и их обсуждение.** Поворотным пунктом и началом описания камчатских побережий русскими мореходами стал 1716 год. Лишь по проложенному первопроходцами пути начало совершаться изучение земель п-ова Камчатка геодезистами И. Б. Евреиновым и Ф. Ф. Лужиным (1718-1722 гг.), М. С. Гвоздевым (1732 г.). Необходимо уточнить, что подробного описания рельефа береговой черты выполнено не было. Лишь участник Второй Камчатской экспедиции, штурман И.Ф. Елагин, под руководством В.И. Беринга составил подробную карту побережий.

Однако детальных исследований грунтов побережий Камчатки проведено не было. В основном в своих описаниях и составлении подробных карт мореходы уделяли внимание безопасному мореплаванию.

Только с конца XIX – начала XX столетий, с освоением побережий, началось более подробное описание гранулометрического состава Охотского и Берингова морей, включая Тихий океан. Большой вклад в эти исследования внесли П.Л. Безруков (1960), А.П. Лисицын (1961, 9.1994), А.С. Астахов (2008). Говоря о морфологии прибрежных структурах Западной и Восточной Камчатки,

необходимо отметить, что окончательно современная береговая линия сложилась около 5000 лет тому назад [17-20]. К этому периоду полностью сформировалась ныне существующее побережье полуострова Камчатка (рис. 3).

По характеру рельефообразования и седиментации морфолитогенез в зоне литорали побережий имеет значительное отличие от морфолитогенеза на прибрежной зоне, так как на рубеже суши и моря, наиболее активно взаимодействуют основные оболочки Земли: литосфера, гидросфера и атмосфера. Обломочный материал сносится в зону приливов и отливов и распределяется энергетически мощными волновыми процессами в соответствии с гидравлической крупностью.

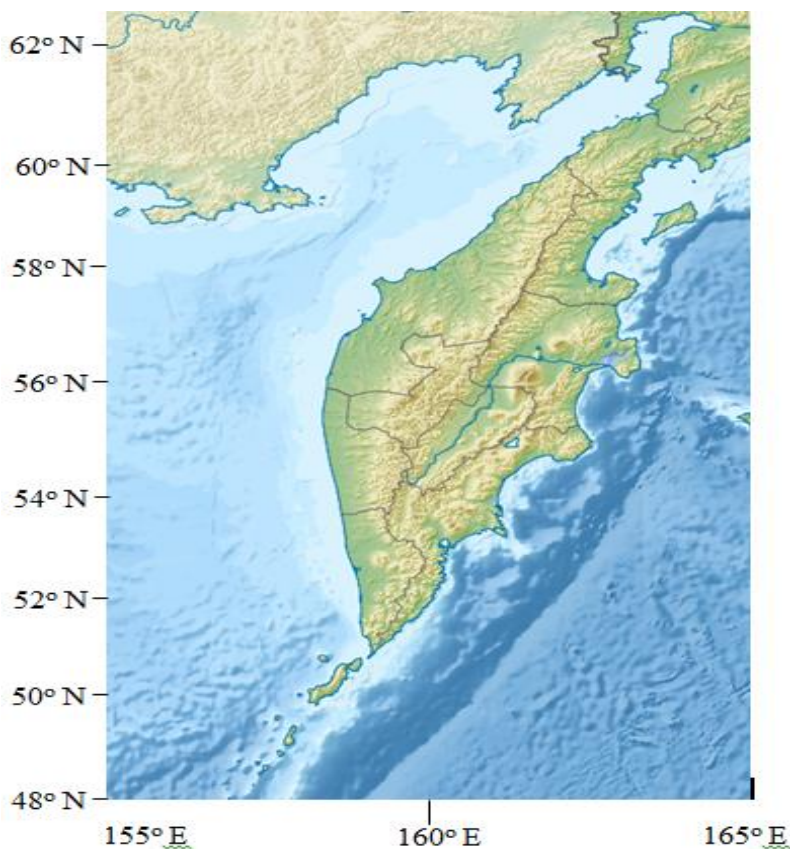


Рисунок 3 – Современная географическая карта  
побережья полуострова Камчатка

В результате приливо-отливных колебаний вод Тихого океана от мыса Лопатка до мыса Усть-Камчатский и от мыса Кригуйгун до мыса Олюторский

водами Берингова моря, а также сейсмических колебаний восточный берег Камчатки имеет сложный рельеф, переходящий от плавной береговой полосы в крупные заливы: Олюторский, Корфа, Озерной, Усть-Камчатский, Кроноцкий и Авачинский, и наличием полуостровов: Кроноцкий, Усть-Камчатский и Озерной. Многочисленные малые и большие реки прорезая прибрежную полосу, впадают в воды Берингова моря и Тихого океана.

Неразрывная геологическая связь литорали с прилегающими областями побережья в большинстве случаев совершенно очевидна. Не вызывает сомнения и осадконакопления в зоне литорали. Структурно-тектоническое положение береговой зоны отражается на характеристике грунтов, сложившихся как в геологическом строении полуострова Камчатка, так и периодическом их замещении и переносе при современном активном вулканизме.

По сравнению с геолого-тектоническим положением прибрежной зоны в формировании различных типов грунтов гораздо большую роль играет климат. Именно метеорологические условия Камчатки – температура, давление, скорость и направление ветра, влажность и количество осадков во многом определяют энергию гидродинамических факторов. В не меньшей степени зональность типов грунтов в литоральной зоне обусловлена и терригенными процессами, а именно характером мобилизации и сноса осадочного материала с береговой черты.

Основная часть берегов имеет абразионное происхождение и представлена сочетанием берегов, сложенных кристаллическими породами, и берегов, которые формируются на четвертичных отложениях. Средняя высота последних составляет около 40 м, а скорость размыва достигает 1–2 м в год. Береговая линия в основном изрезана слабо. Берега скалистые, большей частью обрывистые и крутые. Среди абразионных берегов представлены следующие типы: собственно, абразионно-солифлюкционные (зал. Корфа), абразионно-лагунные (Олюторский залив) и абразионно-бухтовые (северная часть Карагинского залива).

Кроме абразионных, выделяется лагунный тип берегов с большим количеством крупных лагун, частично отшнурованных от морской акватории косами. Этот тип широко представлен в северо-западной части акватории и на юге Карагинского залива. Для южной части Олюторского залива типичны фиордовые берега.

По режиму неотектонических движений отмечается чередование участков незначительного поднятия (в южной части акватории) с участками незначительного опускания (северная часть акватории) и относительно стабильными участками (центральная часть).

Таким примером могут служить от мыса Лопатка в северном направлении высокие горные хребты, склоны которых отвесно спадают к воде скалистыми обрывами значительной высоты. Обвалы сформировали в береговой зоне хаотичное нагромождение валунов, на которых практически нет никаких водорослей-макрофитов (рис. 4).

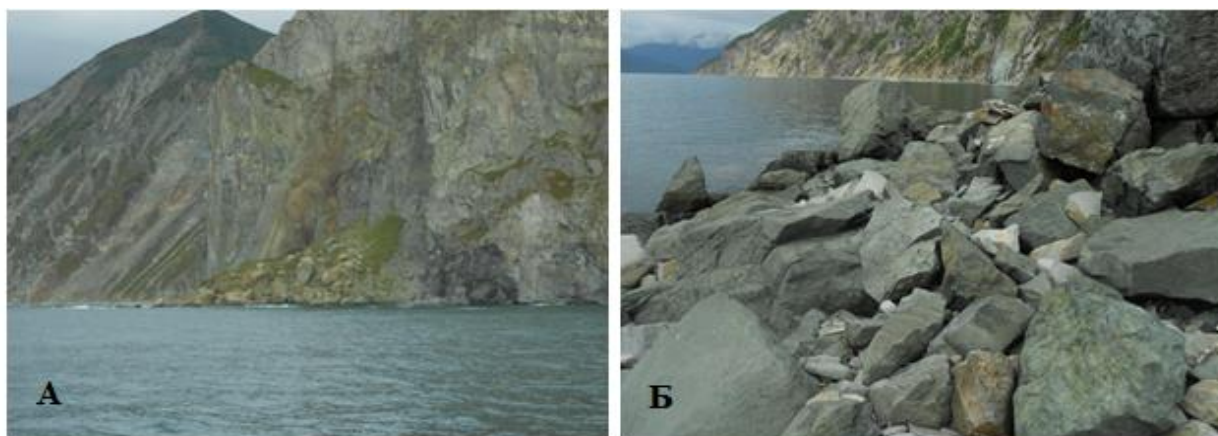


Рисунок 4 – Скалистые обрывы восточного побережья – А; обвалы из крупных валунов без водорослей-макрофитов – Б

Берега Карагинского залива имеют другой вид. Горы здесь расположены дальше от залива. Берега низкие, окаймлены широкими песчано-галечными пляжами. К северо-востоку от Карагинского залива горы вновь подступают к морю. Там, где горные хребты простираются параллельно берегу, он, как правило, высок, обрывист и мало изрезан. Рельеф дна на всем протяжении

восточного берега сравнительно ровный. Он характеризуется наличием узкой материковой отмели и крутого материкового склона.

На участке между Кроноцким и Карагинским заливами прибрежные горы располагаются группами, которые спускаются к воде, переходящие пологий низкий берег, с песчано-галечным пляжем (рис. 5, А).

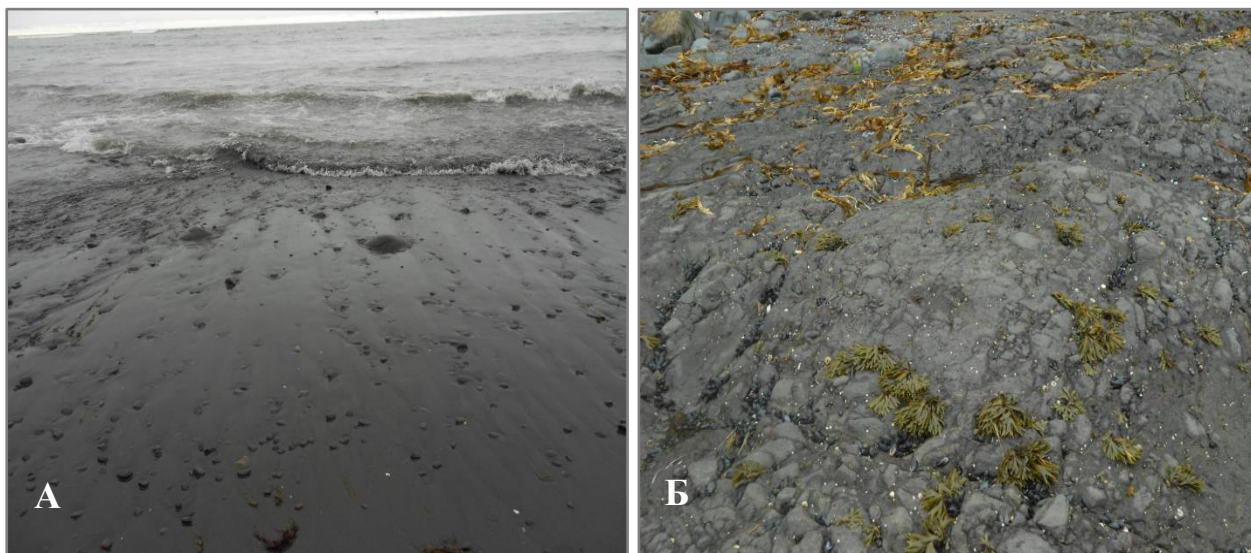


Рисунок 5 – Песчано-галечный пляж – А; *F. distichus* небольшими куртинами на скалистом берегу с большим выходом твердых пород – Б

Олюторский залив расположен между полуостровами Говена на западе и Олюторский на востоке, Длина 83 км, ширина на входе 228 км. Образует бухты Лаврова и Сомнения. Берега мыс. Говен скалистые с большим выходом твердых пород. Из-за длительного воздействия льда, гидродинамических приливо-отливных нагрузок, фукус имеет покрытие небольшими куртинами (рис. 5, Б). На большей части Олюторского залива распространены песчаные пляжи, лишенные *F. distichus*. На защищенной от прибоя опресняемой песчаной литорали бухт Остовой и Вестовой фукус не развивается. На литорали представленным более жестким грунтом – щебнем, *F. distichus* также не присутствует.

Литораль Карагинского залива в нижнем горизонте илистая, средний горизонт – крупный песок с подстилающим черным илом. В северный берег

бухты Карага прижатая сопками углубляется в берег бухта Оссора, где большей частью наблюдается широкая песчано-илистая осушка, но благодаря присутствию крупных камней, являющихся благоприятным субстратом, *F. distichus*, обнаруживается в большом количестве. При входе в бухту с южной стороны за мыс. Ложно-Кузмищева берет свое начало каменисто-песчаная литораль. Из-за впадающих бухту речек литораль местами замывается илом, что не мешает на хаотично разбросанных камнях нижнего горизонта литорали, находиться неширокому поясу фукуса. В верхнем горизонте, где хаотично разбросаны валуны, напротив, *F. distichus* не произрастает. В нижнем горизонте литорали пос. Оссора просматривается песчаный грунт. В заливе Корфа литораль открытого прибоя скала. В вершине бухты Гека галечная литораль, переходящая в песок в районе пос. Корф. Фукус заселяется только на твердых грунтах – скала, хаотично разбросанные камни и обломки скал.

Западная акватория Берингова моря относится к субарктической тихоокеанской области и находится под влиянием Сибирского максимума – области высокого давления, занимающей восточную часть Евразии. Это обуславливает холодный и сухой климат континентального типа. В зимний период около 50-70 % наблюдаются северо-западные и северо-восточные ветры. В рассматриваемой акватории скорость ветра в прибрежной зоне стабильна и определяется 6-8 м/с. В осенне-зимнее время скорость ветра достигает 35-40 м/с, продолжительность штормов увеличивается до 17-22 дней в месяц. В южной части рассматриваемого района в летнее время определенное значение для режима осадконакопления имеют волны, порождаемые тайфунами. В теплое время в прибрежных районах преобладают юго-западные, южные и юго-восточные ветры со скоростью в 4-5 м/с.

Температура поверхностных вод, соленость, высота волн и ледовый режим восточного побережья представлены в таблице 2.

Из таблицы 2 видно, зимой вся северная часть замерзает, а южная у берегов Камчатки, в конце зимы покрывается льдом. В тихую погоду при низкой



температуре воздуха образование обширных площадей льда может происходить в несколько часов. Длительность ледового покрова составляет в прибрежном районе до 182 суток. По ледовым условиям волнение на мелководье определяет процессы осадконакопления в течение 5-7 месяцев в году.

Таблица 2 – Гидрологические характеристики восточного побережья Камчатки [27]

Район наблюдений	Температура воды, °С			Соленость воды, ‰			Высота волн, м			Ледовый режим
	Среднегодовая	Максимальная	Минимальная	Среднегодовая	Максимальная	минимальная	Максимальная	Тип волнения	Период волн, с	Число дней со льдом
Олюторский залив	3,2	16,4	-1,8	30,8	34,8	16,2	3,0	ЗВ	8,86	182
Карагинский залив	3,4	19,3	-1,8	30,6	35,7	18,1	2,0	ВВ	4,7	143
Залив Озерной	3,6	17,3	-1,8	29,1	32,7	6,5	3,0	ЗВ	8,4	191
Камчатский залив	4,4	18,7	-1,7	29,1	34,3	7,2	1,5	ЗВ	7,1	105
Кроноцкий залив	5,8	17,9	-1,7	28,3	33,6	11,9	2,5	ВВ	12,1	92
Авачинский залив	3,5	15,6	-1,7	32,2	34,2	28,1	2,5	ЗВ	10,8	26

Примечание: ЗВ – зыбь и ветровое волнение, ВВ – ветровое волнение.

Восточное побережье характеризуется сложной системой приливов: в северной части отмечаются неправильные полусуточные, в южной – неправильные суточные. В целом их величина составляет около 2,5 м. Скорости приливо-отливных течений достигают на мелководье 1,0 м/с. В целом приливо-отливные течения оказывают большое влияние на характер литодинамических процессов и распределение осадков, вынося тонкодисперсный, а иногда и песчаный материал с мелководья на более глубоководные участки дна. Вдоль восточного побережья проходит постоянное

течение, берущее начало в Анадырском заливе и направленное первоначально на юго-запад, а затем на юг. Оно дает начало холодному Камчатскому течению.

Суточные амплитуды температуры воды очень малы и составляют в среднем около 1-2 °С. В течение года наибольшие и наименьшие температуры воды на поверхности прибрежных вод наступают в августе до 19,3 °С а в январе опускается до минус 1,8 °С.

Соленость в прибрежных водах восточного побережья всегда ближе к солености Тихого океана и в течение года в среднем составляет 30,0 ‰, в зимнее время в Карагинском заливе – 35,7 ‰. Исключением является Камчатский залив, где соленость в прибрежной полосе может в летний период, во время максимального стока пресных вод, уменьшаться до 7,2 ‰. Такое понижение солености обуславливается большим притоком пресных вод р. Камчатка. В физико-географическом отношении соленость вод Тихого океана и Берингова моря содействует некоторому смягчению климата как в океане, так и в прибрежной полосе, что препятствует замерзанию морских вод, тем самым обуславливает в зоне литорали продолжительное соприкосновение *F. distichus* с атмосферой, а это в свою очередь способствует фертилизации рецептакулов фукуса.

Западное побережье п-ова Камчатка пролегает между широтами 50°50' N и 60°20' N на расстоянии около 650 миль и на всем протяжении омывается только Охотским морем. От мыса Лопатка западное побережье к северу до параллели 55°30' N идет почти по меридиану с очень легким уклоном к западу, однако в широте, между реками Колпакова и Ича, отклонение в этом направлении становится более заметным.

В течение 17 тыс. лет формированию современной береговой линии способствовали: тектонические процессы, приливо-отливные течения и воздействие льда.

Западное побережье п-ова Камчатка начинается от мыса Лопатка с небольшого участка скалистого берега, где можно встретить небольшие

поселения *F. distichus*. От упомянутого мыса к северу, всего на расстоянии 50 миль, крайняя южная часть побережья возвышена, наиболее высокий и скалистый берег в районе мыс Сивучий (рис. 6, А). С дальнейшим продвижением к северу к реке Озерной, переходят в невысокие песчаные, переходящие близ реки Явиной, в 10 милях севернее, в совершенно низменное песчано-гравийное побережье. Такая не изрезанная однообразная береговая линия наблюдается до м. Хайрюзова (рис. 6, Б).

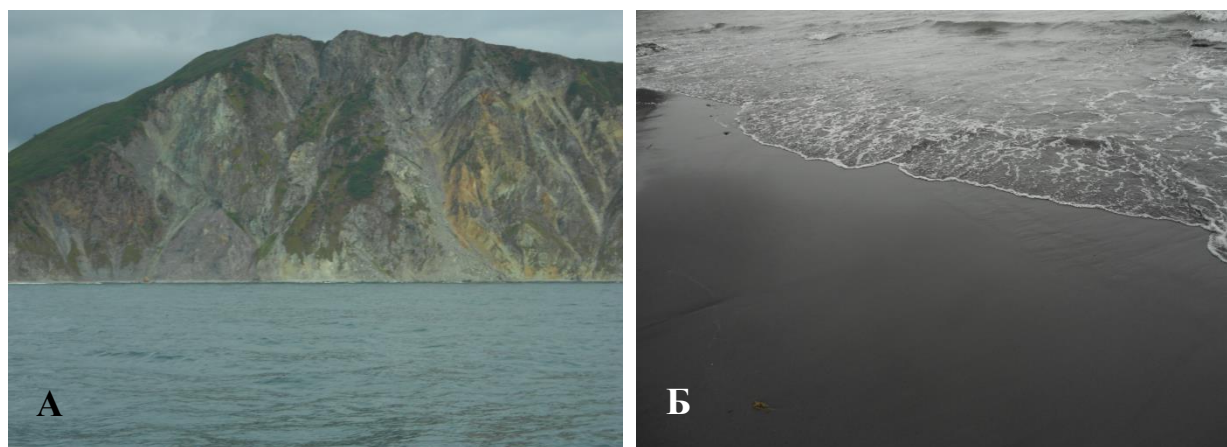


Рисунок 6 – мыс Сивучий – А; песчано-гравийное побережье от реки Озерной до м. Хайрюзова

Далее к северу до мыса Хайрюзова преобладает низменное побережье. Оно не изрезано, только иногда со стороны материка подходят к морю небольшие по площади песчаные породы и обрывы, которые размываются, во время осенне-зимних штормов. Приблизительно у параллели  $57^{\circ}$  N, в районе мыс Хайрюзова, начинается наиболее заметное уклонение побережья к востоку. По мере продвижения на север, до устья реки Тигиль, можно наблюдать подход внутриматериковой возвышенности к морю. В архитектуру береговой черты на протяжении всего побережья добавляются каменные россыпи и валуны.

Наиболее изрезанным на всем западном берегу районом является участок побережья между параллелями  $57^{\circ}$  N и  $58^{\circ}$  N. Здесь, кроме выступающего в море мыс Хайрюзова, отходят массивы Уткольский и Омгонский, образованный каждый совершенно самостоятельными, не имеющими связи с главным хребтом

и группами значительных возвышенностей. Севернее реки Тигиль берег вновь тянется почти совершенно прямолинейно. Если здесь и выдаются в море отдельные выступы берега, – они не в состоянии нарушить общей слабо развитой береговой линии. И только от мыса Утхолок начинается гряда высоких обрывов, сложенных из скал и камней, длина которых может достигать десять и более километров. В местах выхода к побережью речных долин, береговой склон имеет резкое отличие от привычной картины всего выше описанного ландшафта. Это объясняется большим выносом реками ила, гальки и песка. Также основными факторами формирования гранулометрического состава в устьях рек являются как приливо-отливные явления, так и система сложных прибрежных течений. В течение года пляж на этих участках имеет значительные изменения в своем составе – они могут быть покрыты как песчано-гравийной смесью, так и обломками каменных россыпей и песка, которые доставляются льдинами, сорванными во время сильных штормов.

Охотское море принадлежит к очень холодным бассейнам. Здесь в августе температура воды от 14 до 14 °С, а в северной даже немного ниже. Температура в 17-18 °С встречается только в южной части моря. Зимой море замерзает и на обширных пространствах покрывается льдом. Ледовый припай в зоне литорали может сохраняться до 7-8 месяцев. Весенние шторма, взламывая лед наносят большой ущерб фукусу, так как из-за сильных штормов и частых подвижек льда фукус истирается (рис. 7).



Рисунок 7 – Истертый фукус на камнях литорали Охотского моря

Общее среднегодовое циклоническое движение вод Охотского моря определяет как водный, так и воздушный температурный режим. Постепенное понижение среднегодовых показателей температуры воды происходит с юга на север от 3,9 °С до –1,9 °С (табл. 3).

Таблица 3 – Гидрологические характеристики западного побережья Камчатки [27]

Район наблюдений	Температура воды, °С			Соленость воды, ‰			Высота волн, м			Ледовый режим
	Средне-годовая	Макси-мальная	Мини-мальная	Средне-годовая	Макси-мальная	Мини-мальная	Макси-мальная	Тип волнени	Период волн, с	Число дней со льдом
Мыс Лопатка	3,9	13,9	-1,9	32,0	34,7	19,7	2,0	ВВ	11,2	38
Охотское море	4,5	14,0	-1,9	30,9	33,7	24,3	8,8	ВВ	14,0	250
Залив Шелихова	3,6	10,0	1,9	31,3	33,7	25,0	4,1	ВВ	8,9	269

Примечание: ВВ – ветровое волнение.

Амплитуды приливов находятся в огромной зависимости от местных условий. По большей части у берегов выдающихся в море мысов, и там где береговая черта не делает больших изгибов внутрь полуострова и где рельеф дна имеет ровный характер, амплитуды приливов не превышают 1,5-2,0 м. Скорости приливных течений, особенно в узких заливах, могут достигать 9-12 м/с. В прибрежной зоне не превышает 3-4 м/с. Высота волн колеблется от 2,0 м у мыса Лопатка и может достигать своего максимума на севере Охотского моря – 8,8 м. Наибольшее число дней со льдом – 269 – приходится на залив Шелихова. Соленость прибрежных вод напрямую связана с соленостью Охотского моря и в среднем составляет 31,4 ‰.

Исследование гранулометрического состава побережий Камчатки показало, что в целом им свойственен следующий состав: скалистое дно выход пород – 7 ‰; валунно-галечно-гравийные с выходом скалистого дна практически

имеет присутствие вдоль всей береговой полосы и достигает около 80 %; мелкий галечник, крупные пески – величина не постоянная и зависит от гидродинамического влияния, течений, льда и в среднем достигает 76 %; мелкие пески, ил подвержены еще большему перемещению и иногда распространяются на больших участках, особенно в устьях рек (рис. 8).

Проведенные исследования побережий полуострова Камчатка показали, что изменения площадей покрытия бурой водоросли фукус в природных условиях может достигать 40 % и более, как в сторону увеличения, так и уменьшения.

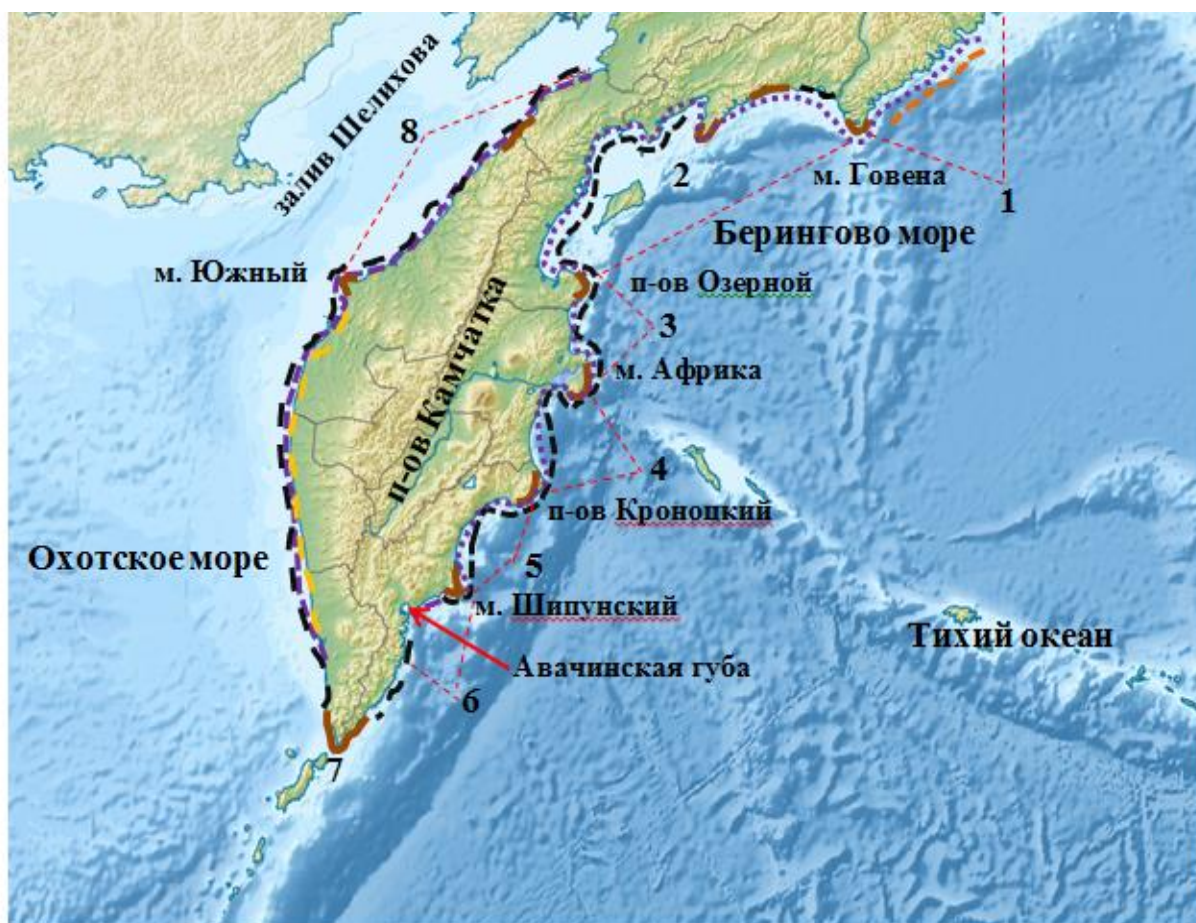


Рисунок 8 – Гранулометрический состав побережья Камчатки: ■ – скалистое дно, выход пород; — — — валунно-галечно-гравийные с выходом скалистого дна; — — — мелкий галечник, крупные пески; — — — — мелкие пески, ил. Районы наблюдений: 1 – Олюторский залив; 2 – Карагинский залив; 3 – Озерной залив; 4 – Камчатский залив; 5 – Кроноцкий залив; 6 – Авачинский залив; 7 – м. Лопатка; 8 – залив Шелихова

В августе 2021 года были проведены исследования в рамках мониторинга основных параметров водной среды в прибрежных районах бухты Вилючинской (Авачинский залив), а также для изучения восстановительного потенциала бурой водоросли *F. distichus* прибрежных экосистем юго-восточной Камчатки в районах её массовой гибели (рис. 9).

С помощью профилографа (AAQ-PINKO) были измерены температура воздуха у поверхности и на глубине с интервалом в пять метров, рН воды, мутность, солёность, процент растворенного кислорода, хлорофилл и гранулометрический состав зоны прилива и отлива – литораль.

По полученным результатам оказалось, что вода у поверхности в Вилючинской бухте была теплее среднестатистической на 0,3-1 °С. На входе в бухту, до глубины 15 м, была зафиксирована температура столба воды – 15 °С, что выше среднестатистических показателей для данной изобаты и, только начиная с глубины 20 м, она снижается до 10 °С.

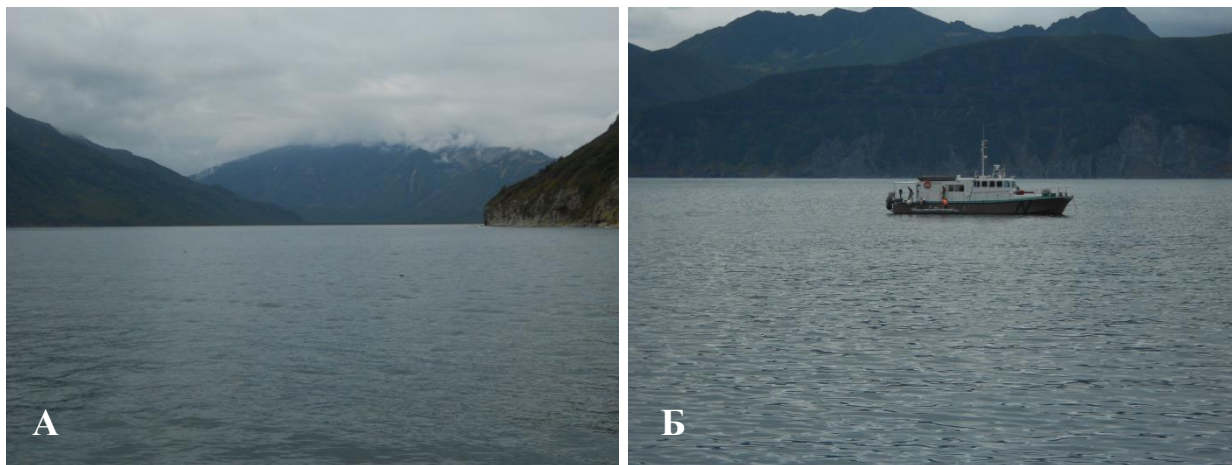


Рисунок 9 – Бухта Вилючинская (Авачинский залив) – А; исследование Вилючинской бухты – Б

При обследовании Вилючинской бухты 16 августа температура поверхности воды в этих же точках была сопоставима с 30 августа, а вот столб воды за две недели значительно повысился. Сравнение температуры показало, что на глубине 10 м она увеличилась на 3-4 °С. Разница между температурой поверхности и на изобате 10 м составляет менее 0,5 °С.

**Выводы.** На основании изложенного о влиянии динамических факторов на осадконакопление восточного и западного побережий п-ова Камчатка можно прийти к выводу, что деятельность этих факторов (постоянные и приливо-отливные течения, волновое воздействие, льды) на формирование субстрата побережий не одинаково в разных местах (табл. 4). Она зависит от климатической зональности, архитектуры береговой черты и ряда местных условий.

Таблица 4 – Типы грунтов литоральной зоны Западного и Восточного побережий Камчатки

№ п/п	Район	Гранулометрический состав
Восточное побережье		
1	Олюторский залив	Мелкий галечник, крупные пески; мелкие пески, ил.
2	Карагинский залив	Дно скалистое, выход пород; валунно-галечно-гравийные с выходом скалистого дна; мелкие пески, ил
3	Залив Озерной	Валунно-галечно-гравийные с выходом скалистого дна; мелкие пески, ил
4	Камчатский залив	Валунно-галечно-гравийные с выходом скалистого дна; мелкие пески, ил
5	Кроноцкий залив	Дно скалистое, выход пород; валунно-галечно-гравийные с выходом скалистого дна; мелкие пески, ил
6	Авачинский залив	Мелкий галечник, крупные пески
7	Мыс Лопатка	Скалистое дно, выход пород; валунно-галечно-гравийные с выходом скалистого дна
Западное побережье		
8	Охотское море	Валунно-галечно-гравийные с выходом скалистого дна; мелкие пески, ил
9	Залив Шелихова	Дно скалистое, выход пород; валунно-галечно-гравийные с выходом скалистого дна; мелкие пески, ил

Приливо-отливные значения особенно значительны на восточном побережье, несколько слабее чем в западном.

Волновое воздействие зависит от силы и продолжительности волнений на протяжении года и от продолжительности безлёдного времени или волновой экспозиции. В северных районах побережий волновая экспозиция в несколько раз превышает таковую в южной части полуострова.

Приливы и отливы можно уподобить большой волне с периодом



колебаний около суток, причем эта волна проникает на глубины побережий, недоступные ветровым волнам.

Приливо-отливные течения действуют на донные осадки побережий так же, как и волны. Одновременно с перемещением частиц к берегу и от берега, как в волновом поле, происходит постепенное их смещение вниз по склону, а также горизонтальное расширение, связанное с воздействием постоянных течений. Несомненно, здесь сконцентрировано действие всех динамических факторов. Также внутренние волны, при благоприятных условиях рельефа (устья рек) могут распространять свое влияние на изменение русла рек на больших площадях.

Роль льдов как агентов транспортировки осадочного материала максимальна в заливах: Олюторский, Карагинский, Озерной, Камчатский и Шелихова. Намного ниже прослеживается их роль в южных районах полуострова.

Полученные данные представляют большой интерес для выбора мест искусственного восстановления *F. distichus* на восточном и западном побережьях полуострова Камчатка. Однако, учитывая суровые климатические условия, длительное воздействие льда на литораль, сильное гидродинамическое воздействие на ювенильные растения, отдалённость пригодных мест для культивирования фукуса, отсутствие подъездных путей в зимний период (высота снега достигает 2,5-3 м) культивирование *F. distichus* экономически не выгодно.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Федерального агентства по рыболовству в рамках выполнения госзадания по теме НИР № госрегистрации 121031300150-3.*

Список использованной литературы:

1. Корчмит В.А. Перспективы устойчивого развития регионов проживания народов Севера: Монография. СПб.: Изд-во РГПУ им. Герцена, 2002. 415 с.
2. Березовская В.А., Клочкова Н.Г., Ляндзберг Р.А. Морские растительные ресурсы Камчатки и их использование // Тез. докл. Рос.-Яп. симпоз. Петропавловск-Камчатский, 1995. С. 22-23.
3. Блинова Е.И. Основные водоросли северо-восточной части Охотского моря // Новости сист. низш. раст. 1968. С.33-38.

4. *Виноградова К.П.* Видовой состав водорослей на литорали и сублиторали северо-западной части Берингова моря // *Новости сист. низ. раст.* 1973. Т. 10. С. 22-28.
5. *Беседнова Н.Н., Крыжановский С.П., Кузнецова Т.А., Смолина Т.П., Макаренко И.Д., Маляренко О.С., Ермакова С.П., Запорожец Т.С.* Антивирусное действие и патогенетические мишени сульфатированных полисахаридов морских водорослей при гриппозной инфекции // *Здоровье. Медицинская экология. Наука.* 2018. Т. 75. С. 5-19.
6. *Иванушко Л.А., Имбс Т.И.* Сравнительное изучение цитокинидуцирующих свойств фукоидана из бурой водоросли *Fucus evanescens* и его производных // *Здоровье. Медицинская экология. Наука.* 2017. № 3(70). С. 60-62.
7. *Имбс Т.И.* Полисахариды и низкомолекулярные метаболиты некоторых массовых видов бурых водорослей морей Дальнего Востока России. Способ комплексной переработки водорослей: автореф. дис. ... канд. хим. наук. Владивосток. 2010. 25 с.
8. *Крыжановский С.П., Кузнецова Т.А., Гельцер Б.И., Запорожец Т.С., Ермакова С.П., Беседнова Н.Н.* Фукоидан из бурой водоросли *Fucus evanescens*: новые перспективы в лечении атеросклероза // *Российский журнал биотерапии.* 2017. Т. 16, № 1. С. 82-87.
9. *Кузнецова Т.А., Запорожец Т.С., Макаренко И.Д., Тимченко Н.Ф., Беседнова Н.Н., Звягинцева Т.Н., Шевченко Н.М., Мандракова Н.В., Мельников В.Г.* Пребиотический потенциал полисахаридов из бурой водоросли *Fucus evanescens* и значение для клинического использования // *Тихоокеанский медицинский журнал.* 2012. № 1. С. 37-40.
10. *Перервенко О.В., Меджидова Х.М., Каишутин А.Н.* Адаптивные изменения в работе иммунной системы у жителей Камчатки и изучение возможности иммунокоррекции с использованием морской бурой водоросли *Fucus distichus* // *Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: материалы X Всерос. научно-практ. конф. (19-21 марта 2019 г.). Петропавловск-Камчатский.* 2019. С. 54-58.
11. *Макаров В.Н., Джус В.Е., Матишов Г.Г., Хохряков К.Б., Воскобойников Г.М., Денисенко Н.В., Шошина Е.В.* Научно-практические аспекты культивирования ламинарии сахаристой в Баренцевом море. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1986. 35 с.
12. *Немова Н.Н., Шкляревич Г.А.* Экология водорослей-макрофитов карельской акватории Белого моря как объектов марикультуры // *Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Серия: Естественные и технические науки.* 2009. № 9(103). С. 17-27.
13. *Силкин В.А., Хайлов К.М.* Биоэкологические механизмы управления в аквакультуре. Л.: Наука, 1988. 230 с.
14. *Haug A., Myklestad S., Larsen B., Smisdrod O.* Studies on the sequence of uronic acid residues in alginic acid // *Acta Chem. Scand.* 1967. Vol. 21. P. 691-704.
15. *Noda H., Amano H., Arashima K., Nisiza K.* Antitumor activity of marine algae // *Hydrobiologia.* 1990. № 204/205. P. 577-584.
16. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация. М.: Стандартинформ, 2013. 38 с.
17. *Watanabe M.M., Kawachi M., Hiroki M., Kasai E.* NIES – Collection List of Strains, Sixth Edition, 2000, Microalgae and Protozoa. Microbial Culture Collections, National Institute for Environmental Studies, Tsukuba, Japan, 2000. 159 p.
18. *Безруков П.Л.* Донные отложения Охотского моря // *Труды института океанологии АН СССР.* 1960. Т. 32. С. 15-95.
19. *Лисицын А.П.* Ледовая седиментация в Мировом океане. М.: Наука, 1994. 448 с.
20. *Астахов А.С.* Позднечетвертичное осадконакопление на шельфе Охотского моря. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 1986. 140 с.
21. *Каплин П.А., Леонтьев О.К., Лукьянова С.А., Никифоров Л.Г.* Берега. М.: Мысль, 1991. 479 с.
22. *Селиванов А.О.* Изменение уровня Мирового океана в плейстоцене – голоцене и развитие морских берегов. М.: Ин-т водных проблем РАН, 1996. 268 с.

23. Douglas B.C., Kearney M.S., Leatherman S.P. Sea Level Rise: History and Consequences. San Diego: Academic Press, 2001. 232 p.
24. Bourgeois J., Pinegina T.K., Ponomareva V.V., Zaretskaia N.E. Holocene tsunamis in the southwestern Bering Sea, Russian Far East and their tectonic implications // The Geol. Soc. Amer. Bull. 2006. Vol. 11(3/4). P. 449-463.
25. Pinegina T., Bourgeois J., Bazanova L. et al. Millennial-scale record of Holocene tsunamis on the Kronotskiy Bay coast, Kamchatka, Russia // Quaternary Research. 2003. Vol. 59. P. 36-47.
26. Трямкина Е.А., Бородина В.В. Экологические проблемы Авачинской бухты // Успехи современного естествознания. 2014. № 8. С. 79-80.
27. Ежегодные данные о режиме и качестве морей и морских устьев рек // (ФГБУ «Камчатское УГМС»). Петропавловск-Камчатский. 2020. 79 с.

References:

1. Korchmit V.A. *Perspektivy ustojchivogo razvitiya regionov prozhivaniya narodov Severa* [Prospects for sustainable development of the regions inhabited by the peoples of the North]. St. Petersburg, Russian State Pedagogical University named after Herzen Publ., 2002, 415 p. (In Russian).
2. Berezovskaya V.A., Klochkova N.G., Lyandzberg R.A. Morskie rastitel'nye resursy Kamchatki i ih ispol'zovanie [Marine plant resources of Kamchatka and their use]. *Tezisy докладов Rossijsko-Yaponskogo simpoziuma* [Abstracts of the reports of the Russian-Japanese Symposium]. Petropavlovsk-Kamchatsky, 1995, pp. 22-23. (In Russian).
3. Blinova E.I. Osnovnye vodorosli severo-vostochnoj chasti Ohotskogo morya [The main algae of the north-eastern part of the Sea of Okhotsk]. *Novosti sistematiki nizshih rastenij* [News of the systematics of lower plants], 1968, pp. 33-38. (In Russian).
4. Vinogradova K.P. Vidovoj sostav vodoroslej na litorali i sublitorali severo-zapadnoj chasti Beringova morya [Species composition of algae in the littoral and sublittoral areas of the northwestern part of the Bering Sea]. *Novosti sistematiki nizshih rastenij* [News of the systematics of lower plants], 1973, vol. 10, pp. 22-28. (In Russian).
5. Besednova N.N., Kryzhanovsky S.P., Kuznetsova T.A. et al. Antivirusnoe dejstvie i patogeneticheskie misheni sul'fatirovannyh polisaharidov morskikh vodoroslej pri grippoznoj infekcii [Antiviral action and pathogenetic targets of sulfated polysaccharides of seaweed in influenza infection]. *Zdorov'e. Medicinskaya ekologiya. Nauka* [Health. Medical ecology. Science], 2018, vol. 75, pp. 5-19. (In Russian).
6. Ivanushko L.A., Imbs T.I. Sravnitel'noe izuchenie citokiniduciruyushchih svojstv fukoidana iz buroj vodorosli *Fucus evanescens* i ego proizvodnyh [Comparative study of the cytokine-inducing properties of fucoidan from the brown alga *Fucus evanescens* and its derivatives]. *Zdorov'e. Medicinskaya ekologiya. Nauka* [Health. Medical ecology. Science], 2017, no. 3(70), pp. 60-62. (In Russian).
7. Imbs T.I. *Polisaharidy i nizkomolekulyarnye metabolity nekotoryh massovyh vidov buryh vodoroslej morej Dal'nego Vostoka Rossii. Sposob kompleksnoj pererabotki vodoroslej. Avtoref. dis. ... kand. khim. nauk* [Polysaccharides and low molecular weight metabolites of some common species of brown algae in the seas of the Russian Far East. Method of complex processing of algae. Cand. chem. sci. diss. abstr.]. Vladivostok, 2010, 25 p. (In Russian).
8. Kryzhanovsky S.P., Kuznetsova T.A., Geltser B.I. et al. Fukoidan iz buroj vodorosli *Fucus evanescens*: novye perspektivy v lechenii ateroskleroza [Fucoidan from the brown alga *Fucus evanescens*: new perspectives in the treatment of atherosclerosis]. *Rossijskij zhurnal bioterapii* [Russian Journal of Biotherapy], 2017, vol. 16, no. 1, pp. 82-87. (In Russian).
9. Kuznetsova T.A., Zaporozhets T.S., Makarenkova I.D. et al. Prebioticheskiy potencial polisaharidov iz buroj vodorosli *Fucus evanescens* i zhanenie dlya klinicheskogo ispol'zovaniya [Prebiotic potential of polysaccharides from brown alga *Fucus evanescens* and importance for clinical use]. *Tihookeanskiy medicinskij zhurnal* [Pacific Medical Journal], 2012, no. 1, pp. 37-

40. (In Russian).
10. Perervenko O.V., Medzhidova Kh.M., Kashutin A.N. Adaptivnye izmeneniya v rabote immunnoj sistemy u zhitelej Kamchatki i izuchenie vozmozhnosti immunokorrekcii s ispol'zovaniem morskoy buroj vodorosli *Fucus distichus* [Adaptive changes in the functioning of the immune system in residents of Kamchatka and the study of the possibility of immunocorrection using the sea brown alga *Fucus distichus*]. *Materialy 10 Vseross. nauchno-prakt. konf. «Prirodnye resursy, ih sovremennoe sostoyanie, ohrana, promyslovoe i tekhnicheskoe ispol'zovanie» (19-21 marta 2019 g.)* [Materials of the X All-Russian. scientific and practical conference “Natural resources, their current state, protection, commercial and technical use” (March 19-21, 2019), Petropavlovsk-Kamchatsky, 2019, pp. 54-58. (In Russian).
  11. Makarov V.N., Dzhus V.E., Matishov G.G. et al. *Nauchno-prakticheskie aspekty kul'tivirovaniya laminarii saharistoj v Barencevom more* [Scientific and practical aspects of cultivation of sugary kelp in the Barents Sea]. Apatity, KSC RAS Publ., 1986, 35 p. (In Russian).
  12. Nemova N.N., Shklyarevich G.A. *Ekologiya vodoroslej-makrofitov karel'skoj akvatorii Belogo morya kak ob"ektov marikul'tury* [Ecology of algae-macrophytes of the Karelian water area of the White Sea as objects of mariculture]. *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki* [Scientific notes of Petrozavodsk State University. Series: Natural and technical sciences], 2009, no. 9(103), pp. 17-27. (In Russian).
  13. Silkin V.A., Khailov K.M. *Bioekologicheskie mekhanizmy upravleniya v akvakul'ture* [Bioecological management mechanisms in aquaculture]. Leningrad, Nauka, 1988, 230 p. (In Russian).
  14. Haug A., Myklestad S., Larsen B., Smisdrod O. Studies on the sequence of uronic acid residues in alginic acid. *Acta Chem. Scand.*, 1967, vol. 21, pp. 691-704. (In English).
  15. Noda H., Amano H., Arashma K., Nisizawa K. Antitumor activity of marine algae. *Hydrobiologia*, 1990, no. 204/205, pp. 577-584. (In English).
  16. *GOST 25100-2011. Grunty. Klassifikaciya.* [State Standard 25100-2011. Soils. Classification]. Moscow, Standartinform Publ., 2013, 38 p. (In Russian).
  17. Watanabe M.M., Kawachi M., Hiroki M., Kasai E. *NIES – Collection List of Strains, Sixth Edition, 2000, Microalgae and Protozoa.* Microbial Culture Collections, National Institute for Environmental Studies, Tsukuba, Japan, 2000, 159 p. (In English).
  18. Bezrukov P.L. *Donnye otlozheniya Ohotskogo moray* [Bottom sediments of the Sea of Okhotsk]. *Trudy instituta okeanologii AN SSSR* [Proceedings of the Institute Oceanology of the USSR Academy of Sciences], 1960, vol. 32, pp. 15-95. (In Russian).
  19. Lisitsyn A.P. *Ledovaya sedimentaciya v Mirovom okeane* [Ice sedimentation in the World Ocean]. Moscow, Nauka Publ., 1994, 448 p. (In Russian).
  20. Astakhov A.S. *Pozdnechetvertichnoe osadkonakoplenie na shel'fe Ohotskogo morya* [Late Quaternary Offshore Sedimentation Sea of Okhotsk]. Vladivostok, Far East Scientific Center of the Academy of Sciences of the USSR Publ., 1986, 140 p. (In Russian).
  21. Kaplin P.A., Leontiev O.K., Lukyanova S.A., Nikiforov L.G. *Berega* [Shores]. Moscow, Mysl Publ., 1991, 479 p. (In Russian).
  22. Selivanov A.O. *Izmenenie urovnya Mirovogo okeana v plejstocene – golocene i razvitie morskikh beregov* [Changes in the level of the World ocean in the Pleistocene – Holocene and the development of sea coasts]. Moscow: Institute of Water Problems of the Russian Academy of Sciences Publ., 1996, 268 p. (In Russian).
  23. Douglas B.C., Kearney M.S., Leatherman S.P. *Sea Level Rise: History and Consequences.* San Diego, Academic Press, 2001, 232 p. (In English).
  24. Bourgeois J., Pinegina T.K., Ponomareva V.V., Zaretskaia N.E. Holocene tsunamis in the southwestern Bering Sea, Russian Far East and their tectonic implications. *The Geol. Soc. Amer. Bull.*, 2006, vol. 11(3/4), pp. 449-463. (In English).

25. Pinegina T., Bourgeois J., Bazanova L. et al. Millennial-scale record of Holocene tsunamis on the Kronotskiy Bay coast, Kamchatka, Russia. *Quaternary Research*, 2003, vol. 59, pp. 36-47. (In English).
26. Tryamkina E.A., Borodina V.V. Ekologicheskie problemy Avachinskoj buhty [Environmental problems of Avacha Bay]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* [Success of modern natural science], 2014, no. 8, pp. 79-80. (In Russian).
27. Ezhegodnye dannye o rezhime i kachestve morej i morskikh ust'ev rek // [Annual data on the regime and quality of seas and estuaries]. *FGBU «Kamchatskoe UGMS»* [FSBI “Kamchatka UGMS”]. Petropavlovsk-Kamchatsky, 2020, 79 p. (In Russian).

#### Сведения об авторах / Information about authors

<b>Кашутин</b>	Научный сотрудник отдела науки и инноваций
<b>Александр Николаевич</b>	Камчатский государственный технический университет 683006, Россия, Петропавловск-Камчатский, ул. Чубарова, 4/1, кв. 48 kashutin-an@yandex.ru
Kashutin	Researcher of the Department of Science and Innovation
Aleksandr Nikolaevich	Kamchatka State Technical University 683006, Petropavlovsk-Kamchatsky, Chubarova str., 4/1, app. 48 kashutin-an@yandex.ru

УДК 591.524.11

DOI: 10.47404/2619-0605\_2021\_3\_54

Козлова Г.В., Ленькова Д.Н.  
**АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ТИХООКЕАНСКОЙ  
УСТРИЦЫ В ЧЕРНОМ МОРЕ**

**Аннотация.** Проведен анализ результатов культивирования тихоокеанской устрицы (*Crassostrea gigas*, Thunberg) в Чёрном море. Рассмотрены материалы по истории развития марикультуры моллюсков, биологии и экологии исследованного вида и способах его выращивания в различных странах мира. Представлены методы получения спата (молоди) устриц в искусственных условиях Чёрного моря: индукция нереста производителей с помощью температурной стимуляции и с помощью индукции нейротрансмиттером – серотонин-креатин-сульфатом. Проанализированы вопросы оплодотворения и выращивание личинок на разных стадиях онтогенеза, от зрелых яиц до педивелигера. Исследованы закономерности линейного и весового роста в период личиночного развития. Показано, что в это время рост осуществляется с постоянной скоростью и описывается экспоненциальной функцией. Изучено оседания личинок и сбор спата на коллекторы. Показано, что в это время происходит изменение скорости роста, и он описывается сначала уравнением параболы, а затем сигмоидальной кривой. Показано, что в зависимости от экологических условий рост в высоту происходит с разной скоростью роста. Наиболее она высока в озере Донузлав, наиболее низкий темп роста в Керченском проливе.

**Ключевые слова:** тихоокеанская устрица, биология, температурная индукция нереста, получение спата, выращивание молоди.

Kozlova G.V., Lenkova D.N.

**ANALYSIS OF THE RESULTS OF THE PACIFIC OYSTER CULTIVATION  
IN THE BLACK SEA**

**Abstract.** The results of cultivation of the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*, Thunberg) in the Black Sea have been analysed. The materials on the history of the development of mollusk mariculture, biology and ecology of the studied species and methods of its cultivation in various countries of the world are considered. Methods for obtaining spat (juveniles) of oysters in artificial conditions of the Black Sea are presented: induction of spawning of spawners using temperature stimulation and using induction by a neurotransmitter- serotonin-creatine-sulfate. The issues of fertilization and rearing of larvae at different stages of ontogenesis, from mature eggs to pediveliger, are analyzed. The regularities of linear and weight growth during the period of larval development were investigated. It is shown that at this time the growth occurs at a constant rate and is described by an exponential function. The settling of the larvae and the collection of juveniles on the collectors were studied. It is shown that at this time there is a change in the growth rate, and it is described first by the parabola equation and then by the sigmoidal curve. It is shown that, depending on environmental conditions, growth in height occurs with different growth rates. It is highest in Lake Donuzlav, the lowest growth rate in the Kerch Strait.

**Keywords:** Pacific oyster, biology, temperature induction of spawning, obtaining spat, rearing juveniles.

**Введение.** В последнее десятилетие рост мирового вылова гидробионтов практически прекратился и стабилизировался на уровне 90-95 млн тонн [1].

В связи с этими тенденциями большое внимание уделяется развитию конхиокультуры. По данным ФАО с 1980 по 2018 г. удельный вес продукции аквакультуры по отношению к общему мировому объему увеличился с 10 до 57%, при этом доля промысла снизилась с 90 до 43 %.

Конхиокультура (культивирование брюхоногих и двустворчатых моллюсков) относится к одному из наиболее динамично развивающимся направлениям морской аквакультуры. В середине 80-х гг. объемы выращивания моллюсков в мире составляли немногим более 1,0 млн тонн, в 2010 г. Объемы выращивания превысили 15 млн тонн [2].

Брюхоногие и двустворчатые моллюски обладают преимуществами при искусственном воспроизводстве. К их преимуществам, как объектов конхиокультуры, относятся: устойчивость к паразитарной инфекции, высокая экологическая пластичность, устойчивость к плотности посадки при выращивании, а также достаточно быстрые темпы набора биомассы [3].

Мясо двустворчатых моллюсков содержит биологически активные вещества, обладающие иммуномодулирующим, радиопротекторным и антиканцерогенным действием. Также мясо моллюсков обладает высоким регенерирующим действием, стимулируя процессы восстановления и метаболической активности в тканях. Моллюски содержат вещества, нормализующие у человека процессы метаболизма и влияющие на активность работы ферментных систем [4].

**Цель исследования** – на основе собственных и литературных данных провести анализ биотехнологии культивирования тихоокеанской (японской или гигантской) устрицы (*Crassostrea gigas*, Thunberg) в Чёрном море.

Для реализации поставленной цели были сформулированы следующие задачи: охарактеризовать наиболее важные аспекты жизнедеятельности моллюсков – размножение, дыхание, питание и рост тихоокеанской устрицы, интродуцированной в Черное море; разработать оптимальные методы стимуляции созревания и нереста производителей для получения личинок этого

вида в искусственных условиях; изучить особенности роста личинок тихоокеанской устрицы в Чёрном море, охарактеризовать линейный и весовой рост тихоокеанской устрицы до достижения промыслового размера в различных районах Чёрного моря.

### **Материалы и методы исследования**

После того, как производителей черноморских устриц стимулировали, у них определяли такой показатель, как плодовитость. Для определения плодовитости использовали две общепринятые методики. Первый метод – это метод температурной стимуляции нереста устриц, второй метод – использование гормональных воздействий.

Метод гормональных воздействий впервые был применен для черноморской устрицы [5]. Особи изымались в возрасте до периода перехода к естественному нересту. Устриц размером 60-200 мм и массой 4,3-36,7 г (со створкой) подготавливали для нереста в термостатирующей установке при температуре  $4 \pm 1$  °С. Подготовка шла в течение 5-30 суток. Ежедневно осуществляли питание одноклеточными водорослями: *Pavlova (Monochrysis) luthery*, *Isochrysis galbana*, *Phaedactylum tricornutum*.

Моллюсков после кормления размещали в аквариуме. Температура воды в аквариуме регулировалась. Вначале температуру повышали от 4 до 20-22 °С, а затем снижали до 16-18 °С. При таком методе температурной стимуляции, черноморская устрица начинает нерест через 30 мин.

Если проводить данную методику стимуляции, устрицы начинали вымет через 15-50 мин. При анализе плодовитости, выявлено, что через двадцать минут после проведения стимуляции примерно половина популяции устриц находится в нерестовом состоянии.

Использовали два варианта стимуляции нереста с помощью температуры: 1) плавное повышение температуры воды ( $0,5-1$  °С в день) до 21 °С, а затем резкое, в течение 2-3 часов увеличение ее до 28 °С; 2) плавное повышение до 17-19 °С, а затем резкий скачок до 24 °С. Первыми нерестились самцы – спермиация



осуществлялась в течение 1,0-1,5 мин в виде своеобразного “облака”, у самок нерест происходил спустя 30 мин, яйца выводились в виде “струй” в течение 2-3 сек с частотой между овуляцией 0,5-3 мин [6].

Кроме температуры, индуцирования нереста устриц проводили с помощью добавления в воду суспензии семенников, а также инъекцией в мускул-замыкатель производителям нейротрансмиттера – серотонин-креатинсульфата и  $\gamma$ -аминомасляной кислоты (ГАМК).

Первыми, как правило, начинали нереститься, самцы, которые, выделяя половые продукты, стимулировали нерест у самок. При температуре выше 22 °С процессы нереста у устриц нарушались. При снижении температуры воды до 18-20 °С процесс нереста у особей обоих полов вновь нормализовался. После того, как самки начинали нереститься, их пересаживали в отдельный сосуд и выдерживали до полного окончания нереста.

Проводили оценку хода нереста устриц. С этой целью устриц вскрывали и проводили визуальный осмотр гонады под микроскопом. При проведении оценки проводили выбраковку особей, в гонадах которых наблюдались зрелые половые клетки. Зрелые яйца у отнерестившихся особей собирали на мембранные фильтры и определяли плодовитость [7].

Полностью, пробой яиц заполняли мерный цилиндр объемом 0,5 л. При помощи перфорированной пластины, свободно перемещаемой вверх и вниз, добивались равномерного распределения яйцеклеток по всему объему цилиндра. После этого отбирали пробу суспензии яиц с помощью пипетки. Объем пробы – 1 мл. Пробу яиц вносили в цилиндр такого же объема. Цилиндр заполняли чистой водой. Воду в цилиндре длительно перемешивали и отбирали десять проб объемом 1 мл каждая и подсчитывали в них количество яиц.

Суммарное для проб число яиц умножали на 25000. Остальные порции яиц взвешивали для определения средней массы одного яйца. Затем проводили морфометрический анализ: измеряли длину моллюска, определяли массу целого моллюска, массу створок, мягких тканей, гепатопанкреаса и остаточной гонады.

Статистическую обработку полевых и экспериментальных показателей проводили по общепринятым методам, изложенным в руководствах Г.Ф. Лакина. Для проведения сравнения полученных данных, определяли среднюю арифметическую ( $\bar{X}$ ), дисперсию ( $\sigma^2$ ), среднее квадратичное (стандартное) отклонение ( $\sigma$ ) и ошибку средней ( $m$ ). Достоверность различий между средними определяли с помощью критериев Стьюдента ( $t$ ) при 5 % уровнях значимости ( $P < 0,05$ ). Для аппроксимации связи между различными переменными использовали уравнения линейной регрессии ( $y = a + b \cdot x$ ), степенной ( $y = a \cdot x^b$ ), экспоненциальной ( $y = a \cdot e^{b \cdot x}$ ) функциями. Математическая обработка полученных данных осуществлялась с помощью компьютерных статистических программ Microcal Origin 8.5 и электронных таблиц Excel.

### **Результаты исследования и их обсуждение**

Основой для сравнения темпа роста тихоокеанской устрицы были данные, полученные в Керченском проливе. Но, поскольку в условиях значительно пониженной солености вод Керченского пролива ( $\approx 14$  ‰), получаемые после стимуляции нереста яйца были меньшего размера и худшего качества, кондиционирование производителей и получение зрелых яиц проводили при солености 22-25 ‰.

Личинок и спат устриц, полученных в условиях экспериментальной базы ЮгНИРО, выращивали в течение 11 месяцев в Керченском проливе, после чего часть особей (300 экз.) была перевезена в озеро Донузлав. Рост устриц у побережья Северного Кавказа проводился на особях, полученных там же – на экспериментальной базе ВНИРО (мыс Б. Утриш). Анализ полевых данных показал, что характер роста тихоокеанской устрицы в исследуемых районах моря имел ряд общих черт, но в то же время и существенно различался.

Прежде чем перейти к анализу различий ростовых процессов в исследованных районах Черного моря, представляется целесообразным проанализировать общие закономерности линейного роста, характерные для

этого вида независимо от местообитания. При описании кривых линейного роста использовали степенную функцию вида:

$$H_t = H_0 t^k, \quad (1)$$

где  $H_0$  и  $H_t$  – высота устриц (мм), соответственно, в начальный период времени и за время  $t$  (месяц);

$k$  – аллометрический показатель, характеризующий изменение угла наклона каждой кривой (тренд кривой).

Как видно на рисунке 1, во всех исследованных акваториях моря рост тихоокеанской устрицы наиболее интенсивно протекает в весенне-летние (апрель-июнь) и летне-осенние (август-октябрь) месяцы.

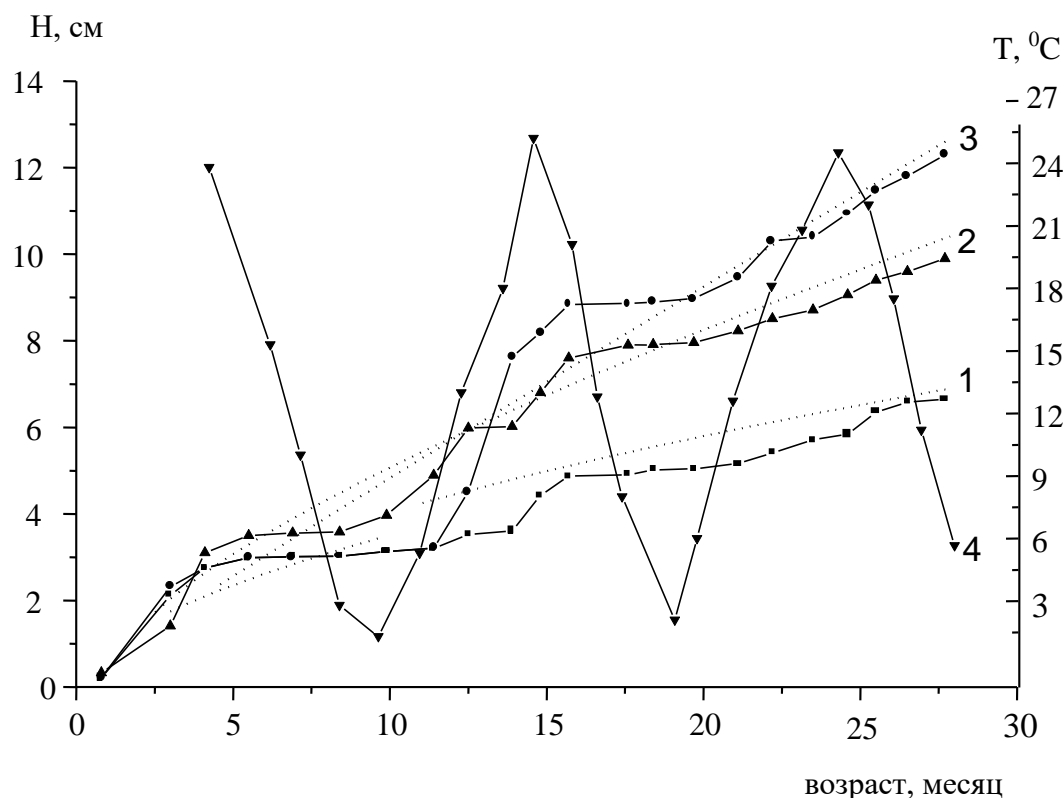


Рисунок 1 – Линейный рост тихоокеанской устрицы в различных районах Черного моря: 1 – Керченский пролив, 2 – м. Большой Утриш, 3 – оз. Донузлав, 4 – температура воды (штриховые линии – теоретические кривые)

Замедление и полная остановка роста были характерны для поздней осени и зимы (ноябрь-февраль), а также ранней весны (март и часть апреля).

Сопоставление сроков задержки и полного прекращения роста моллюсков с сезонными изменениями температуры воды свидетельствует о том, что критическая температура воды (биологический ноль), при которой происходит остановка ростовых процессов, близка к 9-11 °С, что подтверждает ранее полученные данные В.А. Ракова и Д.Б. Квейла.

Небольшая задержка линейного роста устриц летом (в июне-июле), по-видимому, обусловлена интенсификацией генеративных процессов, которые в это время происходят у моллюсков, что было ранее неоднократно отмечено в литературе [8]. Общей закономерностью являлось также и то, что максимальная величина удельной скорости роста ( $q_h$ ) приходилась на ранние стадии онтогенеза и по мере роста она постепенно снижалась (таблица 1).

Таблица 1 – Параметры уравнений, связывающих высоту (Н, мм) с возрастом (t, мес.) у тихоокеанской устрицы в различных районах Черного моря

Районы	Показатели				
	$H_0$	$S_h$	k	$S_a$	r
Керченский пролив	7,84	0,114	0,653	0,043	0,960
мыс Б. Утриш	9,36	0,149	0,724	0,057	0,942
озеро Донузлав	6,22	0,131	0,977	0,049	0,969

Наряду со сходными чертами в характере линейного роста устриц в разных биотопах наблюдались и существенные различия. Сравнение кривых роста, а также степенных коэффициентов уравнений связи высоты (Н, мм) с возрастом (t, мес.) устриц Керченского пролива и побережья Северного Кавказа показало, что наиболее низкий темп роста имели особи Керченского пролива.

Сопоставление кривых роста показало, что уже в течение первых 2-х месяцев после оседания на субстрат скорость роста особей, выращиваемых у мыса Б. Утриш, была в 1,75 раза больше, чем в проливе. У взрослых особей в возрасте 2 года и у трехлеток средние значения высоты раковины у м. Б. Утриш также были примерно в 1,5 раза выше, чем в Керченском пролив. На это

указывают заметно меньшие величины степенного коэффициента  $k$  в уравнении, связывающем высоту створки с временем выращивания.

Указанные районы заметно отличаются друг от друга рядом океанологических параметров – годовым ходом температуры воды, соленостью, трофическими условиями и др. Так, в Керченском проливе температура воды зимой может снижаться до 0-1,5 °С, тогда как у побережья Северного Кавказа она обычно не опускается ниже 6,5 °С. Однако, как видно на рисунке 1, нижняя граница температуры роста близка к 11°С, переход через которую осуществляется в близкие для обоих районов сроки, и поэтому она не может обуславливать столь значительные различия в скорости роста.

Как уже было отмечено выше, одним из факторов, влияющим на рост гидробионтов, является скорость водообмена, где проводится выращивание гидробионтов. В районах Керченского пролива и у побережья Северного Кавказа скорости течения сходны между собой и составляют в среднем 0,2-0,5 м/сек [9]. Водообмен также не может являться основанием для столь значительных различий в скорости роста.

Что касается кормовой базы устриц в данных акваториях, то по данным ЮгНИРО в проливе она в среднем заметно выше, чем у восточного побережья Кавказа. К кормовой базе устриц относится фитопланктон. Из этого можно сделать вывод, что основным фактором, лимитирующим рост устриц в проливе, является пониженная соленость его вод, в среднем составляющая около 14 ‰. При северных ветрах вода, поступившая из Азовского моря, снижает соленость вод пролива до 12-13 ‰, что существенно ниже солености вод у мыса Б. Утриш и восточного побережья Кавказа.

Вероятно, соленость менее 17-18 ‰ выходит за пределы толерантности для этого вида устриц и оказывает негативное влияние на процессы жизнедеятельности (питание, фильтрацию), интегральным показателем которой и является скорость роста устриц. Существенным подтверждением данного предположения являются результаты выращивания устриц в оз. Донузлав.

Как было отмечено выше, партия моллюсков в количестве 300 экз. через 11 месяцев после выращивания в Керченском проливе (экспериментальная база ЮгНИРО в п. Заветное) была перевезена на оз. Донузлав. Затем проводили ее выращивание в этом районе в течение 1,5 лет, тогда как оставшиеся устрицы продолжали выращиваться в проливе. После трансплантации устриц в оз. Донузлав, абсолютная и удельная скорость роста моллюсков резко возросли, что, вероятно, было обусловлено снятием тормозящего рост влияния пониженной солености воды. По сути, здесь наблюдался типичный пример компенсационного роста, т.е. реализация потенциальных ростовых потенциалов вида, обусловленных генетической программой вида в более благоприятных условиях нового.

Об определяющем влиянии солености на рост устриц указывает также и то, что термический режим Керченского пролива и оз. Донузлав весьма сходны, а интенсивность водообмена в оз. Донузлав даже ниже, чем в проливе. В то же время соленость оз. Донузлав была близка к открытым побережьям Крыма и Кавказа – 17-18 ‰, тогда как скорость роста в последнем заметно выше, чем в проливе.

Анализ состояния кормовой базы моллюсков указанных районов показал, что биомасса фитопланктона и ВОВ оз. Донузлав, в среднем, составляет, соответственно, 1417 мг/м<sup>3</sup> и 5,5 мг/л, что в 2 раза выше, чем у побережья Северного Кавказа [10]. Поэтому столь значительное увеличение линейных размеров (и массы) устриц в оз. Донузлав объясняется лучшими для устриц трофическими условиями этого региона, чем побережья мыса Б. Утриш, при достаточно близкой солёности воды.

**Выводы.** Таким образом, приведенные материалы свидетельствуют, что основными факторами, лимитирующими рост тихоокеанской устрицы, интродуцированной в Черное море, являются соленость воды и уровень развития кормовой базы. Эти показатели ограничивают районы культивирования, но в то же время позволяет более точно ориентироваться на

имеющиеся в Черном море акватории и прогнозировать результаты работ по марикультуре этого вида.

Проведен анализ результатов культивирования тихоокеанской устрицы (*Crassostrea gigas*, Thunberg) в Чёрном море. Рассмотрены данные по биологии и экологии исследованного вида и способам выращивания в естественном местообитании – Японском море. Анализируя проведенные исследования, можно сделать следующие выводы.

Разработаны методы получения спата (молоди) устриц в искусственных условиях с помощью температурной стимуляции созревания и нереста производителей и с помощью индукции нейротрансмиттера – серотонин-креатинсульфатом.

Исследованы процессы оплодотворения и выращивание личинок на разных стадиях онтогенеза: оплодотворённое яйцо, трохофора, продиссоконх I и II, великонх, педивелигер, спат. Показано, что в период личиночного развития линейный и весовой рост происходит с постоянной скоростью и описывается экспоненциальной функцией:  $N_t = N_0 \cdot e^{ct}$ .

Изучено оседание личинок на коллекторы происходит изменение скорости роста, и он описывается уравнением степенной функции, имеющий вид:  $N_t = N_0 \cdot t^k$ , где  $N_0$  и  $N_t$  – соответственно, начальная и конечная высота устрицы (мм),  $k$  – аллометрический показатель, характеризующий изменение направление высоты моллюска в процессе роста.

Показано, что рост высоты устриц происходит с разной скоростью и зависит от экологических условий акваторий. Скорость роста наиболее высока в оз. Донузлав, где наблюдаются высокие трофические условия и благоприятный солёностный режим, тогда как наиболее низкий темп роста обнаружен в Керченском проливе.

Получение спата и выращивание тихоокеанской устрицы возможно в различных районах Чёрного моря, где солёность воды не ниже 17-18 ‰.

Список использованной литературы:

1. Золотницкий А.П. О влиянии солености на интенсивность дыхания гигантской устрицы (*Crassostrea gigas*, Thunberg), интродуцированной в Черное море // Тез. докл. III съезда совет. океанологов. 1987. Ч. II. С. 23-30.
2. Золотницкий А.П. Методы индуцирования созревания и нереста гигантской устрицы (*Crassostrea gigas*, Thunberg) в современных условиях Черного моря // Тез. докл. межд. конф. «Аквакультура Центральной и Восточной Европы: настоящее и будущее. 2010. С. 101-105.
3. Cuo X. *Crassostrea gigas*, Thunberg // Evolution. 1998. Vol. 52. No. 2. P. 394-402.
4. Вижевский В.И. Биологические основы промышленного культивирования мидии (*Mytilus galloprovincialis* Lam.) в различных районах Черного моря: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.17 / Виктор Игоревич Вижевский. Керчь, 1990. 174 с.
5. Золотницкий А.П. Современные методы управления процессами размножения и ранними этапами онтогенеза в марикультуре моллюсков // Рыбное хозяйство Украины. 2006. № 3-4. С. 23-27.
6. Bayne B.L. Feeding behaviour and metabolic efficiency contribute to growth heterosis in Pacific oysters (*Crassostrea gigas* (Thunberg)) // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 1985. Vol. 233. No. 1. P. 115-130.
7. Орленко А.Н. Гигантская устрица *Crassostrea gigas* (*Bivalvia*, *Mytiliformes*, *Crassostreidae*) как объект акклиматизации и основные этапы ее трансплантации в Черное море // Зоологический журнал. 1994. Вып. 1. С. 51-54.
8. His E. Combined effects of temperature and salinity on fed and starved larvae of the mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* and the Japanese oyster *Crassostrea gigas* // Marine Biology. 1989. Vol. 100, No 4, P. 455-463.
9. Золотницкий, А.П. Биологические основы культивирования двустворчатых моллюсков (*Bivalvia*, *Mytiliformes*) в различных районах Чёрного моря: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.17 / Александр Петрович Золотницкий. Киев, 2004. 39 с.
10. Walne P.R. Culture of Bivalve molluscs 5 year's experience at Conwey west By fleet // Fish News (Books). 1974. 173 p.

References:

1. Zolotnitsky A. P. O vliyani solenosti na intensivnost' dykhaniya gigantskoy ustritsy (*Crassostrea gigas* Thunberg), introdutsirovannoy v Chernoye more [On the effect of salinity on the respiration rate of the giant oyster (*Crassostrea gigas* Thunberg) introduced into the Black Sea]. *Tezisy dokladov III s"ezda sovetskikh okeanologov* [Abstracts of the reports of the III Congress of Soviet Oceanologists], 1987, vol. 2, pp. 23-30. (In Russian).
2. Zolotnitsky A.P. Metody indutsirovaniia sozrevaniia i neresta gigantskoi ustritsy (*Crassostrea gigas* Thunberg) v sovremennykh usloviakh Chernogo moria [Methods of inducing ripening and spawning of a giant oyster (*Crassostrea gigas* Thunberg) in the modern conditions of the Black sea] *Tezisy dokladov mezhdunarodnoj konferencii «Akvakultura tsentralnoi i vostochnoi Evropy: nastoiashchee i budushchee* [Abstracts of the reports of the international conference "Aquaculture of Central and Eastern Europe: present and future"], 2010, pp. 101-105. (In Russian).
3. Cuo X. *Crassostrea gigas*, Thunberg. *Evolution*, 1998, vol. 52, no. 2, pp. 394-402. (In English).
4. Vizhevsky V.I. *Biologicheskie osnovy promyshlennogo kultivirovaniia midii (Mytilus galloprovincialis Lam.) v razlichnykh raionakh Chernogo moria. Diss. ... kand. biol. nauk* [Biological bases of industrial cultivation of mussels (*Mytilus galloprovincialis* Lam.) in various regions of the Black Sea. Cand. biol. sci. diss.]. Kerch, 1990, 174 p. (In Russian).
5. Zolotnitsky A.P. *Sovremennye metody upravleniia protsessami razmnozheniia i rannimi etapami ontogeneza v marikulture molliuskov* [Modern methods of control of reproduction processes and



- early stages of ontogenesis in shellfish mariculture]. *Rybnoe khoziaistvo Ukrainy* [Fisheries of Ukraine], 2006, no. 3-4, pp. 23-27. (In Russian).
6. Bayne B.L. Feeding behaviour and metabolic efficiency contribute to growth heterosis in Pacific oysters (*Crassostrea gigas* (Thunberg)). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 1985, vol. 233, no. 1, pp. 115-130. (In English).
  7. Orlenko A.N. Gigantskaia ustritsa *Crassostrea gigas* (Bivalvia, Mytiliformes, Grassostreidae) kak objekt akklimatizatsii i osnovnye etapy ee transplantatsii v Chernoe more [Giant oyster *crassostrea gigas* (bivalvia, mytiliformes, grassostreidae) as an object of acclimatization and the main stages of its transplantation into the Black sea]. *Zoologicheskij zhurnal* [Zoological Journal], 1994, issue 1, pp. 51-54. (In Russian).
  8. His E. Combined effects of temperature and salinity on fed and starved larvae of the mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* and the Japanese oyster *Crassostrea gigas*. *Marine Biology*, 1989, vol. 100, no. 4, pp. 455-463. (In English).
  9. Zolotnitsky A.P. *Biologicheskie osnovy kultivirovaniia dvustvorchatykh molliuskov (Bivalvia, Mytiliformes) v razlichnykh raionakh Chernogo moria. Avtoref diss. ... dokt. biol. nauk* [Biological bases of cultivation of bivalve molluscs (bivalvia, mytiliformes) in different regions of the Black sea. Doct. biol. sci. diss. abstr.]. Kiev, 2004, 39 p. (In Russian).
  10. Walne P.R. *Culture of Bivalve molluscs 5 yea's experience at Conwey west by fleat*. Fish News (Books), 1974, 173 p. (In English).

#### Сведения об авторах / Information about authors

<b>Козлова Галина Викторовна</b>	старший преподаватель кафедры водных биоресурсов и марикультуры Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 kozloyagv66@gmail.com
Kozlova Galina Viktorovna	Senior Lecturer at the Department of aquatic biological resources and mariculture Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82
<b>Ленькова Дарья Николаевна</b>	студент 4-го курса направления подготовки «Водные биоресурсы и аквакультура» Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 darya.lenkova.98@mail.ru
Lenkova Daria Nikolaevna	4th year student of the training direction "Aquatic biological resources and aquaculture" Kerch State Maritime Technological University 298309 Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze Street 82 darya.lenkova.98@mail.ru

УДК: 597.2/5:59.084(262.5)

DOI: 10.47404/2619-0605\_2021\_2\_66

Мальцев В.И., Петрова Т.Н.

## ПРИБРЕЖНЫЙ ИХТИОКОМПЛЕКС АКВАТОРИИ ЛАНДШАФТНОГО РЕКРЕАЦИОННОГО ПАРКА «ТИХАЯ БУХТА» (ЮГО-ВОСТОЧНЫЙ КРЫМ, ЧЁРНОЕ МОРЕ) ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ВИЗУАЛЬНЫХ УЧЁТОВ

**Аннотация.** Прибрежный ихтиокомплекс ландшафтно-рекреационного парка «Тихая бухта» изучался в августе-сентябре 2019 г. методом визуального учёта на 7 станциях (биотопах). Выявлено 23 вида рыб: 16 – резиденты и 7 – мигранты, преобладают Labridae и Blenniidae. Численность рыб в прибрежных биотопах – 0,3-0,4 экз. под 1 м<sup>2</sup>, а в биотопах в средней части бухты – 25-30 под 1 м<sup>2</sup>. Наиболее многочисленными были *Symphodus tinca* и *S. roissali* (до 90 % общей численности). С использованием индекса Сёренсена методом кластерного анализа проанализировано сходство видового состава ихтиоценозов как в пределах Тихой бухты, так и за её пределами. Высокую степень сходства показали ихтиоценозы каменистой сублиторали с примыкающими песчаными аренами. Также хорошо объединились ихтиоценозы биотопов, ассоциированных с подводными скалами с большой долей вертикальных поверхностей. Количество видов и обилие рыб в акватории Тихой бухты выше, чем в акваториях у м. Киик-Атлама и даже Карадагского ПЗ. ЛРП «Тихая бухта» в основном обеспечивает нормальное существование прибрежного ихтиокомплекса в охраняемой акватории.

**Ключевые слова:** ЛРП «Тихая бухта», Чёрное море, прибрежный ихтиокомплекс, визуальный учёт, биотоп.

Maltsev V. I., Petrova T. N.

## LITTORAL FISH ASSEMBLAGES OF THE LANDSCAPE RECREATIONAL PARK “TIKHAYA BUKHTA” (SOUTH-EAST CRIMEA, BLACK SEA) ACCORDING TO RESULTS OF VISUAL ESTIMATION

**Abstract.** The coastal fish assemblage of the Landscape and Recreational Park “Tikhaya Bukhta” was studied in August-September 2019 using method of visual recording at 7 stations (habitats). 23 species of fish were identified: 16 residents and 7 migrants; Labridae and Blenniidae predominate. Number of fish in coastal biotopes is 0.3-0.4 per 1 m<sup>2</sup>, and in biotopes in the middle part of the bay reaches 25-30 per 1 m<sup>2</sup>. The most numerous were *Symphodus tinca* and *S. roissali* (up to 90 % of the total population). Method of cluster analysis based on the Sørensen similarity index combines fish assemblages of shallow-water biotopes, the bottom of which is composed of rocks of different sizes overgrown with macro-algae, with adjacent sandy arenas. When comparing fish assemblages of the LRP “Tikhaya Bukhta” aquatory and other areas of the South-Eastern Crimea the fish communities of habitats where underwater rocks with a large proportion of vertical surfaces are united. Number of species and abundance of fish in the waters of the Tikhaya Bukhta bay is higher than in the waters of the Kiik-Atlama Cape and even Karadag Nature Reserve. LRP “Tikhaya Bukhta” mainly maintains satisfactory conditions for existence of littoral fish assemblages at the protected water area.

**Keywords:** LRP “Tikhaya Bukhta”, Black Sea, littoral fish assemblage, visual estimation, habitat.

**Введение.** Ландшафтно-рекреационный парк (ЛРП) «Тихая бухта» расположен на побережье Юго-Восточного Крыма между посёлками Орджоникидзе и Коктебель, вблизи г. Феодосии (рис. 1). Площадь ЛРП

составляет 1508,7 га, включая 218 га особо охраняемой морской акватории, располагающейся к востоку от мыса Хамелеон. В середине акватории бухты находится скальное плато, большая часть которого скрыта под водой; преобладающие глубины здесь составляют 0,5-1,5 м.

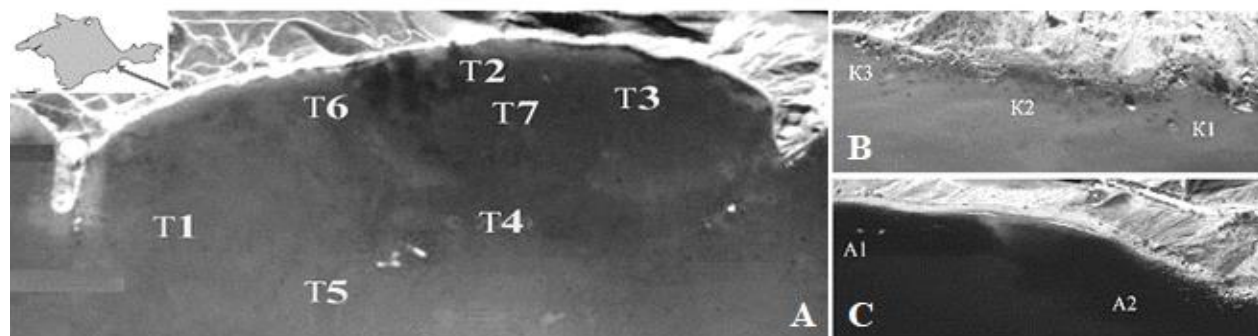


Рисунок 1 – Район исследований. А – акватория РПП «Тихая бухта»; В – западная часть заповедной акватории Карадагского природного заповедника; С – участок акватории, прилегающей к берегу мыса Киик-Атлама с южной стороны. Т1-Т7, К1-К3, А1-А2 – станции (биотопы), на которых проводились визуальные учёты (табл. 1)

Ландшафтно-рекреационный парк создан с целью сохранения в природном состоянии ценного в экологическом, научном, эстетическом, историко-археологическом и ландшафтном отношении природного комплекса.

Исследования ихтиокомплекса прибрежных акваторий Юго-Восточного Крыма проводились неоднократно в продолжение последних 100 лет [1-8], однако, объектом исследований были в основном прибрежные воды Карадага, поэтому в настоящее время отсутствует информация об изучении прибрежного ихтиокомплекса в акватории Тихой бухты – особо охраняемого объекта как части особо охраняемой природной территории (ООПТ). Н.С. Костенко [9] представила список видов рыб (34 вида) Коктебельской бухты и прилегающих акваторий (в том числе Тихой бухты). Составлен он был на основе ранее опубликованных материалов по региону Юго-Восточного Крыма, а собственных исследований автором не проводилось.

**Целью исследования** стало изучение современного состояния прибрежного ихтиокомплекса Тихой бухты и сравнение его с таковым близлежащих прибрежных акваторий Юго-Восточного Крыма. Под «состоянием ихтиокомплекса» нами понимается качественный (видовой) состав рыб, существование популяций которых поддерживается биотопом, включая особо охраняемые виды, а также обилие популяций. За базу сравнения для Юго-Восточного Крыма мы берём ихтиокомплекс Карадагского природного заповедника (ПЗ) как наиболее изученный [3, 4, 8 и др.].

Наши исследования по сути являются первыми для акватории, имеющей режим особой охраны в составе ЛРП. Полученные результаты нами рассматриваются как отправная точка для дальнейшего изучения ихтиокомплекса Тихой бухты и основа для организации мониторинга этой части биотического комплекса объекта ООПТ.

**Материалы и методы исследования.** Характеристика района исследований в акватории ЛРП «Тихая бухта» (рис. 1А) дана в табл. 1: 7 станций отражают 7 типов выявленных биотопов. Прибрежный ихтиокомплекс изучался в августе и сентябре (2 серии учётов) 2019 г. в светлое время суток методом визуального учёта с использованием маски и дыхательной трубки для подводного плавания. Учеты проводились на 7 станциях при «маршрутных» наблюдениях – в этом случае учитывались все рыбы, попадающие в поле зрения, при заплыве на дистанцию 300-400 м (на площади 1500-2000 м<sup>2</sup> при ширине полосы обзора 5 м); на станциях Т2, Т3 и Т6 учёты выполнялись также методом заложения трансект перпендикулярно берегу длиной 25 м и шириной 10 м [10]. Данные (виды рыб и их количество) записывались сразу после выхода на берег и затем анализировались в послеполевой период.

Для сравнения особенностей ихтиокомплекса акватории Тихой бухты с таковыми других прибрежных объектов Юго-Восточного Крыма в тот же временной период по той же методике были проведены учёты на двух участках акватории, прилегающей к берегу мыса Киик-Атлама с южной стороны и трёх участках заповедной акватории Карадагского ПЗ (рис. 1В, С, табл. 1): в пределах

Юго-Восточного Крыма ихтиокомплекс акватории Карадагского природного заповедника на сегодня является наиболее изученным [8].

Таблица 1 – Характеристика района исследований в акватории ЛРП «Тихая бухта»

№ стан-ции	Координаты центра станции	Характеристика
<b>А: Акватория ЛРП «Тихая бухта»</b>		
T1	44°57'40``N 035°17'52``E	Мелководье с глубинами до 3 м, сложенное подводными скалами и камнями разного размера, заросшими макрофитами с доминированием цистозеры ( <i>Cystoseira</i> sp.)
T2	44°58'10``N 035°18'49``E	Участок с глубинами до 1 м. Дно сложено крупными камнями, заросшими макрофитами с доминированием цистозеры. За полосой камней – песчаная арена
T3	44°58'06``N 035°19'16``E	Участок с глубинами до 1.5 м, песчаная арена с массивом камней, заросшим макрофитами с доминированием цистозеры посередине.
T4	44°57'42``N 035°18'40``E	Центральная часть бухты – скальное плато (глубины 0-1,5 м, в центре 2 скалы, немного возвышающиеся над водой), зарастающие макрофитами с доминированием цистозеры
T5	44°57'30``N 035°18'24``E	Внешняя часть бухты – свал скального плато (см. участок 4), вертикальная скальная стена с трещинами, заросшая макрофитами с доминированием цистозеры. Дно (глубины 6-7 м) песчаное с каменно-скальными обломками
T6	44°58'05``N 035°18'29``E	Прибрежные мелководья с глубинами до 2 м. Дно песчаное с отдельными группами камней, заросшими макрофитами с доминированием цистозеры и падины
T7	44°58'08``N 035°18'55``E	Внутренняя часть акватории залива с глубинами до 3 м – обширная песчаная арена
<b>В: Западный участок заповедной акватории Карадагского природного заповедника</b>		
K1	44°54'40``N, 35°12'44``E	Небольшая бухта у скалы «Кузьмичёв камень». Характеризуется сложным рельефом дна, образованного подводными скалами – обломками, в разное время скатившимися с Карадага. Скалы и камни зарастают макрофитами с доминированием цистозеры. Глубины между скалами 4-6 м
K2	44°54'40``N, 35°12'38``E	Мелководья с глубинами 1-3 м, сложенные подводными камнями разного размера, заросшими макрофитами с доминированием
K3	44°54'41``N, 35°12'31``E	цистозеры
<b>С: Акватория, прилегающая к берегу мыса Киик-Атлама с южной стороны</b>		
A1	44°57'21``N, 35°21'26``E	Мелководье с глубинами 0.5-2 м, сложенные подводными камнями разного размера, заросшими макрофитами с доминированием цистозеры
A2	44°57'20``N, 35°21'36``E	Мелководье с глубинами 1-4 м, дно сложено подводными скалами и камнями разного размера, заросшими макрофитами с доминированием цистозеры

Всего было выполнено 15 «маршрутных» учётов и 7 – методом трансект.

Для сравнения сообществ рыб биотопов акватории Тихой бухты между собой и с биотопами близлежащих акваторий применен метод кластерного анализа с использованием показателя сходства Сёренсена [11].

**Результаты исследования и их обсуждение.** В результате наших визуальных исследований в акватории Тихой бухты выявлено 23 вида рыб (табл. 2), принадлежащим к 19 родам и 17 семействам. Наиболее богат видами (7) род *Symphodus* (сем. Labridae – Губановые) К видам-резидентам (по В.В. Шаганову [12]) относятся 6 оседлых и 10 кочевников; 7 видов являются мигрирующими.

Наиболее часто в акватории Тихой бухты встречаются зеленушка рулена (*Symphodus tinca* (L., 1758)), зеленушка перепёлка (*Symphodus roissali* (Risso, 1810)) и собачка морская пятнистая (*Parablennius sanguinolentus* (Pallas, 1814)). Кроме того, здесь отмечены осётр русский (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt et Ratzeburg, 1833) (1 экземпляр длиной ~1 м) – вид, занесенный в Красную книгу РК, Приложение II Боннской конвенции и Приложение II конвенции CITES [13]; тёмный горбыль (*Sciaena umbra* L., 1758), внесенный в Приложение III Бернской конвенции [14], а также рыба-ласточка (*Chromis chromis* L., 1758) – вид, обычный на Средиземном море, а у берегов Крыма, в частности, юго-восточного, встречающийся не часто [15] (впрочем, по данным А.Р. Болтачева и Е.П. Карповой [16], в последнее время у Южного берега и под Севастополем он может образовывать многочисленные стаи).

Наиболее характерными для акватории ЛРП «Тихая бухта» являются ихтиоценозы с доминированием зеленушки рулены, субдоминанты – зеленушка перепёлка, морская собачка пятнистая и султанка (*Mullus barbatus barbatus* L., 1758); основу ихтиоценозов составляют преимущественно виды-резиденты (оседлые и кочевники): уже упомянутые виды (только султанка является мигрирующим видом), а также зеленушка рябчик (*Symphodus cinereus* (Bonplaterre, 1788)), губан глазчатый (*Symphodus ocellatus* (L., 1758)), ласкирь (*Diplodus annularis* – (L., 1758)). Характерным видом, не достигающим высоких численностей, однако относительно часто попадающим в поле зрения, является сингиль (*Chelon auratus* (Risso, 1810)).

Таблица 2 – Видовой состав прибрежного ихтиокомплекса акватории ЛРП «Тихая бухта», 2019 г.: (+) – вид встречается единично (до 10 во время маршрутных учётов или до 5 во время учёта на трансекте), (++) – многочисленный вид

№	Виды	Биотопы							Характеристика видов	
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7		
Сем. Acipenseridae – Осетровые										
1.	<i>Acipenser gueldenstaedtii</i> Brandt et Ratzeburg, 1833 – русский осётр	+								Демерсальный вид, в последние десятилетия стал редким, внесен в Красную книгу РК, Приложение II Бернской конвенции и Приложение II Конвенции CITES. Мигрирующий.
Сем. Mugilidae – Кефалевые										
2.	<i>Mugil cephalus</i> L., 1758 – лобан	+								Пелагический вид, объект промысла и любительского лова на прилегающей к заповеднику акватории. Мигрирующий.
3.	<i>Chelon auratus</i> (Risso, 1810) – сингиль	+	+	++		++	++	+		Пелагический вид, один из основных объектов промысла и любительского лова. Во время наших визуальных учётов – достаточно обычный вид, иногда даже массовый. Мигрирующий.
Сем. Atherinidae – Атериновые										
4.	<i>Atherina boyeri</i> Risso, 1810 – атерина черноморская	++	++	++		++	+			Пелагический вид, в условиях наших наблюдений встречались сеголетняя молодь. Мигрирующий.
Сем. Syngnathidae – Иглобые										
5.	<i>Syngnathus sp.</i> – рыба-игла		+							Прибрежный фитофильный вид, обитает в зарослях макрофитов, встречается и в толще воды. Кочевник.
Сем. Scorpaenidae – Скорпеновые										
6.	<i>Scorpaena porcus</i> L., 1758 – скорпена		+							Донный вид, населяющий каменистые, заросшие макроводорослями субстраты. Является объектом любительского лова. Внесен в Красную книгу Черного моря. Оседлый.
Сем. Serranidae – Каменные окуни										
7.	<i>Serranus scriba</i> (L., 1758) – каменный окунь	+				+				Придонно-фитофильный вид, предпочитающий каменистые, заросшие макроводорослями субстраты. Кочевник.

Продолжение таблицы 2

№	Виды	Биотопы							Характеристика видов	
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7		
Сем. Carangidae – Ставридовые										
8.	<i>Trachurus mediterraneus</i> (Steindachner, 1868) – ставрида средиземно-морская	+						+	+	Пелагический вид, один из основных объектов промысла и любительского лова. Мигрирующий.
Сем. Sparidae – Спаровые										
9.	<i>Diplodus annularis</i> – (L., 1758) - ласкирь	++	++	++	+	+				Прибрежный пелагический вид, у берегов Юго-Восточного Крыма – достаточно обычный. Объект любительского рыболовства. Внесен в Красную книгу Черного моря. Кочевник.
10.	<i>Diplodus puntazzo</i> (Walbaum, 1792) – зубарик					+				Прибрежный пелагический вид, у берегов Юго-Восточного Крыма – достаточно обычный, но никогда не образует сколь-нибудь значительных скоплений. Во время наших визуальных и видеонаблюдений – немногочисленный. Кочевник.
Сем. Centracanthidae – Смаридовые										
11.	<i>Spicara maena</i> (L., 1758) – спикара, смарида		+	+						Прибрежный пелагический вид, нерегулярный объект любительского лова. Внесен в Красную книгу Черного моря. Мигрирующий.
Сем. Sciaenidae – Горбылёвые										
12.	<i>Sciaena umbra</i> L., 1758 – горбыль темный					+				Прибрежный придонный вид, встречается среди подводных камней и скал. Внесен в охранный список Бернской конвенции. Кочевник.
Сем. Mullidae – Султанковые										
13.	<i>Mullus barbatus barbatus</i> L., 1758 – султанка	+	++	++	++			++	++	Прибрежный вид, обычный, в период миграций – массовый. Объект промысла и любительского рыболовства. Внесён в Красную книгу Черного моря. Мигрирующий.
Сем. Pomacentridae – Помацентровые										
14.	<i>Chromis chromis</i> L., 1758 – морская ласточка					++				Прибрежный вид, у берегов Юго-Восточного Крыма встречается нечасто. Кочевник.
Сем. Labridae – Губановые										
15.	<i>Symphodus cinereus</i> (Bonnaterre, 1788) – рябчик	+	+	+	+			+		Прибрежно-фитофильный вид, для акваторий Юго-восточного Крыма достаточно обычный. Кочевник.



Продолжение таблицы 2

№	Виды	Биотопы							Характеристика видов
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	
16.	<i>Symphodus ocellatus</i> (L., 1758) – губан глазчатый					+			Прибрежный фоновый вид, встречается среди заросших водорослями камней. В пределах акватории – немногочисленный. Внесен в Красную книгу Черного моря. Кочевник.
17.	<i>Symphodus roissali</i> (Risso, 1810) – зеленушка перепёлка	++	++	++	++	++	++		Прибрежный фоновый вид, встречается среди заросших водорослями камней. Во время наших визуальных и видеоучётов – многочисленный. Кочевник.
18.	<i>Symphodus tinca</i> (L., 1758) – зеленушка рулена	++	++	++	++	++	++		Прибрежный придонно-фитофильный вид. Во время наших наблюдений – самый массовый, доминирующий. Внесен в Красную книгу Черного моря. Кочевник.
Сем. Ammodytidae – Песчанковые									
19.	<i>Gymnammodytes cicereus</i> (Rafinesque, 1810) – голая песчанка, пескорой						+		Прибрежный донный вид, обитатель песчаных биотопов. В пределах исследованной акватории редкий. Оседлый.
Сем. Blenniidae – Собачковые									
20.	<i>Parablennius sanguinolentus</i> (Pallas, 1814) – морская собачка пятнистая (красная)	++	++	++	++	++	+		Прибрежный донно-фитофильный вид, характеризуется как массовый, что совпадает с результатами наших визуальных учётов. Встречается на каменистом, заросшем макроводорослями дне. Оседлый.
Сем. Gobiesocidae – Присосковые									
21.	<i>Diplecogaster bimaculata</i> (Bonaterre, 1788) – присоска пятнистая		+						Прибрежный донный вид. Обитает среди камней, зарастающих макроводорослями. Прибрежный донный вид, обитает на небольших (до 1 м) глубинах. Оседлый
Сем. Gobiidae – Бычковые									
22.	<i>Ponticola eurycephalus</i> (Kessler, 1874) – бычок-рыжик	+					+		Прибрежный донный вид, обитает на небольших (до 1 м) глубинах. В исследованной акватории редкий. Оседлый
23.	<i>Pomatoschistus minutus</i> (Pallas, 1770) – малый бычок-бубырь						+		Прибрежный донный вид, обитает на небольших (до 1 м) глубинах. В исследованной акватории редкий. Оседлый.
Количество видов		13	12	9	6	11	11	3	

Наименьшее обилие рыб характерно для прибрежных биотопов, дно которых в значительной степени представлено песчаными аренами (Т2, Т3, Т6, Т7): численность 0,02-0,47 особей под 1 м<sup>2</sup> (рис. 2). Наибольшее – для биотопов центральной и внешней (мористой) части бухты (Т4, Т5) – подводное скальное плато и свал этого плато: численности здесь достигают 25-30 особей под 1 м<sup>2</sup>. Наиболее многочисленными были зеленушки рулена и перепёлка – на них может приходиться более 90 % общей численности. Возможные причины столь высокого обилия:

- бóльшее, по сравнению с другими биотопами, разнообразие элементов рельефа (трещины в скалах, подводные гроты и пр.) и практически сплошное зарастание макроводорослями, создающими надёжные укрытия и обеспечивающими богатую кормовую базу в виде перифитона;

- в связи с последним, значительную часть (74-76 %) указанной численности составляет молодь губановых.

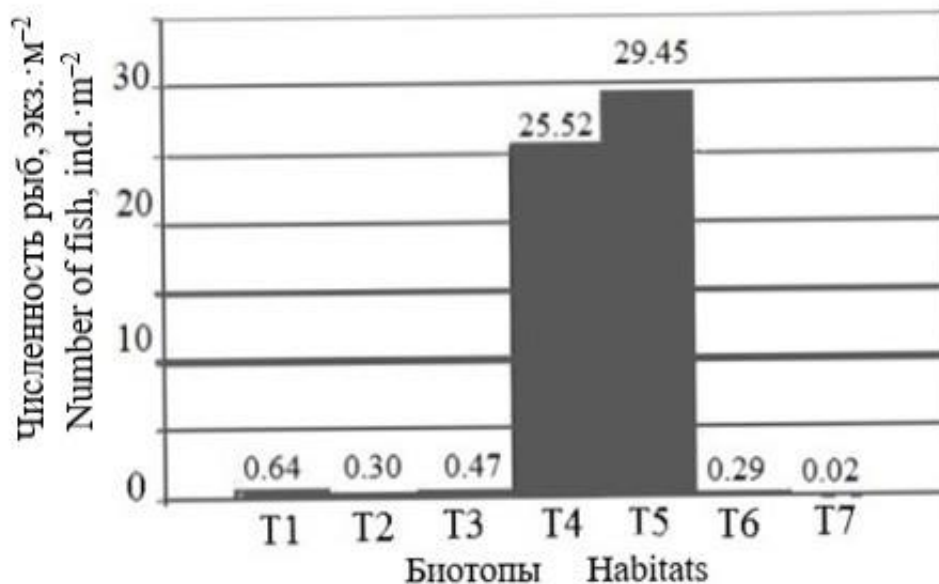


Рисунок 2 – Общая численность рыб прибрежного ихтиокомплекса в биотопах (табл. 2) акватории ЛРП «Тихая бухта», 2019 г.

На рисунке 3 представлены сравнительные данные обилия рыб прибрежного ихтиокомплекса Тихой бухты с таковыми соседних акваторий в

пределах Юго-Восточного Крыма, полученные одинаковыми методами в одни и те же сроки. Столь существенная разница в общей численности рыб изучаемых акваторий в пользу акватории Тихой бухты обусловлена значительным количеством сеголетней молоди рыб (в основном губановых), существенно бóльшим, чем в акватории Карадагского заповедника и у берегов мыса Киик-Атлама.

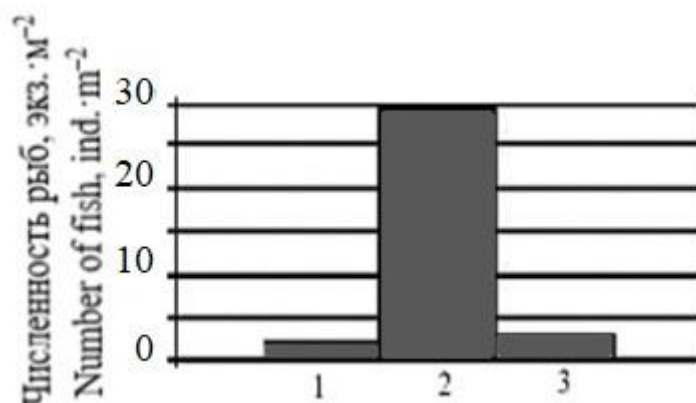


Рисунок 3 – Сравнительная характеристика прибрежных ихтиокомплексов объектов исследований в 2019 г. По вертикали: общая численность рыб в биотопе с наибольшим обилием, по горизонтали: 1 – прибрежный ихтиокомплекс акватории Карадагского природного заповедника; 2 – то же акватории ЛРП «Тихая бухта»; 3 – то же акватории, прилегающей к берегу мыса Киик-Атлама с южной стороны

Для анализа особенностей сообществ и их сравнения применяются разные подходы и методы различной сложности [17]. Нами на основании индекса сходства Сёренсена, рассчитанного попарно для сообществ рыб исследованных биотопов, произведено сравнение ихтиоценозов акватории Тихой бухты (рис. 4А). Хорошо объединяются ихтиоценозы биотопов Т2, Т3, Т4 (значения индекса Сёренсена до 0,75). Биотопы Т2 и Т3 – мелководные местообитания, дно которых сложено камнями разной величины, практически сплошь заросшими макроводорослями с доминированием цистозиры (*Cystosira* sp.), а к заросшим камням примыкают песчаные арены. Глубины здесь, как правило, не превышают

1.5 м. Т4 – подводное каменное плато, сплошь заросшее макроводорослями с доминированием цистозеры, глубины здесь также не превышают 1.5 м. В этой группе биотопов идентифицировано 13 видов, из которых 9 – резиденты.

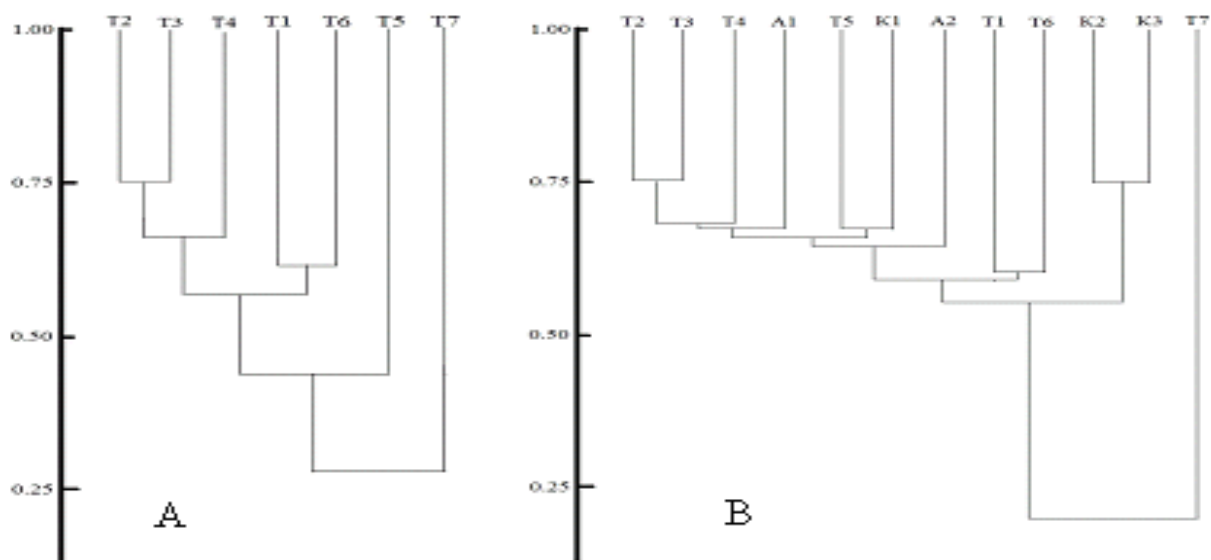


Рисунок 4 – Дендрограмма сходства ихтиоценозов, ассоциированных с биотопами, по их видовому составу: **А** – только для биотопов Тихой бухты, **В** – для всех исследованных биотопов. Т1-Т7 – биотопы акватории ЛРП «Тихая бухта» (табл. 2); К1-К3 – то же акватории Карадагского природного заповедника; А1-А2 – то же акватории, прилегающей к берегу мыса Киик-Атлама с южной стороны

Ещё одна группа биотопов, показывающих высокое (0,6) сходство сообществ рыб – Т1 и Т6. Это мелководья, в целом подобные таковым предыдущей группы, однако глубины здесь бóльшие – до 3 м. В этой группе также встречено 13 видов, из которых 8 – резиденты. Наиболее массовыми являются зеленушки рулена и перепёлка, а также ласкирь. В этих биотопах достаточно обильны мигранты, такие, как сингиль и атерина.

Малое (меньше 0,5) сходство ихтиоценозов с вышеописанными группами и между собой показывают биотопы Т5 и Т7. Т5 – биотоп на южной (мористой)

границе подводного плато (Т4), где имеет место вертикальная стена самого плато и подводные скалы. Характеризуется значительными для побережья глубинами (до 10 м). Здесь встречено 11 видов рыб, из которых 8 – резиденты. Т7 – «песчаная пустыня», здесь встречено 3 вида, все – мигранты.

Сопоставление ихтиокомплекса акватории ЛРП «Тихая бухта» с ихтиокомплексами двух других акваторий Юго-Восточного Крыма – заповедной Карадагского природного заповедника и прилегающей к южному побережью мыса Киик-Атама (рис. 1В, С) тем же методом кластерного анализа показало наличие по крайней мере двух типов ихтиоценозов, ассоциированных с двумя характерными для Юго-Восточного Крыма типами прибрежных биотопов (рис. 4В):

1) Достаточно показательно на основании сходства видового состава объединяются биотопы первой группы Тихой бухты (Т2, Т3, Т4) и А1 акватории у Киик-Атлама. Всё это весьма мелководные биотопы (глубины, как правило, не превышают 1,5 м), дно которых сложено камнями разной величины (как вариант – каменное подводное плато биотопа Т4), практически сплошь заросшими макроводорослями. Доминируют здесь зеленушки рулена и перепёлка, а также собачка морская пятнистая. Характерны также султанка, ласкирь, присоски и иглы, но встречаются они не регулярно.

2) Другое весьма показательное объединение – биотопы Т5 и К1 (Карадагский заповедник). Характерной особенностью их является наличие подводных скал, а, следовательно, и значительной доли вертикальных поверхностей, зарастающих разреженными зарослями цистозиры, между слоевищами которой могут располагаться поселения мидии (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) или митилястра (*Mytilaster lineatus* (Gmelin, 1791)). Глубины между скалами до 7-10 м, дно обычно песчаное. Эта группа биотопов предоставляет ассоциированной биоте бóльший спектр условий, по сравнению с предыдущей группой биотопов. Кроме массовых резидентных видов (зеленушка рулена, собачка морская пятнистая и др.) к этой группе

биотопов тяготеют такие нечасто встречающиеся в регионе (юго-восточное побережье Крыма) виды рыб, как горбыль тёмный, морская ласточка и каменный окунь.

Приведенные выше данные, полученные в ходе проведенного исследования, дают возможность констатировать, что с Тихой бухтой ассоциирован наиболее богатый, по сравнению с другими упомянутыми акваториями ихтиокомплекс, чрезвычайно важный для поддержки функционирования прибрежного ихтиокомплекса в регионе Юго-Восточного Крыма.

### **Выводы**

1. В акватории ЛРП «Тихая бухта» обнаружено 23 вида рыб, принадлежащих к 17 семействам. Обилие рыб прибрежного ихтиокомплекса может существенно, даже на порядки, отличаться в пределах одного региона (Юго-Восточный Крым). Численность рыб в прибрежных биотопах с минимальными глубинами (1-1.5 м) и значительной долей песчаных донных биотопов – 0.02-0.47 особей на 1 м<sup>2</sup>, а в биотопах в средней части бухты (скальное плато, заросшее макрофитами с доминированием цистозеры (*Cystosira* sp.), и свал скального плато со стороны моря) – 25-30 на 1 м<sup>2</sup>.

2. Акватория ЛРП «Тихая бухта» населяется ихтиоценозами с доминированием зеленушки рулены, субдоминанты – зеленушка перепёлка, морская собачка пятнистая и султанка. Основу ихтиоценозов составляют преимущественно виды-резиденты (оседлые и кочевники): уже упомянутые виды (только султанка является мигрирующим видом), а также зеленушка рябчик, губан глазчатый, ласкирь. Характерным видом, не достигающим высоких численностей, однако относительно часто попадающим в поле зрения, в нашем случае являются сингиль.

3. Обилие рыб прибрежного ихтиокомплекса акватории Тихой бухты во время проведения исследований были выше таковых исследованных акваторий Карадагского природного заповедника и у мыса Киик-Атлама. Существенная

разница в общей численности рыб изучаемых акваторий в пользу акватории Тихой бухты обусловлена значительным количеством сеголетней молоди рыб (в основном губановых), существенно бóльшим, чем в других упомянутых акваториях. Именно поэтому на сегодняшний день есть основания считать, что богатый прибрежный ихтиокомплекс, ассоциированный с охраняемой акваторией Тихой бухты, отличающейся значительным разнообразием биотопов, является чрезвычайно важным для поддержки функционирования прибрежного ихтиокомплекса в регионе Юго-Восточного Крыма.

4. На основании индекса сходства Сёренсена, рассчитанного попарно для сообществ рыб исследованных биотопов, на высоком уровне сходства объединяются ихтиоценозы мелководных биотопов, дно которых сложено камнями разной величины, практически сплошь заросшими макроводорослями с доминированием цистозиры. В этой группе биотопов идентифицировано 13 видов, из которых 9 – резиденты. Другая группа биотопов, показывающих высокое сходство сообществ рыб – это мелководья, в целом подобные таковым предыдущей группы, однако глубины здесь бóльшие – до 3 м. В этой группе также встречено 13 видов, из которых 8 – резиденты.

5. С биотопами, образованными подводными камнями и скалами, заросшими макрофитами, ассоциированы ихтиоценозы, сформированные преимущественно видами-резидентами с доминированием губановых (зеленушек) и собачковых. Для биотопов песчаных арен характерны ихтиоценозы с преобладанием мигрантов, из донных резидентов может присутствовать голая песчанка.

*Работа выполнена в рамках темы государственного задания № 121032300019-0 «Изучение фундаментальных физических, физиолого-биохимических, репродуктивных, популяционных и поведенческих характеристик морских гидробионтов».*

Список использованной литературы

1. *Виноградов К.А.* Материалы по ихтиофауне района Карадагской биологической станции (Чёрное море) // Труды Карадагской биологической станции. 1930. Вып. 3. С. 137-144.
2. *Виноградов К.О.* Список рыб Чорного моря, що зустрічаються в районі Карадагської біологічної станції // Доповіді Академії наук УРСР. Відділ. біол. наук. 1947. № 5. С. 57-61.
3. *Прокудина Л.А.* Каталог фауны и флоры Чёрного моря района Карадагской биологической станции // Труды Карадагской биологической станции. 1952. Вып. 12. С. 116-127.
4. *Салехова Л.П., Костенко Н.С., Богачик Т.А., Мунibaева О.Н.* Состав ихтиофауны в районе Карадагского заповедника (Чёрное море) // Вопросы ихтиологии. 1987. Т. 27. Вып. 6. С. 898-905.
5. *Шаганов В.В.* Предварительный обзор ихтиофауны черноморского побережья Юго-Восточного Крыма // Карадаг-2009: Сборник научных трудов, посвящённый 95-летию Карадагской научной станции и 30-летию Карадагского природного заповедника Национальной академии наук Украины / Под ред. А.В. Гаевской, А.Л. Морозовой. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. С. 262-273.
6. *Boltachev A.* Changes features in ichthyofauna in the coastal sea waters of the Crimea in the last decade. Climate forcing and its impacts on the Black Sea Marine Biota. № 39 in CIESM Workshop Monographs, F. Briand, Ed., Monaco: CIESM, 2010, pp. 105-111.
7. *Шаганов В.В., Варламов В.И., Дончик П.И., Везубова Е.О., Петракова Е.В.* Эколого-фаунистическая характеристика ихтиоцены каменистой сублиторали юго-восточного Крыма (Черное море) // Материалы Международной научной конференции «Вопросы сохранения биоразнообразия водных объектов». Ростов-на-Дону. 2015. С. 375-396.
8. *Мальцев В.И., Шаганов В.В., Василец В.Е.* Современное состояние ихтиокомплекса Карадагского природного заповедника // Труды Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского – природного заповедника РАН. 2017. Вып. 2(4). С. 36-54.
9. *Костенко Н.С.* Экваториальные природные объекты // Курорт Коктебель. Природные ресурсы и урбоэкологический прогноз. К.: Наукова думка. 1997. С. 63-68.
10. *Гетьман Т.П.* Визуальные подводные наблюдения при оценке качественно-количественных показателей ихтиоцены // Экология моря. 2007. Вып. 74. С. 13-17.
11. *Леонтьев Д.В.* Флористический анализ в микологии. Харьков. 2008. 108 с.
12. *Шаганов В.В.* Рыбы. Биология Чёрного моря у берегов Юго-Восточного Крыма / Под ред. Н.С. Костенко. Симферополь: ИТ «АРИАЛ». 2018. С. 130-143.
13. Красная книга Республики Крым. Животные / Отв. ред. С.П. Иванов и А.В. Фатерыга. Симферополь: ООО «ИТ «АРИАЛ», 2015. 440 с.
14. Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats. Appendix III – Protected Fauna Species. European Treaty Series. No. 104. 10 p. URL: <https://rm.coe.int/168097eb57> (дата обращения: 01.07.2021).
15. *Мовчан Ю.В.* Зауваження до складу іхтіофауни України (нечисленні, рідкісні, зниклі і нові види) та сучасні зміни в номенклатурі її таксонів (у порядку обговорення) // Збірник праць Зоологічного музею, 2006. № 38. С. 34-43.
16. *Болтачев А. Р., Карпова Е. П.* Морские рыбы Крымского полуострова. Симферополь: Бизнес-Информ, 2012. 200 с.
17. *Arhonditsis G., Karydis M., Tsirtsis G.* Analysis of phytoplankton community structure using similarity indices: a new methodology for discriminating among eutrophication levels in coastal marine ecosystems // Environmental Management. 2003. Vol. 31. No. 5. P. 619-632.

References:

1. Vinogradov K.A. Materialy po ikhtiofaune rayona Karadagskoy biologicheskoy stantsii (Chyornoye more) [Materials on the ichthyofauna near the Karadag Biological Station (Black sea)]. *Trudy Karadagskoy Biologicheskoy Stantsii* [Proceedings of the Karadag Biological Station], 1930, vol. 3, pp. 137-143. (In Russian).



2. Vinogradov K.O. Spysok ryb Chornoho morya, shcho zustrichayutsya v rayoni Karadags`koyi biolohichnoyi stantsiyi [List of the Black Sea fish found near the Karadag Biological Station]. *Dopovidi Akademiyi nauk Ukrayins`koyi RSR. Viddilennya biolohichnykh nauk* [Reports of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR. Department of Biological Sciences], 1947, no. 5, pp. 57-61. (In Ukrainian).
3. Prokudina L.A. Katalog fauny i flory Chyornogo morya rayona Karadagskoy biologicheskoy stantsii [Catalog of Fauna and Flora of the Black Sea Near the Karadag Biological Station]. *Trudy Karadagskoy biologicheskoy stantsii* [Proceedings of the Karadag Biological Station], 1952, vol. 12, pp. 116-127 (In Russian).
4. Salekhova L.P., Kostenko N.S., Bogachik T.A., Minibayeva O.N. Sostav ikhtiofauny v rayone Karadagskogo zapovednika (Chyornoye more) [Composition of the ichthyofauna in the area of the Karadag reserve (Black sea)]. *Voprosy ikhtiologii* [Questions of ichthyology], 1987, vol. 27, issue 6, pp. 898-905. (In Russian).
5. Gaevskaya A.V., Morozova A.L. (eds.), Shaganov V.V. Predvaritel`ny obzor ikhtiofauny chernomorskogo poberezh`ya Yugo-Vostochnogo Kryma [Preliminary review of the ichthyofauna of the Black Sea coast of the South-Eastern Crimea]. *Karadag-2009: Sbornik nauchnykh trudov, posvyashchyonnykh 95-letiyu Karadagskoy nauchnoy stantsii i 30-letiyu Karadagskogo prirodnogo zapovednika Natsional`noy akademii nauk Ukrainy* [Karadag-2009: Collection of scientific papers dedicated to the 95th anniversary of the Karadag Scientific Station and the 30th anniversary of the Karadag Nature Reserve of the National Academy of Sciences of Ukraine]. Sevastopol, EKOSI-Hydrophysika Publ., 2009, pp. 262-273. (In Russian).
6. Boltachev A. *Changes features in ichthyofauna in the coastal sea waters of the Crimea in the last decade. Climate forcing and its impacts on the Black Sea Marine Biota.* No. 39 in CIESM Workshop Monographs, F. Briand, Ed., Monaco, CIESM, 2010, pp. 105-111. (In English).
7. Shaganov V.V., Varlamov V.I., Donchik P.I., Verezubova E.O., Petrakova E.V. Ekologo-faunisticheskaya kharakteristika ikhtiotsena kamenistoy sublitorali Yugo-vostochnogo Kryma (Chyornoye more) [Ecological and faunistic characteristics of the ichthyocene of the stony sublittoral of the South-Eastern Crimea (Black Sea)]. *Materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii «Voprosy sokhraneniya bioraznoobraziya vodnykh ob`yektov»* [Materials of the International Scientific Conference “Issues of biodiversity conservation of water bodies”], Rostov-on-Don, 2015, pp. 375-396. (In Russian).
8. Maltsev V.I., Shaganov V.V., Vasilets V.E. Sovremennoye sostoyaniye ikhtiokompleksa Karadagskogo prirodnogo zapovednika [Current State of the Ichthyo-Complexes of Karadag Nature Reserve]. *Trudy Karadagskoj nauchnoj stantsii im. T.I. Vyazemskogo – prirodnogo zapovednika RAN* [Proceedings of the T.I. Vyazemsky Karadag scientific station – Nature Reserve of the RAS], 2017, vol. 2(4), pp. 36-54. (In Russian).
9. Kostenko N.S. Akvatorial`nye prirodnye ob`yekty [Aquatic Nature Objects]. *Kurort Koktebel. Prirodnye resursy i urboekologicheskyy prognoz* [Resort of Koktebel. Natural resources and urban environmental forecast]. Kiev, Naukova Dumka Publ., 1997, pp. 63-68. (In Russian).
10. Get'man T.P. Vizual`nye podvodnye nablyudeniya pri otsenke kachestvenno-kolichestvennykh pokazateley ikhtiotsena [Visual underwater observations in assessing qualitative and quantitative indicators of the ichthyocene]. *Ekologiya morya* [Marine ecology], 2007, vol. 74, pp. 13-17. (In Russian).
11. Leontyev D.V. *Floristicheskiy analiz v mikologii* [Floristic Analysis in Mycology]. Kharkov, 2008, 108 p. (In Russian).
12. Shaganov V.V., Kostenko N.S. (ed.) *Ryby. Biologiya Chyornogo morya u beregov Yugo-Vostochnogo Kryma* [Pisces. The Biology of the Black Sea Offshore Area at the South-Eastern Crimea]. Simferopol, IT “ARIAL” Publ., 2018, pp. 130-143. (In Russian).
13. Ivanov S.P., Fateryga A.V. (eds.) *Krasnaya kniga Respubliki Krym. Zhivotnye* [Red book of the Republic of Crimea. Animals]. Simferopol, IT “ARIAL” Publ., 2015, 440 p. (In Russian).

14. *Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats. Appendix III – Protected Fauna Species*. European Treaty Series, no. 104, 10 p. <https://rm.coe.int/168097eb57> (accessed 01.07.2021).
15. Movchan Yu.V. Zauvazhennya do skladu ikhtiofauny Ukrayiny (nechyslenni, ridkisini, znykli i novi vydy) ta suchasni zminy v nomenklaturi yiyi taksoniv (u poryadku obhovorenniya) [Comments on the composition of the Ukrainian ichthyofauna (few, rare, missing and new species) and modern changes in the nomenclature of its taxa (in order of discussion)]. *Zbirnyk prats Zoolohichnoho muzeyu* [Collection of works of the Zoological Museum], 2006, no. 38, pp. 34-43. (In Ukrainian).
16. Boltachev A.R., Karpova E.P. *Morskie ryby Krymskogo poluostrova* [Marine fishes of the Crimean Peninsula]. Simferopol, Bisnes-Inform Publ., 2012, 200 p. (In Russian).
17. Arhonditsis G., Karydis M., Tsirtsis G. Analysis of phytoplankton community structure using similarity indices: a new methodology for discriminating among eutrophication levels in coastal marine ecosystems. *Environmental Management*, 2003, vol. 31, no. 5, pp. 619-632. (In English).

### Сведения об авторах / Information about authors

<b>Мальцев Владимир Иннокентьевич</b>	канд. биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории биохимии и физиологии гидробионтов Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского – природный заповедник РАН – филиал ФГБУН ФИЦ «ИнБЮМ им. А.О. Ковалевского РАН» 298188, Республика Крым, г. Феодосия, пгт Курортное, ул. Науки, 24 доцент кафедры водных биоресурсов и марикультуры Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 maltsev1356@gmail.com
Maltsev Vladimir Innokentiyevich	Ph.D. (Biol.), Senior Researcher of the Laboratory of Biochemistry and Physiology of Aquatic Organisms T.I. Vyazemsky Karadag Scientific Station – Nature Reserve of the RAS – Branch of A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS 24 Nauki str., Kurortnoye stlm, Feodosia, 298188, Crimea Associate Professor at the Department of Aquatic Bioresources and Mariculture Kerch State Maritime Technological University 82 Ordzhonikidze str., Kerch, 298309, Republic of Crimea maltsev1356@gmail.com
<b>Петрова Татьяна Николаевна</b>	Инженер лаборатории биохимии и физиологии гидробионтов, Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского – природный заповедник РАН – филиал ФГБУН ФИЦ «ИнБЮМ им. А.О. Ковалевского РАН» 298188, Республика Крым, г. Феодосия, пгт Курортное, ул. Науки, 24 Магистрант направления подготовки «Водные биоресурсы и аквакультура» Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 tanysha_07011977@mail.ru

Petrova  
Tatyana  
Nikolaevna

Engineer of the Laboratory of Biochemistry and Physiology of Aquatic Organisms,  
T.I. Vyazemsky Karadag Scientific Station – Nature Reserve of the RAS – Branch of A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS  
24 Nauki str., Kurortnoye stlm, Feodosia, 298188, Crimea.  
Master student of the training direction “Aquatic Bioresources and Aquaculture”  
Kerch State Maritime Technological University  
82 Ordzhonikidze str., Kerch, 298309, Republic of Crimea  
tanysha\_07011977@mail.ru

УДК 595.384.1(262.5)

DOI: 10.47404/2619-0605\_2021\_3\_84

Степанова О.Д., Кибенко В.А.

## ЧЕРНОМОРСКАЯ ТРАВЯНАЯ КРЕВЕТКА (*PALAEEMON ADSPERSUS* RATHKE, 1837) – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ОБЪЕКТ ПРОМЫСЛА В АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОМ БАССЕЙНЕ

**Аннотация.** В данной статье описаны одни из основных особенностей биологии черноморской травяной креветки (*Palaemon adspersus* Rathke, 1837). В частности, представлено определение общей длины и массы тела каждой особи в выборке, пола, наличие кладок яиц под абдоменом у самок, количество яиц в кладке, посчитана абсолютная реализованная плодовитости и количество яиц в 1 г кладки, отобранных в Азово-Черноморском бассейне. В акватории как Черного, так и Азовского морей креветки представлены несколькими видами, чаще всего среди которых можно встретить черноморскую травяную креветку, которая имеет промысловое значение. В связи с этим в статье также приведены некоторые перспективы расширения объемов промысла данного вида креветок, а также основные направления его использования.

**Ключевые слова:** черноморская травяная креветка, *Palaemon Adspersus*, Керченский пролив, Азово-Черноморский бассейн, промысловое использование.

Stepanova O.D., Kibenko V.A.

## THE BLACK SEA GRASS SHRIMP (*PALAEEMON ADSPERSUS* RATHKE, 1837) IS A PROMISING OBJECT OF FISHING IN THE AZOV-BLACK SEA BASIN

**Abstract.** This article describes some of the main features of the biology of the Black Sea grass shrimp (*Palaemon adspersus* Rathke, 1837). In particular, the determination of the total length and body weight of each individual in the sample, sex, the presence of egg clutches under the abdomen in females, the number of eggs in the clutch, the absolute realized fertility and the number of eggs in 1 g of the clutch selected in the Azov-Black Sea basin are calculated. In the waters of both the Black and Azov Seas, shrimp are represented by several species, most often among which you can find the Black Sea grass shrimp, which has commercial significance. In this regard, the article also presents some prospects for expanding the volume of fishing for this type of shrimp, as well as the main directions of its use.

**Keywords:** Black Sea grass shrimp, *Palaemon Adspersus*, Kerch strait, Azov-Black sea basin, commercial use.

**Введение.** Десятиногие ракообразные являются одной из ценных групп гидробионтов Азовского и Черного морей [1]. Черноморская травяная креветка (*Palaemon adspersus* Rathke, 1837) – вид креветок из семейства Palaemonidae. Чаще всего вид можно встретить в биотопах макрофитов (зостеры и цистозир) на всевозможных грунтах. В зарослях зостеры, которая преимущественно произрастает на песчано-илистых грунтах плотность *P. adspersus* значительно выше [2]. Обитает креветка при температуре от 2 до 25 °С и солености от 7 до 35

‰ [3]. Внешний вид представляет собой вытянутое тело, немного сплющенное по бокам, которое разделяется на два основных сегмента: брюшко, головогрудь (рисунок 1).



Рисунок 1 – Черноморская травяная креветка

В специальных углублениях, расположенных в начале панциря головогруды, находится пара глаз. Органы креветки занимают весь карапакс, кишечник и протоки половой системы находятся в брюшной части тела. Желудочно-кишечный тракт прямой или слегка изогнут, в общем, можно разделить на три отдела: переднюю кишку (пищевод и желудок), среднюю и заднюю кишки [4]. Этот вид известен как всеядный, питающийся мелкими ракообразными, полихетами, водорослями и детритом [9].

**Целью исследования** является обобщение биологии креветок по имеющимся литературным данным, а также установление размерно-массового и полового состава промысловой части популяции креветки травяной в Азово-Черноморском бассейне. В работе даны описания основным направлениям использования вида, а также промысловое значение.

**Материалы и методы исследования.** В имеющихся литературных данных можно встретить информацию о характеристике популяции черноморской травяной креветки в Черном море [5], описаны перспективы использования креветок [6]. Описаны особенности биологии креветки, основной

промысл ее в Черном и Азовском морях [7]. Имеются также данные о промысловой нагрузке на популяции креветок в данной акватории, проанализировано возможное негативное воздействие на популяции [8].

На сегодняшний день также наблюдается необходимость в оценке запасов как черноморской травяной креветки (*Palaemon adspersus* Rathke, 1837), так и десятиногих ракообразных в целом, продолжая изучение возможностей их промыслового использования. Отсюда следует, что важной задачей исследования становится изучение биологических характеристик промысловых видов гидробионтов.

Сбор материала проводился в мелководной прибрежной части Азовского и Черного морей на протяжении нескольких месяцев, а именно май – июль 2021 года в биотопах цистозир (*Cystoseira* sp.) и зостеры (*Zostera* sp.). Карта-схема представлена на рисунке 2.

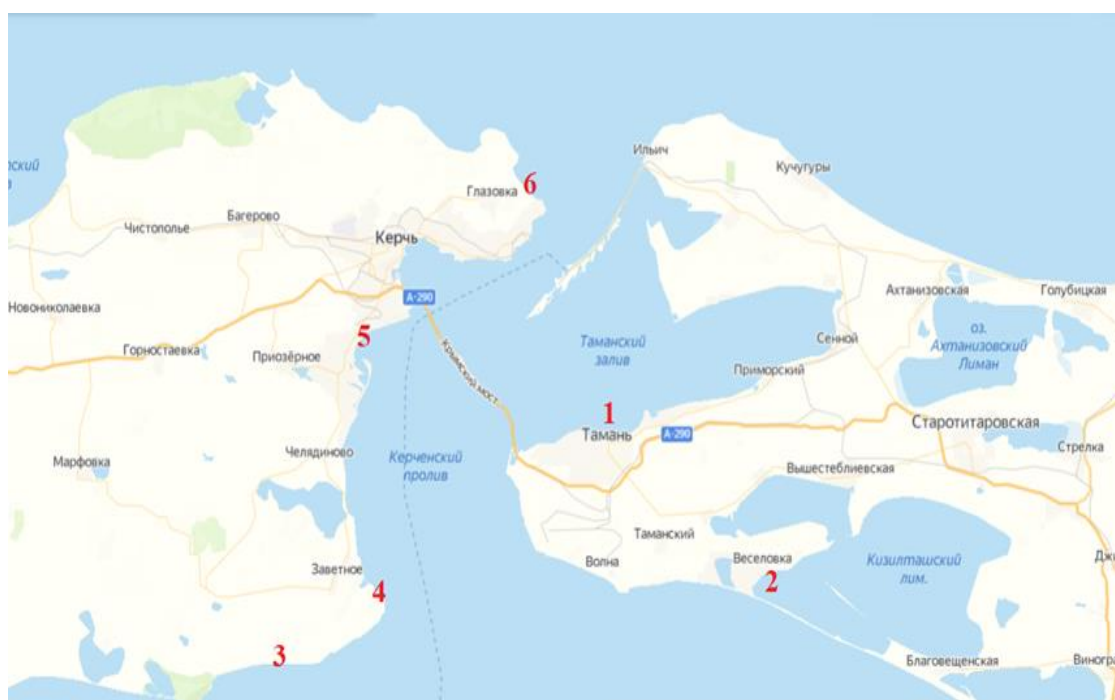


Рисунок 2 – Карта-схема станций отбора проб креветок в 2021 г.

Отлов креветок проводили гидробиологическим ручным сачком диаметром 20 см с ячеей 1 мм (рисунок 3).



Рисунок 3 – Сбор материала

Фиксация проб производилась 4 %-ным раствором формальдегида, в лабораторных условиях измерялась общая длина (рисунок 4) (от конца рострума до конца тельсона) и массы тела каждой особи, пола, наличие кладок яиц под абдоменом у самок, количество яиц в кладке. Всего отобрано 12 проб, включающих 313 особей креветок.



Рисунок 4 – Обработка материала

**Результаты исследования и их обсуждение.** Отбор проб характеризовался следующими условиями:

Станция № 1 – Акватория у набережной станицы Тамань.

Грунтом, преобладающим по площади в прибрежной зоне является крупнозернистый песок, при этом наблюдается как песок с примесями ила, так и песок с примесью гальки. В данной акватории моря на песчаном грунте располагаются обширные заросли *Zostera marina*. Первый отбор проб осуществлялся 23 мая в 3:00 утра. Второй раз материал был отобран 5 июля в 6:00 утра 2021 года, в мелководной прибрежной части, 23 мая было отобрано 28 особей, 5 июля – 26 особей.

Станция № 2 – Акватория Черного моря у Бугазской косы.

Дно пологое. Преобладающим по площади является песчано-галечный грунт. В прибрежной зоне на песчаном грунте встречаются негустые заросли *Zostera noltii*. Первый отбор проб осуществлялся 23 мая в 6:40 утра. Второй раз материал был отобран 05 июля в 6:00 утра 2021 года, в мелководной прибрежной части. Всего на данной станции отобрано было 26 особей, 5 июля – 28 особей.

Станция № 3 – Акватория Черного моря у села Яковенково.

Наиболее часто встречающимся грунтом в прибрежной зоне является песок преимущественно без примеси ила, дно пологое. В прибрежной зоне, располагаясь в виде мозаики, произрастают негустые заросли *Zostera noltii*, предпочитающие песчаный грунт, и на скальных выходах *Cystoseira barbata*. Отбор проб на третьей станции осуществлялся 25 мая в 6:00 и 08 июля в 7:30 утра 2021 года, в мелководной прибрежной части. 25 мая было отобрано 25 особей, 8 июля – 27 особей;

Станция № 4 – Акватория моря у мыса Такиль.

Преобладающим на данной территории грунтом является мелкозернистый песок без примеси ила. В прибрежной зоне, располагаясь в виде мозаики, произрастают негустые заросли *Zostera noltii*, предпочитающие песчаный грунт, и на скальных выходах *Cystoseira barbata*. Первый отбор проб осуществлялся 24 мая в 5:30 утра. Второй раз материал был отобран 8 июля в 4:30 утра 2021



года, в мелководной прибрежной части, 24 мая отобрано было 22 особи, 8 июля – 26 особей.

Станция 5 № – Акватория моря у городского пляжа города Керчь.

Преобладающим по площади в прибрежной зоне является песчано-илистый грунт, в некоторых местах наблюдается песок с включением раковин моллюсков. В прибрежной зоне, располагаясь в виде мозаики, произрастают негустые заросли *Zostera noltii*, предпочитающие песчаный грунт, и на скальных выходах *Cystoseira barbata*. Отбор проб на пятой станции осуществлялся в 4:00 утра 24 мая и 7 июля в 19:00 2021 года, в мелководной прибрежной части. Всего 24 мая отобрано было 24 особи, 7 июля – 29 особей.

Станция № 6 – Акватория моря у мыса Фонарь.

Наиболее часто встречающимся грунтом, в данной акватории моря является песок с примесями ила и глины, иногда встречаются обломки раковин моллюсков. На песчаном грунте располагаются обширные заросли морских трав (*Zostera marina*). Отбор проб на шестой станции осуществлялся 25 мая в 20:00 и 08 июля в 20:00 2021 года, в мелководной прибрежной части, 25 мая было отобрано 27 особей, 10 – 25 особей.

Линейно-массовая характеристика креветок (размерно-весового состава и плодовитости) представлена в таблице 1.

По данным из таблицы 1 можно проследить, что минимальная длина особей составляла 3,3 см, максимальная – 9,5 см, средняя составила  $7,4 \pm 0,03$  см. Следует отметить, что большинство особей креветки в выборке превышали промысловый размер, а именно – 3,5 см. Масса варьировала от 1,0 до 6,0 г, средняя –  $3,6 \pm 0,04$  г.

Во всех выборках преобладали самки. На рисунке 5 продемонстрировано, что из общего числа черноморской травяной креветки, присутствующей в пробах, самки составили 293 особи, что составило 94 % от общего числа особей, самцы – 20 особей, что, соответственно, составило 6 % особей от общей численности.

Таблица 1 – Линейно-массовая характеристика креветок

Характеристика	Значение
Общая длина, см $\frac{Cp \pm mx}{Min - max}$	$\frac{7,4 \pm 0,03}{3,3 - 9,5}$
Масса, г $\frac{Cp \pm mx}{Min - max}$	$\frac{3,6 \pm 0,04}{1,0 - 6,0}$
Кол-во яиц в 1 г $\frac{Cp \pm mx}{Min - max}$	$\frac{357 \pm 2,19}{284 - 433}$
Абсолютная реализованная плодовитость, шт. $\frac{Cp \pm mx}{Min - max}$	$\frac{427 \pm 2,51}{280 - 568}$

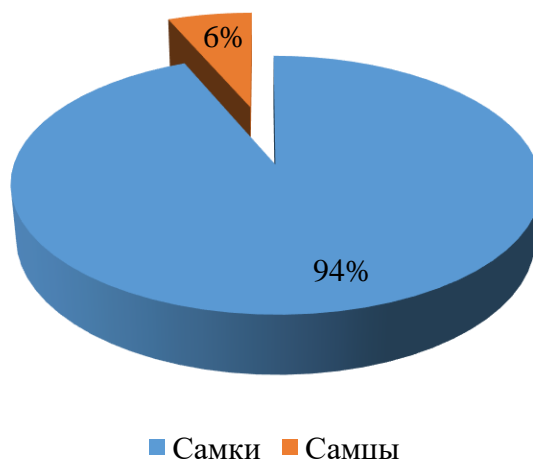


Рисунок 5 – Половое соотношение креветок по всем выборкам

У всех самок под абдоменом были отмечены кладки с яйцами. Количество яиц определенное на 1 г варьировало от 284 до 433 шт./особь и составила в среднем  $356 \pm 2,19$  шт./особь. Абсолютная реализованная плодовитость варьировала от 280 до 568 шт./особь, в среднем равна  $426 \pm 2,51$  шт./особь. Самки в пробах были четырех размерных групп, а именно: 9 см; 8 см; 7 см; и 5 см.

Абсолютная реализованная плодовитость самок в соответствии с размерными группами представлена на рисунке 6.

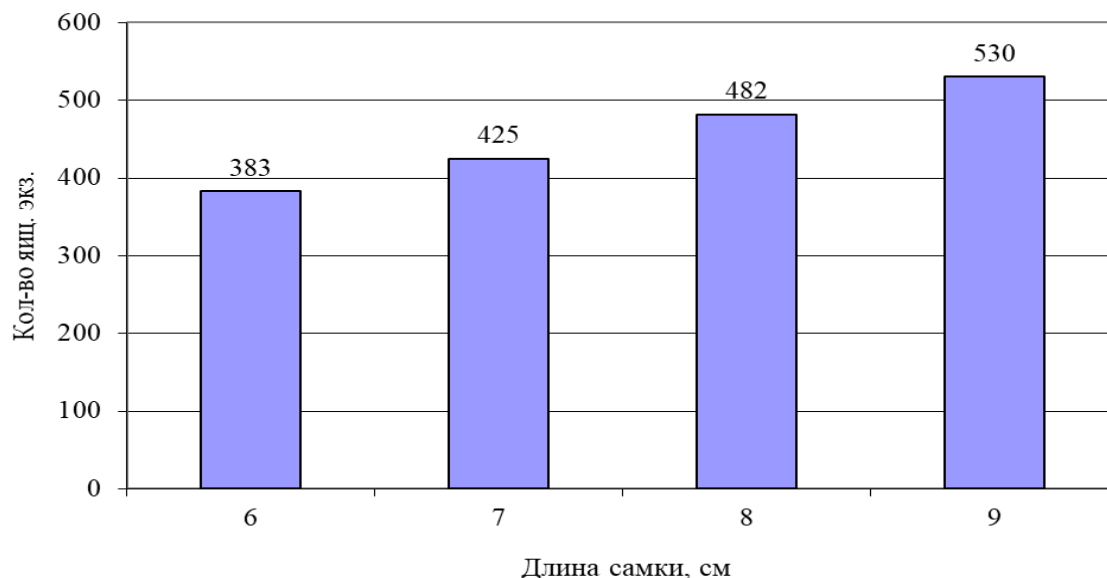


Рисунок 6 – Абсолютная реализованная плодовитость самок в соответствии с общей длиной

У некоторых особей наблюдалась частичная или полная деформация роострума. Из общего числа особей (313 шт.), деформация наблюдалась у 14 особей, что составляет 4 % от общего числа (рисунок 7).



Рисунок 7 – Соотношение здоровых особей к особям с деформацией роострума

На всех станциях встречались особи данного вида, в результате чего можно сделать вывод о массовости вида в Азово-Черноморском бассейне. Среди десятиногих ракообразных, обитающих в Черном и Азовском морях, *Palaemon adspersus* считается одним из наиболее массовых промысловых видов. Креветка пользуется высоким спросом на внутреннем рынке сбыта. Сбыт готовой продукции проводится в зоомагазины, торговые сети, кафе, пабы, рестораны и доставки суши, экспорт. Мясо креветки насыщено всеми необходимыми для организма человека аминокислотами, а также содержит витамин В12, отвечающий за состояние нервной системы, фосфор, благотворно отвечающий прочность и плотность костей, также содержит кальций, железо, магний, калий, цинк, селен и холин, оказывающим влияние на уровень гомоцистеина в организме, предотвращающего заболевания сердца. Также креветка используется в качестве живой приманки для коммерческого и спортивного рыболовства, а также для корма домашних животных. Обычно продается в смеси с другими видами мелких прибрежных креветок [10].

**Выводы.** Креветки встречались на всех станциях отбора проб. Длина особей варьировала от 3,3 до 9,5 см (среднее значение  $7,4 \pm 0,03$  см), масса – от 1,0 до 6,6 г (среднее значение  $3,6 \pm 0,04$  г). Наблюдалась высокая доля особей промыслового размера – от 3,5 см и выше. На большей части территории, около берегов Крыма, на глубинах менее 8–10 м можно встретить креветку. Традиционной пищей в северо-западной части Черного моря и у берегов Крыма является именно черноморская травяная креветка, чем и обусловлен ее промысел в данных районах, в связи с этим с 2016 года вид добавлен в перечень объектов регионального промысла Азово-Черноморского территориального управления Росрыболовства.

Список использованной литературы:

1. Борисов Р.Р., Ковачева Н.П., Никонова И.Н., Печенкин Д.С., Лузгин С.Е. Креветка травяной чилим *Pandalus latirostris* как потенциальный объект аквакультуры // Труды Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии. 2016. Т. 161. С. 169-180.
2. Макаров Ю.Н. Креветки Хаджибейского лимана и перспективы их использования //

Материалы Всесоюзного симпозиума по изученности Черного и Средиземного морей, использованию и охране их ресурсов. Киев, 1973. Ч. 3. С. 103-109.

3. *Марин И.Н.* Малый атлас десятиногих ракообразных России. Москва: КМК, 2013. 145 с.
4. *Макаров Ю.Н.* Десятиногие ракообразные. Фауна Украины. Том 26. Высшие ракообразные. Выпуск 1-2. Киев, 2004. С. 430.
5. *Статкевич С.В.* Популяционные характеристики травяной креветки *Palaemon adspersus* (Rathke, 1837) в Черноморской прибрежной зоне // Сборник материалов VIII Всероссийской научной конференции. Севастополь, 2015. С. 129-130.
6. *Кулиш А.В., Левинцова Д.М.* Фауна десятиногих ракообразных акватории Керченского пролива (Азовское море): ретроспектива изучения и современный состав // Водные биоресурсы и среда обитания. 2019. Т. 2. С. 53-78.
7. *Болтачев А.Р., Статкевич С.В., Карпова Е.П., Хуторенко И.В.* Черноморская травяная креветка *Palaemon adspersus*: биология, промысел, проблемы // Вопросы рыболовства. 2017. Т. 18. Изд. 3. С. 313-327.
8. *Саенко Е.М., Дудкин С.И., Марушко Е.А., Костенко Т.В.* Промыслово-биологические данные и ограничение рыболовства креветок в Черном и Азовском морях // Водные биоресурсы и среда обитания. 2021. Т. 4. № 1. С. 71-82.
9. *Bilgin S., Samsun O., Ozen O.* Seasonal growth and reproduction biology of the Baltic prawn, *Palaemon adspersus* (Decapoda: Palaemonidae) in the southern Black Sea. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. 2009. P. 509-519.
10. *Smaldon G.* British Coastal Shrimps and Prawns: Keys and Notes for the Identification of the Species. Synopses of the British fauna. London, Academic Press, 1979. 126 p.

#### References:

1. Borisov R.R., Kovacheva N.P., Nikonova I.N., Pechenkin D.S., Luzgin S.E. Krevetka travyanoj chilim *Pandalus latirostris* как potencial'nyj ob'ekt akvakul'tury [Grass chilim shrimp *Pandalus latirostris* as a potential object of aquaculture]. *Trudy Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta rybnogo hoz'yajstva i okeanografii* [Proceedings of the All-Russian Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography], 2016, vol. 161, pp. 169-180. (In Russian).
2. Makarov Yu.N. Krevetki Hadzhibejskogo limana i perspektivy ih ispol'zovaniya [Shrimps of the Hadzhibeysky estuary and prospects for their use]. *Materialy Vsesoyuznogo simpoziuma po izuchennosti Chernogo i Sredizemnogo morej, ispol'zovaniyu i ohrane ih resursov* [Materials of the All-Union Symposium on the study of the Black and Mediterranean Seas, the use and protection of their resources]. Kiev, 1973, part 3, pp. 103-109. (In Russian).
3. Marin I.N. *Malyj atlas desyatinogih rakoobraznyh Rossii* [Small Atlas of decapod crustaceans of Russia]. Moscow, KMK Publ., 2013, 145 p. (In Russian).
4. Makarov Yu.N. *Desyatinogie rakoobraznye. Fauna Ukrainy. Tom 26. Vysshie rakoobraznye* [Decapod crustaceans. Fauna of Ukraine. Volume 26. Higher crustaceans]. Issue 1-2. Kiev, 2004, p. 430. (In Russian).
5. Statkevich S.V. Populyacionnye harakteristiki travyanoj krevetki *Palaemon adspersus* (Rathke, 1837) v Chernomorskoj pribrezhnoj zone [Population characteristics of the grass shrimp *Palaemon adspersus* (Rathke, 1837) in the Black Sea coastal zone]. *Sbornik materialov VIII Vserossijskoj nauchnoj konferencii* [Proceedings of the VIII All-Russian Scientific Conference]. Sevastopol', 2015, pp. 129-130. (In Russian).
6. Kulish A.V., Levincova D.M. Fauna desyatinogih rakoobraznyh akvatorii Kerchenskogo proliva (Azovskoe more): retrospektiva izucheniya i sovremennyj sostav [Fauna of decapod crustaceans of the Kerch Strait (Sea of Azov): retrospective of the study and modern composition]. *Vodnye bioresursy i sreda obitaniya* [Aquatic bioresources and habitat], 2019, vol. 2, pp. 53-78. (In Russian).
7. Boltachev A.R., Statkevich S.V., Karpova E.P., Hutorenko I.V. Chernomorskaya travyanaya krevetka *Palaemon adspersus*: biologiya, promysel, problemy [Black Sea grass shrimp *Palaemon*

- adpersus: biology, fishing, problems]. *Voprosy rybolovstva* [Questions of fisheries], 2017, vol. 18, issue 3, pp. 313-327. (In Russian).
8. Saenko E.M., Dudkin S.I., Marushko E.A., Kostenko T.V. Promyslovo-biologicheskie dannye i ogranichenie rybolovstva krevetok v Chernom i Azovskom moryah [Commercial and biological data and the restriction of shrimp fishing in the Black and Azov seas]. *Vodnye bioresursy i sreda obitaniya* [Aquatic bioresources and habitat], 2021, vol. 4, no. 1, pp. 71-82. (In Russian).
  9. Bilgin S., Samsun O., Ozen O. Seasonal growth and reproduction biology of the Baltic prawn, *Palaemon adpersus* (Decapoda: Palaemonidae) in the southern Black Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 2009, pp. 509-519. (In English).
  10. Smaldon G. *British Coastal Shrimps and Prawns: Keys and Notes for the Identification of the Species. Synopses of the British fauna*. London, Academic Press, 1979, 126 p. (In English).

#### Сведения об авторах / Information about authors

<b>Степанова Ольга Денисовна</b>	магистрант 2-го курса направления подготовки «Водные биоресурсы и аквакультура» Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 stepanova98olga96@yandex.ru
Stepanova Olga Denisovna	master's degree student of the 2nd year of the training direction “Aquatic bioresources and aquaculture” Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82 stepanova98olga96@yandex.ru
<b>Кибенко Владимир Александрович</b>	канд. экон. наук, доцент кафедры водных биоресурсов и марикультуры Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 kibenvladimir@mail.ru
Kibenko Vladimir Alexandrovich	Ph.D. (Econ.), Associate Professor at the Department of aquatic bioresources and mariculture Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82 kibenvladimir@mail.ru

УДК 621.43.018.7:536.8

DOI: 10.47404/2619-0605\_2021\_3\_95

Конюков В.Л., Василенко Е.Е.

## АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТУРБИННОЙ СТУПЕНИ ПРИ ПОВОРОТЕ ЛОПАТОК РЕГУЛИРУЕМОГО СОПЛОВОГО АППАРАТА

**Аннотация.** Турбинные ступени с поворотными лопатками соплового аппарата применяются в агрегатах, работающих в широком диапазоне режимов для повышения экономичности турбин. Это вызвано снижением потерь энергии при уменьшении угла атаки лопаток рабочего аппарата, снижением потерь энергии с выходной скоростью вследствие изменения степени реактивности. Уменьшение выходного угла соплового аппарата способствует повышению окружного КПД ступени. Использование турбинных ступеней с поворотными лопатками в турбонаддувочных агрегатах дизелей позволяет обеспечить эффективное управление расходом воздуха, что способствует увеличению экономичности дизельных установок на режимах долевых нагрузок. В процессе проектирования и исследования агрегатов с турбинами, где используются поворотные лопатки сопловых аппаратов, требуется оценка эксплуатационных параметров таких турбин. В работе приводятся результаты исследования турбинной ступени для различных углов установки лопаток соплового аппарата при их повороте и для изменяющихся условий эксплуатации. Получены зависимости основных эксплуатационных параметров турбинной ступени от угла поворота лопаток для внешней, винтовой и нагрузочной характеристики. Также получены зависимости параметров для турбины с поворотными лопатками в составе турбонаддувочного агрегата при совместной работе с дизелем. В работе приведены теоретические выкладки для вычисления коэффициента скорости рабочего аппарата и степени реактивности турбинной ступени при повороте лопаток соплового аппарата.

**Ключевые слова:** турбинная ступень, регулируемый сопловой аппарат, угол поворота лопаток соплового аппарата, эксплуатационные характеристики турбин, дизель, турбонаддувочный агрегат.

Konyukov V.L., Vasilenko E.E.

## ANALYSIS OF THE OPERATIONAL CHARACTERISTICS OF THE TURBINE STAGE WHEN TURNING THE BLADES OF AN ADJUSTABLE NOZZLE APPARATUS

**Abstract.** Turbine stages with rotary nozzle blades are used in units operating in a wide range of modes to increase the efficiency of turbines. This is caused by a decrease in energy losses with a decrease in the angle of attack of the blades of the working apparatus, a decrease in energy losses with the output speed due to a change in the degree of reactivity. Reducing the output angle of the nozzle device helps to increase the circumferential efficiency of the stage. The use of turbine stages with rotary blades in diesel turbocharging units allows for effective control of air flow, which contributes to an increase in the efficiency of diesel installations in the modes of shared loads. In the process of designing and researching units with turbines, where rotary blades of nozzle apparatuses are used, an assessment of the operational parameters of such turbines is required. The paper presents the results of a study of the turbine stage for different angles of installation of the nozzle blades when they are rotated and for different operating conditions. The dependences of the main operational parameters of the turbine stage on the angle of rotation of the blades for external, screw and load characteristics are obtained. The dependences of the parameters for a turbine with rotary blades as part of a turbocharging unit when working together with a diesel engine are also obtained. The paper

presents theoretical calculations for calculating the speed coefficient of the working apparatus and the degree of reactivity of the turbine stage when turning the nozzle blades.

**Keywords:** turbine stage, adjustable nozzle unit, angle of rotation of the nozzle blades, turbine performance characteristics, diesel, turbocharging unit.

## Введение

Одноступенчатые турбины с регулируемым сопловым аппаратом (РСА) целесообразно использовать в агрегатах, работающих в широком диапазоне режимов, а также в турбонаддувочных агрегатах дизелей [1], [2]. В первом случае, при изменении режима работы, путем поворота лопаток соплового аппарата, можно уменьшить угол атаки при натекании газа на лопатки рабочего аппарата и снизить потери энергии с выходной скоростью, что способствует повышению экономичности турбины. Во втором случае, изменяя площадь проходного сечения турбины при повороте лопаток РСА турбокомпрессора, можно повысить экономичность дизеля на режимах долевых нагрузок [3], [4].

Эксплуатационные параметры турбины определяются характеристиками потребителя ее механической энергии. Таким образом, турбина может работать по внешней, нагрузочной, винтовой или по другим спецификационным характеристикам, в зависимости от типа и назначения потребителя механической энергии. В практике турбостроения для определения эффективности конструктивных и газодинамических воздействий проводят экспериментальные исследования внешних характеристик турбин [5]. Внешние характеристики представляют зависимости эффективной мощности турбины  $N_e$ ; эффективного момента на валу  $M_e$ ; эффективного КПД  $\eta_e$ ; степени реактивности  $\rho$ ; частоты вращения ротора  $n$  от одного из перечисленных параметров. В качестве независимой переменной, как правило, принимают частоту вращения ротора. Внешняя характеристика турбины определяется при неизменных параметрах потока на входе в турбину и постоянном давлении на выходе. Изменение частоты вращения турбины приводит к изменению ее скоростной характеристики  $v_1 = u_1/c_1$ . Здесь:  $u_1$  – окружная скорость на входе в рабочий аппарат турбинной ступени;  $c_1$  – абсолютная скорость газа на выходе из соплового аппарата



(указанные скорости соответствуют среднему диаметру выходного сечения соплового аппарата). При неизменной степени реактивности и отсутствия поворота лопаток РСА  $c_1$  практически не изменяется, поэтому изменение  $v_1$  пропорционально изменению  $u_1$  или частоте вращения ротора  $n$ .

Экспериментальные исследования турбинных ступеней показали, что при неизменных параметрах рабочего тела на входе и постоянном давлении за турбиной имеет место изменение массового расхода газа и степени реактивности при изменении частоты вращения [6], [7]. Это, в свою очередь, отражается на показателях экономической эффективности турбинной ступени.

В процессе проектирования турбоагрегатов различного назначения, в которых используются турбинные ступени с РСА, требуется оценка их эксплуатационных характеристик в зависимости от угла поворота лопаток. Проведение экспериментальных исследований, в этом случае, является дорогостоящей процедурой, да и не всегда выполнимой.

**Целью работы** является теоретическое исследование эксплуатационных характеристик турбинной ступени с регулируемым сопловым аппаратом, работающей в различных эксплуатационных условиях, при изменении угла установки сопловых лопаток.

**Методы и материалы исследования.** Исследования проводились расчетно-теоретическим способом по методике, в которой использовались проверенные алгоритмы тепловых и газодинамических расчетов турбинных ступеней. Эксплуатационные показатели определялись методом последовательных приближений.

Поворот лопаток РСА вызывает изменение эффективной площади проходного сечения соплового аппарата. При этом изменяется соотношение эффективных площадей соплового и рабочего аппаратов, что, в первую очередь, отражается на степени реактивности турбинной ступени.

Пренебрегая внутренними протечками рабочего тела, запишем уравнения расхода через сопловой и рабочий аппараты

$$G = f_1 c_1 \rho_1, \quad G = f_2 w_2 \rho_2, \quad (1)$$

где  $f_1, f_2$  – площадь выходного сечения соответственно соплового и рабочего аппаратов;

$c_1$  – абсолютная скорость газа в выходном сечении соплового аппарата;

$w_2$  – относительная скорость в выходном сечении рабочего аппарата;

$\rho_1, \rho_2$  – плотность газа в выходном сечении соответственно соплового и рабочего аппаратов.

Из уравнений энергии для турбинных решеток следует

$$c_1^2 = 2\varphi^2 L_0 (1 - \rho), \quad w_2^2 = 2\psi^2 L_0 (\rho + \xi_w), \quad (2)$$

где  $\varphi, \psi$  – коэффициенты скорости соответственно соплового и рабочего аппаратов;

$L_0$  – располагаемая работа турбинной ступени;

$\xi_w$  – относительная входная надбавка кинетической энергии рабочего

аппарата, которая определяется по выражению  $\xi_w = \frac{w_1^2}{2L_0}$ ;

$w_1$  – относительная скорость на входе в рабочий аппарат.

Приравняв правые части уравнений (1), возведя их в квадрат и, подставив соотношения (2), выразим степень реактивности

$$\rho = \frac{\frac{f_1^2 \varphi^2 \rho_1^2}{f_2^2 \psi^2 \rho_2^2} \xi_w}{\frac{f_1^2 \varphi^2 \rho_1^2}{f_2^2 \psi^2 \rho_2^2} + 1}. \quad (3)$$

Поворот лопаток РСА выводит турбинную ступень на новый эксплуатационный режим, при котором обтекание лопаток рабочего аппарата происходит с углом атаки, вызывающим повышенные потери энергии. Степанов

Г.Ю. рекомендует определять профильные потери энергии с учетом угла атаки по выражению [8]:

$$\zeta_{\text{пр}} = 0,03 + 0,058 \left( \frac{\sin \beta_2}{\sin \beta_1} \right)^2 + 0,265 \left( \frac{\sin i \sin \beta_2}{\sin \beta_1 \sin \beta_{1л}} \right)^2, \quad (4)$$

где  $\beta_1, \beta_2$  – угол потока соответственно на входе в рабочую решетку и на выходе из нее;

$\beta_{1л}$  – входной лопаточный угол рабочей решетки;

$i$  – угол атаки  $i = \beta_{1л} - \beta_1$ .

При этом концевые потери энергии рекомендуется вычислять по зависимости

$$\zeta_k = 0,75 \zeta_{\text{пр}} \frac{1}{\bar{l}}, \quad (5)$$

где  $\bar{l}$  – относительная длина рабочей лопатки.

Коэффициент скорости рабочего аппарата на основании выражений (4) и (5) вычислялся по уравнению

$$\psi = \sqrt{\psi_0^2 + 0,0754 \left( \left( \frac{\sin \beta_2}{\sin \beta_{1л}} \right)^2 - \left( \frac{\sin \beta_2}{\sin \beta_1} \right)^2 \right) - 0,345 \left( \frac{\sin i \sin \beta_2}{\sin \beta_1 \sin \beta_{1л}} \right)^2}, \quad (6)$$

где  $\psi_0$  – коэффициент скорости рабочего аппарата, соответствующий безударному натеканию рабочего тела.

Для апробации разработанной методики выбрана одноступенчатая газовая турбина турбокомпрессора типа ТСА66-40050, который используется в качестве наддувочного агрегата судового дизеля 8L58/64. Частота вращения ротора для номинального режима дизеля составляет 15110 об/мин. Исследования внешних характеристик турбинной ступени проводились для диапазона угла поворота

лопаток соплового аппарата  $\theta = (-2...+6)$  град., который определялся по выражению

$$\theta = \beta_{y0} - \beta_y, \quad (7)$$

где  $\beta_{y0}$  – угол установки лопаток соплового аппарата для номинального режима;  
 $\beta_y$  – угол установки лопаток соплового аппарата для режима долевых нагрузок.

Большой интерес представляют режимы, когда имеет место снижение  $\beta_y$ , при которых уменьшается угол выхода потока из соплового аппарата, что способствует повышению окружного КПД турбинной ступени, уменьшается площадь проходного сечения соплового аппарата, это приводит к снижению степени реактивности и изменению эксплуатационных показателей турбины. На рисунке 1 представлены внешние характеристики турбинной ступени, полученные теоретически-расчетным способом для номинального режима ( $\theta = 0$ ) и для поворота лопаток соплового аппарата ( $\theta = +6$  град.).

Изменения эксплуатационных показателей, представленных на рисунке 1, определялись относительно номинального режима, соответствующего максимальному значению внутреннего КПД.

Как показали исследования, поворот сопловых лопаток в сторону уменьшения угла их установки снижает оптимальное значение скоростной характеристики с 0,83 до 0,62, что соответствует уменьшению выходного угла соплового аппарата  $\alpha_1$ . При этом абсолютное значение внутреннего КПД снизилось на 3,9 %, а массовый расход газа уменьшился на 36 %. Основной причиной снижения расхода является уменьшение площади проходного сечения соплового аппарата, что вызвало снижение эффективной площади турбинной ступени. Уменьшение угла выхода потока из соплового аппарата приводит, для оптимального режима, к увеличению КПД ступени, однако более резкое

снижение коэффициента скорости, которое составило 8,6 %, привело к понижению КПД ступени.

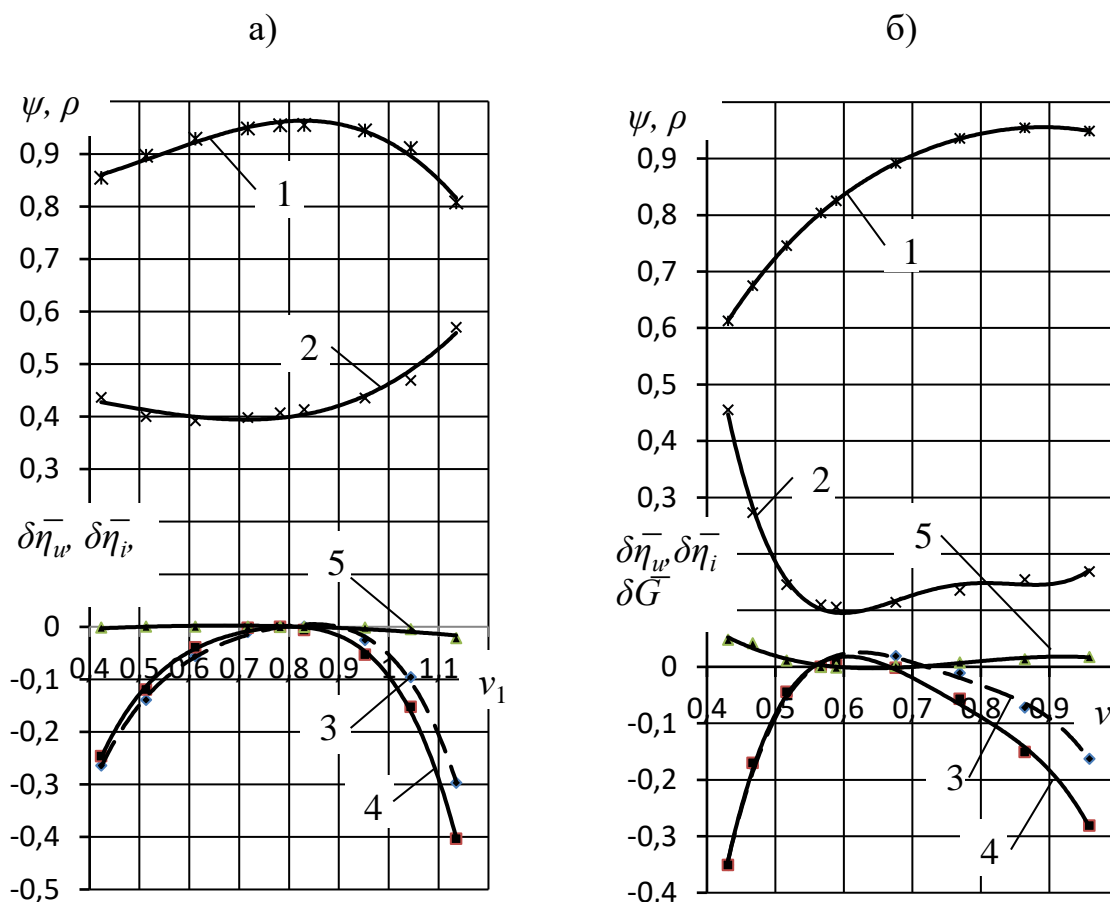


Рисунок 1 – Зависимость эксплуатационных показателей турбинной ступени с РСА от скоростной характеристики для различных углов поворота сопловых лопаток: а)  $\theta = 0$  град., б)  $\theta = +6$  град, где 1 – изменение коэффициента скорости  $\psi$ ; 2 – изменение степени реактивности  $\rho$ ; 3 – относительное изменение окружного КПД  $\delta\bar{\eta}_w$ ; 4 – относительное изменение внутреннего КПД  $\delta\bar{\eta}_i$ ; 5 – относительное изменение массового расхода

**Результаты исследования и их обсуждение.** В процессе расчета внешних характеристик турбинной ступени получена зависимость оптимальной скоростной характеристики  $v_{1opt}$  от угла поворота лопаток РСА  $\theta$ . За оптимальную скоростную характеристику принято ее значение соответствующее максимальной величине внутреннего КПД турбинной ступени. Влияние угла поворота на эксплуатационные показатели оценивалось для

оптимальной скоростной характеристики. На рисунках 2 и 3 представлены зависимости относительных эксплуатационных параметров от угла поворота лопаток РСА. На графиках значения угла поворота лопаток РСА  $\theta$  приведены в градусах. Значения относительных параметров вычислялись по выражению:

$$\Delta \bar{B} = \frac{B - B_0}{B_0}, \quad (8)$$

где  $B$  – значение параметра для конкретного угла  $\theta$ ;

$B_0$  – значение параметра для  $\theta = 0$  град. (исходный вариант).

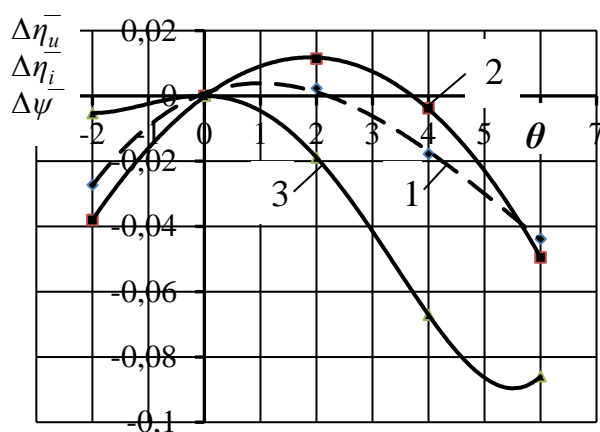


Рисунок 2 – Зависимости относительных КПД и относительного коэффициента скорости  $\psi$  от угла поворота лопаток РСА: 1 –  $\Delta \bar{\eta}_u$ ; 2 –  $\Delta \bar{\eta}_i$ ; 3 –  $\Delta \bar{\psi}$

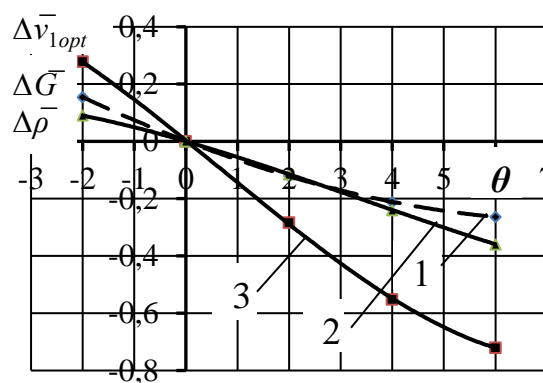


Рисунок 3 – Зависимости относительных изменений оптимальной скоростной характеристики  $v_{1opt}$ , расхода  $G$  и степени реактивности  $\rho$ : 1 –  $\Delta \bar{v}_{1opt}$ ; 2 –  $\Delta \bar{G}$ ; 3 –  $\Delta \bar{\rho}$

Поворот лопаток РСА на 8 град. (от -2 до +6) вызывает заметное изменение внутреннего КПД турбинной ступени, который сначала повышается на 5 %, достигая максимального прироста при  $\theta = 2$  град, затем падает на 6 % (рис. 2). Такое изменение КПД турбинной ступени можно объяснить многофакторным влиянием. С понижением угла выхода потока из соплового аппарата  $\alpha_1$ , что

имеет место при уменьшении угла установки лопаток соплового аппарата в результате их поворота, повышается окружной КПД. При отклонении от номинального режима увеличивается угол атаки обтекания лопаток рабочего аппарата, что вызывает снижение его коэффициента скорости. В то же время падают потери энергии с выходной скоростью по причине существенного уменьшения степени реактивности. Относительное изменение коэффициента скорости рабочего аппарата представлено на рисунке 2, а относительное изменение степени реактивности показано на рисунке 3.

Уменьшение угла  $\alpha_1$  приводит к снижению эффективной площади проходного сечения турбинной ступени, в результате чего уменьшается расход рабочего тела (рис. 3). Это вызывает снижение мощности, зависимость относительного изменения которой от угла поворота лопаток РСА представлена на рисунке 4.

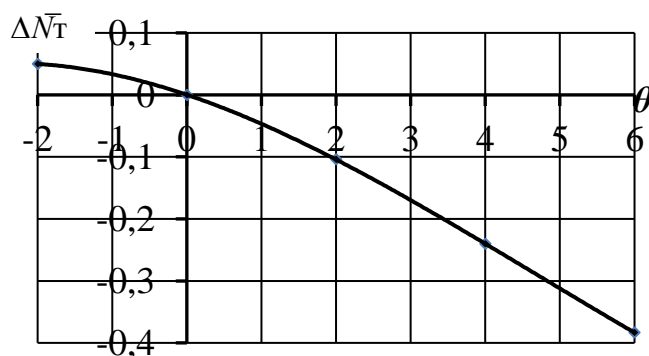


Рисунок 4 – Зависимость относительной мощности турбины от угла поворота лопаток РСА

Следует отметить, что на величину мощности так же влияет КПД турбины, это вызывает более интенсивное снижение мощности, которое превышает 40 %.

Для сравнения на рисунках 5 и 6 приведены зависимости эксплуатационных показателей турбинной ступени с РСА от угла поворота лопаток, при условии ее работы по винтовой и нагрузочной характеристикам.

Уменьшение угла установки лопаток РСА на 6 град. вызывает, практически, одинаковое изменение внутреннего КПД ступени для винтовой и нагрузочной характеристик, которое для винтовой характеристики составляет 3,3 % относительных, для нагрузочной соответственно 3,1 %, в то время как для внешней характеристики такое изменение внутреннего КПД составило 6 % относительных. Это можно объяснить меньшим снижением  $\psi$  для винтовой и нагрузочной характеристик по сравнению с внешней характеристикой турбинной ступени, что особенно наглядно проявляется в диапазоне изменения  $\theta$  от 0 до +5 град.

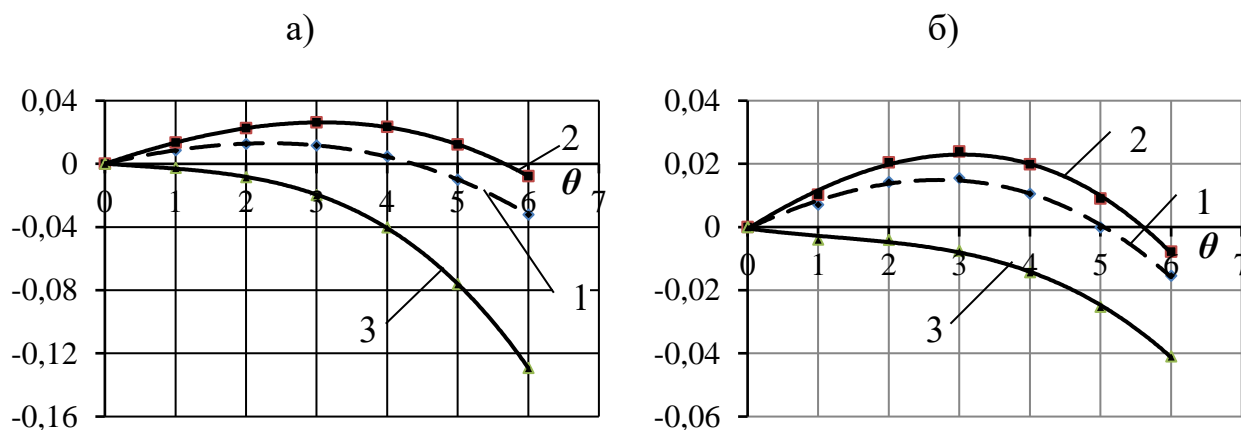


Рисунок 5 – Зависимости относительных КПД и относительного коэффициента скорости рабочего аппарата от угла поворота лопаток РСА: а) работа по винтовой характеристике; б) работа по нагрузочной характеристике, где 1 –  $\Delta\bar{\eta}_u$ ; 2 –  $\Delta\bar{\eta}_i$ ; 3 –  $\Delta\bar{\psi}$

Работа турбинной ступени в составе турбонаддувочного агрегата дизеля существенно отличается от ее работы по внешней характеристике. Здесь можно выделить два основных отличия:

- 1) рабочее тело, выходящее из цилиндров дизеля в полном объеме поступает в проточную часть турбины;
- 2) мощность турбины влияет на расход рабочего тела путем изменения производительности компрессора;



3) поворот лопаток РСА вызывает изменение параметров газа перед турбиной и за ней.

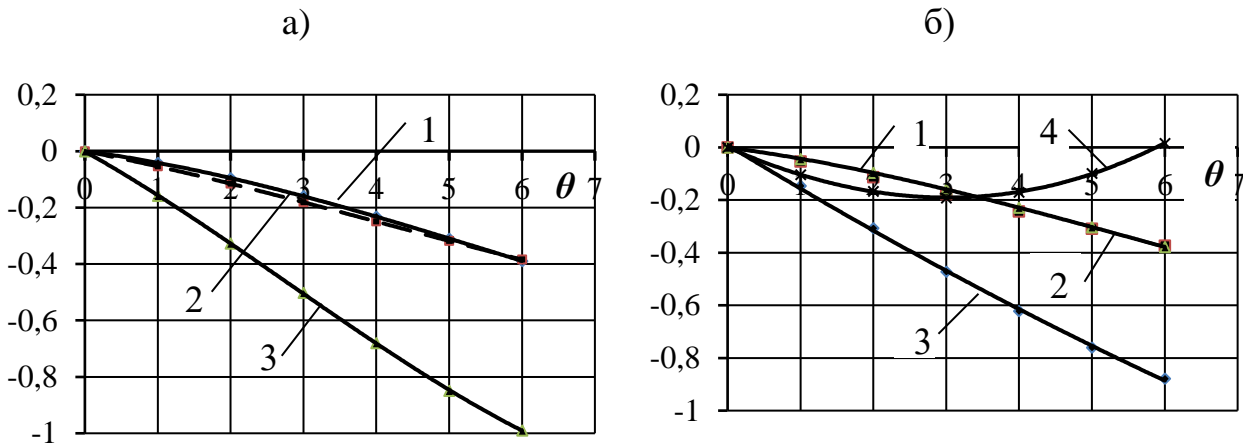


Рисунок 6 – Зависимости относительных эксплуатационных показателей от угла поворота лопаток РСА: а) работа по винтовой характеристике; б) работа по нагрузочной характеристике, где 1 – относительное изменение расхода  $\Delta \bar{G}$ ; 2 – относительное изменение внутренней мощности  $\Delta \bar{N}_i$ ; 3 – относительное изменение степени реактивности  $\Delta \bar{\rho}$ ; 4 – относительное изменение потерь с выходной скоростью  $\Delta \bar{q}_2$

Связь между параметрами рабочего тела и углом поворота лопаток РСА определялась соотношением [9]:

$$\theta = \alpha_{10} - \arcsin \left[ \sin \alpha_{10} \frac{G}{G_0} \left( \frac{p_{00}}{p_0} \right)^{\frac{n-1}{n}} \sqrt{\frac{T_0}{T_{00}}} \sqrt{\frac{1 - \left( \frac{p_{20}}{p_{00}} \right)^{\frac{k-1}{k}}}{1 - \left( \frac{p_2}{p_0} \right)^{\frac{r-1}{k}}}} \right], \quad (9)$$

где  $\alpha_{10}$  – угол выхода газа из соплового аппарата для исходного варианта;  $N_e$  – эффективная мощность дизеля;  $g_e$  – удельный эффективный расход топлива;  $\alpha$  –

коэффициент избытка воздуха при горении;  $\varphi_a$  – коэффициент продувки;  $p_t, T_t$  – соответственно давление и температура газа на входе в турбину;  $p_2$  – давление газа за турбиной;  $n$  – показатель условного политропного процесса расширения газа в турбине. Параметры исходного варианта (без использования РСА) дополнительно обозначены индексом «0».

Исходные данные для исследования турбинной ступени турбонаддувочного агрегата определялись по результатам исследования судового дизеля 8L58/64 [10].

На рисунках 7 и 8 представлены зависимости относительных эксплуатационных параметров от угла поворота лопаток РСА для турбины, работающей в составе турбонаддувочного агрегата дизеля. Изменения параметров рассматривались относительно режима номинальной нагрузки, при котором  $\theta = 0$ .

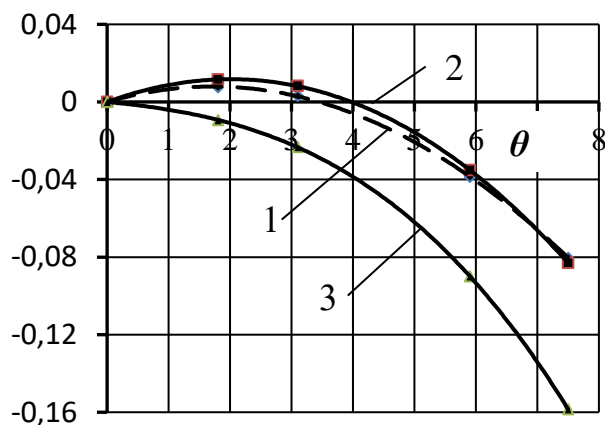


Рисунок 7 – Зависимости относительных КПД и относительного коэффициента скорости  $\psi$  от угла поворота лопаток РСА: 1 –  $\Delta\bar{\eta}_u$ ; 2 –  $\Delta\bar{\eta}_i$ ; 3 –  $\Delta\bar{\psi}$

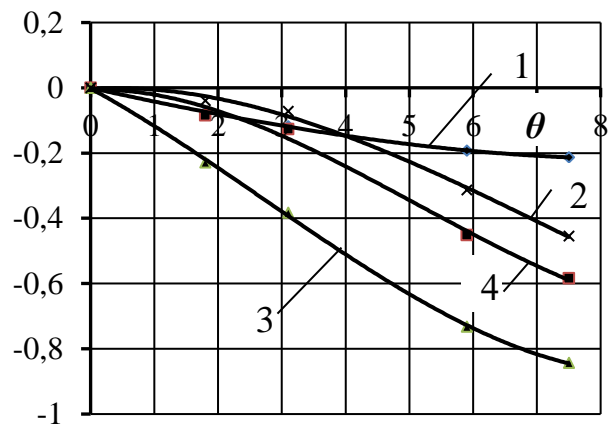


Рисунок 8 – Зависимости относительных изменений оптимальной скоростной характеристики  $v_{1opt}$ , расхода  $G$  и степени реактивности  $\rho$ , внутренней мощности: 1 –  $\Delta\bar{v}_{1opt}$ ; 2 –  $\Delta\bar{G}$ ; 3 –  $\Delta\bar{\rho}$ ; 4 –  $\Delta\bar{N}_i$

Поворот лопаток РСА на 6 град. вызвал изменение внутреннего КПД на 5,15 %, при этом мощность турбины снизилась на 46 %. В отличие от режимов работы по винтовым и нагрузочным характеристикам работа турбинной ступени с РСА в составе турбонаддувочного агрегата дизеля при уменьшении  $\theta$  сопровождается менее интенсивным снижением расхода по сравнению со снижением мощности, что более соответствует внешней характеристике.

### **Выводы**

Исследования турбинной ступени с РСА, работающей в различных эксплуатационных условиях показали, что поворот лопаток соплового аппарата вызывает изменение ее эксплуатационных параметров. Уменьшение угла установки лопаток соплового аппарата при их повороте приводит к многофакторному влиянию на КПД:

- с понижением угла выхода из соплового аппарата  $\alpha_1$  повышается окружной КПД ступени;

- рабочий аппарат работает с повышенным углом атаки, что приводит к снижению его коэффициента скорости и, следовательно, КПД ступени;

- изменение соотношений проходных площадей соплового аппарата и рабочего аппарата вызывает снижение степени реактивности, что приводит к изменению потерь энергии с выходной скоростью.

Анализ полученных результатов исследований позволяет сделать вывод, что при повороте лопаток на 4 градуса можно не учитывать изменение КПД турбинной ступени для любых условий эксплуатации. Однако при этом мощность турбины снижается на 2 %, что вызвано уменьшением расхода.

### Список использованной литературы:

1. Байков Б.П., Бордуков В.Г., Иванов П.В. Турбокомпрессоры для наддува дизелей: справочное пособие. Л.: Машиностроение, 1975. 200 с.
2. Курзон А.Г. Теория судовых, паровых и газовых турбин. Л.: Судостроение, 1970. 592 с.
3. Конюков В.Л., Дубровин Е.Д. Предельное повышение экономичности четырехтактного дизеля при использовании регулируемого соплового аппарата турбокомпрессора // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2020.

Вып. 4. С. 51-64.

4. Конюков В.Л. Анализ эксплуатационных характеристик дизеля 7S50MC при непосредственном управлении расходом воздуха // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2020. № 1. С. 72-82. DOI: 10.24143/2073-1574-2020-1-72-82.
5. Топунов А.М. Теория судовых турбин: учебник. Л. Судостроение, 1982. 472 с.
6. Кириллов И.И. Теория турбомашин. Л. Машиностроение, 1972. 533 с.
7. Моисеев А.А., Топунов А.М., Шницер Г.Я. Длинные лопатки судовых турбин. Л.: Судостроение, 1969. 468 с.
8. Степанов Г.Ю. Гидродинамика решеток турбомашин. М. Физматгиз, 1972. 533 с.
9. Конюков В.Л. Влияние угла поворота лопаток регулируемого соплового аппарата турбонаддувочного агрегата дизеля на параметры газа перед турбиной // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2019. Вып. 2. С. 54-64.
10. Конюков В.Л. Анализ термодинамических показателей четырехтактного дизеля при изменении режима работы регулируемого соплового аппарата турбонаддувочного агрегата // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2020. № 1. С. 88-104.

#### References:

1. Baykov B.P., Bordukov V.G., Ivanov P.V. *Turbokompressory dlya nadduva dizeley* [Turbochargers for supercharging diesel engines]. Leningrad, Mashinostroyenie Publ., 1975, 200 p. (In Russian).
2. Kurzon A.G. *Teoriya sudovykh. parovykh i gazovykh turbin* [The theory of ship, steam and gas turbines]. L.: Sudostroyenie Publ., 1970, 592 p. (In Russian).
3. Konyukov V.L., Dubrovin E.D. Predelnoye povysheniye ekonomichnosti chetyrekhtaktnogo dizelya pri ispolzovanii reguliruyemogo soploвого apparata turbokompressora [Maximum efficiency increase of a four-stroke diesel engine when using an adjustable turbocharger nozzle]. *Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kerch State Marine Technological University], 2020, vol. 4, pp. 51-64. (In Russian).
4. Konyukov V.L. Analiz ekspluatatsionnykh kharakteristik dizelya 7S50MC pri neposredstvennom upravlenii raskhodom vozdukha [Analysis of 7S50MC Diesel Performance with Direct Airflow Control]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Morskaya tekhnika i tekhnologiya* [Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technology], 2020, no. 1, pp. 72-82. (In Russian). DOI: 10.24143/2073-1574-2020-1-72-82.
5. Topunov A.M. *Teoriya sudovykh turbin* [Ship turbine theory]. Leningrad, Sudostroyenie Publ., 1982, 472 p. (In Russian).
6. Kirillov I.I. *Teoriya turbomashin* [Turbomachinery theory]. Leningrad. Mashinostroyenie Publ., 1972, 533 p. (In Russian).
7. Moiseyev A.A., Topunov A.M., Shnitser G.Ya. *Dlinnyye lopatki sudovykh turbin* [Long blades of marine turbines.]. Leningrad, Sudostroyenie Publ., 1969, 468 p. (In Russian).
8. Stepanov G.U. *Gidrodinamika reshetok turbomashin* [Hydrodynamics of turbomachine grids]. Moscow, Fizmatgiz Publ., 1972, 533 p. (In Russian).
9. Konyukov V.L. Vliyaniye ugla povorota lopatok reguliruyemogo soploвого apparata turbonadduvochnogo agregata dizelya na parametry gaza pered turbinoy [Influence of the angle of rotation of the blades of the variable nozzle apparatus of the turbocharging unit of a diesel engine on the parameters of the gas in front of the turbine]. *Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kerch State Marine Technological University], 2019, vol. 2, pp. 54-64. (In Russian).
10. Konyukov V.L. Analiz termodinamicheskikh pokazateley chetyrekhtaktnogo dizelya pri

izmenenii rezhima raboty reguliruyemogo soplovoogo apparata turbonadduvochnogo agregata [Analysis of thermodynamic parameters of a four-stroke diesel engine when changing the operating mode of the adjustable nozzle apparatus of the turbocharger]. *Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kerch State Marine Technological University], 2020, vol. 1, pp. 88-104. (In Russian).

Сведения об авторах / Information about authors

- Конюков Вячеслав Леонтьевич** канд. техн. наук, доцент кафедры судовых энергетических установок  
Керченский государственный морской технологический университет  
298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82  
seykgmtu@gmail.com
- Konyukov Viacheslav Ph.D. (Engin.), Associate professor at the department of ship power plants  
Kerch State Maritime Technological University  
298309, Republic of Crime, Kerch, Ordzhonikidze str., 82  
seykgmtu@gmail.com
- Василенко Евгений Евгеньевич** курсант 5 курса специальности «Эксплуатация судовых энергетических установок»  
Керченский государственный морской технологический университет  
298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82  
seykgmtu@gmail.com
- Vasilenko Evgeniy cadet of the 5th year of the specialty “Operation of ship power plants”  
Kerch State Maritime Technological University  
298309, Republic of Crime, Kerch, Ordzhonikidze str., 82  
seykgmtu@gmail.com

УДК 664.002.5:628.517.2

DOI: 10.47404/2619-0605\_2021\_3\_110

Соколов С.А., Яшонков А.А., Яковлев О.В.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПО ШУМОВЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ

**Аннотация.** Как бы тщательно не была изготовлена и отрегулирована машина при выпуске ее с завода, с течением времени в ее элементах и узлах неизбежно протекают разнообразные процессы износа и старения, при этом шумовые характеристики ее изменяются. В связи с этим представляет несомненный практический интерес эволюция во времени шумовых характеристик технологического оборудования, которые могут служить параметром, определяющим долговременную безопасную работу машины. В данной работе рассмотрены вопросы расчетов и оценки параметрической надежности технологического оборудования предприятий пищевой промышленности и питания по уровню шума. При расчете параметрической надежности решалась задача оценки ресурса технологического оборудования по шумовым характеристикам при заданной вероятности безотказной работы. Предложен закон распределения параметрических отказов как функция, которая может быть определена, если для каждого значения исходного параметра известно его изменение во времени и определено максимальное время, при котором значение шумовой мощности достигло нормированного предела, выход за который считается параметрическим отказом.

**Ключевые слова:** шумовые характеристики, уровень звуковой мощности, параметрический отказ, вероятность безотказной работы, прогнозирование.

Sokolov S.A. Yashonkov A.A., Yakovlev O.V.

## RESEARCH OF PARAMETRIC RELIABILITY OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT BY NOISE CHARACTERISTICS

**Abstract.** No matter how carefully the machine was made and adjusted when it was released from the factory, over time in its elements and assemblies various processes of wear and aging inevitably occur, while its noise characteristics change. In this regard, the evolution in time of the noise characteristics of technological equipment, which can serve as a parameter that determines the long-term safe operation of a machine, is of undoubted practical interest. This paper deals with the issues of calculations and assessment of the parametric reliability of technological equipment for food industry and catering enterprises in terms of noise level. When calculating the parametric reliability, the problem of assessing the resource of technological equipment by noise characteristics was solved for a given probability of failure-free operation. A distribution law of parametric failures is proposed as a function that can be determined if for each value of the initial parameter its change in time is known and the maximum time at which the value of the noise power reaches the normalized limit is determined, the exit beyond which is considered a parametric failure.

**Keywords:** noise characteristics, sound power level, parametric failure, probability of failure-free operation, forecasting.

**Введение.** Повышение качества и надежности машин является одной из основных проблем современного машиностроения [1]. Это касается и технологического оборудования общественного питания и пищевой промышленности, то есть той сферы производства, где создаются и доводятся до

кондиции пищевые продукты, которые являются, как известно, основой жизнедеятельности человека. Сам технологический процесс на таких предприятиях должен иметь высокий уровень надежности, гарантировано обеспечивать параметры изготовленных изделий в полном соответствии с установленными стандартами и техническими требованиями.

Технологическое оборудование пищевой промышленности и общественного питания занимает особое место среди изделий машиностроения. С одной стороны, это типичные образцы сложных высокоэффективных машин, в которых воплощено много достижений науки и техники. С другой стороны – это машины, предназначенные для изготовления продуктов питания, требования к качеству которых определяются очень жесткими стандартами. Само технологическое оборудование в основном формирует те показатели качества, которые определяют ценность выпускаемых изделий. Исторически сформированная система размещения предприятий общественного питания и пищевой промышленности в местах массового обитания и скопления людей определяет и повышенные требования к показателям безопасности технологического оборудования. Если учесть, что требования к безопасности и экологии человека непрерывно возрастают, а стремление повысить производительность и мобильность технологических процессов приводит к созданию из сложных технологических систем машин, которые ориентируются на универсальность, можно сделать вывод, что безопасность и надежность оборудования, примененного в таких производственных комплексах, должны повышаться еще интенсивнее. Срок окупаемости современного технологического оборудования, а также его эксплуатации, довольно продолжительный и исчисляется несколькими годами. Одним из современных требований к экологии человека является требование к уровню шума на рабочих местах и в местах проживания. Эти требования признаны во всем мире, и уже они частично определяют качество и надежность машин и выпускаемого оборудования [2]. Значение шумовой характеристики, по требованию ISO,

должно быть приведено в паспорте оборудования и на специальной табличке, на которой отображен уровень безопасности оборудования.

**Целью исследования** является разработка прогностической модели, позволяющей расчётным путём оценивать ресурс технологического оборудования пищевых производств по шумовым характеристикам при заданной вероятности безотказной работы.

### **Материалы и методы исследования**

Техническое нормирование шумовых характеристик (ШХ) машин определяет необходимую величину их улучшения на определённый период времени. В настоящее время разработано значительное количество способов и средств, направленных на снижение производственного шума. Общие методы улучшения ШХ машин и источников шума в них изложены в работах [3-5].

В работе [6], посвящённой вопросам снижения шума машин пищевых производств, предпочтение отдаётся мерам, применяемым на стадии проектирования этого оборудования. Приведены основные понятия и физические закономерности из области акустики, применяемые в этих работах, аппаратные средства для измерения и анализа шума и вибрации. Нормирование шума на рабочих местах изложено на базе ГОСТ12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности». Методика технического нормирования шума соответствует ГОСТ 12.1.023-80. Рекомендуется также использовать приближённую методику оценки соответствия уровней шума на рабочих местах предельно допустимым значениям по восприятию речи человека [7]. В связи с наличием среди оборудования пищевых производств крупногабаритных машин (3 и более метров) авторами установлено образование значительной погрешности в определении уровня звуковой мощности стандартными методами по ГОСТ 12.1.026-80 и ГОСТ 12.1.028-80. Предложено вводить поправку в результаты на влияние ближнего звукового поля. Разработана и программа компьютерного расчёта уровней звуковой мощности для этой методики [8]. В оборудовании пищевых производств не всегда удаётся



произвести измерение ШХ методом исключения отдельных источников шума по технологическим причинам, а также стандартное размещение измерительных точек микрофона из-за тесного расположения машин. Эта ситуация имеет место в различных линиях пищевых производств. Разработана методика [9], позволяющая определять ШХ машин в процессе эксплуатации. Борьбе с шумом и вибрацией на предприятиях пищевой промышленности посвящена работа [10]. По мнению автора, шум в цехах этих предприятий обусловлен не только ШХ оборудования, но в значительной степени зависит от акустических свойств помещений. Поэтому борьба с шумом осуществляется по двум направлениям: снижение шума машин и механизмов и строительно-акустическими методами и средствами. В то же время используемые средства должны учитывать специфику производства – повышенные требования к санитарии и гигиене производственных помещений. Эти требования ограничивают на ряде производств применение акустических материалов. В отношении технического нормирования шума в работе указывается цель и значение этого мероприятия. Снижению шума, излучаемого торгово-технологическим оборудованием посвящена работа [4], в которой автор рассматривает вопросы нормирования шума в предприятиях торговли и общественного питания и предлагает комплекс мероприятий по улучшению ШХ различных видов оборудования отрасли. Приведены методологические аспекты измерения, анализа и обработки ШХ оборудования с применением ЭВМ. В результате длительных наблюдений за ШХ различных типов оборудования общественного питания и после проведения анализа прогностических моделей ШХ машин в процессе эксплуатации автор делает очень важные выводы:

1. ШХ стационарного технологического оборудования в процессе безотказной работы с момента эксплуатации ухудшаются, т.е. возрастает излучаемая звуковая мощность. В большей мере это проявляется у машин с меньшей массой. Величина изменения ШХ различная у каждой машины.

2. При нормировании ШХ стационарного оборудования необходимо

уменьшать предельно допустимые шумовые характеристики (ПДШХ) на прогнозируемую величину их ухудшения в пределах времени безотказной работы.

В последнее время, в связи с внедрением высокопроизводительной вычислительной техники появились перспективные способы и средства снижения шума машин в источнике. К таким способам следует отнести моделирование шумовых характеристик и прогнозирование их на этапе разработки новой техники. Эти способы позволяют создавать современное технологическое оборудование с заданными в соответствии с существующими стандартами уровнями излучаемой звуковой энергии. Внедрение этих способов невозможно без математического описания процессов формирования шумовых характеристик, а также их расчете по известным параметрам оборудования.

Модели ШХ торгово-технологического оборудования, которые учитывают его износ в процессе эксплуатации, а также тенденции к изменению ШХ за время работы и после восстановления представлены в работах [11-13].

Нашими исследованиями [14] на основании анализа прогнозирующих моделей ШХ машин установлено, что ШХ стационарного технологического оборудования в процессе безотказной работы от начала эксплуатации, стремятся к ухудшению т.е. к возрастанию излучаемой звуковой мощности. Средством борьбы с этим явлением может являться учёт при нормировании ШХ стационарного технологического оборудования уменьшения предельно-допустимых значений ШХ на прогнозируемую величину их ухудшения в пределах срока безотказной работы. На основе полученных математических моделей ШХ и проведенных экспериментов установлено явление нестабильности ШХ торгово-технологического оборудования за период безотказной работы и после проведения восстановления.

Разработанная в развитых странах система контроля и постоянный мониторинг шумовых характеристик заставляют разработчика и изготовителя оборудования идти на дополнительные затраты с целью обеспечения

стабильности показателей безопасности на весь период эксплуатации или к выводу оборудования в ремонт. Таким образом, с одной стороны, сохранение шумовых характеристик оборудования во времени определяет его параметрическую надежность. С другой стороны, шумовые характеристики, давно используются как диагностические сигналы, которые характеризуют техническое состояние объекта [15].

Временное изменение начальных параметров машин связано с медленно протекающими процессами, и, в первую очередь, с износом ее базовых элементов. Исследованиями [13, 14] установлено, что на шумовые характеристики технологического оборудования оказывают непосредственное влияние износ зубчатых колес редукторов, шеек валов, подшипниковых узлов, а также механизмов, принимающих участие в формировании конечного состояния пищевых продуктов (ножи, шнеки, решетки и т.д.).

**Результаты исследования и их обсуждение.** Возникновение отказа в связи с износом элементов машины – конечный результат ряда последовательных этапов, которые независимо от вида отказа имеют общие черты. Во время работы машины могут быть созданы и такие условия, при которых отказ не возникает или время его проявления будет находиться за пределами периода эксплуатации. Однако сформированный параметрический (по производительности) ряд машин, который применяются в пищевой промышленности и общественном питании определяет, как правило, режим работы оборудования как довольно энергонагруженный. Опираясь на общее представление о протекании в машине разных процессов износа и старения, рассмотрим блок-схему возникновения параметрических (шумовых) отказов, которая изображена на рисунке 1.

При эксплуатации разных типов технологического оборудования на него действуют все виды энергии, но для возникновения медленно протекающих процессов, необходим определенный энергетический уровень. Если этот уровень не превышен, то предпосылки для возникновения отказов будут смещены в

самом начале. Если же процесс возник, то он будет изменять начальные свойства или состояния материалов, из которых создано любое изделие (включая не только детали и элементы, но и, например, смазочные материалы).

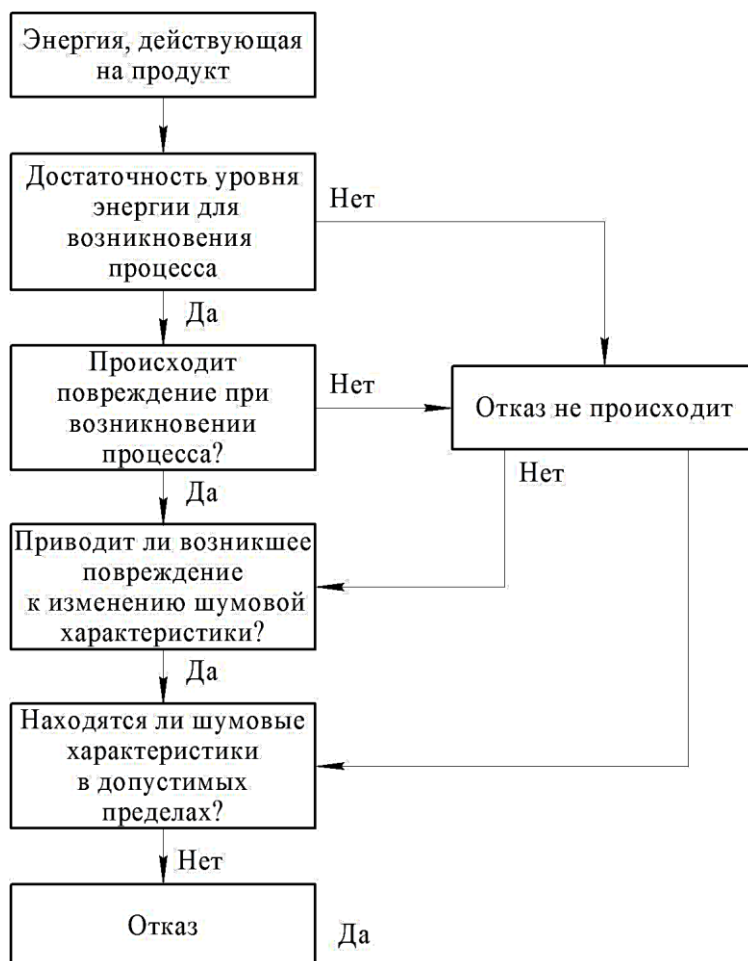


Рисунок 1 – Блок-схема возникновения шумового отказа машины

Под действием разных видов энергии могут появляться и развиваться во времени такие процессы, как деформация, износ, коррозия, изменение физических свойств и пр. Эти процессы могут привести к повреждению машины. Под повреждением в нашем случае будем понимать отклонение контролируемых свойств от начальных, полученных при изготовлении изделия, например, изменение форм поверхностей при износе.

Если данное повреждение не влияет на регламентированный уровень звуковой мощности, то считаем, что отказ не возникает. Если же повреждение

приводит к изменению начального значения уровня звуковой мощности, то отказ возникает лишь в том случае, если этот параметр выйдет за допустимые пределы, установленные нормативными документами.

Таким образом, можно сделать вывод, что отказа не будет, если изменение уровня звуковой мощности, излучаемой машиной в результате повреждения ее элементов, не выходит за допустимые пределы. Недопущение выхода уровня звуковой мощности машины за установленные границы на протяжении заданного периода эксплуатации требует разработки методов оценки и прогнозирования ее параметрической надежности.

При решении задач прогнозирования процесса изменения шумовых характеристик относительно технологического оборудования необходимо иметь банк данных по скоростям изнашивания аналогичных механизмов в машинах другого назначения. Такой банк данных представлен в теории надежности. Он получен в результате многочисленных эксплуатационных наблюдений и обработки большого количества статистической информации при испытании изделий машиностроения. Так же, в теории надежности разработаны методы сопряженных поверхностей механизмов разных конструктивных форм и методы оценки влияния износа на исходные параметры машин [16].

При расчете параметрической надежности необходимо решить задачу оценки ресурса машины по шумовым характеристикам при заданной вероятности безотказной работы. Для этого необходимо иметь закон распределения параметрических отказов, то есть функцию  $f(t)$ . Эта функция может быть определена, если для каждого значения исходного параметра известно его изменение во времени, то есть  $x_i(t)$  и определено значение  $t_{i\ max}$ , при котором  $x = x_{max}$ , то есть значение шумовой мощности достигло нормированного предела, выход за который считается параметрическим отказом. Зависимости  $x_i(t)$ , полученные нами раньше из расчетов параметров областей состояния [14] и при аппроксимации  $x(t)$  линейной и другими функциями. Такое формирование модели параметрического отказа на основании



результате износа распределена в оцениваемых областях по линейному закону:  
 $x = \gamma_x \cdot t$ , где  $\gamma_x$  – скорость изменения параметра.

3) Рассеивание скоростей изменения параметра распределено по нормальному закону с характеристиками:  $\gamma_{x\text{ ср}}$  – математическое ожидание и  $\sigma_x$  – среднее квадратичное отклонение.

4) Такое предположение можно сделать потому, что основная причина появления  $\gamma_x$  как случайной величины состоит в рассеивании скоростей износа  $\gamma$ . На последнюю действует большое число случайных факторов: нагрузка, скорость, смазка и ее загрязнение и т.д., что приводит, как правило, к получению нормального закона распределения скоростей  $\gamma$  и  $\gamma_x$ .

Со временем дисперсия исходного параметра  $D = \sigma_x^2$  и его математическое ожидание возрастают, поскольку происходит вероятностное добавление начальных отклонений параметра и его изменений в результате износа. Характеристики закона распределения, которые описывают изменение уровня звуковой мощности машины при ее износе через промежуток времени  $t$  будут такими: математическое ожидание  $\gamma_{x\text{ ср}} \cdot t$  и среднее квадратичное отклонение  $\sigma_x t$ . Поскольку оба закона рассеивания начальных параметров и закона скорости износа подчиняются нормальному распределению, то согласно теории вероятностей результирующее распределение для центрированных законов тоже будет нормальным со средним квадратичным отклонением

$$\sigma = \sqrt{\sigma_a^2 + (\sigma_x t)^2} \quad (1)$$

и математическим ожиданием скорости износа

$$M = a_0 + \gamma_{x\text{ ср}} t. \quad (2)$$

Эти характеристики определяют область состояний параметра  $x$  через промежуток времени  $t$ .

Выход области состояний за границы области «шумовой трудоспособности» обусловлено значением  $x_{max}$ , что приводит к параметрическому (шумовому) отказу. Из рисунка 2 видно, что вероятность отказа  $F(t)$  численно равна площади, которая ограничена кривой  $f(x)$ , которая находится за пределами  $x_{max}$ , а вероятность безопасной работы  $P(t)$  численно равна площади, ограниченной кривой  $f(x)$ , которая находится в области шумовой трудоспособности  $x \leq x_{max}$ . Эту площадь определим, используя функцию Лапласа  $\Phi(x)$  (значение нормальной функции распределения):

$$P(t) = 0,5 + \Phi_H \left[ \frac{x_{max} - a_0 - \gamma_{cp} t}{\sqrt{\sigma_a^2 + (\sigma_x t)^2}} \right], \quad (3)$$

где  $0 \leq \Phi_H \leq 0,5$  – нормированная функция Лапласа.

Если же применять таблицы ненормированной функции нормального распределения  $\Phi(K)$  с изменением аргумента от  $-\infty$  до  $K = x_{max}$  [17], то формула (3) будет иметь вид

$$P(t) = \Phi \left[ \frac{x_{max} - a_0 - \gamma_{cp} t}{\sqrt{\sigma_a^2 + (\sigma_x t)^2}} \right], \quad (4)$$

где  $0,5 \leq \Phi_H \leq 1$ .

## Выводы

1. Предложенная схема формирования параметрического отказа даёт возможность математически описать модель параметрического отказа при определенных условиях эксплуатации машины.

2. Разработанная методика позволяет определять и прогнозировать «шумовые» отказы эксплуатируемого оборудования на стадии проектирования.

3. Предложенные зависимости позволяют рассчитывать вероятность безотказной работы оборудования по виброакустическим параметрам. При заданной вероятности безотказной работы можно определить период



безотказной работы эксплуатируемого оборудования с заданными шумовыми характеристиками. Этот период и представляет собой «шумовой» ресурс.

4. Применение результатов исследования позволит улучшить экологическую безопасность эксплуатируемого оборудования и санитарно-гигиенические условия труда персонала отрасли.

Список использованной литературы:

1. *Sokolov S., Deyneka I., Malich A., Yashonkov A., Yakovlev O.* Agricultural machinery used in the process of denaturation of minced fish proteine. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 918 (2020) 012145. DOI: 10.1088/1757-899X/918/1/012145.
2. *Berkovich V., Poltinnikov V.* On a mathematical model in estimating the reliability of technological equipment by nondestructive testing. E3S Web of Conferences 279, 02008 (2021). DOI: 10.1051/e3sconf/202127902008.
3. Борьба с шумом на производстве / Под ред. Е.Я. Юдина. М.: Машиностроение, 1985. 393 с.
4. *Заплетников И.Н.* Снижение шума торгово-технологического оборудования. К.: Вища школа, 1990. 151 с.
5. Справочник по технической акустике / Под ред. М. Хекла, Х.А. Мюллера. Л.: Судостроение, 1980. 438 с.
6. *Кацнельсон М.У., Селиверстов Б.А., Цукерников И.Е.* Снижение шума машин пищевых производств. М.: Агропромиздат, 1986. 256 с.
7. *Аронов Л.М., Зейгельтефер Б.Д.* Опыт исследования акустического климата в производственных помещениях. Л.: ЛДНТП, 1980. 23 с.
8. *Цукерников И.Е., Тубольцев В.К.* Расчет шумовых характеристик продовольственных машин на ЭВМ. // Труды института ВНИЭКИпродмаш. 1983. № 59. С. 134-138.
9. *Заплетников И.Н., Бирюков Ю.И., Дмитриев В.П.* Исследование шумовых характеристик хлеборезки и ее модернизация // Тематический сборник «Торговля и рынок Украины». Донецк. 1990. С. 130-131.
10. *Мякишин В.М.* Методы и средства снижения производственного шума. К.: Будівельник, 1967. 108 с.
11. *Заплетников И.Н.* О моделировании шумовых характеристик машин // Известия вузов. Машиностроение, 1985. № 3. С. 15-16.
12. *Заплетников И.Н.* Моделирование шумовых характеристик измельчительного технологического оборудования // Информационный бюллетень Координационного центра стран членов СЭВ по проблеме «Борьба с шумом и вибрацией». Будапешт, 1989. С. 57-60.
13. *Заплетников И.Н., Соколов С.А.* О прогнозировании отказов технологического оборудования по уровню шума // Пищевая промышленность. Киев, 1996. С. 89-92.
14. *Соколов С.А.* Прогнозирование изменчивости шумовых характеристик технологического оборудования общественного питания: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.09 / Соколов Сергей Анатольевич. Донецк, 1998. 19 с.
15. *Артоболевский И.И., Бобровницкий Ю.И., Генкин М.Д.* Введение в акустическую динамику машин. М.: Наука, 1979. 296 с.
16. *Проников А.С.* Надежность машин. М.: Машиностроение, 1978. 592 с.
17. *Шор Я.Б., Кузьмин Р.И.* Таблицы для анализа и контроля надёжности. М.: Советское радио, 1968. 78 с.

References:

1. Sokolov S., Deyneka I., Malich A., Yashonkov A., Yakovlev O. Agricultural machinery used in the process of denaturation of minced fish proteine. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 918 (2020) 012145. (In English). DOI:10.1088/1757-899X/918/1/012145.
2. Berkovich V., Poltinnikov V. On a mathematical model in estimating the reliability of technological equipment by nondestructive testing. *E3S Web of Conferences* 279, 02008 (2021). (In English). DOI: 10.1051/e3sconf/202127902008.
3. Yudin E.Ya. (ed.) *Bor'ba s shumom na proizvodstve* [Fighting noise in production]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1985. 393 p. (In Russian).
4. Zapletnikov I.N. *Snizheniye shuma torgovo-tekhnologicheskogo oborudovaniya* [Noise reduction of commercial and technological equipment]. Kiev, Vishcha shkola Publ., 1990. 151 p. (In Russian).
5. Khekl M., Myuller Kh.A. (eds.) *Spravochnik po tekhnicheskoy akustike* [Handbook of Technical Acoustics]. Leningrad, Sudostroenie Publ., 1980. 438 p.
6. Katsnel'son M.U., Seliverstov B.A., Tsukernikov I.Ye. *Snizheniye shuma mashin pishchevykh proizvodstv* [Reducing the noise of food production machines]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1986. 256 p. (In Russian).
7. Aronov L.M., Zeygel'tefer B.D. *Opyt issledovaniya akusticheskogo klimata v proizvodstvennykh pomeshcheniyakh* [Experience in the study of acoustic climate in industrial premises]. Leningrad, LDNTP Publ., 1980. 23 p. (In Russian).
8. Tsukernikov I.Ye., Tubol'tsev V.K. Raschet shumovykh kharakteristik Prodovol'stvennykh mashin na EVM [Calculation of noise characteristics of food machines on a computer]. *Trudy instituta VNIIEKIprod mash – Proceedings of the VNIIEKI PRODMASH Institute*, 1983, no. 59, pp. 134-138. (In Russian).
9. Zapletnikov I.N., Biryukov Yu.I., Dmitriyev V.P. Issledovaniye shumovykh kharakteristik-ristik khleborezki i yeye modernizatsiya [Investigation of the noise characteristics of the bread slicer and its modernization]. *Tematicheskij sbornik «Torgovlya i rynek Ukrainy» – Thematic collection «Trade and the market of Ukraine»*. Donetsk, 1990, pp. 130-131. (In Russian).
10. Myakshin V.M. *Metody i sredstva snizheniya proizvodstvennogo shuma* [Methods and means of reducing industrial noise]. Kiev, Budivel'nik Publ., 1967, 108 p. (In Russian).
11. Zapletnikov I.N. O modelirovanii shumovykh kharakteristik mashin [About modeling the noise characteristics of machinery]. *Izvestiya vuzov. Mashinostroenie – News of higher educational institutions. Mechanical engineering*, 1985, no. 3. pp. 15-16. (In Russian).
12. Zapletnikov I.N. Modelirovaniye shumovykh kharakteristik izmel'chitel'nogo tekhnologicheskogo oborudovaniya [Modeling of noise characteristics of grinding process equipment]. *Informatsionnyy byulleten' Koordinatsiya tsentra stran chlenov SEV po probleme «Bor'ba s shumom i vibraciej» – Newsletter of the Coordination Center of the COMECON member Countries on the problem of “Combating noise and vibration”*, 1989, pp. 57-60. (In Russian).
13. Zapletnikov I.N., Sokolov S.A. O prognozirovanii otkazov tekhnologicheskogo oborudovaniya po urovnyu shuma [On predicting failures of technological equipment by noise level]. *Pishchevaya promyshlennost' – Food industry*, 1996, pp. 89-92. (In Russian).
14. Sokolov S.A. *Prognozirovaniye izmenchivosti shumovykh kharakteristik tekhnologicheskogo oborudovaniya obshchestvennogo pitaniya. Avtoref dis. ... kand. tekhn. nauk* [Forecasting of variability of noise characteristics of technological equipment of public catering. Cand. engin. sci. diss. abstr.]. Donetsk, 1998, 19 p. (In Russian).
15. Artobolevskij I.I., Bobrovnickij Yu.I., Genkin M.D. *Vvedeniye v akusticheskuyu dinamiku mashin* [Introduction to acoustic dynamics of machines]. Moscow, Nauka Publ., 1979, 296 p. (In Russian).
16. Pronikov A.S. *Nadezhnost' mashin* [Reliability of machines]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1978, 592 p. (In Russian).

17. Shor Ya.B., Kuz'min R.I. *Tablitsy dlya analiza i kontrolya nadyozhnosti* [Tables for reliability analysis and control]. Moscow, Sovetskoe radio Publ., 1968, 78 p. (In Russian).

Сведения об авторах / Information about authors

**Соколов  
Сергей Анатольевич** д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры машин и аппаратов  
пищевых производств  
Керченский государственный морской технологический  
университет  
298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82  
sokoloff1906@mail.ru

Sokolov  
Sergey Anatolyevich Dr. Sci. (Engin.), Associate professor, Professor of the Department of  
machines and apparatus of food production  
Kerch State Maritime Technological University  
298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82  
sokoloff1906@mail.ru

**Яшонков  
Александр  
Анатольевич** канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой машин и  
аппаратов пищевых производств  
Керченский государственный морской технологический  
университет  
298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82  
jashonkov@ranbler.ru

Yashonkov  
Alexander Anatolyevich Ph.D. (Engin.), Associate professor, Head of the Department of  
machines and apparatus for food production  
Kerch State Maritime Technological University  
298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82  
jashonkov@ranbler.ru

**Яковлев  
Олег Владимирович** канд. техн. наук, доцент кафедры машин и аппаратов пищевых  
производств  
Керченский государственный морской технологический  
университет  
298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82  
yakoleg@mail.ru

Yakovlev  
Oleg Vladimirovich Ph.D. (Engin.), Associate professor of Department of machines and  
apparatus of food production  
Kerch State Maritime Technological University  
298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82  
yakoleg@mail.ru

УДК 664:628.517.4

DOI: 10.47404/2619-0605\_2021\_3\_124

Фалько А.Л.

## СОПРОТИВЛЕНИЕ ПИЩЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ ВНЕШНЕМУ И ВНУТРЕННЕМУ СДВИГУ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ВИБРАЦИИ

**Аннотация.** Влияние параметров механических колебаний на сопротивления внешнему и внутреннему сдвигу материала является решающим для различных процессов переработки сыпучего сырья на пищевых производствах. Энергоёмкость технологических процессов полностью зависит и рассчитывается исходя из параметров сопротивления внешнему сдвигу. Такие расчёты характерны для вибрационно-транспортирующих машин разных типов, установок самотечной транспортировки, машин для вибрационного перемешивания. Вибрация в большинстве случаев снижает общее сопротивление транспортированию, что следует из множества экспериментов [1]. Основные характеристики вибрационного воздействия на сыпучие материалы, находящиеся в рыхлом состоянии и под атмосферным давлением в настоящее время установлены проведенными теоретическими и экспериментальными исследованиями. Вибрационное перемещение частиц свободной сыпучей массы в вертикальной и горизонтальной плоскостях, определяет своими составляющими значимость вибрационного воздействия (характер воздействия). Влияние на взаимодействие материала и рабочего органа оказывает вертикальная составляющая вибрации, что определяется как изменение нормальной реакции сыпучего материала на рабочий орган. Величина нормальной реакции в процессе перемещения не является постоянной. Так как в расчётах применяют только определённые значения величин, появляется необходимость решения этой проблемы.

**Ключевые слова:** сопротивление перемещению, внутренний и внешний сдвиг, вибрационное перемещение, конвейер, эффективный коэффициент трения.

Falko A.L.

## RESISTANCE OF BULK MATERIALS TO EXTERNAL AND INTERNAL SHEAR UNDER VIBRATION

**Abstract.** The influence of the parameters of mechanical vibrations on the resistance to external and internal shear of the material is decisive for various processes of processing bulk raw materials in food production. The energy intensity of technological processes directly depends and is calculated on the parameters of resistance to external shear. Such calculations are typical for vibration-transporting machines of various types, gravity transport installations, machines for vibration mixing. Vibration in most cases reduces the overall resistance to transportation, which follows from many experiments [1]. The main characteristics of the vibration effect on bulk materials in a loose state and under atmospheric pressure are currently established by theoretical and experimental studies. The vibration movement of particles of free bulk mass in the vertical and horizontal planes determines by its components the significance of the vibration effect (the nature of the effect). The influence on the interaction of the material and the working body is exerted by the vertical component of vibration, which is defined as a change in the normal reaction of the bulk material to the working body. The amount of normal functioning during the movement is not constant. Since only the set values of the quantities are used in the calculations, it becomes necessary to solve this problem.

**Keywords:** displacement resistance, internal and external shear, vibration displacement, conveyor, effective coefficient of friction.

**Введение.** О темпах развития вибрационной техники можно судить по

тому, что сейчас разработаны и эксплуатируются вибрационные машины во всех отраслях хозяйственной деятельности человека, начиная от добычи полезных ископаемых и строительства и заканчивая пищевой, и высокотехнологичной медицинской промышленностью. Сопротивление сыпучих материалов внутреннему и внешнему сдвигу при вибрационном транспортировании сыпучих пищевых грузов является главным фактором, определяющим параметры всего процесса перемещения [2]. И если вертикальная составляющая колебаний определяет взаимодействие колеблющейся поверхности и материала на ней, то горизонтальная составляющая обеспечивает направленное перемещение в той же плоскости, что является главным результатом вибрационного воздействия.

При достаточной эффективности вертикально направленных колебаний понижаются значения эффективных коэффициентов трения, чему предшествует уменьшение контактных напряжений, это и понижает значение силы внешнего сдвига [2]. То же самое, происходит при возрастании интенсивности колебаний в сыпучем материале, сопротивление внешнему сдвигу материала быстро снижается. Действие вертикальных составляющих колебаний можем считать полезными для процесса вибрационного транспортирования, однако составляющие вибрации в горизонтальном направлении не могут обеспечивать высокие скорости транспортировки сыпучих материалов.

Опираясь на материалы наших предыдущих исследований [3-4], отметим, что при интенсивных режимах и стабильно выдерживаемом направлении вибрации рабочего органа, не получается значительно повысить скорость вибрационного транспортирования. Максимально достигнутая скорость при этом 0,5...0,6 м/сек. Поэтому можем утвердительно говорить, что горизонтальные составляющие вибрационного воздействия не являются эффективными для существенного увеличения общей скорости материала вдоль горизонта. Различные вибрационные машины используют разные вибрационные воздействия на перерабатываемый или перемещаемый материал. Одни

вибрационные транспортирующие машины проявляют сразу два вышеуказанных способа воздействия: вертикально и горизонтально направленные колебания; другие типы машин используют только вертикальные (материал, в таком случае, перемещается под собственной тяжестью); третьи применяют комбинированное воздействие с направленными под углом колебаниями, при котором сыпучий материал подбрасывается и движется в заданном направлении одновременно.

Направление вибрации рабочих органов в вибрационных конвейерах происходит под углом к горизонту, а движение материала происходит по горизонтальной составляющей [5]. Силу, которая действует на перемещаемый материал, можно представить как вертикальные и горизонтальные составляющие, хотя сама сила направлена под углом к траектории движения материала. Известно, что интенсивность износа поверхности, соприкасающейся с материалом, снижается по причине быстрого снижения сопротивления материала вибрационному перемещению из-за вышеописанного влияния колебательных импульсов, направленных под углом к горизонту. Однако соревноваться в скорости и, как следствие, в производительности с другими типами существующих транспортирующих машин (непрерывного действия) вибрационным конвейерам невозможно из-за низких скоростей перемещения груза [6]. Но, тем не менее, в вибрационных бункерах, вибрационных устройствах для очистки ёмкостей и другой тары, комбинированных вибрационных погрузчиках, машинах с вибрационным носком, вибрационных течках и желобах и т.д.

Снижение сопротивления перемещению материалов с использованием вибрации показывает свою эффективность и применимость практически во всех отраслях. В вибрационных пневмотранспортных машинах, которые представляют собою перспективу вибрационных конвейеров и, в сравнении с ними, выдают более значительную производительность – именно механические колебания используются для снижения сопротивлений перемещению материала

[7, 8]. При вибрационно-пневматическом движении материала, его перемещение происходит за счёт динамического напора, создаваемого сжатым воздухом. Вибрация передаётся рабочему органу только для снижения сопротивления движению материала и уменьшения интенсивности износа рабочего органа. Большое внимание в пищевой промышленности следует обратить на воздействие колебаний грузонесущих желобов, и на уменьшение углов самотёчных установок. Применение самотёчных установок (самотёчного транспорта) было бы более востребовано в случае реализации искусственных (более эффективных) режимов вибрационного воздействия на желоба. Характер изменения сопротивлений вибрационному перемещению материалов (эффективных коэффициентов внешнего трения) зависит от применяемого режима вибрационного воздействия, что является интересным с научной и практической точки зрения. Физическая природа процесса соприкосновения колеблющейся плоскости с сыпучими материалами может быть раскрыта только исследованиями в этой области.

**Цель исследования** – установление степени влияния вибрационного воздействия на сопротивление пищевых материалов внешнему и внутреннему сдвигу для возможного снижения энергетических затрат технологического оборудования, предназначенного для переработки или транспортировки пищевых продуктов.

**Методы и материалы исследования.** Эффективность работы вибрационных машин определяется использованием создания эффективных искусственных режимов колебаний рабочего органа, что основывается на выборе кинематических параметров вибрации, этот выбор зависит от знания эффективных коэффициентов трения для различных сыпучих или кусковых и одиночных материалов (пищевых материалов). Данный вопрос рассмотрен в ограниченном числе научных работ, в том числе в работах [1, 3, 4, 5, 9, 10]. Для решения этого вопроса необходимо изучить процессы взаимодействия сыпучих материалов и колеблющегося рабочего органа, определить зависимость

кинематических параметров от сопротивлений вибрационному перемещению материала. Из-за сложностей, связанных с необходимостью учёта многих действующих факторов, сложно получить достаточно точные результаты с помощью теоретических исследований, поэтому первенство в решении этого и подобных вопросов всегда будет принадлежать эксперименту.

Отдельного внимания заслуживает вопрос сопротивления внешнему сдвигу при вибрационном перемещении сыпучих материалов в нейтральном состоянии. Экспериментальные исследования данного вопроса с технической точки зрения представляют серьёзные затруднения. Определение коэффициента трения исследуемого образца материала (одиночного) на колеблющейся плоскости предполагает использование выражения из источника [6]:

$$\mu = \frac{F_{тр}}{N}, \quad (1)$$

где  $F_{тр}$  – сила трения;

$N$  – нормальная реакция опоры.

Однако нормальная реакция  $N$  на колеблющейся плоскости будет иметь переменное значение от нуля до некоторого максимума, и сила сопротивления вибрационному перемещению также будет иметь дискретный характер, что не может характеризовать среднее значение сопротивления перемещению, которое можно использовать. Материал, находящийся на колеблющейся плоскости, циклично контактирует с ней, поэтому только вибрационное перемещение большого объёма материала может показать какое-то среднее значение суммарного сопротивления перемещению.

Таким образом, остаётся метод, заключающийся в определении значения сопротивления через определённые промежутки времени по получаемому измерением значению работы, затраченной на вибрационное перемещение материала [11]. В таком случае эффективный коэффициент трения станет нам известен из следующей формулы:



$$\mu_{\text{эф}} = \frac{A_m}{GL}, \quad (2)$$

где  $A_m$  – работа, затраченная на перемещение материала (образца);

$G$  – вес материала (образца);

$L$  – расстояние вибрационного перемещения.

Рабочий орган экспериментального вибрационного стенда, созданного для опытов с выбранными пищевыми материалами, представляет собою трубу, которая подвергается вибрации в вертикальной плоскости, а внутри рабочего органа (трубы) материал движется под направленным давлением воздуха.

Рассмотрим зависимости, показывающие состояние исследуемого материала, подверженного воздействию механических колебаний и направленного напора воздушного давления. Сила, создаваемая пневматическим давлением, записывается выражением из источников [5, 10]:

$$F_{\text{в}} = G \frac{(\nu - \dot{x}_{\text{с}})^2}{\dot{x}_{\text{св}}^2}, \quad (3)$$

где  $G$  – вес материала (образца);

$\nu$  – скорость перемещения воздушного потока;

$\dot{x}_{\text{с}}$  и  $\dot{x}_{\text{св}}$  – скорость перемещения и скорость витания материала (образца) находящегося в воздушной среде.

Колебательное движение, передаваемое опытному материалу, определяет изменение величины его нормальной опорной реакции. В этом случае перемещение исследуемого материала внутри вибрирующей поверхности в форме трубы, и находящегося под влиянием воздушного давления, описывается уравнением:

$$\frac{1}{g} G \ddot{x}_{\text{с}} = G \frac{(\nu - \dot{x}_{\text{с}})^2}{\dot{x}_{\text{св}}^2} - \mu_{\text{эф}} G. \quad (4)$$

Эффективный коэффициент трения, согласно применению данного уравнения, определится следующим образом:

$$\mu_{эф} = \frac{(v - \dot{x}_2)^2}{\dot{x}_{2в}} - \frac{\ddot{x}}{g}. \quad (5)$$

С целью точного расчёта эффективного коэффициента трения, нахождение таких величин как: скорость движения воздуха  $v$ , ускорение перемещения материала  $\ddot{x}_2$ , скорость перемещения материала  $\dot{x}_2$ , необходимо устанавливать опытным путём. Также нужно, обязательно и точно знать скорость витания частиц исследуемого материала в трубе нашего стенда  $\dot{x}_{2в}$ .

Установка (экспериментальный стенд) для определения эффективного коэффициента трения материалов представляет собою вибрационный стол с изменяемым эксцентриситетом вибратора, в рабочем органе которого жёстко установлена труба, в которую загружается исследуемый материал [11]. Кинематические параметры стенда изменяются в широких диапазонах: амплитуда 0...25 мм и частота 0...15000 кол/мин. Скорость перемещения материала меняется благодаря использованию воздуходувки с регулируемой производительностью объёма прогоняемого воздуха. В нижней части трубы находятся фотоспротивления, а сверху над ними установлены излучатели, подающие тонкий луч света на чувствительную поверхность фотоспротивления. Фотоспротивления, установленные в оптической системе стенда, предназначаются для выдачи показаний значения скорости и ускорения перемещаемых порций материала.

Трубка «Пито» и ёмкостные датчики давления, обеспечивают определение статического и динамического воздушного напора с использованием пленки осциллографа, что даёт возможность для определения скорости направленного

перемещения воздушного потока. По величине динамического и статического воздушного напора в момент перемещения исследуемого материала в трубе, определяют точную скорость воздуха и напор воздушной струи.

Значения амплитуды и частоты колебаний измеряются датчиками, которые регистрируют эти величины на шлейфе (плёнке) осциллографа. Установление значений скорости витания частиц материала, регистрируется обычными аэродинамическими методами. По произведенным осциллограммам определяется зависимость эффективного коэффициента трения от кинематических параметров  $\mu_{\text{эф}} = f(A, n)$ .

Наибольший интерес представляют экспериментальные исследования влияния механических колебаний на пищевые сыпучие среды для получения количественных зависимостей. Для исследования процессов перемещения пищевых материалов в больших количествах, применяется вибрационная установка с измененной конструкцией [2]. Перемещение больших количеств материала выполнялось с помощью специального приспособления (обоймы).

Обойма перемещалась благодаря тонкой капроновой нити, когда один её конец наматывался на тяговый барабан. Тяговое устройство имеет регулируемое число оборотов благодаря двигателю с реостатом. Перемещение загруженной обоймы происходит с постоянной скоростью, что исключает возможность проявления сил инерции, а это в свою очередь значительно упростит расчёт сопротивления перемещению. Тяговый механизм обеспечивает широкий диапазон изменения скорости перемещения обоймы, что позволит нам определить зависимость скорости перемещения от величины сопротивления перемещению.

Динамометр кольцевого типа применялся нами как сверхчувствительный тензометрический малоинерционный прибор для регистрации сопротивлений перемещению грузов. Данные динамометра фиксировались прибором стрелочного типа, одновременно регистрируясь на шлейфе осциллографа. Обработка полученных при экспериментах шлейфов (плёнок), где

регистрировались сопротивления перемещению груженных обойм, выявила, что сопротивления имеют постоянный характер равномерных изменений. Поэтому даже стрелочные приборы с их точностью были вполне обоснованно применены для фиксации сопротивлений перемещению.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Экспериментальные исследования по определению зависимостей механической вибрации от величины сопротивлений перемещению производились для разных сыпучих пищевых продуктов с различными навесками пищевого материала. Главная серия экспериментов осуществлена на продуктах размола зерна пшеницы крупностью 120...300 мкм.

При осуществлении экспериментальных опытов были получены значимые особенности перемещения сыпучих продуктов в трубе вибрационной установки. Для средних и небольших навесок сыпучей среды коэффициент сопротивления перемещению в трубе, по цифровому значению почти совпадает с коэффициентом динамического трения на плоскости, без применения колебаний рабочего органа. Если повышать объём загрузки обоймы, то коэффициент сопротивления перемещению в трубе повышается в сравнении с коэффициентом сопротивления перемещению на плоскости. В случае максимально возможного заполнения обоймы большой длины, сопротивления перемещению в трубе серьёзно возрастают, иногда превышая вес всего загруженного в обойму материала, т.е. коэффициент сопротивления перемещению превышает единицу. Такое явление осуществляется из-за «расклинивания» частиц перемещаемого материала, что хорошо рассмотрено в разделе механики сыпучей среды. В случае применения к трубе вибрационного воздействия такие сопротивления мгновенно снижались, по величине они оказывались сопоставимы с величинами сопротивлений перемещению материала в нейтральном состоянии при точно таком же характере колебаний. Выполненные эксперименты дают возможность уверенно говорить, что вибрация (определённый диапазон её параметров)

ликвидирует процесс «расклинивания» и резко снижает сопротивление перемещению.

Эксперимент со свободным перемещением материала для получения значения сопротивления перемещению, проводился с такой степенью загрузки обоймы, чтобы коэффициент сопротивления перемещению по стабильной (не вибрирующей) трубе совпадал с коэффициентом динамического трения сыпучего пищевого материала.

Эксперименты осуществлялись с амплитудой колебаний трубы: 2, 2,5 и 4,5 мм и частотой 300 и 350, 400 и 450, 500 и 550, 600 и 650, 700 и 800, 850 и 900 кол/мин. Значения ускорений вибрационного движения трубы на установке изменялись в пределах 0,25g...2g. Зависимость отношения коэффициента сопротивления перемещению при вибрации к коэффициенту сопротивления перемещению без вибрации ( $w_e/w$ ) от разных частот при изменяемых амплитудах колебаний представлена на рисунке 1.

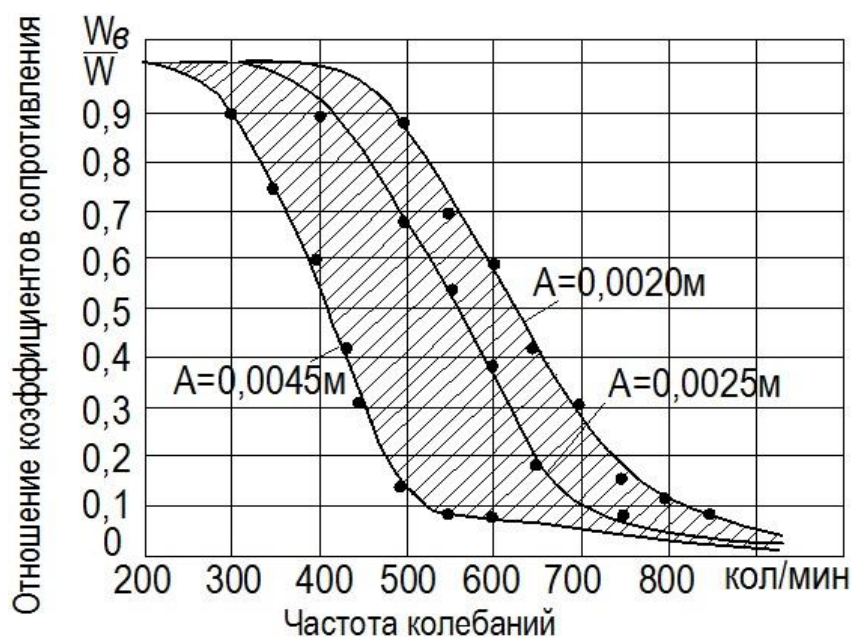


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента сопротивления перемещению от кинематических параметров

Графическая зависимость  $w_s/w = f(n)$  показывает, что в определённом диапазоне частот (для нашего графика 200...400 кол/мин) колебания абсолютно не изменяют величину сопротивлений перемещения сыпучих пищевых материалов. С повышением амплитуды данный интервал частот снижается, при амплитуде равной 2 мм этот интервал выглядит как 0...400 кол/мин, а в случае с амплитудой колебаний 4,5 мм составит 0...200 кол/мин. Резкое снижение сопротивления перемещению материала обнаруживается при повышении значений частоты колебаний. Такое снижение имеет приблизительно линейный характер для всех используемых нами амплитуд. После достижения определенной частоты колебаний (при  $A = 4,5$  мм, 500 кол/мин; при  $A = 2,5$  мм, 700 кол/мин; при  $A = 2$  мм, 800 кол/мин) в кривых происходит перелом, и с дальнейшим увеличением частоты сопротивления уменьшаются не столь интенсивно.

На частоте 900 кол/мин сопротивления перемещению в колеблющейся трубе не превышают 1-5 % от сопротивления перемещению без вибрационного воздействия. Из рисунка 1 можно видеть, что высокий диапазон частот (900...1000 кол/мин) упраздняет влияние значения амплитуды на сопротивление перемещению пищевого материала.

Следовательно, по зависимости на рисунке 1 определяется интервал рациональных кинематических параметров колебаний, который позволяет получить эффективное уменьшение сопротивлений перемещению материала. Данный опыт показывает, что для получения весьма низких сопротивлений перемещению материала нужно использовать частоты 900...1000 кол/мин, а в среднем будет рациональным использование диапазона 500...800 кол/мин, это всё для амплитуды 2...4,5 мм.

Согласно теоретическому изучению данного вопроса, ускорение колебаний может выступать обобщённым параметром, меняющим значение сопротивлений перемещению материала при использовании вибрационного воздействия на рабочий орган. Подтверждением этой теории послужит

зависимость, представленная на рисунке 2, это фактически полное повторение зависимости  $w_6/w_c$  предыдущего рисунка, но в координатах с параметром вибрации  $\Gamma$  по горизонтальной оси.

$$\Gamma = \frac{A\omega^2 \sin \beta}{g}, \quad (6)$$

где  $A$  – амплитуда колебаний;

$\omega$  – циклическая частота колебаний;

$\beta$  – угол направленности колебаний;

$g$  – ускорение свободного падения [9].

Детальное изучение зависимости на рисунке 2 указывает на узкий интервал расположения экспериментальных значений частоты и амплитуды, который представлен в виде плавной кривой. Это доказывает нам, что теоретические положения и данные эксперимента относительно обобщённого (главного) влияния ускорения колебаний на взаимный характер отношений колеблющегося рабочего органа с максимально загруженным количеством материала, полностью совпадают.

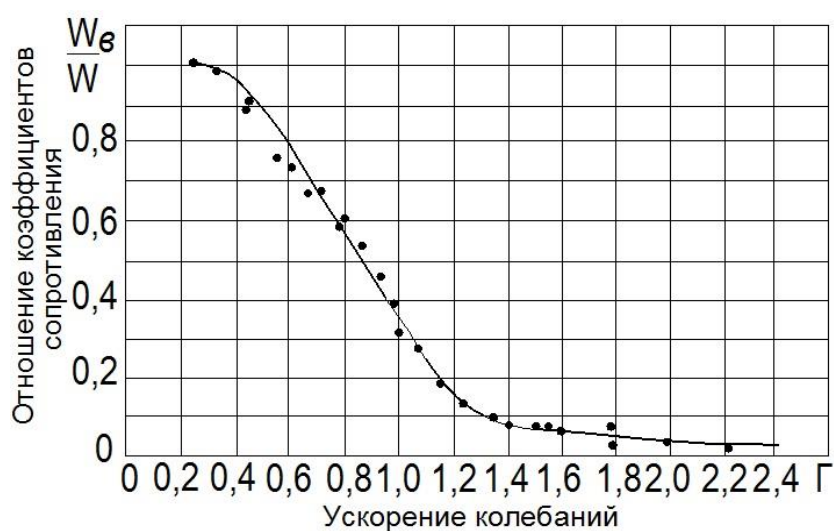


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента сопротивления транспортированию от ускорения колебаний

Рассматривая экспериментальную зависимость, отметим, что колебания с ускорениями в пределах  $0...0,35Г$  почти не изменяют значение сопротивлений перемещению материала. Диапазон  $0,35...1,2Г$  показывает снижение значений сопротивления перемещению прямо пропорционально значениям ускорения колебаний, доходя до 10% от значения сопротивлений перемещению без вибрационного воздействия. С повышением значения ускорений колебаний до  $2,2Г$ , сопротивления перемещению снижаются гораздо не заметнее, доходя от 1% до 2% от значения сопротивлений перемещению без вибрационного воздействия. Зависимость рисунка 2 дополнительно показывает, что сопротивления перемещению материала с вибрационным влиянием на большие массы материала снижается при гораздо меньших ускорениях колебаний, чем теоретически, что установлено в опыте с вибрационным перемещением одной частицы пищевого сыпучего материала. Это объясняется серьёзным различием закономерностей процессов влияния механических колебаний на большие количества насыпных материалов и влияния их же на одиночную частицу материала, находящуюся на плоскости.

Экспериментальными исследованиями определены и графически построены зависимости эффективных коэффициентов трения: продуктов размола зерна (муки пшеничной различной крупности), продуктов размола рисовых зёрен, сахарной пудры, различных пищевых кислот, крахмала по стали (пищевая нерж. сталь) от частоты и ускорения колебаний.

Эксперименты вибрационного перемещения муки доказали, что при существенно интенсивных колебаниях эффективные коэффициенты трения муки пшеничной по стали снижаются в 40 раз и более. Для продуктов размола зерна любой фракции и влажности да 14,8% наблюдается резкое снижение сопротивления перемещению (сдвигу) материала при амплитуде 0,3 мм частотах более 1800 кол/мин и ускорениях колебаний около  $1Г$  (рисунок 3).





Рисунок 3 – Зависимость эффективного коэффициента трения муки пшеничной по нержавеющей стали от ускорения колебаний

Также обнаруживается проявление, оптимального диапазона влажности, например, для муки пшеничной с влажностью до 10 %, эффективные коэффициенты трения достигают минимального значения, этот диапазон может быть продолжен после показателя влажности в 18 %, но мука, как пищевой продукт при такой влажности не хранится.

Подобными графиками описывается влияние механических колебаний и на порошки пищевых кислот и их смесей в различных концентрациях. Интересные закономерности получены при влиянии механических колебаний на пищевой крахмал различной влажности (рисунок 4).

В процессе множественных экспериментов определено, что некоторые кинематические параметры колебаний рабочего органа разжижают крахмал, который после этого приобретает сильно выраженные свойства текучести. Сильно процесс разжижения крахмала происходит при амплитуде 1,1...1,25 мм и частоте 3000 кол/мин. При вибрационной обработке зёрен риса с амплитудой 0,3 мм и частотой более 1800 кол/мин имеем резкое снижение эффективных коэффициентов трения.

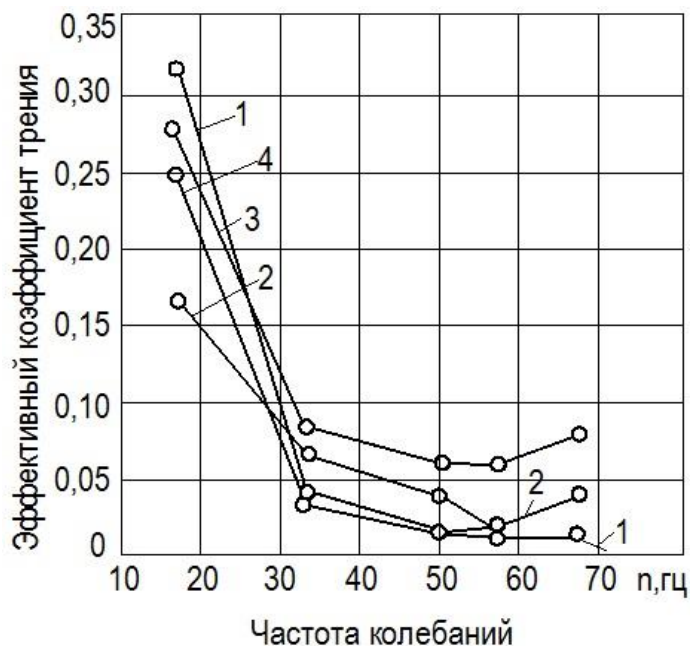


Рисунок 4 – Зависимость эффективного коэффициента трения пищевого крахмала от частоты колебаний на нержавеющей стали:

1 – влажность материала 3 %; 2 – влажность материала 10 %; 3 – влажность материала 21 %; 4 – влажность материала 28,4 %

Оптимальная влажность в диапазоне 0...10 %, характерна для всех исследуемых продуктов, при ней сопротивления перемещению (сдвигу) будут соответствовать наименьшим значениям. Влажность свыше 25 % даёт такой же эффект, но для пищевого сырья она едва ли допустима.

Очень интересные результаты при проведении экспериментов получены от подвергания механическим колебаниям порошков пищевых кислот. При влажности 10-15 % пищевые кислоты образуют конгломераты, после чего их применение по назначению становится под вопрос. Коэффициент их трения по стали, в зависимости от того какая конкретно кислота подвергается воздействию, может снижаться даже в 45 раз.

Согласно графической зависимости эффективного коэффициента трения от ускорения колебаний (рисунок 5), можно утверждать, что для эффективного вибрационного перемещения пищевых кислот их следует уплотнять в процессе перемещения.

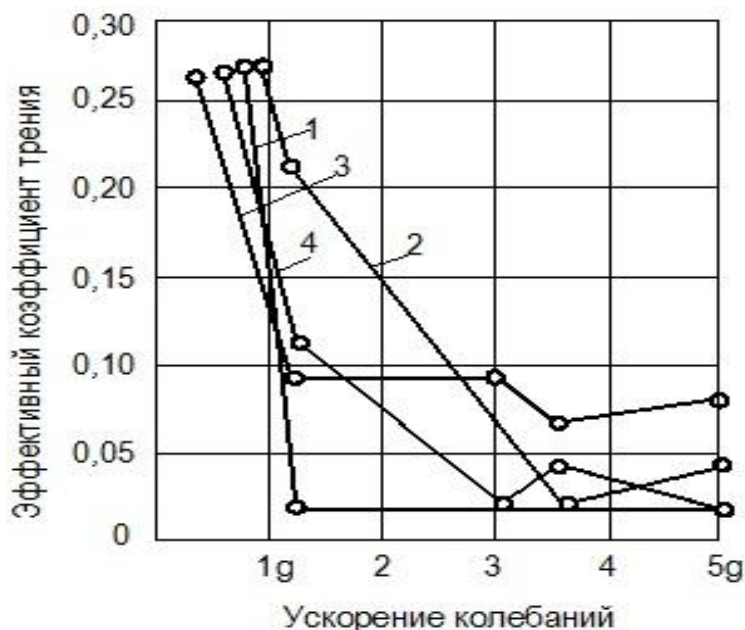


Рисунок 5 – Зависимость эффективного коэффициента трения порошков пищевых кислот от ускорения колебаний:

- 1 – при температуре смеси 15 °C; 2 – при температуре смеси 25 °C; 3 – при температуре смеси 40 °C; 4 – при температуре смеси 65 °C

Экспериментальные исследования показывают, что наименьшие сопротивления перемещению (сдвигу) материалов при воздействии механических колебаний происходят при температурах сыпучего пищевого материала 15...25 °C и 45...65 °C.

Приведенных установленных зависимостей недостаточно для того, чтобы дать точную оценку колебательным воздействиям в плане снижения сопротивления перемещению материалов (или сопротивления внешнему сдвигу), так как нужно видеть затраты энергии в колебательной системе для поддержания её свободных колебаний за счёт упругости рессор установки [3, 7]. Графическая зависимость «абсолютного» значения сопротивлений сдвигу материала (с учетом затрат энергии на поддержание колебательного движения)  $m$ , от ускорений колебаний представлена на рисунке 6.

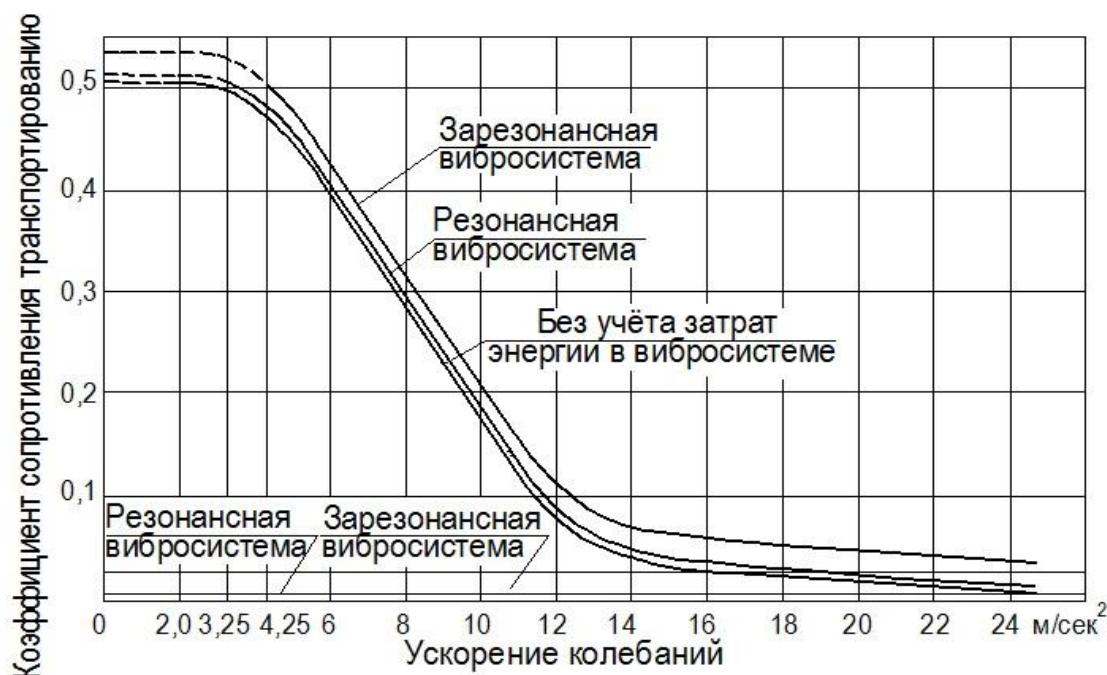
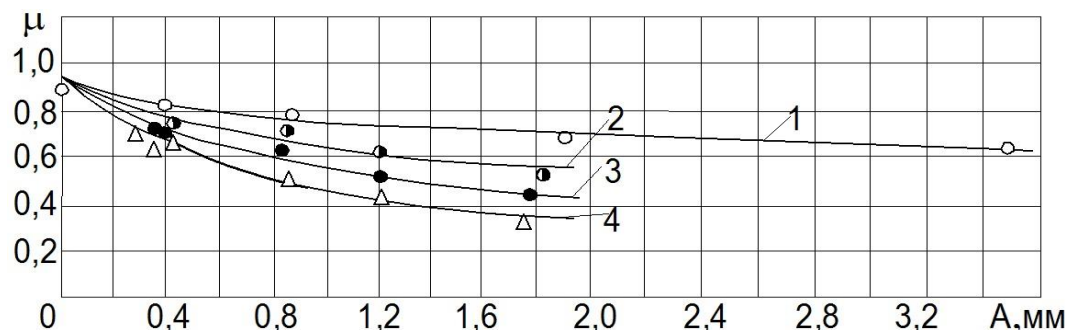


Рисунок 6 – Зависимость сопротивлений сдвигу (с учетом затрат энергии на поддержание колебательного движения) от ускорения колебаний

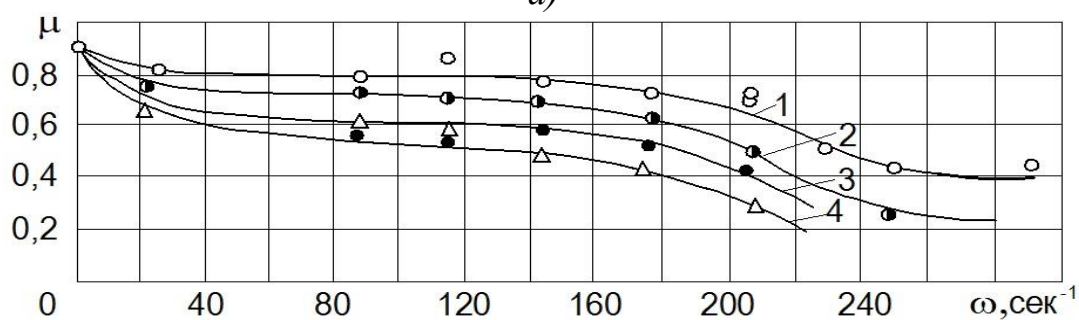
Зависимость показывает, что энергетические затраты на такое поддержание колебаний очень небольшие, если сравнить с экономией электрической энергии, расходуемой на преодоление сопротивлений перемещению материала, что обусловлено уменьшением сопротивления сдвигу материала при вибрационном влиянии. Согласно с данными представленной графической зависимости напрашивается значимый промежуточный вывод: даже при вибрационном воздействии небольшой или средней интенсивности (порядка 1,5-2g) сопротивления сдвигу сыпучего пищевого материала (сопротивления перемещению) могут снижаться в 50-60 раз.

Экспериментальные исследования сопротивления внутреннему сдвигу материала подверженного воздействию механических колебаний с различными пищевыми продуктами рассмотрим также на примере сыпучих продуктов, где доказано, что вибрационное воздействие всегда приводит к уменьшению сопротивлений внешнему сдвигу. Зависимости коэффициентов сопротивления внутреннему сдвигу от основных параметров режима вибрации приведены на рисунке 7, согласно источнику [10].

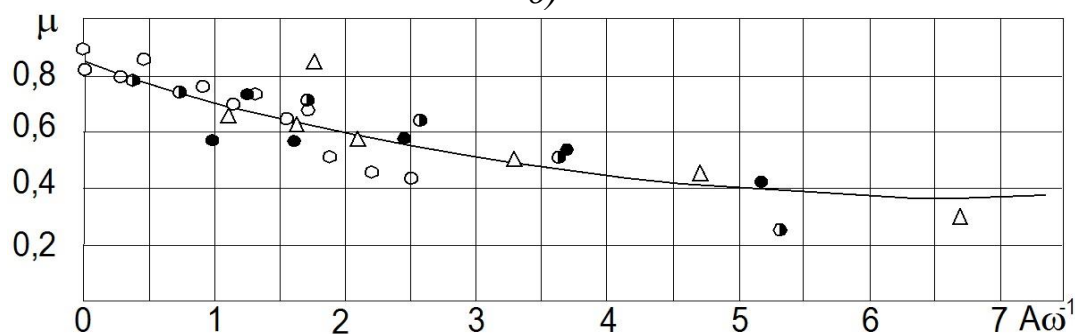
На рисунке 7, а представлена зависимость коэффициента сопротивления внутреннему сдвигу муки пшеничной высшего сорта с влажностью 14,8 % от кинематических параметров колебаний.



а)



б)



в)

Рисунок 7 – Зависимость коэффициентов сопротивления внутреннему сдвигу пшеничной муки от основных параметров режима вибрации  $A\omega^2$  :

а – значения коэффициентов внутреннего трения при различных амплитудах колебаний: 1 при  $A=0,35$  мм, 2 при  $A=0,85$  мм, 3 при  $A=1,2$  мм, 4 при  $A=1,5$  мм;

б – значения коэффициентов внутреннего трения при различных частотах колебаний: 1 –  $\omega = 25$  с<sup>-1</sup>; 2 –  $\omega = 144$  с<sup>-1</sup>; 3 –  $\omega = 177$  с<sup>-1</sup>; 4 –  $\omega = 208$  с<sup>-1</sup>;

в – значения коэффициентов внутреннего трения при различных ускорениях колебаний

**Выводы.** Главный результат проведенных исследований заключается в установлении того факта, что вибрационное воздействие на пищевые сыпучие материалы приводит к снижению эффективных коэффициентов внешнего трения продукта о стальные, и надо полагать любые другие поверхности, также снижается и сопротивление внутреннему сдвигу (коэффициенты внутреннего трения). Вибрационное воздействие в отношении уменьшения сопротивлений внутреннему сдвигу оказывается эффективным в меньшей степени, чем внешнему. Следует указать, что при любых исследованиях обнаруживаются только эффективные диапазоны частот и амплитуд, что наводит на мысль о цикличности эффективных диапазонов параметров, между которыми находятся диапазоны, не оказывающие на материал заметного влияния относительно их коэффициентов трения. В незначительной степени на все эффективные диапазоны параметров вибрации могут влиять физические свойства продукта, гораздо в большей степени на них влияет влажность и температура материала.

Список использованной литературы:

1. *Кристалль М.Г., Широкий А.В., Тегачев Е.В., Филимонов В.В.* Метод повышения производительности вибрационных бункерных загрузочных устройств // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2002. № 4. С. 16-19.
2. *Кристалль М.Г., Широкий А.В.* Высокопроизводительное вибрационное загрузочное устройство с пневмовихревым роторным ориентатором // Комплексная автоматизация производства на базе роторных и роторно-конвейерных линий (к 90-летию со дня рождения академика АН СССР Л. Н. Кошкина). Сб. науч. трудов под ред. В. В. Прейса. Тула. 2002. С. 63-67.
3. *Фалько А.Л., Степанов Д.В.* Перспективная конструкция вибрационного конвейера для использования в линиях по переработке свежей или размороженной рыбы // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. Воронеж, 2019. № 3. С. 94-103.
4. *Фалько А.Л., Аллахвердиев Т.Ш.О., Цыганкова И.В.* Повышение эффективности транспортирования грузов с помощью вибрационного перемещения // Вестник КГМТУ. 2021. Вып. 1. С. 127-141.
5. *Григорьев А.В., Гришко А.К., Лапшин Э.В., Наумова И.Ю., Данилова Е.А., Юрков Н.К.* Вычисление выходных параметров системы измерения модуля и компонент вектора вибрационного перемещения исследуемой материальной точки объекта контроля // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». 2016. Т. 2. С. 41-44.
6. *Герасимов С.А.* Автомодельность вибрационного перемещения в среде с сопротивлением // Прикладная механика и техническая физика. 2002. Т. 43. № 1. С. 108-111.
7. *Лавендел Э.Э.* Вибрации в технике: справочник. В 6 т. Т. 4. Вибрационные процессы и машины. М.: Машиностроение, 1981. 509 с.
8. *Блехман И.И., Джанелидзе Г.Ю.* Вибрационное перемещение. М.: Наука, 1964. 411 с.

9. Журавлева Е.В. Моделирование динамики процесса вибрационного транспортирования сыпучего материала: дис. ... канд. техн. наук: 01.02.06 / Елена Вадимовна Журавлева. Курск, 2000. 129 с.
10. Alkhaldi H., Eberhard P. Computation of Screening Phenomena in a Vertical Tumbling Cylinder // Proceedings in Applied Mathematics and Mechanics (PAMM). Berlin, Germany. 2006. P. 83-84. DOI: 10.1002/pamm.200610022.
11. Alkhaldi H., Eberhard P. Particle screening phenomena in an oblique multi-level tumbling reservoir: A numerical study using discrete element simulation // Granular Matter. 2007. Vol. 9. P. 415-429. DOI: 10.1007/s10035-007-0042-6.

References:

1. Kristal' M.G., Shirokiy A.V., Tegachev Ye.V., Filimonov V.V. Metod povysheniya proizvoditel'nosti vibratsionnykh bunkernykh zagruzochnykh ustroystv [Method of increasing the productivity of vibrating hopper loading devices]. *Sborka v mashinostroyenii, priborostroyenii* [Assembly in mechanical engineering, instrument making], 2002, no. 4, pp. 16-19. (In Russian).
2. Kristal' M.G., Shirokiy A.V., Preys V.V. (ed.) Vysokoproizvoditel'noye vibratsionnoye zagruzochnoye ustroystvo s pnevmovikhrevym rotornym oriyentatorom [High-performance vibrating loading device with pneumatic rotary orientator]. *Sbornik nauchnykh trudov «Kompleksnaya avtomatizatsiya proizvodstva na baze rotornykh i rotorno-konveyernykh liniy (k 90-letiyu so dnya rozhdeniya akademika AN SSSR L.N. Koshkina)»* [Collection of scientific works "Complex automation of production on the basis of rotary and rotary conveyor lines (to the 90th anniversary of the birth of Academician of the USSR Academy of Sciences L.N. Koshkin)"]. Tula, 2002, pp. 63-67. (In Russian).
3. Fal'ko A.L., Stepanov D.V. Perspektivnaya konstruktsiya vibratsionnogo konveyera dlya ispol'zovaniya v liniyakh po pererabotke svezhey ili razmorozhennoy ryby [A promising design of a vibrating conveyor for use in lines for processing fresh or thawed fish]. *Tekhnologii pishchevoy i pererabatyvayushchey promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya* [Technologies of the food and processing industry of the agro-industrial complex – healthy food products]. Voronezh, 2019, no. 3, pp. 94-103. (In Russian).
4. Fal'ko A.L., Allahverdiyev T.Sh.O., Tsigankova I.V. Povysheniye effektivnosti transportirovaniya грузов s pomoshch'yu vibratsionnogo peremeshcheniya [Improving the efficiency of cargo transportation by means of vibration movement]. *Vestnik KGMTU* [KSMTU Bulletin], 2021, vol. 1, pp. 127-141.
5. Grigor'yev A.V., Grishko A.K., Lapshin E.V., Naumova I.Yu., Danilova Ye.A., Yurkov N.K. Vychisleniye vykhodnykh parametrov sistemy izmereniya modulya i komponent vektora vibratsionnogo peremeshcheniya issleduyemoy material'noy tochki ob'yekta kontrolya [Calculation of the output parameters of the module measurement system and the components of the vibration displacement vector of the material point under study of the control object]. *Trudy Mezhdunarodnogo simpoziuma «Nadezhnost' i kachestvo»* [Proceedings of the International Symposium "Reliability and Quality"], 2016, vol. 2, pp. 41-44. (In Russian).
6. Gerasimov S.A. Avtomodel'nost' vibratsionnogo peremeshcheniya v srede s soprotivleniyem [Self-similarity of vibration movement in a medium with resistance]. *Prikladnaya mekhanika i tekhnicheskaya fizika* [Journal of applied mechanics and technical physics], 2002, vol. 43, no. 1, pp. 108-111. (In Russian).
7. Lavendel E.E. *Vibratsii v tekhnike. T. 4. Vibratsionnyye protsessy i mashiny.* [Vibrations in engineering. Vol. 4. Vibration processes and machines]. Moscow, Mashinostroyeniye Publ., 1981, 509 p. (In Russian).
8. Blekhnman I.I., Dzhanelidze G.Yu. *Vibratsionnoye peremeshcheniye* [Vibration movement]. Moscow, Nauka Publ., 1964, 411 p. (In Russian).
9. Zhuravleva Ye.V. *Modelirovaniye dinamiki protsessa vibratsionnogo transportirovaniya*

- supuchego materiala. Diss. ... kand. tekhn. nauk.* [Simulation of the dynamics of the process of vibration transportation of bulk material. Cand. sci. diss.]. Kursk, 2000, 129 p. (In Russian).
10. Alkhaldi H., Eberhard P. Computation of Screening Phenomena in a Vertical Tumbling Cylinder. *Proceedings in Applied Mathematics and Mechanics (PAMM)*. Berlin, Germany, 2006, pp. 83-84. (In English). DOI: 10.1002/pamm.200610022.
  11. Alkhaldi H., Eberhard P. Particle screening phenomena in an oblique multi-level tumbling reservoir: A numerical study using discrete element simulation. *Granular Matter*, 2007, vol. 9, pp. 415-429. (In English). DOI: 10.1007/s10035-007-0042-6.

#### Сведения об авторах / Information about authors

<b>Фалько Александр Леонидович</b>	д-р техн. наук, профессор кафедры машин и аппаратов пищевых производств
	Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 298324, Республика Крым, г. Керчь, ул. Ульяновых 3а, кв. 80 falkoas@rambler.ru
Falko Alexander Leonidovich	Dr. Sci. (Engin.), Professor of the Department of machines and apparatuses of food production Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82 298324, Republic of Crimea, Kerch, Ulyanov str. 3a, apt. 80 falkoas@rambler.ru



УДК [532.6+538.9]:664

DOI: 10.47404/2619-0605\_2021\_3\_145

Уколов А.И., Попова Т.Н.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ СУПЕРГИДРОФОБНОГО СЛОЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МЕТАЛЛОВ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПОГРУЖЕНИИ В ВОДУ

**Аннотация.** В работе выполнено актуальное для оборудования пищевых производств экспериментальное исследование стабильности супергидрофобного (СГ) состояния при длительном погружении в воду. СГ-слой осаждался на подложки из листовой стали двумя способами, что позволило получить поверхности с различной шероховатостью. Микроскопические наблюдения были выполнены на всех этапах существования газовой прослойки между жидкостью и твердым телом – от момента ее образования до начала структурного разрушения СГ-покрытия. Было обнаружено, что долговременную стабильность воздушной слой демонстрирует, если сохраняется его контакт с атмосферой. В обратном случае, он собирается в большие пузыри, а остальная поверхность смачивается без структурных разрушений. Таким образом, при оценке перспективы использования СГ-поверхностей для широкого круга применений в пищевой промышленности, связанных с водной средой, следует учитывать тот факт, что результат взаимодействия зависит от условий погружения такой поверхности в жидкость.

**Ключевые слова:** супергидрофобная поверхность, явление абсолютного несмачивания, шероховатость, вода, воздушный слой, полное погружение.

Ukolov A.I., Popova T.N.

## INVESTIGATION OF THE STABILITY OF A SUPERHYDROPHOBIC LAYER ON THE SURFACE OF INDUSTRIAL METALS DURING PROLONGED IMMERSION IN WATER

**Abstract.** In this work, an experimental study of the stability of the superhydrophobic (SH) state during prolonged immersion in water, which is relevant for food production equipment, has been carried out. The SH layer was deposited on sheet steel substrates in two ways, which made it possible to obtain surfaces with different roughness. Microscopic observations were carried out at all stages of the existence of a gas layer between a liquid and a solid, from the moment of its formation to the beginning of structural destruction of the SH-coating. The air layer has been found to exhibit long-term stability if it remains in contact with the atmosphere. Otherwise, it collects into large bubbles, and the rest of the surface is wetted without structural damage. Thus, when assessing the prospects for using SH-surfaces for a wide range of applications in the food industry associated with an aqueous medium, one should take into account the fact that the result of interaction depends on the conditions of immersion of such a surface in a liquid.

**Keywords:** superhydrophobic surface, absolute non-wetting phenomenon, roughness, water, air layer, full immersion.

**Введение.** Развитие техники и технологий привело к появлению новых материалов, создающих уникальные свойства поверхностей машин и аппаратов пищевых производств. Особые покрытия применяются в мясо-молочной, рыбной, фармацевтической отрасли. Кроме выполнения своих функций они

должны быть экологически безопасными, стойкими к механическим воздействиям и иметь эстетичный вид. К таким можно отнести поверхности с антипригарным покрытием, супергидрофобные поверхности (Tefal) и т.д. Металлы в производственных агрегатах используются и как подложки, для осаждения покрытий, и как конструкционные материалы основных частей устройств. Использование новых покрытий вызывает необходимость изучения свойств этих поверхностей, используемых на различных этапах в пищевой промышленности. Перспективными могут стать супергидрофобные поверхности, представляющие собой искусственные микро- и наномасштабные иерархические структуры, которые за счет явления несмачивания могут эффективно обеспечить улучшение функциональных свойств материалов. Основным принцип создания супергидрофобной поверхности заключается в получении точной синергии между шероховатыми микроструктурами и материалами с низкой поверхностной энергией, в которых множественные воздушные области (карманы) могут быть захвачены внутри микроструктуры поверхности, как впервые было описано в режиме Кэсси-Бакстера [1]. В настоящее время для создания супергидрофобных (СГ) поверхностей доступны различные виды материалов и ряд хорошо разработанных технологий изготовления [2-7]. Для исследования СГ-состояния существуют и применяются коммерческие приложения двухкомпонентных систем [8-10]. Исследователями предпринимаются усилия для теоретической оценки критериев проектирования рельефа поверхности для оптимизации супергидрофобного эффекта с точки зрения угла контакта и гистерезиса угла контакта [11, 12]. Однако, несмотря на огромный прогресс, достигнутый за последние два десятилетия, из-за ненадежной стабильности захваченных воздушных карманов в условиях эксплуатации нет возможности долгосрочного практического применения супергидрофобных покрытий. Поэтому, как отмечается практически во всех последних исследованиях, самой большой проблемой в этой области по-прежнему остается легкое и недорогое производство СГ-покрытий с

долговременной стабильностью в условиях применения.

Испытания на прочность СГ-покрытий не имеют установившейся стандартизации, однако при анализе литературы можно выявить некоторые группы методов. Механические тесты: истирания наждачной бумагой или тканью [13], износ от прилипания ленты, касание пальцами, царапины [14, 15], гидроудары [16, 17]. Химические тесты: погружение в растворы кислот, оснований, спиртов и др. органических веществ [18, 19]. Тем не менее, минимальным требованием для пригодной СГ-поверхности должно быть противостояние явлению смачивания после длительного воздействия обычной воды. Проблема в том, что в основном практическое использование СГ-покрытий связано не с капельным взаимодействием с твердым телом, а с полным погружением в воду. К перспективным направлениям применения СГ-покрытий, в первую очередь, следует отнести борьбу с бактериальным осаждением и биологическим обрастанием [20-25], снижение вязкого трения в системах циркулировали, герметизация токопроводящих элементов, и защиту от коррозии [26-30]. Основной задачей стабильного СГ-состояния является сохранить воздушный слой, захваченный бугорками поверхности и препятствующий осаждению первых поселений личинок и бактерий на твердый материал. Уже на этом тривиальном для твердых тел этапе испытаний возникают проблемы стабильности СГ-состояния. В [18] сообщают о сверхгидрофобных наноструктурных углеродных пленках, которые поддерживают статические контактные углы выше  $150^\circ$  только после 24 ч погружения в чистую воду (рН~7). Другие данные свидетельствуют о том, что дополнительное воздействие на поверхность воды в течение ночи [26] или недели [27] может привести к существенному изменению свойств поверхности. В [28] сообщают о супергидрофобном покрытии со статическим углом контакта  $150^\circ$  после более чем 60 суток погружения в воду.

Основной общей чертой большинства подобных работ является то, что определение совершенства структуры СГ-поверхности определяется после

испытания. Критерием в таких случаях выступает измерение краевого угла капли на поверхности или сравнение поверхностного рельефа изображения, которое получено одним из методов сканирующей микроскопии. Встречаются в литературе и наблюдения капли воды, которая медленно просачивалась в СГ-поверхность через несколько минут [29, 30]. Однако для полного понимания физических механизмов смачивания внутренних полостей структуры недостаточно исследований, посвящённых функционированию газового зазора от начала погружения и до потери СГ-состояния.

**Цель работы** – обнаружить физические процессы, сопровождающие этап формирования и стабильности воздушного слоя при полном погружении в воду супергидрофобной поверхности. Выявить закономерности, происходящие на границе жидкость-газ-твёрдое тело, и оценить влияние на них внешних факторов. Определить возможность потери СГ-состояния несвязанной со структурной деградацией покрытия.

#### **Материалы и методы исследования**

Для осаждения супергидрофобного покрытия были подготовлены металлические подложки (листовая сталь) виде тонких пластин толщиной  $a_{пл} = 0,2$  мм прямоугольной формы (площадь  $100 \times 70$  мм), вогнутого круга диаметром  $d_k = 85$  мм (рис. 1, а), а также стального шара диаметром  $d_{ш} = 30$  мм. Специфичность формы образцов обусловлена результатами, последовательно полученными при каждом варианте погружения. Супергидрофобный слой создавался аэрозольным распылением пневматическим способом двухкомпонентной системы по методике, описанной в работах [31, 38]. Применялись коммерчески доступные растворы Rust-Oleum® Neverwet® и UltraEverDry®, используемые для получения СГ-поверхностей на металлических и неметаллических материалах, обеспечивающие необходимую шероховатость поверхности для создания эффекта полного несмачивания исследуемых образцов [7-9]. На поверхность образца первым наносился базовый слой, содержащий метилизобутилкетон, бутилацетат и минеральные спирты,

путем равномерного распыления в 2-3 прохода с расстояния около 15 см в течение 3-4 с. После чего слой просыхал при нормальных условиях, созданных в лаборатории в течение 30 минут. Затем выполнялось осаждение верхнего покрытия, распылением частиц диоксида кремния [SiO<sub>2</sub>], суспендированных в ацетоне. Поверхность сохранялась для дальнейшей сушки в обычных лабораторных условиях в течение не менее 12 часов до проведения исследований. Образцы всех формы были приготовлены при помощи двух СГ-систем, и каждый испытывался погружением в воду не менее 5 раз.

Для наблюдения за поведением воздушного слоя образцы погружались в емкость (рис. 1, а (1, 3)) или заполнялись внутри водой (рис. 1, а (2)). Высота слоя жидкости над поверхностью изменялась в интервале  $h = 3-50$  мм. Емкость помещалась под объектив микроскопа SZM7045T-B1. Процесс взаимодействия воды с СГ-поверхностью фиксировался с помощью видеоокуляра HDMI VGA 18MP HD USB TF через равные интервалы времени.

Структура поверхности исследовалась с помощью профилометра Wyko NT9080 (Производитель Bruker AXS), который позволяет производить измерение 4-х параметров шероховатости ( $R_a$  – среднее арифметическое отклонение профиля,  $R_q$  – среднеквадратичная шероховатость,  $R_z$  – высота неровностей профиля по десяти точкам,  $R_t$  – общая высота профиля шероховатости), с высокой точностью (разрешение в направлении  $z$  – 1 нм), а также волнистости в широком диапазоне значений.

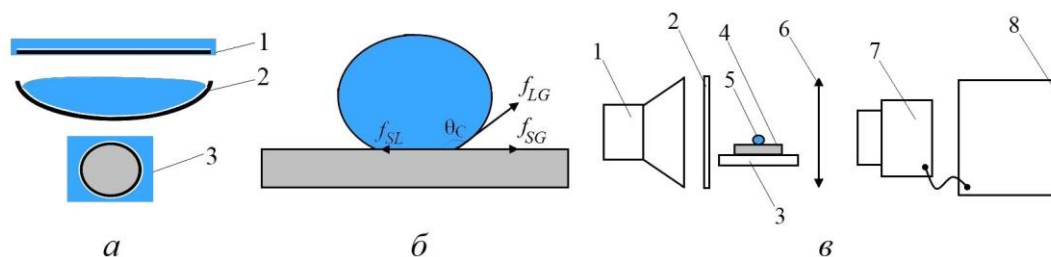


Рисунок 1, а – варианты погружения в воду и формы образцов; б – капля на СГ-поверхности; в – схема установки для определения угла контакта

Количественной характеристикой смачиваемости является угол контакта  $\theta_C$  (рис. 1, б) и разница между наступающим  $\theta_{adv}$  и отступающим углами  $\theta_{res}$  (гистерезис угла контакта).  $\theta_C$  определяется как угол между касательной в тройной точке границы раздела и твердой поверхностью. Величина угла  $\theta_C$  капли связана с межфазными энергиями, действующими между границами раздела «твердое тело – жидкость» ( $f_{SL}$ ), поверхностной энергией «твердое тело – пар» ( $f_{SV}$ ) и энергией «жидкость – пар» ( $f_{LV}$ ) соотношением:

$$\cos \theta_C = \frac{f_{SV} - f_{SL}}{f_{LV}}. \quad (1)$$

Из (1) следует, что чем ниже поверхностная энергия, тем больше краевой угол и меньше смачиваемость твердого тела. Если угол контакта  $\theta < 90^\circ$  – поверхность обладает гидрофильными свойствами,  $\theta_C > 90^\circ$  соответствует гидрофобному взаимодействию. Увеличение угла контакта до значений  $\theta_C > 150^\circ$  и снижение значения гистерезиса  $\theta_{adv} - \theta_{res} < 10^\circ$  свидетельствует о переходе в супергидрофобное состояние.

Наблюдение и фотосъемка каплей для определения угла контакта  $\theta_C$ , (рис. 1, б) осуществлялась на специально сконструированной установке по схеме, представленной на рис. 1, в [32, 33, 38].

На оптической скамье для получения соосности изображения были смонтированы источник света (1), который через матовое стекло (2) выполнял подсветку капли (5), осажденной на образец (4) и установленный на держатель (3). Собирающая линза (6) и цифровая фотокамера CanonEOS 550D (7), сопряженная с компьютером (8), регистрировали каплю воды на подложке. Изображение капли фиксировалось после оптического увеличения при помощи видеоискателя в реальном времени. Полученные изображения графически анализировались программой sPlan 7.0.

Метод наклонной плоскости [34] используется для записи измерений и захвата изображений профилей падения непосредственно перед началом спуска для определения гистерезиса угла контакта.

## Результаты исследования и их обсуждение

Использование двух видов материалов для осаждения СГ-слоя позволило получить поверхности со следующими характеристиками.

Типичный профиль оптической профилометрии системы NeverWet представлен на рис. 2, *а*. Кластеризация/агломерация частиц, присутствующих в растворе, приводит к образованию шероховатости, среднее арифметическое и квадратичное отклонения профиля которого соответственно равны  $Ra = 12$  мкм и  $Rq = 15$  мкм. Полная высота  $Rt = 127$  мкм и высота  $Rz = 122$  мкм неровностей профиля были свойственны СГ-системе NeverWet. Микроскопические выступы полусферической формы обеспечивали необходимую шероховатость рис. 2, *б* для появления эффекта несмачивания и перехода капли в состояние Кэсси-Бакстера рис. 2, *в*. Для каплей объемом 5 мкл угол контакта составлял  $\theta_c = 153^\circ$ , гистерезис  $\approx 2^\circ$ .

Использование UltraEverDry обеспечивает меньшую величину шероховатости  $Ra = 6,7$  мкм и  $Rq = 8,2$  мкм. Полная высота  $Rt = 41,1$  мкм и высота неровностей профиля  $Rz = 20,3$  мкм (рис. 3, *а*). Поверхность представляет собой микроскопические островки, разделенные каналами (рис. 3, *б*). Для каплей объемом 5 мкл угол контакта составлял  $\theta_c = 150,3^\circ$ , гистерезис  $\approx 7^\circ$ .

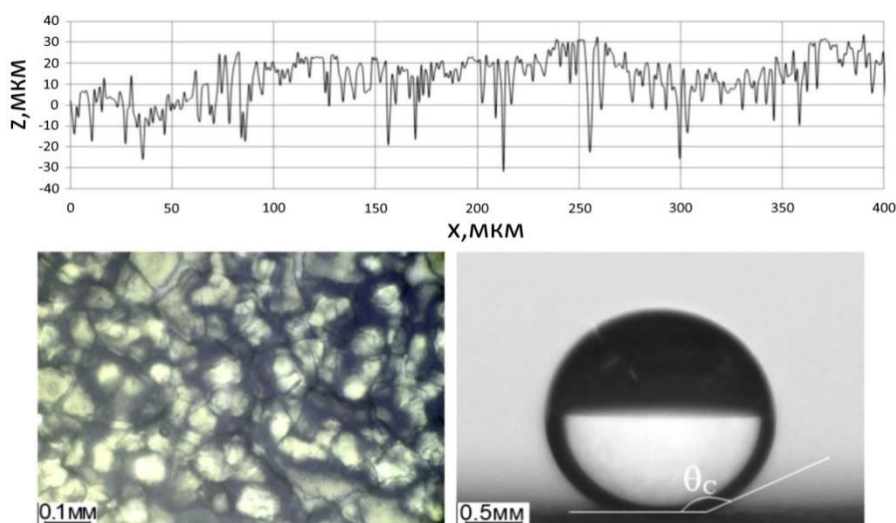


Рисунок 2, *а* – профиль шероховатости поперечного сечения, прослеженный оптическим профилометром по всей поверхности, *б* – оптическая микроскопия, *в* – капля в состоянии Кэсси-Бакстера СГ-поверхности NeverWet

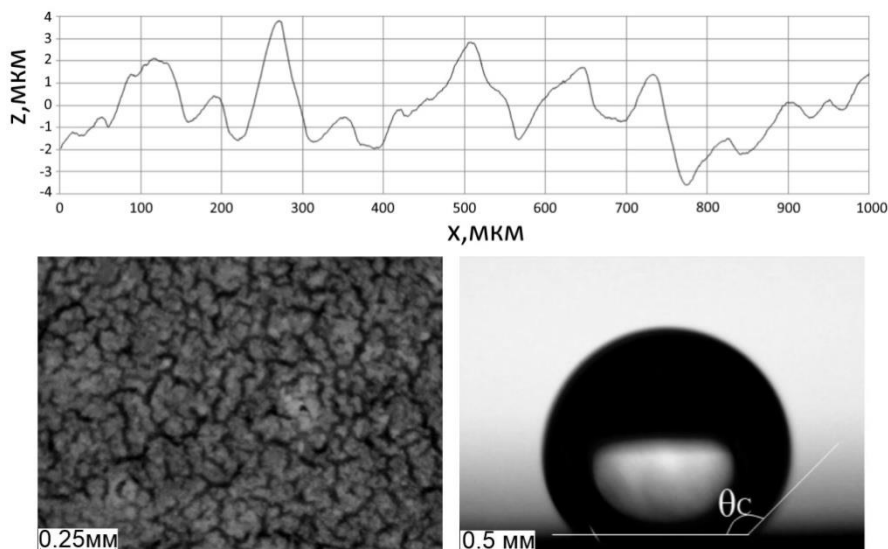


Рисунок 3, *a* – профиль шероховатости поперечного сечения, прослеженный оптическим профилометром по всей поверхности, *б* – оптическая микроскопия, *в* – капля в состоянии Кэсси-Бакстера СГ-поверхности UltraEverDry

Таким образом, для исследования стабильности воздуха, захваченного в карманы микровыступов, использовались близкие по химическому составу смеси, но различные в геометрии рельефа. NeverWet давал большую высоту шероховатости, но меньший средний шаг неровностей в сравнении с UltraEverDry. Такой подход позволил оценить СГ-состояние при полном погружении для различных структур покрытия и выявить сходство и отличия.

На первом этапе было выполнено наблюдение затопления прямоугольной пластины по схеме рис. 1, *a* (1). Высота столба воды над поверхностью  $h = 3$  мм. После погружения образовывался воздушный зазор, между жидкостью и твердым телом, и вода касалась только вершин бугорков СГ-слоя. Это состояние имеет светлый фон на рис. 3 белые пятна соответствуют воздушным пузырям, которые захвачены между бугорками СГ-покрытия. Однако сразу после погружения от края образца, торец которого не покрыт СГ-слоем, вода начинает проникать между неровностями поверхности. На рис. 4 эта область имеет темный фон.



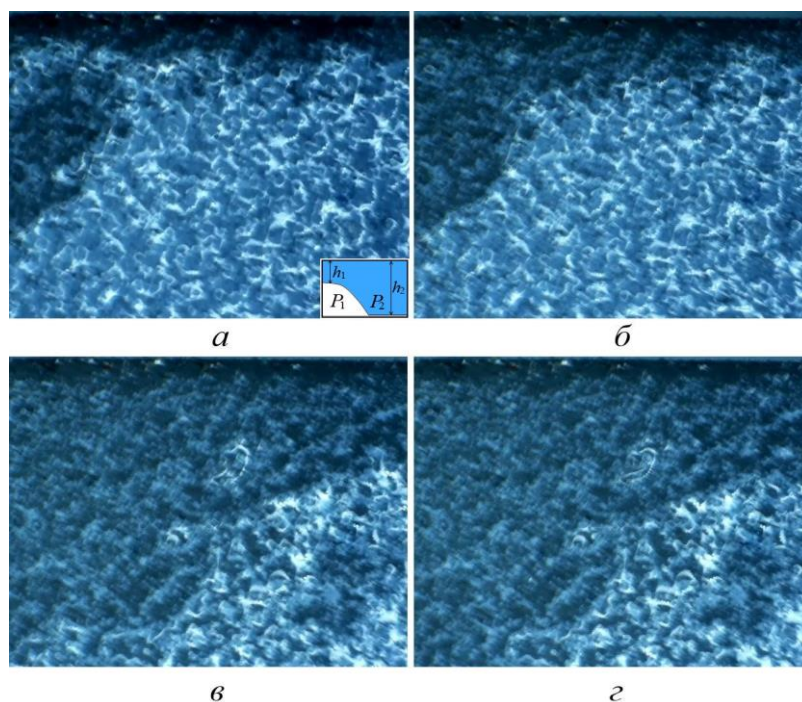


Рисунок 4 – Развитие смачивания супергидрофобной поверхности от края пластины; *a* – через 10 с, *б* – 30 с, *в* – 12 мин, *г* – 25 мин после погружения; увеличение  $\times 35$

Процесс бокового смачивания СГ-слоя в первые секунды наблюдения развивался достаточно стремительно. В динамике наблюдения можно видеть, как постепенно заполняются водой единичные впадины или их группы. При этом выхода воздуха через слой жидкости в атмосферу не происходит. Проникновение воды вдоль СГ-поверхности со временем замедляется (рис. 4, *a-г*). Этот процесс вызывает следующую стадию смачивания водой поверхности – коалесценцию мелких воздушных частей в крупные пузыри под слоем жидкости (рис. 5). Объединяясь, воздух, освобождает свои места в полостях шероховатости, куда сразу проникает вода. Коалесценция мелких пузырей быстро происходит по всей СГ-поверхности, независимо от расстояния до края образца. После завершения этого процесса активности преобразований на поверхности образца не наблюдается. Однако большие пузыри могут оторваться от поверхности и выйти в атмосферу. В этом явлении нет закономерности, и процесс выхода пузырей довольно длительный. При наблюдении (5-6 часов) вся поверхность смачивалась водой.

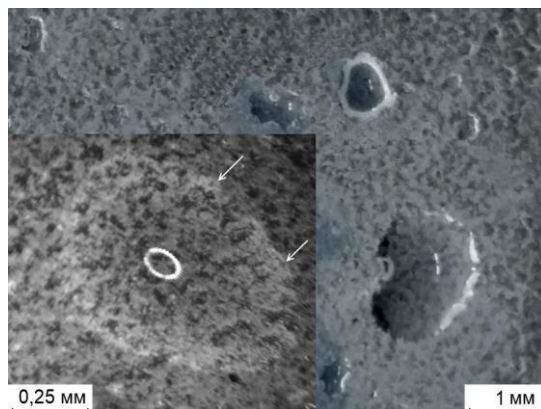


Рисунок 5 – Пузырьки воздуха на СГ-поверхности при длительном погружении образца в форме прямоугольной пластины

Для всех явлений, описанных выше, время смачивания и образование больших пузырей одинаково для двух СГ-систем. Однако измерения угла контакта сразу после длительного погружения сильно отличались. NeverWet был полностью смочен. Вода прочно пропитала все микровыступы и не стекала при наклоне образца и даже встряхивании. Угол контакта в таких условиях измерить было невозможно. Капля «тонула» в уже хорошо смоченной подложке. На поверхности системы UltraEverDry наблюдалось меньше остаточной жидкости. Угол контакта в таких условиях соответствовал гидрофобной поверхности и определялся  $\theta_c = 138-140^\circ$ . Значительно возрос гистерезис угла контакта. Его значение сразу после извлечения образца равнялось  $24^\circ$ . После просушки обеих поверхностей потоком теплого воздуха СГ-эффект возвращался, при осаждении капель угол контакта определялся более  $150^\circ$ .

При увеличении  $h$  процесс смачивания СГ-покрытия от края образца незначительно ускоряется. Мы повторили эксперимент для  $h = 5-50$  мм с шагом 5 мм. При этом выявили, что процесс коалесценции начинается приблизительно на 30 секунд быстрее при каждом увеличении  $h$ . Также при больших значениях  $h$  смачивание происходит в основном группами впадин СГ-слоя площадью  $0,05-0,06$  мм<sup>2</sup>. Отрыв больших пузырей слабо зависит от  $h$  в этом интервале. Основные процессы, вызванные трансформацией пузыря воздуха, происходят на

границе раздела «жидкость – газ – твердое тело» (рис. 5, показано стрелками). Причиной выхода воздуха на поверхность является разрушение бугорков СГ-слоя по периметру контакта пузыря. Вода проникает в полости и нарушает структуру рельефа, а не скомпенсированные силы в точках контакта приводят к отрыву бугорков. После выхода пузыря воздуха разрушенные части СГ-покрытия можно наблюдать плавающими в воде. Поэтому многократное повторение длительного погружения постепенно приводит к снижению угла контакта, даже после тщательной просушки поверхности.

Для предотвращения краевого смачивания было выполнено погружение СГ-слоя по схеме рис. 1, *а* (2). Результаты наблюдения показаны на рис. 6. Временной интервал между состоянием на рис. 6, *а* и рис. 6, *б* был 7 суток, а воздушная прослойка практически не изменилась. Через неделю наблюдения мы самостоятельно прервали эксперимент. При этом воздушный слой был в сохранности. Его дальнейшие изменения могут быть вызваны только структурной деградацией СГ-слоя. Этот процесс зависит от метода и материалов создания СГ-поверхности, но не характеризует состояние в целом. Не влияют на стабильность СГ-состояния при таком погружении и дефекты осаждения, которые смочены жидкостью (рис. 6, черные пятна). Они не являются источниками развития краевого смачивания при погружении по схеме рис. 1, *а* (2).

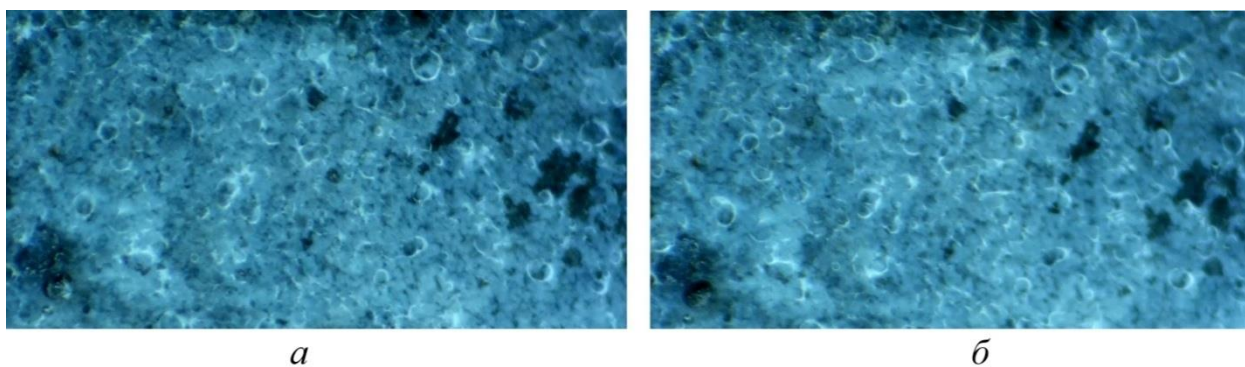


Рисунок 6, *а* – воздушный слой сразу после погружения по схеме рис. 1, *а* (2),  
*б* – через 7 дней наблюдения; увеличение  $\times 35$

Воздушный слой проявляет долгосрочную стабильность, если вода имеет конечный контур, который заканчивается на СГ-поверхности. В таком состоянии воздушные карманы между выступами способны выдерживать теоретически предсказанные гидростатические давления  $P_h$ . Для изучения устойчивости мениска в супергидрофобных гранулированных поверхностях при гидростатическом давлении, состоящих из случайно распределенных частиц, используют численный метод, основанный на полной морфологии [35]. Основополагающий принцип метода заключается в том, что при данном капиллярном давлении  $P_{cr}$  поровое пространство, доступное для несмачиваемой фазы, определяется размером пор  $r_{cr}$ :

$$P_{cr} = \frac{2\sigma \cos(\pi - \theta)}{r_{cr}}. \quad (2)$$

Наши математические оценки критического давления согласно (2), основанные на результатах оптической профилометрии, теоретически подтвердили существование воздушного зазора. Для двух СГ-систем  $r_{cr} = 15 \div 117$  мкм и угла контакта  $\theta = 150^\circ$  при  $\sigma = 72$  мН/м мы получили интервал  $P_{cr} = 1 \div 8$  кПа. Гидростатическое давление, которое было создано в экспериментах, рассчитывалось по формуле:

$$P_h = \rho gh, \quad (3)$$

где  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$  – плотность воды и  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$  – ускорение свободного падения, находилось в интервале 30-500 Па. Однако эта закономерность наблюдалась только при затоплении по схеме рис. 1, а (2). Если при погружении имелся контакт между СГ-покрытием и смоченной областью подложки, то затопление начиналось при  $P_h \ll P_{cr}$ . Механизм такого смачивания отличается от радиуса кривизны мениска, описанного в работах [35, 36].

Проникновение воды в полость между бугорками СГ-слоя обеспечивается наличием разности давлений  $\Delta P$  в плоскости поверхности. Чтобы подтвердить предположение, было выполнено погружение СГ-шара по схеме рис. 1, а (3). Результат для двух СГ-систем совпадал с затоплением пластины. То есть через короткое время, до 60 с, на поверхности СГ-шара формировались 4-5 больших пузырей воздуха по типу как на рис. 5. Изначально пузыри преимущественно располагались в верхней части шара. Созданный градиент давления вдоль поверхности «выгонял» воздух из микрокарманов, образуя всё большие их скопления. Макроскопические пузыри имеют прочную связь с подложкой. После образования они оставались на своем месте при вращении шара, то есть переворота его пузырем вниз. Их отрыв происходил через время, превышающее 5 часов, и как в случае с пластиной был связан с разрушением СГ-покрытия в места трех фазной границы раздела.

Затопление полостей между бугорками СГ-покрытия в направлении, параллельном плоскости подложки, при наличии разности давлений имеет сходство с течением жидкости в каналах элементов микрофлюидных устройств [37]. Величину потока массы вещества  $Q$  можно получить из формулы Пуазёйля:

$$Q = \frac{\pi r^4 \Delta P}{8\eta L}, \quad (4)$$

где  $\eta$  – динамическая вязкость жидкости,  $L$  – длина канала. Разность давлений создана не столбом воды  $h$ , а высотой воздушного зазора (рис.4, а (вставка)). Если СГ-слой имеет конечные границы, то высота  $h_2$  воды в смоченной области, а, следовательно, и давление  $P_2$ , больше  $h_1$  и  $P_1$  над воздушной полостью. Полученную разность  $\Delta P = P_2 - P_1$  можно легко оценить, используя данные по шероховатости поверхности. Для двух типов СГ-систем  $\Delta P = 0,1 - 1$  Па. Массовый поток  $Q$  составлял  $\approx 10^{-7}$  кг/с. Адекватность этой цифры можно проверить, рассчитав полный объем воздуха и время, за которое он заполнится водой. Для прямоугольной пластины площадью  $S=70$  см<sup>2</sup> и высотой

$h_2 - h_1 = 7 \div 12$  мкм как среднеарифметическое значение шероховатости объем воздуха под водой  $V = (4.9 \div 8.4) \cdot 10^{-8} \text{ м}^3$ . Масса необходимая для заполнения  $m = 4.9 \div 8.4$  мг будет достигнута за время 8-14 мин. Этот результат сопоставим со временем, полученным в экспериментах.

В случае СГ-шара можно рассчитать разность давлений в нижней и верхней его части. Она определяется диаметром шара  $d_{ш} = 30$  мм и из формулы (3) максимально может составить  $\Delta P_{max} = 300$  Па. Массовый поток  $Q \approx 3 \cdot 10^{-6}$  кг/с и время 10-20 с, что мы и отмечали для опыта с погружением шара.

### **Выводы**

Достижение заявленных эксплуатационных характеристик покрытий для материалов пищевых технологий связано с особыми физико-химическими процессами, возникающими на границе раздела «твердое тело – жидкость». Не всегда нарушение этих процессов происходит из-за структурных дефектов или деградации слоя.

В данной работе наблюдение за поведением воздушного слоя при погружении в воду показало, что его состояние зависит от способа затопления поверхности. Если жидкость имеет конечные границы на СГ-поверхности, то есть воздушная прослойка контактирует с атмосферой, то такая схема погружения позволит получить долгосрочную стабильность, которая может нарушиться только разрушением СГ-слоя. Кроме того, в этом случае могут быть достигнуты теоретические значения гидростатического давления от 3 до 10 кПа. Когда воздух в карманах СГ-покрытия не имеет выхода в атмосферу и полностью ограничен жидкостью, то его существование в виде тонкой газовой прослойки становится энергетически не выгодной. Наличие даже малых градиентов давления вдоль поверхности становится движущей силой трансформации воздушного слоя в крупные пузыри. В свою очередь эти образования обладают долговременной стабильностью, а их выход в атмосферу связан с разрушением бугорков СГ-слоя по линии контакта пузыря.

Эффекты коалесценции микрополостей воздуха при наличии поверхностных градиентов давления могут изменить результаты исследований, которые подразумевают полное погружение, но выполнены при частичном затоплении. На этот эффект стоит обратить внимание при разработке СГ-поверхностей для применения в пищевых технологиях, требующих полное погружение.

Список использованной литературы:

1. *Cassie A.B.D., Baxter S.* Wettability of Porous Surfaces // *Trans. Faraday Soc.* 1944. Vol. 40. P. 546. DOI: 10.1039/TF9444000546.
2. *Бойнович Л.Б., Емельяненко А.М.* Гидрофобные материалы и покрытия: принципы создания, свойства и применение // *Успехи химии.* 2008. Т. 77. № 7. С. 619-638. DOI: 10.1070/RC2008v077n07ABEH003775.
3. *Wang S., Liu K., Yao X., Jiang L.* Bioinspired surfaces with superwettability: new insight on theory, design, and applications // *Journal of Chemical Reviews.* 2015. Vol. 115. P. 8230-8293. DOI: 10.1021/cr400083y.
4. *Dong X., Gao S., Huang J., Li S., Zhu T., Cheng Y., Zhao Y., Chen Z., Lai Y.* A self-roughened and biodegradable superhydrophobic coating with UV shielding, solar-induced self-healing and versatile oil-water separation ability // *Journal of Materials Chemistry A.* 2019. Vol. 7. P. 2122-2128. DOI: 10.1039/C8TA10869B.
5. *Zhu T., Cheng Y., Huang J., Xiong J., Ge M., Mao J., Liu Z., Dong X., Chen Z., Lai Y.* A transparent superhydrophobic coating with mechanochemical robustness for anti-icing, photocatalysis and self-cleaning // *Chemical Engineering Journal.* 2020. Vol. 399. P. 125746 DOI: 10.1016/j.cej.2020.125746.
6. *Ge M., Cao C., Liang F., Liu R., Zhang Y., Zhang W., Zhu T., Yi B., Tang Y., Lai Y.* A “PDMS-in-water” emulsion enables mechanochemically robust superhydrophobic surfaces with self-healing nature // *Nanoscale Horizons.* 2020. Vol. 5. P. 65-73. DOI: 10.1039/C9NH00519F.
7. *Liu H., Wang Y., Huang J., Chen Z., Chen G., Lai Y.* Bioinspired surfaces with superamphiphobic properties: Concepts, synthesis, and applications // *Advanced Functional Materials.* 2018. Vol. 28. P. 1707415. DOI: 10.1002/adfm.201707415.
8. *Gupta R., Vaikuntanathan V., Sivakumar D.* Superhydrophobic qualities of an aluminum surface coated with hydrophobic solution NeverWet // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects.* 2016. Vol. 500. P. 45-53. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2016.04.017.
9. *Jiang L., Park-Lee K. J., Clinton R. M., Tang Z., Breedveld V., Hess D.W.* Mechanical durability of liquid repellent coatings // *Surf. Coat. Tech.* 2017. V. 328. P. 182-191. DOI: 10.1016/j.surfcoat.2017.08.007.
10. *Sharifi N., Dolatabadi A., Pugh M., Moreau C.* Anti-icing performance and durability of suspension plasma sprayed TiO<sub>2</sub> coatings // *Cold Regions Science and Technology.* 2019. Vol. 159. P. 1-12. DOI: 10.1016/j.coldregions.2018.11.018.
11. *Yoshimitsu Z., Nakajima A., Watanabe T., Hashimoto K.* Effects of Surface Structure on the Hydrophobicity and Sliding Behavior of Water Droplets // *Langmuir.* 2002. Vol. 18. P. 5818. DOI: 10.1021/la020088p.
12. *Marmur A.* The Lotus Effect: Superhydrophobicity and Metastability // *Langmuir.* 2004. Vol. 20. P. 3517.
13. *Zhi J.H., Zhang L.Z., Yang Y.Y., Zhu J.* Mechanical durability of superhydrophobic surfaces: the role of surface modification technologies // *Applied Surface Science.* 2017. Vol. 392. P. 286-

296. DOI: 10.1016/j.apsusc.2016.09.049.
14. *Kumar D., Wu X.H., Fu Q.T., Ho J.W.C., Kanhere P.D., Li L., Chen Z.* Development of durable self-cleaning coatings using organic-inorganic hybrid sol-gel method // *Applied Surface Science*. 2015. Vol. 344. P. 205-212. DOI: 10.1016/j.apsusc.2015.03.105.
  15. *Dyett B.P., Wu A.H., Lamb R.N.* Mechanical stability of surface architecture-consequences for superhydrophobicity // *ACS Applied Materials & Interfaces*. 2014. Vol. 6. P. 18380-18394. DOI: 10.1021/am505487r.
  16. *Xue C.-H., Zhang Z.D., Zhang J., Jia S.-T.* Lasting and self-healing superhydrophobic surfaces by coating of polystyrene/SiO<sub>2</sub> nanoparticles and polydimethylsiloxane // *Journal of Materials Chemistry A*. 2014. Vol. 2. P. 15001-15007. DOI: 10.1039/C4TA02396J.
  17. *Zhang Y. Ge D., Yang S.* Spray-coating of superhydrophobic aluminum alloys with enhanced mechanical robustness // *Journal of Colloid and Interface Science*. 2014. Vol. 423. P. 101-107. DOI: 10.1016/j.jcis.2014.02.024.
  18. *Feng L., Yang Z.L., Zhai J., Song Y.L., Lin B.Q., Ma Y.M., Yang Z.Z., Jiang L., Zhu D.B.* Superhydrophobicity of Nanostructured Carbon Films in a Wide Range of pH Values // *Angewandte Chemie International Edition*. 2003. Vol. 42. P. 4217-4220. DOI: 10.1002/anie.200351539.
  19. *Zimmermann J. Artus G.R.J., Seeger S.* Long term studies on the chemical stability of a superhydrophobic silicone nanofilament coating // *Applied Surface Science*. 2007. Vol. 253. P. 5972-5979. DOI: 10.1163/156856108X305165.
  20. *Ukolov A.I., Popova T.N., Kulish A.V.* The Effect of the Loss of Superhydrophobic Surface Properties on Biofouling and Flow Around Shipbuilding's Steel Plates // *Ocean Engineering*. 2020. Vol. 214. P. 107801. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2020.107801
  21. *Уколов А.И., Попова Т.Н., Кулиш А.В.* Исследование биообрастаний на супергидрофобной поверхности стали марки А40S в условиях Керченского пролива // *Наука юга России*. 2019. Т. 15. № 2. С. 10-17.
  22. *Sun K., Yang H., Xue W., He A., Zhu D., Liu W., Adeyemi K., Cao Y.* Anti-biofouling superhydrophobic surface fabricated by picosecond laser texturing of stainless steel // *Applied Surface Science*. 2018. Vol. 436. P. 263-267. DOI: 10.1016/j.apsusc.2017.12.012.
  23. *Zhang B., Li J., Zhao X., Hu X., Yang L., Wang N., Li Y., Hou B.* Biomimetic one step fabrication of manganese stearate superhydrophobic surface as an efficient barrier against marine corrosion and *Chlorella vulgaris*-induced biofouling // *Chemical Engineering Journal*. 2016. 306: 441-451. DOI: 10.1016/j.cej.2016.07.062.
  24. *Ferrari M., Benedetti A., Santini E., Ravera F., Liggieri L., Guzman E., Cirisano F.* Biofouling control by superhydrophobic surfaces in shallow euphotic sea water. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2015. Vol. 480. P. 369-375. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2014.11.009.
  25. *Ferrari M., Benedetti A.* Superhydrophobic surfaces for applications in seawater. *Advances in Colloid and Interface Science*. 2015. Vol. 222. P. 291-304. DOI:10.1016/j.cis.2015.01.005.
  26. *Ming W., Wu D., Benthem R., With G.* Superhydrophobic Films from Raspberry-like Particles // *Nano Letters*. 2005. Vol. 5. P. 2298-2301. DOI: 10.1021/nl0517363.
  27. *Zhai L., Cebeci F.C., Cohen R.E., Rubner M.F.* Stable Superhydrophobic Coatings from Polyelectrolyte Multilayers // *Nano Letters*. 2004. Vol. 4. P. 1349-1353. DOI: 10.1021/nl049463j.
  28. *Nicolas M., Guittard F., Geribaldi S.* Low-Surface-Free-Energy Materials Based on Polybenzoxazines // *Angewandte Chemie International Edition*. 2006. Vol. 45. P. 2248-2251. DOI: 10.1002/anie.200503892.
  29. *Huang L., Lau S.P., Yang H.Y., Leong E.S.P., Yu S.F., Prawer S.* Stable Superhydrophobic Surface via Carbon Nanotubes Coated with a ZnO Thin Film // *Journal of Physical Chemistry B*. 2005. Vol. 109. P. 7746-7748. DOI: 10.1021/jp046549s.
  30. *Lau K.K.S., Bico J., Teo K.B.K., Chhowalla M., Amaratunga G.A.J., Milne W.I., McKinley G.H.,*



- Gleason K.K.* Superhydrophobic Carbon Nanotube Forests // *Nano Letters*. 2003. Vol. 3. P. 1701-1705. DOI: 10.1021/nl034704t.
31. *Ukolov A.I., Popova T.N.* The contact angle of a sea-water drops on a superhydrophobic surface of steel A40S during evaporation research // *Ecological Bulletin of Research Centers of the Black Sea Economic Cooperation*. 2018. Vol. 15(2). P. 102-107. DOI: 10.31429/vestnik-15-2-102-107.
  32. *Zhao T., Jiang L.* Contact angle measurement of natural materials // *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 2018. Vol. 161. P. 324-330. DOI: 10.1016/j.colsurfb.2017.10.056.
  33. *Popova T.N., Ukolov A. I.* Studying of the Seawater Drops Properties on Superhydrophobic Surface. Quality and Reliability of Technical Systems: Theory and Practice. JVE Book Series on Vibroengineering. Vilnius: JVE International Ltd. 2018. Vol. 2. P. 198-212.
  34. *Elsherbini A.I., Jacobi A.M.* Retention forces and contact angles for critical liquid drops on non-horizontal surfaces // *Journal of Colloid and Interface Science*. 2006. Vol. 299(2). P. 841-849. DOI: 10.1016/j.jcis.2006.02.018.
  35. *Emami B., Bucher T.M., Vahedi Tafreshi H., Pestov D., Gad-el-Hak M., Tepper G.C.* Simulation of meniscus stability in superhydrophobic granular surfaces under hydrostatic pressures // *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*. 2011. Vol. 385. P. 95-103. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2011.05.055.
  36. *Amrei M.M., Tafreshi H. V.* Effects of hydrostatic pressure on wetted area of submerged superhydrophobic granular coatings. Part 1: mono-dispersed coatings // *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*. 2015. Vol. 465. P.87-98. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2014.10.032.
  37. *Sandeep A., Saleem K., Akhi V., Harneet K., Parveen L.* Microfluidic Mechanics and Applications: Review // *Journal of nano- and electronic physics*. 2013. Vol. 5. No. 4. P. 04047.

#### References:

1. Cassie, A. B. D., Baxter S. Wettability of Porous Surfaces. *Trans. Faraday Soc.*, 1944, vol. 40, pp. 546. (In English). DOI: 10.1039/tf9444000546.
2. Bojnovich L. B., Emel'yanenko A. M. *Gidrofobnye materialy i pokrytiya: principy sozdaniya, svoystva i primeneniye* [Hydrophobic materials and coatings: principles of creation, properties and application]. *Uspekhi himii* [Hydrophobic materials and coatings: principles of creation, properties and application], 2008, vol. 77, no 7, pp. 619-638. (In Russian). DOI: 10.1070/RC2008v077n07ABEH003775.
3. Wang S., Liu K., Yao X., Jiang L. Bioinspired surfaces with superwettability: new insight on theory, design, and applications. *Journal of Chemical Reviews*, 2015, vol. 115, pp. 8230-8293. (In English). DOI: 10.1021/cr400083y.
4. Dong X., Gao S., Huang J., Li S., Zhu T., Cheng Y., Zhao Y., Chen Z., Lai Y. A self-roughened and biodegradable superhydrophobic coating with UV shielding, solar-induced self-healing and versatile oil-water separation ability. *Journal of Materials Chemistry A*, 2019, vol. 7, pp. 2122-2128. (In English). DOI: 10.1039/C8TA10869B.
5. Zhu T., Cheng Y., Huang J., Xiong J., Ge M., Mao J., Liu Z., Dong X., Chen Z., Lai Y. A transparent superhydrophobic coating with mechanochemical robustness for anti-icing, photocatalysis and self-cleaning. *Chemical Engineering Journal*, 2020, vol. 399, p. 125746. (In English). DOI: 10.1016/j.cej.2020.125746.
6. Ge M., Cao C., Liang F., Liu R., Zhang Y., Zhang W., Zhu T., Yi B., Tang Y., Lai Y. A "PDMS-in-water" emulsion enables mechanochemically robust superhydrophobic surfaces with self-healing nature. *Nanoscale Horizons*, 2020, vol. 5, pp. 65-73. (In English). DOI: 10.1039/C9NH00519F.
7. Liu H., Wang Y., Huang J., Chen Z., Chen G., Lai Y. Bioinspired surfaces with superamphiphobic properties: Concepts, synthesis, and applications. *Advanced Functional Materials*, 2018, vol. 28, pp. 1707415. (In English). DOI: 10.1002/adfm.201707415.
8. Gupta R., Vaikuntanathan V., Sivakumar D. Superhydrophobic qualities of an aluminum surface

- coated with hydrophobic solution NeverWet. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 2016, vol. 500, pp. 45-53. (In English). DOI: 10.1016/j.colsurfa.2016.04.017.
9. Jiang L., Park-Lee K. J., Clinton R. M., Tang Z., Breedveld V., Hess D.W. Mechanical durability of liquid repellent coatings. *Surf. Coat. Tech.*, 2017, vol. 328, pp. 182-191. (In English). DOI: 10.1016/j.surfcoat.2017.08.007.
  10. Sharifi N., Dolatabadi A., Pugh M., Moreau C. Anti-icing performance and durability of suspension plasma sprayed TiO<sub>2</sub> coatings. *Cold Regions Science and Technology*, 2019, vol. 159, pp. 1-12. (In English). DOI: 10.1016/j.coldregions.2018.11.018.
  11. Yoshimitsu Z., Nakajima A., Watanabe T., Hashimoto K. Effects of Surface Structure on the Hydrophobicity and Sliding Behavior of Water Droplets. *Langmuir*, 2002, vol. 18, pp. 5818. (In English). DOI: 10.1021/la020088p.
  12. Marmur A. The Lotus Effect: Superhydrophobicity and Metastability. *Langmuir*, 2004, vol. 20, pp. 3517. (In English).
  13. Zhi J.H., Zhang L.Z., Yang Y.Y., Zhu J. Mechanical durability of superhydrophobic surfaces: the role of surface modification technologies. *Applied Surface Science*, 2017, vol. 392, pp. 286-296. (In English). DOI: 10.1016/j.apsusc.2016.09.049.
  14. Kumar D., Wu X.H., Fu Q.T., Ho J.W.C., Kanhere P.D., Li L., Chen Z. Development of durable self-cleaning coatings using organic-inorganic hybrid sol-gel method. *Applied Surface Science*, 2015, vol. 344, pp. 205-212. (In English). DOI: 10.1016/j.apsusc.2015.03.105.
  15. Dyett B.P., Wu A.H., Lamb R.N. Mechanical stability of surface architecture-consequences for superhydrophobicity. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 2014, vol. 6, pp. 18380-18394. (In English). DOI: 10.1021/am505487r.
  16. Xue C.-H., Zhang Z.D., Zhang J., Jia S.-T. Lasting and self-healing superhydrophobic surfaces by coating of polystyrene/SiO<sub>2</sub> nanoparticles and polydimethylsiloxane. *Journal of Materials Chemistry A*, 2014, vol. 2, pp. 15001-15007. (In English). DOI: 10.1039/C4TA02396J.
  17. Zhang Y. Ge D., Yang S. Spray-coating of superhydrophobic aluminum alloys with enhanced mechanical robustness. *Journal of Colloid and Interface Science*, 2014, vol. 423, pp. 101-107. (In English). DOI: 10.1016/j.jcis.2014.02.024.
  18. Feng L., Yang Z.L., Zhai J., Song Y.L., Lin B.Q., Ma Y.M., Yang Z.Z., Jiang L., Zhu D.B. Superhydrophobicity of Nanostructured Carbon Films in a Wide Range of pH Values. *Angewandte Chemie International Edition*, 2003, vol. 42, pp. 4217-4220. (In English). DOI: 10.1002/anie.200351539.
  19. Zimmermann J. Artus G. R.J., Seeger S. Long term studies on the chemical stability of a superhydrophobic silicone nanofilament coating. *Applied Surface Science*, 2007, vol. 253, pp. 5972-5979. (In English). DOI: 10.1163/156856108X305165.
  20. Ukolov A.I., Popova T.N., Kulish A.V. The Effect of the Loss of Superhydrophobic Surface Properties on Biofouling and Flow Around Shipbuilding's Steel Plates. *Ocean Engineering*, 2020, vol. 214, pp. 107801. (In English). DOI: 10.1016/j.oceaneng.2020.107801.
  21. Ukolov A.I. Popova T.N., Kulish A.V. Issledovanie bioobrastaniy na supergidrofobnoj poverhnosti stali marki A40S v usloviyah Kerchenskogo proliva [Study of biofouling on a superhydrophobic surface of A40S steel under the conditions of the Kerch Strait]. *Nauka yuga Rossii* [Science of the South of Russia], 2019, vol. 15, no 2, pp. 10-17. (In Russian).
  22. Sun K., Yang H., Xue W., He A., Zhu D., Liu W., Adeyemi K., Cao Y. Anti-biofouling superhydrophobic surface fabricated by picosecond laser texturing of stainless steel. *Applied Surface Science*, 2018, vol. 436, pp. 263-267. (In English). DOI: 10.1016/j.apsusc.2017.12.012.
  23. Zhang B., Li J., Zhao X., Hu X., Yang L., Wang N., Li Y., Hou B. Biomimetic one step fabrication of manganese stearate superhydrophobic surface as an efficient barrier against marine corrosion and *Chlorella vulgaris*-induced biofouling. *Chemical Engineering Journal*, 2016, vol. 306, pp. 441-451. (In English). DOI: 10.1016/j.cej.2016.07.062.
  24. Ferrari M., Benedetti A., Santini E., Ravera F., Liggieri L., Guzman E., Cirisano F. Biofouling

- control by superhydrophobic surfaces in shallow euphotic sea water. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 2015, vol. 480, pp. 369-375. (In English). DOI: 10.1016/j.colsurfa.2014.11.009.
25. Ferrari M., Benedetti A. Superhydrophobic surfaces for applications in seawater. *Advances in Colloid and Interface Science*, 2015, vol. 222, pp. 291-304. (In English). DOI:10.1016/j.cis.2015.01.005.
26. Ming W., Wu D., Bentham R., With G. Superhydrophobic Films from Raspberry-like Particles. *Nano Letters*, 2005, vol. 5, pp. 2298-2301. (In English). DOI: 10.1021/nl0517363.
27. Zhai L., Cebeci F.C., Cohen R.E., Rubner M.F. Stable Superhydrophobic Coatings from Polyelectrolyte Multilayers. *Nano Letters*, 2004, vol. 4, pp. 1349-1353. (In English). DOI: 10.1021/nl049463j.
28. Nicolas M., Guittard F., Geribaldi S. Low-Surface-Free-Energy Materials Based on Polybenzoxazines. *Angewandte Chemie International Edition*, 2006, vol. 45, pp. 2248-2251. (In English). DOI: 10.1002/anie.200503892.
29. Huang L., Lau S.P., Yang H.Y., Leong E.S.P., Yu S.F., Prawer S. Stable Superhydrophobic Surface via Carbon Nanotubes Coated with a ZnO Thin Film. *Journal of Physical Chemistry B*, 2005, vol. 109, pp. 7746-7748. (In English). DOI: 10.1021/jp046549s.
30. Lau K.K.S., Bico J., Teo K.B.K., Chhowalla M., Amaratunga G.A.J., Milne W.I., McKinley G.H., Gleason K.K. Superhydrophobic Carbon Nanotube Forests. *Nano Letters*, 2003, vol. 3, pp. 1701-1705. (In English). DOI: 10.1021/nl034704t.
31. Ukolov, A.I., Popova, T.N. The contact angle of a sea-water drops on a superhydrophobic surface of steel A40S during evaporation research. *Ecological Bulletin of Research Centers of the Black Sea Economic Cooperation*, 2018, vol. 15, no. 2, pp. 102-107. (In English). DOI: 10.31429/vestnik-15-2-102-107.
32. Zhao T., Jiang L. Contact angle measurement of natural materials. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 2018, vol. 161, pp. 324-330. (In English). DOI: 10.1016/j.colsurfb.2017.10.056.
33. Popova T.N., Ukolov A. I. Studying of the Seawater Drops Properties on Superhydrophobic Surface. Quality and Reliability of Technical Systems: Theory and Practice. *JVE Book Series on Vibroengineering*. Vilnius, JVE International Ltd., 2018, vol. 2, pp. 198-212. (In English).
34. Elsherbini A.I., Jacobi A.M. Retention forces and contact angles for critical liquid drops on non-horizontal surfaces. *Journal of Colloid and Interface Science*, 2006, vol. 299, no. 2, pp. 841-849. (In English). DOI: 10.1016/j.jcis.2006.02.018.
35. Emami B., Bucher T.M., Vahedi Tafreshi H., Pestov D., Gad-el-Hak M., Tepper G.C. Simulation of meniscus stability in superhydrophobic granular surfaces under hydrostatic pressures. *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, 2011, vol. 385, pp. 95-103. (In English). DOI: 10.1016/j.colsurfa.2011.05.055.
36. Amrei M.M., Tafreshi H. V. Effects of hydrostatic pressure on wetted area of submerged superhydrophobic granular coatings. Part 1: mono-dispersed coatings. *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, 2015, vol. 465, pp. 87-98. (In English). DOI: 10.1016/j.colsurfa.2014.10.032.
37. Sandeep A., Saleem K., Akhi V., Harneet K., Parveen L. Microfluidic Mechanics and Applications: a Review. *Journal of nano- and electronic physics*, 2013, vol. 5, no. 4, pp. 04047. (In English).

#### Сведения об авторах / Information about authors

**Уколов Алексей Иванович** канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры математики, физики и информатики  
Керченский государственный морской технологический университет  
298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82  
ukolov\_aleksei@mail.ru

Ukolov  
Alexey Ivanovich Ph.D. (Phys.-Math.), Associate Professor at the Department of mathematics, physics and informatics  
Kerch State Maritime Technological University  
298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82  
ukolov\_aleksei@mail.ru

**Попова  
Татьяна  
Николаевна** д-р пед. наук, профессор кафедры математики, физики и информатики  
Керченский государственный морской технологический университет  
298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82  
ptn1311@yandex.ru

Popova  
Tatyana Nikolaevna Dr. Sci. (Ped.), Professor at the Department of mathematics, physics and informatics  
Kerch State Maritime Technological University  
298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82  
ptn1311@yandex.ru

UDC 338.001.36

DOI: 10.47404/2619-0605\_2021\_3\_165

Arzumanov R.M., Klimakhina O.M., Bezкровnaya G.D.,  
Korneeva E.V., Zubrilin K.M.

### ALGORITHM FOR MANAGING THE LEVEL OF ECONOMIC SECURITY OF AN ENTERPRISE

**Abstract.** The article considers the algorithm for managing the level of economic security, presents the characteristics of economic security and factors affecting economic security, identifies the tasks of managing economic security. The main tasks of functional zones for determining economic security are defined. A flowchart of an algorithm for evaluating and developing solutions for managing and monitoring the level of economic security is proposed. As a result of the research, an integral resource-functional model of the enterprise was built, which is based on the following principles: the introduction of certain functional zones at the enterprise that affect the economic security of the enterprise; the limits of changes in indicators that do not have a major impact on economic security are proposed; the degree of influence of indicators on the level of economic security is revealed; it is proposed to calculate the level of economic security for each division based on the integrated model.

**Keywords:** economic security, economic security management, factors, functional zones, algorithm, security level, forecast.

Арзуманов Р.М., Климахина О.М., Безкровная Г.Д.,  
Зубрилин К.М., Корнеева Е.В.

### АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ УРОВНЕМ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

**Аннотация.** В статье рассмотрен алгоритм управления уровнем экономической безопасности, представлена характеристика экономической безопасности и факторов, влияющих на экономическую безопасность, выявлены задачи управления экономической безопасностью. Определены основные задачи функциональных зон для определения экономической безопасности. Предложена блок-схема алгоритма оценки и выработки решений по управлению и отслеживанию уровня экономической безопасности. В результате исследования проведено построение интегральной ресурсно-функциональной модели предприятия, которое строится на следующих принципах: внедрение на предприятии определенных функциональных зон, влияющих на экономическую безопасность предприятия; предлагаются пределы изменения показателей не оказывающих основного влияния на экономическую безопасность; выявляется степень влияния показателей на уровень экономической безопасности; предлагается рассчитать уровень экономической безопасности по каждому подразделению на основе интегральной модели.

**Ключевые слова:** экономическая безопасность, управление экономической безопасностью, факторы, функциональные зоны, алгоритм, уровень безопасности, прогноз.

**Introduction.** Economic entities-enterprises are a self-governing system that has a certain effective set of quantitative and qualitative characteristics. In the real economy, due to the high level of competition, the results of an enterprise's activity are quite often fluctuating, due to the untimely reaction of the internal environment to

changes in the external environment of the system. The economic security of the enterprise is evidenced by its resulting financial indicators. The statement of the research problem is that the definition of economic security plays an important role in determining the level of economic stability of the enterprise, identifying external and internal risks that affect the sustainability indicators.

The administration and management of the enterprise do not have a tool-a model that allows you to manage the level of economic security based on correct calculations. This is due to the fact that the level of economic security, depending on many factors, is determined not by a single complex quantitative indicator, but by several dozens of normalized and non-normalized coefficients that are interrelated and interdependent.

Therefore, a model is needed that represents a step-by-step algorithm that allows the management subsystem to make rational decisions based on calculations with an understanding of what, how, to what extent and in what sequence it should be managed to achieve such a level of economic security that can ensure not only the survival of the enterprise, but also its necessary development.

**The objective of the study** is to develop and propose, in the order of discussion, an algorithm for managing the level of economic security of an enterprise based on:

- analysis of the existing concepts of economic security;
- consideration of existing methods for determining the level of economic security;
- identification of factors that have a major impact on the level of economic security;
- development of a methodology for the decomposition of an enterprise into functional zones;
- creating an algorithm that allows you to calculate the state of resource use of each division of the enterprise, the level of its economic security and determine priority areas for optimizing the existing level.

**Materials and research methods.** In the study of the problem, the following research methods were used: analysis and synthesis, comparisons, the method of

coefficients, statistical research and modeling to obtain objective data on the topic of the study.

The economic security of the socio-economic system, in general, implies a state of the economy that ensures sustainable reproduction, employment, economic growth and development. To assess the economic security of an enterprise, methods based on the application of various criteria are used. Moreover, since economic science has not yet developed a unified approach to assessing the level of economic security of an enterprise, it is proposed that the selection of criteria "... be carried out by the enterprise itself, providing expanded reproduction" [1, p.325]. Let's pay attention to the fact that economics has not yet "developed a unified approach", and enterprises are given the opportunity to choose a system of criteria independently. Therefore, it is advisable to consider the existing approaches to the definition of the concept of economic security and methods for assessing its level.

Ilinykh I. S., based on the analysis of the balance sheet and the report on financial results, concludes that the economic security of the enterprise is "proportional to its financial condition" [2, p. 185]. Yakshina I. S. considers economic security from the point of view of "reproduction of resource potential and progressive development" [3, p.64]. Mashkovtsev A.V. suggests that it is expedient to apply "effective management of financial flows" [4, p. 33]. Osipov R. A. believes that in order to ensure economic security, it is necessary to "correctly identify the factors of influence and analyze them" [5, p. 88].

In general, the analysis of existing approaches to assessing the level of economic security has shown that the assessment process requires a scientifically based approach, which, in turn, determines the need to form the concept of "economic security of an enterprise". Without claiming to be a final judgment, it is proposed to understand economic security as the state of a business entity that meets the criteria for long-term development and technologies for using resources that provide an optimal ratio of price, quality and functional properties of the products sold. The approach defined by the proposed concept of economic security focuses the attention of the company's

management on optimizing the use of resources.

The existing methods of assessing the level of economic security are based on the choice of a system of criteria, the recommended values of which have certain limits. In most cases, they are chosen from a group of 69 financial and economic indicators (Table 1), according to the quantitative values of which it is difficult, in general, to assess not only the level of economic security, but also the financial and economic condition of the enterprise, which is not reflected by any integral quantitative indicator [6, pp. 286-292]. The application of this approach in the real economy is not effective enough for the following reasons:

- financial indicators are ascertaining, since they are calculated based on the results, as a consequence, of economic activity, usually for the past time period. At the same time, it is rather difficult to generalize for management purposes, the data of the analysis of a set of indicators in their interrelation, because each of them is determined on the basis of the analytical dependence of a number of other constituent indicators, which, in turn, are the result – consequence of the production activity of the business entity.

- from the resulting set of resultant, “investigative” indicators, to counteract the economic danger, it is quite difficult to distinguish “causal” factors that arise at different levels of management, in different functional zones.

- the “reasons” that led to the obtained results of activity for the analyzed period could have changed, since changes in the conditions in the internal and external environment of the enterprise are constantly present.

### **Research results and their discussion**

In order for the managers of the enterprise to understand what to do and in which department, as well as to improve the financial and economic performance indicators, it is necessary that the concept of economic security be disclosed in quantitative indicators. To do this, as the characteristics by which the level of economic security can be assessed, it is necessary to take those that can be measured or calculated. This will allow you to compare the achieved indicators with possible or industry-specific



ones, as well as to identify the potential of available resources and set specific quantitative tasks for the personnel of the enterprise's divisions.

Table 1 – Analytical and logical relationships of financial and economic indicators by groups of coefficients

Coefficients	Influencing economic factors
turnover rates (7 indicators)	All coefficients are analytically related to the volume of sales, which is in the numerator of the formula, i.e. the larger the volume of sales, the more optimal the values of the resource turnover coefficients are
profitability estimates (5 indicators)	All coefficients are analytically related to the total and net profit, which is in the numerator of the formula, that is, the greater the profit, the more optimal the values of the profitability evaluation coefficients are
management efficiency (3 indicators)	All coefficients are analytically related to the total and net profit, which is in the numerator of the formula, i.e. the greater the profit, the more optimal the values of the coefficients for evaluating the effectiveness of management
financial stability (11 indicators)	The coefficients depend on: from profit, equity, working capital, production assets, which, in turn, depend on the volume of sales
liquidity and solvency (7 indicators)	The coefficients depend on: on the volume of cash, short-term financial investments, current assets, non-current assets, which, in turn, depend on the volume of sales and profit of the enterprise

It can be assumed that in order to increase the level of economic security, an enterprise needs a methodology for assessing the state of productive forces, industrial relations and the results of the collective's work at each moment of time, which allows it to correctly determine the “causal” factors that cause negative trends in the enterprise's activities. Practical experience of activity in the real economy and surveys of enterprise managers indicate that if “causal” factors in organizational, scientific, technical, technological, economic and financial aspects are identified in a timely manner, the enterprise management will be able to make optimal management decisions in a timely manner and maintain “...the necessary level of economic security, thereby preventing crisis situations” [7, p. 56].

If we adopt this approach, then to manage the optimization of the results of activities and the economic security of business entities, we should apply the decomposition method, which assumes a conditional division of the enterprise into functional zones by divisions. In this case, in general, it is necessary:

- to determine the modern requirements of the globalized economy for the input parameters of each element in the functional zones of the economic system;
- to ensure the actions of the control system that create the prerequisites for the occurrence of the required output parameters in each functional zone;
- manage the process of transferring the elements of the functional zones of the economic system to a new quantitative and qualitative state that meets the modern requirements of a globalized economy.

These managerial influences will create prerequisites for ensuring the economic security of the enterprise, which is advisable to understand the process of quantitative assessment of organizational, scientific, technical, technological and financial and economic performance indicators with their further optimization. Such actions will allow determining the result of the transformation, in the internal environment of business entities, of input parameters into output, providing “...adaptation of internal environment factors to the changing conditions of the globalized external environment” [8, p. 252].

With this approach, in each functional zone, taking into account the level of productivity of the technology used, the resulting indicators can be developed – single parameters, the quantitative values of which should be quite definite, set indicative or directive at each stage of the enterprise development. In this case, the management of the functional zone will receive a tool that allows monitoring and competent management of the effectiveness of activities, objectively analyze and evaluate both the progress of production and its results, and mobilize the reserves of the internal environment.

At the same time, since functional zones must be formed in accordance with the structural and production schemes of the enterprise, the unity of the methodology for determining and calculating the quantitative values of individual parameters will allow each level of management, vertically and horizontally, to receive the information necessary for making managerial decisions on purposeful changes in the structural, quantitative and qualitative composition of the functional zone.

A purposeful change in the individual parameters of the functional zone will lead to the optimization of the integral quantitative indicator of economic security, which allows us to consider, with this approach, the improvement of economic security as a controlled process in which structurally oriented optimization methods are applied, stimulating the decentralization of decision-making in each zone, that is, at each level of management.

Thus, each functional zone will be able to identify, prevent and neutralize the “causes” that negatively affect the resulting financial and economic performance of the zone, and, consequently, the enterprise. But for this, managers of each functional zone of the higher, middle and technical levels, in order to ensure effective anti-crisis management, need to have: a set of parameters-indicators that characterize the factors of the internal environment, the technical, technological and financial and economic condition of the enterprise; information about the indicative values of the parameters; the methodology of express analysis of the level of economic security.

Depending on the functional features of the zone, the list of individual parameters will be different [10, p. 12]. Moreover, for each the list of functional zones and each enterprise will be original, but since the functional zones are a fairly stable production link, the list will not undergo significant changes over time.

Thus, the management of enterprises faces, at first glance, a rather difficult task of constantly monitoring the factors of the internal environment, innovative, technical, technological and financial and economic parameters. However, if we take into account that at each level of management-the functional zone, there is a manager responsible for the results of activities, the monitoring process is simplified due to the constancy of the number of variable factors [11].

Therefore, in order to build a managed model of economic security, it is necessary to form a complex of functional zones and a system of characteristic indicators included in them.

If each functional zone receives its own set of “causal” indicators – characteristic indicators for a certain period of activity, then it will be able to compare the planned

and actual quantitative values of indicators, on the basis of which it becomes possible to calculate individual, and then integral indicators of the economic security of the functional zone. The methods of such calculations are known and for their implementation, a group of characteristic indicators of the functional zone must undergo normalization, after which each indicator will receive its own weighting factor necessary for calculating the integral characteristic.

We will present an algorithm for evaluating and developing management decisions to regulate the level of economic security.

The management system of the enterprise needs a methodology that allows timely detection of deviations of “causal” factors from the normalized values and, by taking appropriate measures, achieve the recommended value of the factor. The development of such a methodology is carried out in the branch of the KSMTU in Feodosia, within the framework of the initiative research project “Methodological approaches to the analysis of the activities and prospects for the development of an enterprise based on IT technologies”.

The tested methodology is based on an integrated approach that assumes a resource-functional integral assessment of the use of the enterprise's potential in comparison with normalized indicators that optimize the level of economic security.

This approach provides the team of each division of the enterprise with its own group of indicators that allow determining the compliance of the results of activity with the requirements of a safe level of management at any time. It is logical to assume that if the “causal” factors affecting the level of optimality in organizational, scientific, technical, technological, economic and financial aspects are identified in a timely manner, then the company's management will be able to make the necessary managerial decisions in a timely manner and maintain the level of economic security that prevents crisis situations.

The block diagram of the resource-functional algorithm for calculating the level of economic security, based on the analysis of the use of the potential of the enterprise and its divisions, is shown in Figure 1.

To build an integral resource-functional model, it is necessary:

- to allocate divisions at the enterprise, as “functional zones”, and to determine which characteristic indicators of this division affect “economic security”;
- to determine within what limits the indicators can change without having a significant impact on the “economic danger”, as well as to identify the optimal values of the indicator so that the company's management has a specific and definite goal;
- to identify the degree of influence of each characteristic indicator on the level of “economic security”. Using expert assessments, it is necessary to assign normalized values of the "weighting coefficient" to each of the indicators;
- calculate the level of economic security of each division using the formula of the integrated multifunctional model;
- calculate the level of economic security of the enterprise, taking the integral indicator of the level of economic security of the division and its weight coefficient as a single one.

The algorithm for calculating the level of economic security of an enterprise using a resource-functional approach was tested at one of the state-owned enterprises. The selection of functional indicators that form the level of economic security was carried out taking into account the recommendations of specialists of the studied enterprise (Table 2).

The calculation algorithm, the results of which are summarized in columns 4-7 of table 2, is as follows:

- weight coefficients determined by experts (column 4);
- the calculation of compliance coefficients is carried out through the ratio of the actual value of the indicator to the normative value (column 5);

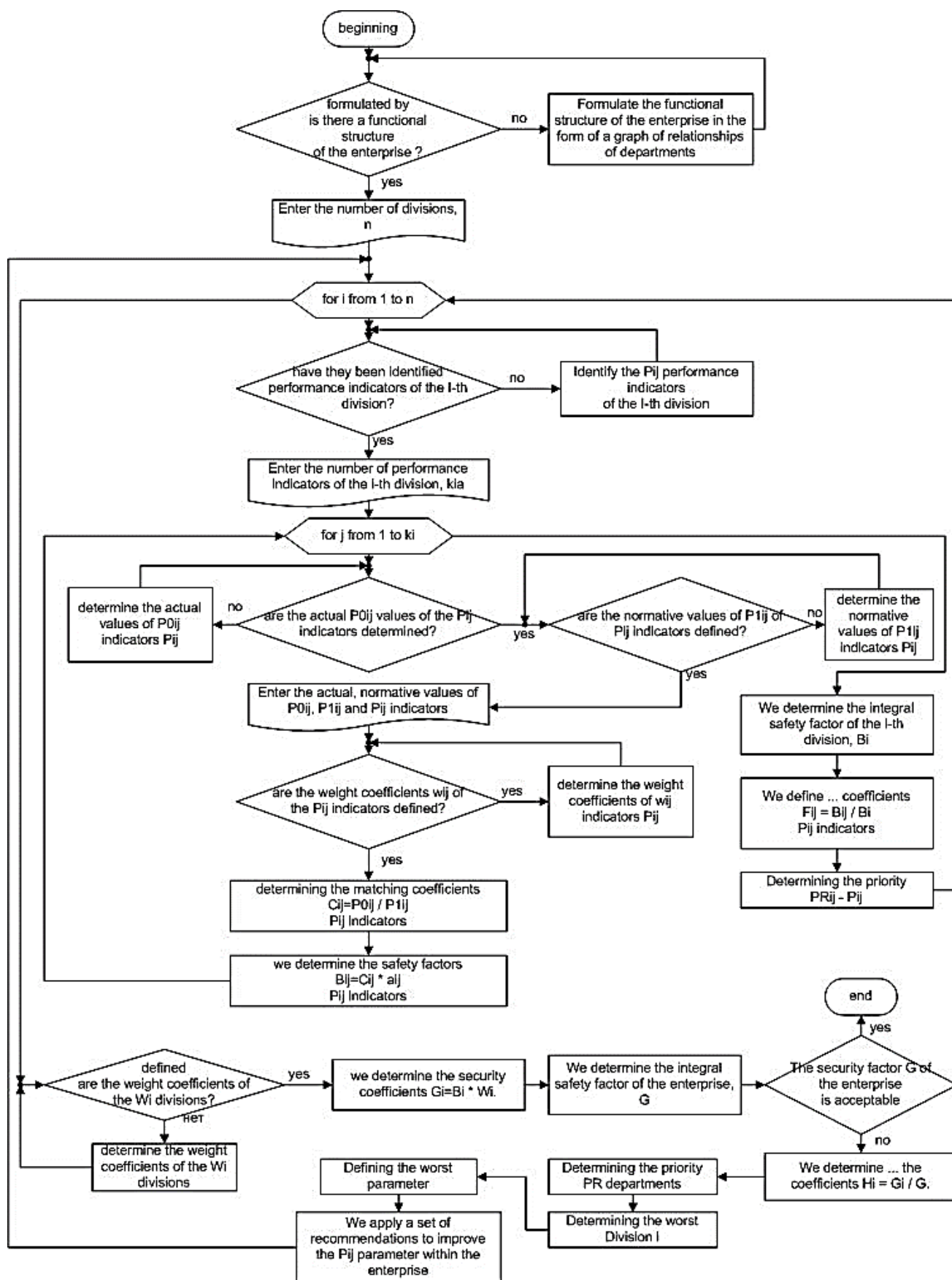


Figure 1 – Block diagram of the resource-functional algorithm for calculating the level of economic security

Table 2 – Economic security of the enterprise in 2020

Indicator designations (see Table 3)	Fact. signified 2020	Standard signified 2020	Weight ratio	Correlation coefficient	Single ratio of economic safety	Degree of influence, percentage
1	2	3	4	5	6	7
IR	11	24	0,09	0,458	0,0412	7,77
QC	68	80	0,11	0,850	0,0935	17,64
CU	42	85	0,09	0,494	0,0445	8,39
US	67	90	0,07	0,7444	0,0521	9,83
LP	986	1471	0,09	0,670	0,0603	11,38
AM	16	70	0,06	0,228	0,0137	2,58
RF	6,620	9,055	0,06	0,725	0,0435	1,12
WT	62,2	90,0	0,07	0,691	0,0484	9,13
CP	96,2	62,6	0,06	0,651	0,0391	7,38
LO	34,7	85	0,23	0,408	0,0938	17,69
Integral coefficient of economic security					0,5301	-

- the calculation of the unit coefficients of economic security is the product of the weighting coefficient and the compliance coefficient;

- the sum of the unit coefficients is an integral coefficient of economic security, which can be converted into a percentage by multiplying by 100 %;

- the degree of influence of each indicator on the integral coefficient of economic security is determined by the ratio of each indicator to the value of the integral coefficient, multiplied by 100 %.

The integral coefficient of economic security equal to 0.5301 or 53.01 % indicates that the enterprise's economy is in a very dangerous zone, which requires urgent measures. The degree of influence of each factor (indicator) on the integral level of economic security allows you to build priorities for its improvement, determining in what order it is necessary to build a management system for improving the economic security of the enterprise (ESE). The results of the analysis are summarized in Table 3.

For the studied enterprise, measures were developed in priority areas. A forecast was made based on the actual values of the indicators that should be achieved in 2026. According to the predicted values of actual indicators, a forecast of the level of economic security in 2026 has been developed (Table 4).

Table 3 – Priorities in the order of increasing the economic security of the enterprise

Indicators	Priorities of actions to improve the ESE
Invention and Rationalization (IR)	7
Product quality and Competitiveness (QC)	2
The degree of capacity utilization (CU)	6
The degree of use of space (US)	4
Labor Productivity (LP)	3
Automation and Mechanization (AM)	9
Return on funds (RF)	10
Use of working time (WT)	5
Cost price (CP)	8
Loading orders (LO)	1

Table 4 – Forecast of the values of indicators and the level of economic security of the enterprise in 2026

Indicator designations	Planned meaning 2022	Planned meaning 2026	The standard value 2020	Weighting factor	Ratio compliance 2026	Single ratio of economic safety
1	2	3	4	5	6	7
IR	11	22	24	0,09	0,916	0,0864
QC	68	75	80	0,11	0,938	0,1032
CU	42	80	85	0,09	0,941	0,0847
US	67	85	90	0,07	0,944	0,0661
LP	986	1400	1471	0,09	0,952	0,0857
AM	16	65	70	0,06	0,928	0,0557
RF	6,620	9,0	9,055	0,06	0,989	0,0593
WT	62,2	85,0	90,0	0,07	0,944	0,0661
CP	96,2	65,6	62,6	0,06	0,954	0,0572
LO	34,7	80	85	0,23	0,941	0,2164
Integral coefficient of economic security						0,8808

The predicted integral coefficient of economic security equal to 0.8808 or 88.08% indicates a possible exit of the enterprise's economy from the danger zone, which confirms the feasibility of using the proposed algorithm.

**Summary.** The application of the proposed approach provides a situational analysis that allows to identify the state and quantitative values of factors affecting the level of economic security of the enterprise.

Based on the proposed block diagram of the resource-functional algorithm, calculations of the level of economic security of one of the analyzed enterprises were



carried out. The level of economic security of functional zones and enterprises is calculated, the degree of influence of characteristic factors is revealed, directions and priorities for managing characteristic factors are determined, measures for optimizing characteristic indicators are developed, the forecast of the level of economic security after the implementation of the developed measures is made.

It is advisable to direct further research to the creation of an automated system for managing the level of economic security of the enterprise.

#### References:

1. Atamanov G.A., Rogachev A.F. O neobходимosti novyh podhodom k issledovaniyu fenomena ekonomicheskoy bezopasnosti [On the need for new approaches to the study of the phenomenon of economic security]. *Nauchno-tehnicheskie vedomosti SPbGPU. Ekonomicheskie nauki* [Scientific and Technical Bulletin of the SPbGPU. Economic sciences], 2009, no. 1 (71), pp. 323-327. (In Russian).
2. Ilyinykh I.S. Ekonomicheskaya bezopasnost' predpriyatiya [Economic security of the enterprise]. *Mezhdunarodnyj zhurnal social'nyh i gumanitarnyh nauk* [International Journal of Social and Humanitarian Sciences], 2016, vol. 7, no. 1, pp. 183-186. (In Russian).
3. Yakshina I.S. Sovremennye teoreticheskie podhody k sodержaniyu kategorii ekonomicheskoy bezopasnosti sub"ektov ekonomicheskoy deyatel'nosti [Modern theoretical approaches to the content of the category of economic security of subjects of economic activity]. *Gumanitarnye nauchnye issledovaniya* [Humanitarian scientific research], 2013, no. 10 (26), pp. 63-67. (In Russian).
4. Mashkovtsev A.V. Postroenie sistemy obespecheniya ekonomicheskoy bezopasnosti na promyshlennom predpriyatii [Building a system for ensuring economic security at an industrial enterprise]. *Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovacii* [Modern scientific research and innovations], 2011, no. 5, pp. 28-36. (In Russian).
5. Osipov R.A. Upravlenie ekonomicheskoy bezopasnost'yu predpriyatij [Management of economic security of enterprises]. *Aktual'nye problemy gumanitarnyh i estestvennyh nauk* [Actual problems of humanities and natural sciences], 2016, no. 2, pp. 86-88. (In Russian).
6. Kovalev V.V. *Finansovyj menedzhment v voprosah i otvetah* [Financial management in questions and answers: a textbook]. Moscow, Prospect Publ., 2015, 304 p. (In Russian).
7. Klimakhina O.M., Arzumanov R.M. Metodika upravleniya povysheniem konkurentosposobnosti produktsii [Methods of management of increasing the competitiveness of products]. *Sbornik statej Mezhdunarodnogo nauchno-issledovatel'skogo konkursa (19 aprelya 2020 goda)* [Collection of articles of the International Research Competition (April 19, 2020)]. Petrozavodsk, Novaya Nauka Publ., 2020, pp. 49-59. (In Russian).
8. Senchagov V.K. (ed.) *Ekonomicheskaya bezopasnost' Rossii: Obshchij kurs* [Economic security of Russia: General course]. Moscow, Delo Publ., 2005, 896 p. (In Russian).
9. Korotkova E.M. (ed.) *Anti-crisis management*. Moscow: INFRA-M Publ., 2009, 620 p. (In Russian).
10. Arzumanov R.M. Harakteristicheskie faktory vnutrennej sredy predpriyatiya [Characteristic factors of the internal environment of the enterprise]. *Sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Innovacionnye mekhanizmy, resheniya problem nauchnogo razvitiya» (28.08.2017 g., Chelyabinsk)* [Collection of articles of the International scientific and practical conference “Innovative mechanisms, solutions to problems of scientific development” (28.08.2017, Chelyabinsk)]. Ufa. OMEGA SCIENCE Publ., 2017, p. 10-16. (In Russian)

11. *Economic security of Russia: concept, structure, and comparative perspective assessment*. (In English). Available at: <http://csef.ru/en/politica-i-geopolitica/223/ekonomicheskaya-bezopasnost-rossii-ponyatie-struktura-sravnitel'naya-i-perspektivnaya-oczenka-905> (accessed 03.06.2021).

Сведения об авторах / Information about authors

- Арзуманов  
Роберт Мосесович** канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой математических и естественнонаучных дисциплин  
Филиал ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет» в г. Феодосия  
298178, г. Феодосия, пгт. Приморский, ул. Советская, 19  
arzumanov\_feo@mail.ru
- Arzumanov  
Robert Mosesovich Ph.D. (Engin.), Associate Professor, Head of the Department of Mathematical and Natural Sciences  
Branch of the Kerch State Maritime Technological University in Feodosia  
298178, Feodosia, Primorsky village, Sovetskaya str., 19  
arzumanov\_feo@mail.ru
- Климахина  
Ольга Михайловна** канд. экон. наук, доцент кафедры гуманитарных и социально-экономических наук  
Филиал ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет» в г. Феодосия  
298178, г. Феодосия пгт. Приморский, ул. Советская, 19  
klimahina\_feo@mail.ru
- Klimakhina  
Olga Mikhailovna Ph.D. (Econ.), Associate Professor at the Department of Humanities and Socio-Economic Sciences  
Branch of the Kerch State Maritime Technological University in Feodosia  
298178, Feodosia, Primorsky village, Sovetskaya str., 19  
klimahina\_feo@mail.ru
- Безкровная  
Галина Дмитриевна** канд. экон. наук, доцент кафедры гуманитарных и социально-экономических наук  
Филиал ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет» в г. Феодосия  
298178, г. Феодосия, пгт. Приморский, ул. Советская, 19  
gbezкровnaya@bk.ru
- Bezкровnaya  
Galina Dmitrievna Ph.D. (Econ.), Associate Professor at the Department of Humanities and Socio-Economic Sciences  
Branch of the Kerch State Maritime Technological University in Feodosia  
298178, Feodosia, Primorsky village, Sovetskaya str., 19  
gbezкровnaya@bk.ru
- Корнеева  
Елена Васильевна** канд. истор. наук, доцент, зав. кафедрой гуманитарных и социально-экономических наук  
Филиал ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет» в г. Феодосия  
298178, г. Феодосия, пгт. Приморский, ул. Советская, 19  
lyaba\_alenka@ukr.net
- Korneeva  
Elena Vasilyevna Ph.D. (Hist.), Associate Professor, Head of the Department of Humanities and Socio-Economic Sciences

**Зубрилин  
Константин  
Михайлович**

Branch of the Kerch State Maritime Technological University in  
Feodosia  
298178, Feodosia, Primorskiy village, Sovetskaya str., 19  
lyaba\_alenka@ukr.net

канд физ.-мат. наук, доцент кафедры математических и  
естественнонаучных дисциплин

Филиал ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской  
технологический университет» в г. Феодосия  
298178, г. Феодосия, пгт. Приморский, ул. Советская, 19  
kzubrilin@yandex.ru

Zubrilin  
Konstantin  
Mikhailovich

Ph.D. (Phys.-Math.), Associate Professor at the Department of  
Mathematical and Natural Sciences

Branch of the Kerch State Maritime Technological University in  
Feodosia  
298178, Feodosia, Primorsky village, Sovetskaya str., 19  
kzubrilin@yandex.ru

Беляева М.С., Пискун Е.И.

## МЕХАНИЗМ РАЗВИТИЯ ДИЛЕРСКОЙ СЕТИ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКОЙ СТРУКТУРЫ ВИНОДЕЛЬЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

**Аннотация.** Винодельческая отрасль относится к наиболее динамично развивающимся сферам хозяйствования. У предприятий всегда стоит вопрос организации сбыта продукции. В соответствии с целью исследования авторами предложен механизм развития дилерской сети предпринимательской структуры винодельческой отрасли, который на основе методов многомерного анализа, панельных данных, позволяет выделить привлекательные для сбыта продукции компании региональные сегменты рынка и определить региональную структуру дилерской сети. Рассмотрена система индикаторов привлекательности региональных сегментов рынка для сбыта игристых вин и шампанского; предложены подходы к построению пространственно-динамических прогнозов объема продаж, оценке потенциала сбыта; предложен трехкомпонентный показатель, отражающий привлекательность региональных сегментов рынка, который позволяет выбрать региональные сегменты для развития дилерской сети. Направлениями дальнейших исследований является разработка подходов к выбору дилеров, процедур мотивации участников, управления коммуникациями, мониторинга системы сбыта предпринимательской структуры и повышения ее эффективности.

**Ключевые слова:** предпринимательская структура, управление продажами, развитие дилерской сети, механизм, информационно-методическое обеспечение, оценка привлекательности региональных сегментов рынка.

Belyaeva M.S., Piskun E.I.

## MECHANISM FOR THE DEVELOPMENT OF THE DEALER NETWORK OF THE BUSINESS STRUCTURE OF THE WINERY INDUSTRY

**Abstract.** The wine industry is one of the most dynamically developing spheres of management. Enterprises always have a question of organizing product sales. A mechanism for the development of a dealer network of PS vineyards is proposed, which, on the basis of methods of multidimensional analysis and panel data, makes it possible to isolate the regional segments of the market which are attractive for the marketing of the products and to define the regional structure of the dealer network. The system of indicators of attractiveness of regional market segments for the marketing of sparkling wines and champagne is considered; approaches to the construction of spatial and dynamic forecasts of sales volume, estimation of sales potential are proposed; a three-component indicator is proposed, reflecting the attractiveness of regional market segments, which allows to select regional segments for development of dealer network. The directions of further research are the development of approaches to the selection of dealers, procedures for motivating participants, managing communications, monitoring the sales system of an entrepreneurial structure and increasing its efficiency.

**Keywords:** entrepreneurial structure, sales management, development of a dealer network, mechanism, information and methodological support, assessment of the attractiveness of regional market segments.

**Введение.** Современные тренды трансформации модели российской (национальной) экономики проявляются в контексте стимулирования повышения

уровня деловой активности предпринимательских структур (ПС) обрабатывающей промышленности и сельского хозяйства, которые характеризуются более устойчивым уровнем деловой активности и маржинальности в сравнении с ПС добывающей промышленности, доминантная роль которых характерна для сырьевой экспортно-ориентированной экономики с высокой чувствительностью к внешним «шокам». Трансформационные процессы актуализируют вопросы совершенствования управления ПС агропромышленного комплекса (АПК), включающего в себя такие сферы деятельности, как сельское хозяйство (растениеводство, животноводство и т.д.); отрасли, обеспечивающие средствами производства и материальными ресурсами (машиностроение, производство минеральных удобрений и т.д.); отрасли, занимающиеся переработкой сельскохозяйственного сырья (пищевая промышленность и т.д.); инфраструктурный блок (логистика, транспортировка и хранение, строительство и т.д.).

Как отмечено в [1], АПК России характеризуется активным развитием. По итогам 2019 г. объем продукции сельского хозяйства вырос на 4 %, драйвером развития отрасли стало растениеводство с темпами прироста в 6,1 %. В региональном разрезе наиболее высокие темпы роста отрасли демонстрируют регионы Южного федерального округа (ЮФО), Центрального федерального округа (ЦФО), Приволжского федерального округа (ПФО). Так, значения индексов производства продукции сельского хозяйства составили 107,1 %, 106,4%, 104,3 % для ЮФО, ЦФО и ПФО соответственно [2]. В структуре наиболее динамично развивающегося округа ЮФО высокие темпы развития АПК характерны, прежде всего, для Республики Крым (индекс продукции сельского хозяйства составил 118,7 %) [2].

Сельское хозяйство признается экспертами второй по потенциалу развития после туризма отраслью Крымского полуострова (Крыма) [3] и характеризуется увеличением объема инвестиций в АПК за последние пять лет более чем в два раза, однако в абсолютном выражении объем инвестиций в АПК Крыма

существенно уступает другим регионам. Так, в рейтинге Топ-25 крупнейших инвестпроектов в сфере АПК, формируемом ежегодно порталом «Агроинвестор» [4], проекты Крыма отсутствуют. Эксперты объясняют это недостаточным уровнем привлекательности инвестиционного климата и низкой эффективностью координации кластерного развития отрасли, что вызывает отсутствие или низкие темпы развития отдельных звеньев в технологической цепи, логистики и инфраструктурных проектов, которые приводят к резкому снижению уровня эффективности и падению конкурентоспособности всей системы хозяйственных связей в целом. Это, в свою очередь, корректирует действия инвесторов в сторону дальнейшего пересмотра планов и снижения уровня инвестиционной активности в рассматриваемом секторе. Тем не менее, эксперты выделяют ряд отраслей АПК Крыма, уровень потенциала и инвестиционной привлекательности которых столь высок, что данные отрасли характеризуются масштабной самоорганизацией предпринимательского капитала на основе локальных инициатив. Это, прежде всего, винодельческая отрасль. Данные инициативы подкрепляются преференциями для развития винодельческой отрасли, которые являются уникальными и характерными только для Крыма. Приоритетность и перспективность развития данной отрасли для Крыма обуславливает необходимость более детального анализа направлений совершенствования деятельности ПС этого сектора экономики.

**Целью исследования** является разработка механизма развития дилерской сети ПС винодельческой отрасли (в частности, ПС-флагмана винодельческой отрасли Крыма – Севастопольского винзавода, ассортимент продукции которого насчитывает более 40 наименований игристых вин и шампанского), позволяющего, на основе методов многомерного анализа и панельных данных, выделить привлекательные для сбыта продукции компании региональные сегменты рынка и определить региональную структуру дилерской сети.

**Материалы и методы исследования.** Следует отметить, что на сегодняшний день производственные мощности винодельческой отрасли Крыма

используются только на 25 %. В целом для винодельческой отрасли Крыма характерны те же тенденции развития и проблемы, что и для регионов России в целом. В качестве положительного фактора следует отметить увеличение площади посевных площадей вследствие мощной господдержки отрасли, рост урожайности за счет применения эффективных методов агротехнологий. Наряду с этим, высоким остается уровень зависимости от импорта посадочного материала (95 %); импорта виноматериалов (из 100 наименований вина, которое производится на полуострове, только 20 % изготовлено из винограда, выращиваемого в Крыму); наблюдается высокий уровень износа и моральное устаревание оборудования предприятий винодельческой отрасли; отсутствуют условия для модернизации производства; потеря или нехватка квалифицированных работников; постепенная утрата технологий; рост уровня цен на крымские вина вследствие высокой ставки процента по кредитам, зависимости от импорта комплектующих для разлива вина; снижение уровня спроса вследствие стагнации российского рынка вина. Однако потенциал развития отрасли остается достаточно высоким.

Необходимо отметить, что в целом динамика производства показывает положительные темпы развития винодельческой отрасли за последние шесть лет. Вместе с тем текущий объем производства находится на уровне существенно ниже уровня целевых показателей. Направлением совершенствования деятельности и повышения конкурентоспособности ПС винодельческой отрасли в этих условиях является оптимизация дилерской сети ПС, под которой понимается сеть дилеров и дистрибьютеров, осуществляющих как оптовые, так и розничные продажи [5], для роста объем продаж, уровня деловой активности, повышения прогнозируемости спроса.

Вопросы формирования дилерской сети ПС широко рассмотрены в литературе по экономике и менеджменту [6-11]. В частности, в статье [6] предлагаются подходы к разработке модели определения оптимальной территориальной локализации склада. Широкое распространение получили

облачные технологии для оптимизации складской и транспортной логистики [7], позволяющие формировать маршруты, планировать погрузки с разных складов с учетом требований клиентов и всех временных ограничений. Работа [8] рассматривает вопросы оптимизации запасов дистрибьютерской компании с учетом факторов риска и вариантов прогноза спроса (оптимистический, пессимистический). Статья [9] посвящена анализу стратегий построения эффективных систем дистрибуции. Исследования [10] рассматривают темпы и особенности развития дистрибьютерских компаний в российской экономике. В работе [11] подчеркивается роль интеграции с другими участниками рынка и развития дистрибуции в повышении конкурентоспособности виноделия территорий России. Отмечая безусловную эффективность предлагаемых авторами работ [6-11] подходов, следует отметить, что существующие разработки сконцентрированы преимущественно на решении вопросов транспортной и складской логистики и мало затрагивают задачи сбытовой логистики. Кроме того, недостаточно полно изучены подходы к развитию дилерской сети ПС такой специфической отрасли АПК, как винодельческая отрасль.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Предлагаемый механизм включает следующие основные блоки (рис. 1). Далее описывается их содержание.

В *первом блоке* механизма осуществляется группировка региональных сегментов рынка по уровню привлекательности для сбыта игристых вин и шампанского. Этот блок предполагает решение следующих задач: формирование системы индикаторов привлекательности региональных рынков сбыта; многомерную группировку регионов по уровню привлекательности; выбор наиболее привлекательных региональных рынков сбыта.

Предварительный список индикаторов формируется на основе обзора литературных источников и включает такие компоненты, как экономические факторы (доходы населения, среднемесячная заработная плата, ВРП региона,



количество активных предприятий и т.д.), уровень развития торговой сети и индустрии отдыха (объем товарооборота, количество гостиниц, предприятий туризма, ресторанов и т.д.), демографические факторы (численность населения, распределение населения по полу, возрасту, семейному положению, уровню образования, роду занятий и т.д.) [12].

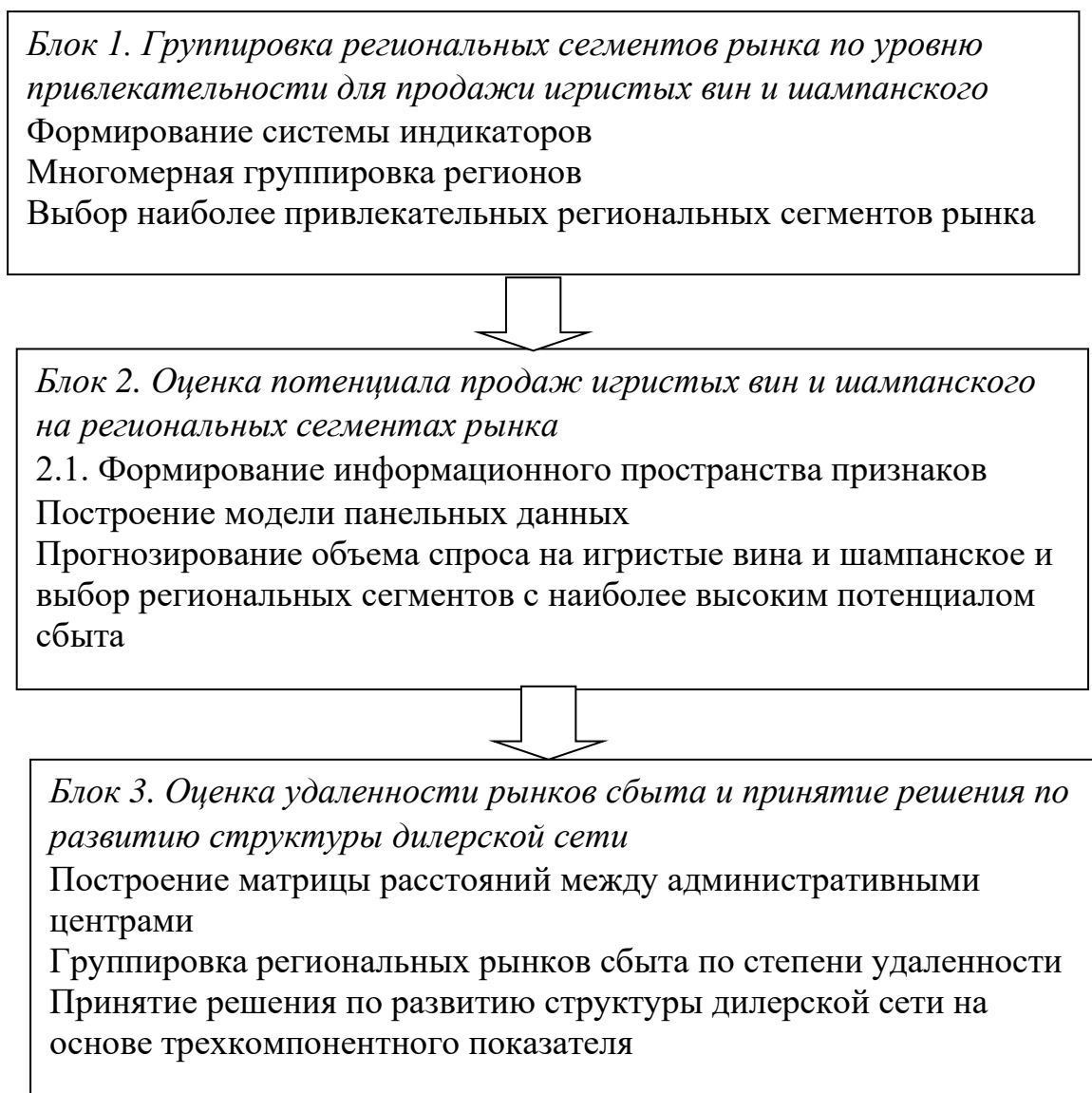


Рисунок 1 – Механизм развития дилерской сети ПС винодельческой отрасли

Источник: составлено автором.

Для отбора наиболее значимых индикаторов могут быть использованы различные группы методов: методы, опирающиеся на «внутренние» критерии

информативности и методы, алгоритмы фильтра которых основаны на «внешних» критериях информативности [13-15]. К первой группе методов относятся: распределение признаков на информативные и квазипостоянные на основе анализа значений коэффициента вариации; экспертные методы (ранжирование, частичные и полные парные сравнения, метод анализа иерархий), методы кластерного анализа, методы факторного анализа (метод главных компонент, многомерное шкалирование). Вторая группа методов включает: дискриминантный анализ, канонический анализ, корреляционно-регрессионный анализ. В данной работе при построении фильтра системы индикаторов предлагается использовать корреляционно-регрессионный анализ, который позволяет отобрать факторы, оказывающие наиболее значимое влияние на динамику изменения объема продаж игристых вин и шампанского в регионах. Факторы, которые имеют сильную (базовые индикаторы) и среднюю (вспомогательные индикаторы) степень связи с динамикой объема продаж включаются в итоговый список индикаторов оценки привлекательности региональных сегментов рынка.

Задача многомерной группировки регионов по уровню привлекательности решается с помощью методов кластерного анализа, которые позволяют выделить сходные по своим характеристикам сегменты рынка. Группировка регионов включает построение дендрограммы классификации с помощью иерархических алгоритмов и визуализацию данных, принятие решения относительно числа кластеров, на которое нужно разбить исходную совокупность; определение состава кластера с помощью одной из итеративных процедур – метода «к-средних». Выбор метода для кластеризации обусловлен отсутствием ограничений на количество кластеров, возможностью получения непересекающихся кластеров. Более подробно описание метода приведено в [16].

Завершающим этапом первого блока (рис. 1) является анализ графика средних значений индикаторов в кластерах, центроидов групп для

экономической интерпретации полученных кластеров регионов: сегменты с высоким уровнем привлекательности для реализации игристых вин и шампанского; сегменты со средним уровнем привлекательности; сегменты с низким уровнем привлекательности.

Содержанием *второго блока* является оценка потенциала продаж игристых вин и шампанского на региональных сегментах рынка (рис. 1). В этом блоке решаются следующие задачи: формирование информационного пространства признаков; построение модели панельных данных; прогнозирование объема спроса на игристые вина и шампанское и выбор региональных сегментов с наиболее высоким потенциалом сбыта.

В качестве информационного пространства признаков могут выступать как сформированное в первом блоке множество наиболее значимых индикаторов (факторные переменные) и объем продаж игристых вин и шампанского в регионах РФ (результатирующая переменная), так и временные ряды объема продажи игристых вин и шампанского в регионах. Эффективной технологией анализа пространственных и динамических данных являются модели панельных данных (пространственно-динамических данных), которые позволяют получить прогнозы по всей совокупности региональных рынков сбыта в целом с учетом изменения трендов на альтернативных рынках.

Построение модели панельных данных предполагает: оценивание обычной модели на панельных данных, модели с фиксированным эффектом и модели со случайным эффектом; сравнение и выбор спецификации модели на основе критериев Фишера, Бреуша-Пагана, Хаусмана, применение модели для прогнозирования [16]. При этом в модели могут быть использованы как синхронно действующие, так и лаговые переменные. В первом случае для построения прогноза факторных переменных применяются методы анализа временных рядов, более подробно представленные в [15].

Завершающим этапом этого блока является определение региональных сегментов рынка со снижающимся, стабильным, растущим спросом,

ранжирование региональных сегментов рынка по степени привлекательности для развития дилерской сети.

В *третьем блоке* осуществляется оценка удаленности рынков сбыта и принятие решения по развитию структуры дилерской сети. В этом блоке решаются такие задачи: построение матрицы расстояний между административными центрами; группировка региональных рынков сбыта по степени удаленности; принятие решения по развитию структуры дилерской сети на основе трехкомпонентного показателя.

Поскольку транспортные расходы занимают большой удельный вес в стоимости продукции, то удаленность регионального рынка сбыта является одним из базовых факторов при проектировании структуры дилерской сети. Основой для группировки региональных рынков по степени удаленности является матрица расстояний между административными центрами. По этой переменной выделяют: близлежащие рынки; региональные рынки со средней удаленностью; удаленные региональные рынки.

На завершающем этапе этого блока определяются региональные рынки, которые должны быть включены в базовую структуру дилерской сети. Для выбора таких элементов используется трехкомпонентный показатель привлекательности региональных сегментов рынка, который имеет следующий вид:

$$S = \{S(A), S(P), S(R)\}, \quad (1)$$

где функция  $S(A)$  определяется следующим образом:

-  $S(A) = 1$ , если региональный сегмент рынка принадлежит к кластерам «высокий уровень привлекательности» или «средний уровень привлекательности»; в противном случае  $S(A) = 0$ ;

-  $S(P) = 1$ , если региональный сегмент рынка принадлежит к кластерам «рынок с возрастающим спросом» или «рынок со стабильным спросом»; в противном случае  $S(P) = 0$ ;

-  $S(R) = 1$ , если региональный сегмент рынка принадлежит к кластерам «близлежащий рынок» или «региональные рынки со средней удаленностью»; в противном случае  $S(R) = 0$ .

В качестве приоритетных при проектировании дилерской сети выбираются региональные сегменты рынка, у которых трехкомпонентный показатель принимает следующее значение:  $S = \{1, 1, 1\}$ . Это кластер региональных сегментов с высоким уровнем привлекательности, стабильным или возрастающим спросом, которые находятся на небольшом удалении от ПС-производителя. В качестве вспомогательных элементов могут рассматриваться элементы со значениями комплексного индикатора  $S = \{0, 1, 1\}$ ;  $S = \{1, 0, 1\}$ ;  $S = \{1, 1, 0\}$ . Это региональные сегменты, присутствие на которых требует взвешенного подхода. На этих рынках наблюдается низкий уровень сбалансированности потенциала сбыта и фактических продаж, а также существенный уровень удаленности, что может приводить к снижению уровня конкурентоспособности продукции ПС за счет транспортной составляющей. В тоже время следует обратить внимание на рынки с индикаторами  $S = \{0, 1, 1\}$ ;  $S = \{1, 0, 1\}$ , поскольку высокий уровень развития торговой сети и адекватная адаптация маркетинговой политики под особенности данного сегмента может обеспечить существенный рост продаж. К рынкам с низким уровнем привлекательности для развития дилерской сети относятся региональные сегменты с индикаторами  $S = \{0, 0, 1\}$ ;  $S = \{1, 0, 0\}$ ;  $S = \{0, 1, 0\}$ . Это рынки с низким уровнем привлекательности, падающим спросом, находящиеся на большой удаленности от ПС-производителя. К наименее привлекательным рынкам относятся рынки со значениями индикатора  $S = \{0, 0, 0\}$ . Это рынки четвертого уровня приоритетности. Основу структуры дилерской сети должны сформировать рынки первого и второго уровня приоритетности.

**Выводы.** Таким образом, выше предложен механизм развития дилерской сети ПС винодельческой отрасли, который на основе методов многомерного анализа, панельных данных, позволяет выделить привлекательные для сбыта

продукции компании региональные сегменты рынка и определить региональную структуру дилерской сети. Направлениями дальнейших исследований является разработка подходов к выбору дилеров, процедур мотивации участников, управления коммуникациями, мониторинга системы сбыта ПС и повышения ее эффективности.

Список использованной литературы:

1. Исследования рынков. Информационное агентство InfoLine. URL: <https://infoline.spb.ru/shop/issledovaniya-gynkov/page.php?ID=172650> (дата обращения: 12.08.2021).
2. Росстат. Индексы производства продукции сельского хозяйства по категориям хозяйств. URL: [https://rosstat.gov.ru/free\\_doc/new\\_site/business/sx/tab-se13.htm](https://rosstat.gov.ru/free_doc/new_site/business/sx/tab-se13.htm) (дата обращения: 12.08.2021).
3. Сельское хозяйство Крыма Экспертно-аналитический центр агробизнеса. URL: <http://business-crimea.com/2019/10/21/pochemu-selskoe-hozyajstvo-v-krymu-razvivaetsya-stol-medlenno/> (дата обращения: 12.08.2021).
4. Инвестиции – Агроинвестор. URL: <https://www.agroinvestor.ru/investments/> (дата обращения: 12.08.2021).
5. Сальников О.В. Процессный подход к развитию дилерских сетей // Проблемы современной экономики. 2007. № 3 (23). URL: <http://www.m-economy.ru/art.php?nArtId=1586> (дата обращения: 12.08.2021).
6. Добросельский М.М., Мадленяк Р. Проектирование и оптимизация дистрибьюторской сети выбранного Интернет-магазина // Universum: экономика и юриспруденция. 2019. № 5 (62). URL: <https://7universum.com/ru/economy/archive/item/7263> (дата обращения: 12.08.2021).
7. Оптимизация транспортной логистики для крупного дистрибьютора. URL: <https://abmcloud.com/optimizatsiya-transportnoj-logistiki/> (дата обращения: 12.08.2021).
8. Бродецкий Г.Л., Байбуза Е.А. Оптимизация запасов дистрибьюторской компании по многим критериям с учетом рисков // Логистика сегодня. 2015. № 3. С. 174-195.
9. Леонов Д.И. Стратегии построения эффективных систем дистрибуции // Управление каналами дистрибуции. 2020. № 4 (20). С. 260-273.
10. Ибрагимова М.Х. Особенности деятельности дистрибьюторских компаний в России и перспективы их развития // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». 2016. Т. 8. № 5. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/07EVN516.pdf> (дата обращения: 12.08.2021).
11. Щербакова Т.С., Цветкова Л.К. Механизм повышения конкурентоспособности виноделия Краснодарского края // Международный сельскохозяйственный журнал. 2017. № 3. С. 18-22.
12. Андриенко Ю.В., Немцов А.В. Оценка индивидуального спроса на алкоголь // Центр экономических и финансовых исследований и разработок в Российской экономической школе. 2006. № 89. URL: <https://www.nes.ru/files/Preprints-resh/WP89-rus.pdf> (дата обращения: 12.08.2021).
13. Клебанова Т.С., Дубровина Н.А. и др. Математические модели трансформационной экономики. Харьков: ИД «ИНЖЭК», 2004. 280 с.
14. Адаптивные методы в системах принятия решений: монография / Под ред. Н.А. Кизима, Т.С. Клебановой. Харьков: ИД «ИНЖЭК», 2007. 368 с.
15. Модели оценки, анализа и прогнозирования социально-экономических систем. Монография / Под ред. Т.С. Клебановой, Н.А. Кизима. Харьков: ФЛП Павленко А.Г., ИД «ИНЖЭК», 2010. 280 с.

16. Клебанова Т.С., Гурьянова Л.С., Сергиенко Е.А. Оценка финансовой конкурентоспособности предприятий на основе использования панельных данных // Конкурентоспособность: проблемы науки та практики. Монографія. Харьков: ВД “ІНЖЕК”, 2007. С. 193-214.

References:

1. *Informacionnoe agentstvo InfoLine* [InfoLine News Agency]. (In Russian). Available at: <https://infoline.spb.ru/shop/issledovaniya-rynkov/page.php?ID=172650> (accessed 12.08.2021).
2. *Rosstat. Indeksy proizvodstva produkci sel'skogo hozyajstva po kategoriyam hozyajstv* [Rosstat. Indexes of agricultural production by categories of farms]. (In Russian). Available at: [https://rosstat.gov.ru/free\\_doc/new\\_site/businesssx/tab-sel3.htm](https://rosstat.gov.ru/free_doc/new_site/businesssx/tab-sel3.htm) (accessed 12.08.2021).
3. *Sel'skoe hozyajstvo Kryma Ekspertno-analiticheskij centr agrobiznesa* [Agriculture of the Crimea Expert and Analytical Center of agribusiness]. (In Russian). Available at: <https://ab-centre.ru/page/selskoe-hozyajstvo-kryma> (accessed 12.08.2021).
4. *Investicii – Agroinvestor* [Investments-Agroinvestor]. (In Russian). Available at: [https://www.agroinvestor.ru/investments\\_](https://www.agroinvestor.ru/investments_) (accessed 12.08.2021).
5. Salnikov O.V. Protsessnyj podkhod k razvitiyu dilerskih setej [Process approach to dealer network development]. *Problemi sovremennoj ekonomiki* [Problems of modern economy], 2007, no. 3 (23). (In Russian). Available at: <http://www.m-economy.ru/art.php?nArtId=1586> (accessed 12.08.2021).
6. Dobroselsky M.M., Madlenyak R. Proektirovaniye i optimizatsiya distributorskoj seti vibrannogo Internet-magazina [Design and optimization of the distribution network of the selected Internet-shop]. *Universum: ekonomika i jurisprudentsiya* [Universum: Economics and Jurisprudence], 2019, no. 5 (62). (In Russian). Available at: <https://univers7um.com/ru/economy/archive/item/7263> (accessed 12.08.2021).
7. *Optimizaciya transportnoj logistiki dlya krupnogo distrib'yutora* [Optimization of transport logistics for a large distributor]. (In Russian). Available at: <https://abmcloud.com/optimizatsiya-transportnoj-logistiki/> (accessed 12.08.2021).
8. Brodetsky G.L., Bajbuza E.A. Optimizaciya zapasov distribyutorskoj kompanii po mnogim kriteriyam s uchetom riskov [Optimization of the stock of the distributor according to many criteria taking into account risks]. *Logistika segodnya* [Logistics today], 2015, no. 3, pp.174-195. (In Russian).
9. Leonov D.I. Strategii postroeniya effektivnykh system distribucii [Strategies for building efficient distribution systems]. *Upravlenie kanalami distribucii* [Management of distribution channels], 2020, no. 4 (20), pp. 260-273. (In Russian).
10. Ibrahimova M.Kh. Osobennosti deyatelnosti distribyutorskikh kompanij v Rossii i perspektivy ikh razvitiya [Features of the activities of distributors in Russia and prospects of their development]. *Internet-zhurnal «Naukovedenie»* [Internet-journal “Science studies”], 2016, vol. 8, no. 5. (In Russian). Available at: <http://naukovedenie.ru/PDF/07EVN516.pdf> (accessed 12.08.2021).
11. Shcherbakova T.S., Tsvetkova L.K. Mekhanizm povysheniya konkurentosposobnosti vinodeliya Krasnodarskogo kraja [Mechanism for improving the competitiveness of the winemaking industry of Krasnodar Krai]. *Mezhdunarodnyj sel'skohozyajstvennyj zhurnal* [International Agricultural Journal], 2017, no. 3, pp. 18-22. (In Russian).
12. Andrienko U.V., Nemtsov A.V. Ocenka individualnogo sprosa na alkohol [Estimation of individual demand for alcohol]. *Centr ekonomicheskikh i finansovykh issledovanij i razrabotok v Rossijskoj ekonomicheskoy shkole* [Centre for Economic and Financial Research and Development at the Russian Economic School], 2006, no. 89. (In Russian). Available at: <https://www.nes.ru/files/Preprints-resn/WP89-rus.pdf>. (accessed 12.08.2021).
13. Klebanova T.S., Dubrovina N.A. et al. *Matematicheskie modeli transformacionnoj ekonomiki* [Mathematical models of transformational economics], Kharkov, INJEK Publ., 2004, 280 p. (In Russian).

14. Kizim, N.A., Klebanova T.S. (eds.) *Adaptivnye metody v sistemakh prinyatiya reshenij* [Adaptive methods in decision-making systems]. Kharkov, INJEK Publ., 2007, 368 p. (In Russian).
15. Klebanova T.S., Kizim, N.A. (eds.) *Modeli ocenki, analiza i prognozirovaniya socialno-ehkonomicheskikh sistem* [Models for assessment, analysis and forecasting of socio-economic systems]. Kharkov, Pavlenko A.G. Publ., INJEK Publ., 2010, 280 p. (In Russian).
16. Klebanova T.S., Guryanova, L.S., Sergienko E.A. *Ocenka finansovoj konkurentosposobnosti predpriyatij na osnove ispol'zovaniya panel'nyh dannyh* [Assessment of the financial competitiveness of enterprises based on the use of panel data]. *Konkurentospromozhnist': problemi nauki ta praktiki* [Competitiveness: problems of science and practice]. Kharkov, INJEK Publ., 2007, pp. 193-214. (In Russian).

Сведения об авторах / Information about authors

- |                                    |   |
|------------------------------------|---|
| <b>Беляева<br/>Мария Сергеевна</b> | ст. преподаватель кафедры «Финансы и кредит»<br>Севастопольский государственный университет<br>Российская Федерация, 299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33<br>mariaoeb@mail.ru                |
| Belyaeva<br>Mariya Sergeevna       | Senior Lecturer, Department of Finance and Credit<br>Sevastopol State University<br>33, Universitetskaya str., Sevastopol, 299053, Russian Federation<br>mariaoeb@mail.ru                               |
| <b>Пискун<br/>Елена Ивановна</b>   | д-р экон. наук, профессор кафедры «Экономика предприятия»<br>Севастопольский государственный университет<br>Российская Федерация, 299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33<br>lenapiskun@mail.ru |
| Piskun<br>Elena Ivanovna           | Dr. Sci. (Econ.), Professor, Department of Enterprise Economics Sevastopol<br>State University<br>33, Universitetskaya str., Sevastopol, 299053, Russian Federation<br>lenapiskun@mail.ru               |



УДК 331.108

DOI: 10.47404/2619-0605\_2021\_3\_193

Верна В.В., Хойна М.Н.

## ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛОЯЛЬНОСТЬЮ ПЕРСОНАЛА ОРГАНИЗАЦИЙ: ОПЫТ РОССИЙСКИХ КОМПАНИЙ

**Аннотация.** В статье рассматривается понятие лояльности персонала, определяется ее влияние на эффективное функционирование компании. Представлены уровни лояльности сотрудников, которые влияют на разработку мероприятий по управлению лояльностью персонала. Выделены основные качества лояльного персонала. Показана взаимосвязь лояльности и благополучия сотрудников. Рассмотрена концепция «well-being», определены ее основные элементы, на которые необходимо ориентироваться для создания благоприятных условий труда для персонала. Исследованы основные инструменты политики в области корпоративной социальной ответственности, направленные на формирование лояльности сотрудников крупных организаций России. По результатам исследования составлен алгоритм управления лояльностью персонала организации, который позволит каждой компании выявить проблемы, существующие в их организации и устранить их. Сделан вывод о необходимости внедрения программы по управлению лояльностью сотрудников.

**Ключевые слова:** лояльность персонала, уровни лояльности, благополучие сотрудников, корпоративная социальная ответственность, концепция «well-being».

Verna V.V., Hoyna M.N.

## PROBLEMS OF PERSONNEL LOYALTY MANAGEMENT IN ORGANIZATIONS: EXPERIENCE OF RUSSIAN COMPANIES

**Abstract.** The article examines the concept of personnel loyalty, determines its impact on the effective functioning of the company. The levels of employee loyalty are presented, which influence the development of measures for the management of personnel loyalty. The main qualities of loyal staff are highlighted. The relationship between employee loyalty and well-being is shown. The concept of “well-being” is considered, its main elements are identified, which must be guided by in order to create favorable working conditions for personnel. The main policy instruments in the field of corporate social responsibility are investigated, aimed at the formation of loyalty of employees of large organizations in Russia. Based on the results of the study, an algorithm for managing the loyalty of the organization's personnel was drawn up, which will allow each company to identify the problems that exist in their organization and eliminate them. It is concluded that it is necessary to implement an employee loyalty management program.

**Keywords:** loyalty of personnel, levels of loyalty, well-being of employees, corporate social responsibility, the concept of «well-being».

**Введение.** В связи с изменениями в социально-экономической сфере изменились и способы управления главной производительной силой – трудовыми ресурсами. На первый план выходит феномен лояльности персонала, который с каждым годом приобретает все большую популярность. Ведь лояльный сотрудник лично заинтересован в успешном развитии компании и использует все ресурсы для достижения максимального результата, что

оказывает позитивное влияние на успех и процветание организации в целом.

Управление лояльностью персонала достаточно сложный процесс, имеющий свою структуру, и взаимосвязанный с основными направлениями деятельности организации. Правильно организованная система управления лояльностью учитывает особенности компании и ориентирована на стратегическое развитие. Кроме того, данная система дает возможность компании оптимизировать человеческие ресурсы, повысить эффективность деятельности за счет повышения качества работ и заинтересованности персонала в работе организации.

**Целью исследования** является рассмотрение проблем управления лояльностью персонала организаций на опыте крупных российских организациях.

**Материалы и методы исследования.** Вопросы изучения лояльности персонала широко освещены в научных работах таких ученых, как В. Доминьяк, А.В. Ковров, К. Харский и др.

Доминьяк В. выделяет активную и пассивную лояльность. Активная лояльность характеризуется расположенностью к компании, осознанными действиями в интересах организации, а пассивная – отсутствием действий, умением подчиняться [1].

Ковров А.В. отмечает, что лояльность персонала складывается из двух основных элементов: надежности и профессиональной пригодности сотрудников, считая, что нельзя говорить о лояльности специалиста к компании, пока он не проработает в организации достаточно длительное время и не познакомится с культурой компании. Харский К. определяет лояльность, как явление, характеризующееся такими особенностями, как чувство гордости и преданности, способность и готовность смириться с одними требованиями и глубоко принять другие, желанием сделать свою работу наилучшим образом, осознанное соблюдение принятых правил [2, 3].

Анализируя определения лояльности персонала можно сделать вывод, что

под лояльностью персонала понимают приверженность делу организации, которая появляется благодаря эффективной подготовке сотрудников, идентификации личных интересов с успехом организации, взаимодействию между сотрудниками и их руководством.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Лояльность всегда основана на удовлетворенности работника важными аспектами деятельности и появляется тогда, когда его собственные жизненные планы совпадают со стратегическими планами развития организации [4].

Выделяют четыре уровня лояльности, каждый из которых имеет определенные особенности:

- первый уровень лояльности – соответствие внешней атрибутике (спецодежда, униформа, использование предметов с логотипом организации);
- второй уровень лояльности – уровень поведения, требующий выполнения правил и соблюдения норм, принятых в организации;
- третий уровень лояльности – соответствие способностей каждого сотрудника требованиям профессиональной деятельности организации;
- четвертый уровень лояльности – полное признание принципов и убеждений, принятых в организации [5].

При определении лояльного сотрудника необходимо ориентироваться на человека, который работая в компании, всегда ориентировался на ее успех. Кроме того, лояльность включает в себя частичное жертвование собственным временем и интересами с целью вложения большей энергии в организацию. Данные поступки нацелены на то, чтобы помочь компании расти и процветать, преодолевая неудачи и конкурентов.

Можно выделить следующие качества лояльного сотрудника.

1. Настойчивость, преданность делу и лидерство. Преданные сотрудники всегда будут делать все возможное, поскольку в них уже есть естественное стремление к совершенствованию и успеху. Они не просто видят задачу как работу, которую нужно выполнить, а видят в этом возможность для

продвижения. Лояльные сотрудники всегда придумывают новые способы решения повседневных задач и помогают компании расти. Они всегда готовы и могут усерднее работать и подсказать, что необходимо улучшить. У лояльного сотрудника почти всегда будет естественная мотивация делать все возможное и стараться делать все как можно эффективнее. Это один из наиболее совершенных способов заставить компанию доверять ему и уважать его. А также это будет свидетельствовать о том, что они прирожденные лидеры. Другие работники с низким уровнем лояльности будут поглощать эту энергию и подражать конкретному сотруднику.

2. Гордость и уважение к компании. Осознание ценности организации, положительные отклики о ней представляют собой цель управления лояльностью персонала. Ведь лучшим отзывом о компании является отзыв его сотрудника, поскольку более половины имиджа организации формируют сотрудники. Кроме того, если с сотрудниками хорошо обращаются и есть прочная основа для лояльности сотрудников на рабочем месте, они будут распространять информацию о том, как хорошо с ними обращаются. Это особенно важно для компаний, которые постоянно теряют сотрудников.

3. Любознательность и готовность учиться. В связи с тем, что в мире происходит много новых достижений и улучшений, для сотрудника важно оставаться в курсе и быть готовым адаптироваться к изменениям. Если данное стремление есть в человеке, это огромный признак преданности делу.

Лояльность является двухсторонним процессом, поскольку требует лояльности как со стороны сотрудника к организации, так и организации к сотруднику. Компания должна проявлять такую жестепень лояльности к своим сотрудникам, которую она хочет видеть от них всвой адрес. Сотрудники лояльны к компании настолько же, насколько она лояльна к ним.

Лояльность персонала тесно связана с благополучием сотрудников. Нет единого мнения относительно единого определения благополучия, но есть общее согласие с тем, что, как минимум, благополучие включает в себя наличие

положительных эмоций и настроений (например, удовлетворенность, счастье), отсутствие отрицательных эмоций (например, депрессия, тревога), удовлетворение жизнью, удовлетворенность и позитивное функционирование. Поэтому, забота о благополучии сотрудников – это создание среды для достижения удовлетворенности, которая позволяет сотруднику процветать и полностью раскрывать свой потенциал на благо себя и своей организации. Чем выше уровень благополучия сотрудника, тем больше он вовлечен в работу и тем качественнее выполняет свои задачи. Кроме того, довольные жизнью работники своим примером вдохновляют и мотивируют коллег, а также создают позитивный образ компании для новых специалистов [6].

Основными элементами благополучия являются карьера, здоровье, финансы, социальные и общественные связи. Данные элементы взаимосвязаны, каждый из них влияет друг на друга, и представляют собой концепцию «well-being». Применение концепции направлено на повышение вовлеченности сотрудников в работу, их мотивацию и саму систему взаимодействия организации с персоналом. «Well-being» призвана повысить уровень благополучия сотрудников, сохранить высокий уровень социальной поддержки, а также их вовлеченность в рабочий процесс.

Благополучие объединяет психическое (разум) и физическое (тело) здоровье, что приводит к более целостным подходам к профилактике заболеваний и укреплению здоровья. В связи с чем, можно выделить следующие составляющие благополучной жизни сотрудника:

- эмоциональная составляющая – развитие эмоциональной способности, которая включает в себя оптимизм, чувство собственного достоинства, принятие себя и способность строить здоровые отношения;
- финансовая составляющая – обеспечение возможности эффективно управлять своей текущей и будущей экономической жизнью;
- интеллектуальная составляющая – постоянное обучение посредством творческой и стимулирующей умственной деятельности, для расширения знаний

и улучшения навыков;

– профессиональная составляющая – использование знаний, навыков и таланта для достижения цели в профессиональной деятельности, как части сбалансированной жизни;

– социальная составляющая – развитие способности успешно взаимодействовать в обществе и укрепление связей;

– духовная составляющая – наличие набора руководящих убеждений, принципов или ценностей, которые помогают определять направление жизни.

По результатам исследования платформы корпоративного благополучия «Понимаю», каждая вложенная 1 тысяча рублей в программу поддержки сотрудников окупает себя и дополнительно приносит 535 рублей прибыли, то есть ROI составляет 53,5 %. Тем самым, забота о благополучии сотрудников не только влияет на имидж компании и привлекательность HR-бренда, но и приносит измеримую выгоду [7].

В ряде крупных российских компаний внедрены собственные уникальные программы управления лояльностью персонала.

Одной из организаций, уделяющей внимание социальной ответственности, является ПАО «Сбербанк». «В банке действует Политика в области корпоративной социальной ответственности, в которой закреплены цели, приоритеты и система управления этими вопросами. Политика определяет основные принципы и общие требования к управлению различными аспектами корпоративной социальной ответственности для дочерних банков и компаний, в то время как последние самостоятельно определяют приоритеты и реализуют проекты в этой области. Подходы к управлению различными аспектами КСО закрепляются во внутренних нормативных документах дочерних банков и компаний группы» [8].

Основными инструментами корпоративной социальной ответственности в Сбере, направленными на повышение лояльности персонала, являются голос внутреннего клиента, исследование лояльности сотрудников, прямой диалог с

Президентом компании. «Голос внутреннего клиента представляет собой анонимное онлайн-анкетирование работников, направленное на выявление удовлетворенности персонала банка внутренними процессами и сервисами. А исследование лояльности сотрудников предполагает анкетирование персонала, направленное на получение объективной оценки уровня мотивации и удовлетворенности сотрудников условиями труда, а также на своевременное выявление острых вопросов. В свою очередь, прямой диалог – это ежегодная прямая линия (в режиме видео-конференцсвязи) Президента, Председателя Правления Сбербанка с сотрудниками» [8].

ПАО «Ростелеком» также является одной из социально-ответственных компаний России. Каждые два года в Ростелекоме проводится исследование вовлеченности, удовлетворенности и лояльности персонала. Это дает возможность быть в диалоге с сотрудниками: определить основные зоны роста, выявить практики, которые помогли улучшить показатели в сравнении с прошлым периодом, получить обратную связь в комментариях, разработать и внедрить новые практики, сервисы и активности для повышения благополучия всей команды организации.

Последнее исследование вовлеченности, лояльности и удовлетворенности сотрудников работодателем было проведено в октябре 2020 года. В нем приняли участие 80 % персонала (более 105 тысяч человек). Сотрудники дали почти 30 тысяч комментариев. По сравнению с исследованием 2018 года, все показатели выросли минимум на 10 п.п. и составляют не менее 70 %: вовлеченность – 81 %, лояльность – 70 %, удовлетворенность – 77 %. Индекс чистой лояльности сотрудников (eNPS), который показывает разницу между готовыми рекомендовать компанию сотрудниками и теми, кто не готов, вырос в 2020 году по сравнению с 2018 годом (рис.1).

Кроме того, чтобы узнать мнение сотрудников, в Ростелекоме регулярно проводятся опросы персонала по новым продуктам и пилотным запускам, внутренним сервисам и обучению, результатам работы руководителя. Также с

помощью опросов организация получает предложения по проведению корпоративных мероприятий и оценивает настроения в командах [9].

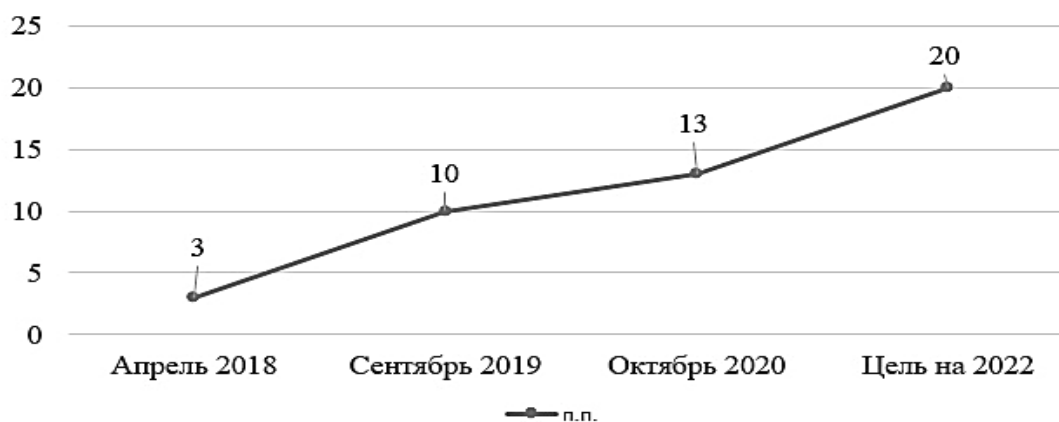


Рисунок 1 – Динамика eNPS ПАО «Ростелеком»

Источник: составлено автором на основе [9].

В ОАО «РЖД» главным приоритетом социально-кадровой политики является развитие человеческого капитала за счет проведения комплекса мероприятий, направленных на сохранение социальной стабильности и формирование благоприятной рабочей среды в трудовых коллективах. В организации действует Сервисный портал работника ОАО «РЖД». Единое информационное пространство упростило взаимодействие работников с работодателем. На портале авторизованы более 600 тысяч сотрудников компании. Это помогает персоналу информировать работодателя о проблемах в трудовой деятельности, что позволяет организации совершенствовать процессы производства, и тем самым повышать благополучие сотрудников.

В рамках развития инструментов обратной связи с персоналом в 2020 году проведено 137 социологических исследований, в которых приняли участие более 340 тысяч работников компании. На основании результатов проведенных исследований принимаются управленческие решения, направленные на совершенствование трудовой деятельности [10].

ПАО «Газпром нефть» реализует программы управления лояльностью персонала путем следующих мероприятий. Для достижения безопасности во



время производственной деятельности, компания провела анализ опасных инцидентов на производстве, по результатам которого было определено, что причинами порядка 60-70 % происшествий являются поведенческие, а именно – незнание путей решения той или иной ситуации. Для изменения данного явления «была запущена программа трансформации культуры безопасного производства. В ее рамках были разработаны и реализованы проекты, направленные на формирование в сознании всех сотрудников компании и подрядных организаций образа культуры безопасного производства как важной части их собственной культуры» [11]. Данная программа позволила сформировать положительный имидж компании в глазах сотрудников, как организации, которой важно здоровье и безопасные условия труда для персонала.

Также, в компании реализует «новую стратегию, направленную на изменение системы управления бизнесом, ключевой элемент которой – вовлекающее лидерство. В бизнес-цикл подразделения были введены новые ритуалы, такие как короткие циклы планирования, на которые могут выйти любые сотрудники с идеей реализации проекта или продукта, и новые форматы работы, в частности, использование кросс-функциональных команд вместо инструментов функционального управления, проведение общедоступных собраний в неформальных помещениях вместо постоянных формальных встреч. При этом руководители становятся такими же членами команды, как и все остальные, экспериментируют, а сотрудники открыто рассказывают об успехах или провалах, переходя от докладов для галочки к разговорам по существу» [11].

Таким образом, исследовав опыт российских компаний, можно предложить следующий алгоритм управления лояльностью персонала организации, представленный на рисунке 2.

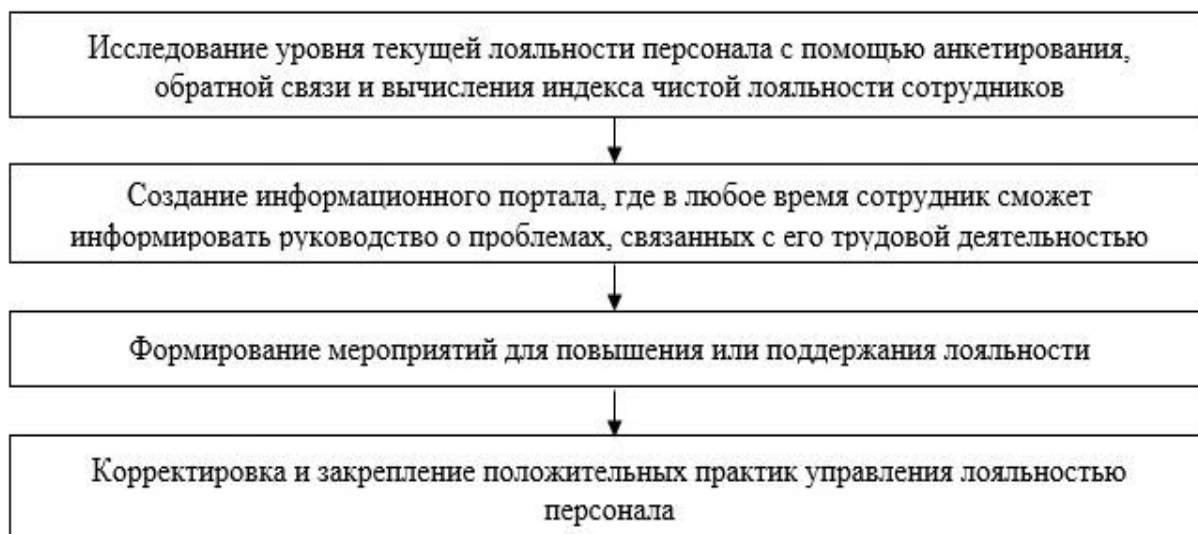


Рисунок 2 – Алгоритм управления лояльностью персонала организации  
Источник: составлено автором на основе [8-11].

**Выводы.** Управление лояльностью персонала является важным фактором оптимального использования рабочей силы. Технология воспитания лояльности должна строиться на взаимодействии материального и нематериального поощрения с одновременным развитием обратной связи. У сотрудников должно быть чувство, что организация хочет для них самого лучшего, и в результате они будут продолжать делать все возможное и не искать другую работу.

Внедрение программы по управлению лояльностью персонала позволит видеть невероятные преимущества для всех ее участников. Когда сотрудники лояльны к своему рабочему месту, они с большей готовностью вкладываются в свою работу, внедряют новые идеи и делают все возможное. В свою очередь, организация будет стремиться к удержанию данных сотрудников путем мотивационных стимулов.

Изучив особенности управления лояльностью сотрудников среди крупных российских организаций можно сделать вывод, что работа по управлению персоналом строится на развитии действующих и наиболее значимых инструментов управления лояльностью сотрудников. К таким инструментам можно отнести анкетирование работников, выделение времени для

взаимодействия с персоналом по вопросам трудовой деятельности, вычисление индекса чистой лояльности сотрудников и др.

Таким образом, проведённое исследование демонстрирует полный спектр возможностей совершенствования лояльности персонала любой российской компании с использованием предложенного алгоритма управления лояльностью персонала организации, что позволит снизить текучесть сотрудников, повысить их производительность труда, укрепить HR-бренд организации и др.

Список использованной литературы:

1. Доминьяк В.И. Организационная лояльность: модель реализации ожиданий работника от своей организации: дис. ... канд. психол. наук: 19.00.05 / Владислав Игоревич Доминьяк. СПб., 2006. 281 с. URL: <https://clck.ru/XSNh5> (дата обращения: 10.09.2021).
2. Ковров А.В. Лояльность персонала. М.: Бератор, 2014. 212 с.
3. Харский К.В. Благонадежность и лояльность персонала. СПб.: Питер, 2013. 268 с.
4. Кузнецова Т.А. Лояльность персонала как конкурентное преимущество организации // Интеграция наук. 2019. № 2(25). С. 28-31.
5. Каткова Т.В., Сабанчиева Д.Х. Управление лояльностью персонала как фактор оптимального использования рабочей силы // Социальные и экономические системы. 2020. № 4(16). С. 143-150.
6. Культура Well-being: зачем и как управлять благополучием сотрудников. URL: <https://peopleforce.io/ru/blog/kultura-well-being-zachem-i-kak-upravlyat-blagopoluchiem-sotrudnikov/> (дата обращения: 08.09.2021).
7. Исследование: программы поддержки сотрудников могут принести компании дополнительные 3 млн руб. в год. Режим доступа: <https://incrussia.ru/news/programmy-podderzhki/> (дата обращения: 08.09.2021).
8. Годовые отчеты ПАО «Сбербанк». URL: <https://www.sberbank.com/ru/investor-relations/reports-and-publications/annual-reports> (дата обращения: 08.09.2021).
9. Отчеты об устойчивом развитии ПАО «Ростелеком». URL: <https://www.company.rt.ru/social/report/> (дата обращения: 08.09.2021).
10. Отчетность компании ОАО «РЖД». URL: <https://company.rzd.ru/ru/9471> (дата обращения: 09.09.2021).
11. Трансформация корпоративной культуры в «Газпром нефти». URL: <https://www.gazprom-neft.ru/press-center/sibneft-online/archive/2019-may/2989335/> (дата обращения: 15.09.2021).

References:

1. Dominyak V.I. *Organizatsionnaya loyaltost: model realizatsii ozhidaniy rabotnika ot svoey organizatsii. Diss. ... kand. psych. nauk* [Organizational loyalty: a model for realizing the employee's expectations from his organization. Cand. psych. sci. diss]. St. Petersburg, 2006, 281 p. (In Russian). Available at: <https://clck.ru/XSNh5> (accessed 10.09.2021).
2. Kovrov A.V. *Loyaltost personala* [Loyalty of personnel]. Moscow, Berator Publ., 2014, 212 p. (In Russian).
3. Kharskiy K.V. *Blagonadezhnost i loyaltost personala* [Reliability and loyalty of personnel]. St. Petersburg, Piter Publ., 2013, 268 p. (In Russian).
4. Kuznetsova T.A. *Loyaltost personala kak konkurentnoe preimushchestvo organizatsii* [Personnel loyalty as a competitive advantage of the organization]. *Integratsiya nauk* [Integration of Sciences], 2019, no. 2(25), pp. 28-31. (In Russian).

5. Katkova T.V., Sabanchieva D.Kh. Upravlenie loyalityu personala kak factor optimalnogo ispolzovaniya rabochey sily [Personnel loyalty management as a factor of optimal use of labor force]. *Sotsialnye i ekonomicheskie sistemy* [Social and Economic Systems]. 2020, no. 4(16), pp. 143-150. (In Russian).
6. *Kultura Well-being: zachem i kak upravlyat blagopoluchiem sotrudnikov* [Culture Well-being: why and how to manage the well-being of employees]. (In Russian). Available at: <https://peopleforce.io/ru/blog/kultura-well-being-zachem-i-kak-upravlyat-blagopoluchiem-sotrudnikov/> (accessed 08.09.2021).
7. *Issledovanie: programy podderzhki sotrudnikov mogut prinesti kompanii dopolnitelnye 3 mln rub. v god* [Research: employee support programs can bring the company an additional RUB 3 million per year]. (In Russian). Available at: <https://incrussia.ru/news/programmy-podderzhki/> (accessed 08.09.2021).
8. *Godovye otchety PAO «Sberbank»* [Annual reports of Sberbank]. (In Russian). Available at: <https://www.sberbank.com/ru/investor-relations/reports-and-publications/annual-reports> (accessed 08.09.2021).
9. *Otchety ob ustoychivom razvitii PAO «Rostelekom»* [Reports on sustainable development of Rostelecom]. (In Russian). Available at: <https://www.company.rt.ru/social/report/> (accessed 08.09.2021).
10. *Otchetnost' kompanii RZhD* [Company reporting «Russian Railways»]. (In Russian). Available at: <https://company.rzd.ru/ru/9471> (accessed 09.09.2021).
11. *Transformatsiya korporativnoy kultury v «Gazprom nefti»* [Transformation of corporate culture in Gazprom Neft]. (In Russian). Available at: <https://www.gazprom-neft.ru/press-center/sibneft-online/archive/2019-may/2989335/> (accessed 15.09.2021).

#### Сведения об авторах / Information about authors

<b>Верна</b>	канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры управления персоналом
<b>Вероника</b>	Крымский Федеральный университет им. В.И. Вернадского
<b>Валериевна</b>	295007, Республика Крым, г. Симферополь, проспект Академика Вернадского, 4 nica2605@rambler.ru
Verna	Ph.D. (Econ.), Associate Professor, Associate Professor of Personnel
Veronica	management Departament
Valerievna	V. I. Vernadsky Crimean Federal University 295007, Republic of Crimea, Simferopol, Academic Vernadsky blvd, 4 nica2605@rambler.ru
<b>Хойна</b>	студент 1-го курса магистратуры направления подготовки «Управление
<b>Марина</b>	персоналом»
<b>Николаевна</b>	Крымский Федеральный университет им. В.И. Вернадского
	295007, Республика Крым, г. Симферополь, проспект Академика Вернадского, 4 hoynamarina@mail.ru
Hoyna	undergraduate of the 1st year of the training direction «Personnel
Marina	Management»
Nikolaevna	V.I. Vernadsky Crimean Federal University 295007, Republic of Crimea, Simferopol, Academic Vernadsky blvd, 4 hoynamarina@mail.ru

УДК 338.45.01

DOI: 10.47404/2619-0605\_2021\_3\_205

Симченко Н.А., Цёхла С.Ю.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫХ И СОЦИАЛЬНЫХ ЭФФЕКТОВ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ

**Аннотация.** Статья посвящена исследованию природы институциональных и социальных эффектов внедрения цифровых двойников. Обоснована целесообразность изучения институциональных эффектов развития платформ цифровых двойников при их влиянии на платформенные экономические отношения. Изучение ключевых элементов цифровой экономики позволило рассмотреть развитие платформ цифровых двойников как предпосылку формирования экосистемы компании – естественного системного окружения компании, что позволяет изучать как рынок в целом, так и промежуточную структуру между рынком и компанией. Разработан авторский подход к анализу институциональных эффектов развития платформ цифровых двойников на основе цифровых трансформаций отношений управления «экосистема – система управления компанией». Выделено три типа отношений «экосистема – система управления»: отношения межсистемного характера; отношения внутрикорпоративного регулирования; отношения платформенного управления. Представлены и обоснованы институциональные и социальные эффекты развития платформ цифровых двойников в системе отношений управления компании с указанием их противоречивого характера.

**Ключевые слова:** цифровая трансформация, цифровой двойник, институциональные эффекты, социальные эффекты, промышленность.

Simchenko N.A., Tsohla S.Yu.

## RESEARCH OF INSTITUTIONAL AND SOCIAL EFFECTS OF DIGITAL TWINS

**Abstract.** The article is devoted to the study of the nature of the institutional and social effects of the introduction of digital twins. The expediency of studying the institutional effects of the development of platforms of digital twins with their influence on platform economic relations has been substantiated. The study of the key elements of the digital economy allowed us to consider the development of digital twin platforms as a prerequisite for the formation of the company's ecosystem – the natural system environment of the company, which allows us to study both the market as a whole and the intermediate structure between the market and the company. The author's approach to the analysis of the institutional effects of the development of digital twin platforms on the basis of digital transformations of management relations “ecosystem – company management system” has been developed. Three types of relations “ecosystem – management system” have been identified: relations of an intersystem nature; relations of intracorporate regulation; platform management relationship. The paper presents and substantiates the institutional and social effects of the development of digital twin platforms in the company's management relations system, indicating their contradictory nature.

**Keywords:** digital transformation, digital twin, institutional effects, social effects, industry.

### Введение

Цифровое развитие промышленности предусматривает значительные изменения в динамике экономических отношений, протекании процессов

социально-экономических явлений, функционировании экономических систем и институтов. Проблематику оценки цифровых трансформаций в современных научных публикациях увязывают с различными типами эффектов – экономическими, рыночными, сетевыми, цифровыми.

Цифровизация сферы материального производства способствует снижению стоимости работы с информацией, а именно снижаются затраты на поиск информации, вследствие чего возникает необходимость в пересмотре стандартных экономических моделей [1]. Ученые D. Guellec, С. Paunov отмечают рост отдачи от масштаба в связи с распространением цифровых инноваций: увеличиваются затраты, связанные с разработкой и проектированием инноваций, исследованием рынка, но при этом затраты на реализацию и распространение снижаются [2].

Рыночные эффекты развития цифровых технологий определяются, исходя из уровня предельных издержек производства. Так, цифровая трансформация экономических отношений приводит к снижению предельных издержек производства на фоне прироста в совокупной стоимости продукции нематериальных компонент. Важнейшими нематериальными компонентами в сфере материального производства являются технологии искусственного интеллекта, Интернета вещей, цифровых двойников (digital twins) [3]. Наряду с этим, рыночным эффектом цифровых трансформаций бизнеса также является влияние рыночной сверхренты, получаемой экономическими агентами – лидерами на рынке технологий, на социальное неравенство в обществе [4]. Ведь, по мнению ряда ученых, главным риском цифровизации экономики в результате развития прорывных технологических технологий является не безработица, а рост неравенства [5].

Рассматриваемые в научной литературе типы эффектов цифровизации, безусловно, дифференцируются, в зависимости от сферы деятельности и объекта исследования. В целях исследования эффектов цифровых трансформаций промышленности отметим, что проблематика определения и расчета эффекта

внедрения цифровых двойников – достаточно актуальна и малоизучена, поскольку цифровой двойник, как важнейший стратегический актив компании, обеспечивающий ее долгосрочное зарезервированное развитие, несомненно важен для бизнеса с точки зрения обеспечения технологического превосходства на рынке, однако является высокорискованным с точки зрения окупаемости инвестиций.

**Целью исследования** является исследование природы институциональных и социальных эффектов внедрения цифровых двойников в промышленности.

### **Материалы и методы исследования**

Исследования институциональных эффектов внедрения цифровых двойников в промышленности базировались на использовании аналитических методов обзора научной междисциплинарной литературы баз данных Scopus, Web of Science по вопросам развития цифровых двойников и их влияния на экономическое развитие компаний. Использованы методы институционального анализа цифровой трансформации отношений управления «экосистема – система управления компанией», а также методы интеграции разнородных экономических данных о развитии экономических отношений в сфере развития платформ цифровых двойников.

В условиях развития Industry 4.0 основной тенденцией является конвергенция физического (материального), виртуального (цифрового) и биологического миров. При этом материальный и цифровой миры стремительно объединяются. И вот «на пересечении материального и цифрового миров цифровой двойник становится технологией-интегратором других сквозных технологий, точнее, субтехнологий», становясь технологией-драйвером устойчивого экономического развития [6]. Традиционно под цифровым двойником понимается виртуальная модель физического объекта.

По оценкам Global Market Insights, размер рынка цифровых двойников оценивался в 3 млрд. дол. США в 2018 году и он возрастет на 28 % к 2025 году

[7]. Рост рынка цифровых двойников связан с увеличением темпов роста внедрения Интернета вещей (IoT) и Индустриального IoT (IIoT), а также быстро развивающейся глобальной системой электронной коммерции.

Развитие Industry 4.0 в сочетании с распространением интеллектуальных сервисов, IoT и 3D-моделирования определяет потребность в применении технологии цифровых двойников для аналитики данных, а также совершенствовании операций в производственном секторе. Кроме того, цифровой двойник обеспечивает эффективное отслеживание, мониторинг и оптимизацию производственных операций, что приводит к экономии затрат и времени в производственном секторе. По мнению экспертов, digital twin-инновации позволят качественно трансформировать такие smart-приложения, как система диагностики компании, умный город (smart city), мониторинг заторов на дорогах (monitoring of traffic congestion), благодаря огромному потенциалу для улучшения анализа сервисов, принятия решений и совершенствования бизнес-процессов [7].

Анализ научных публикаций по исследуемой проблематике показал, что бизнес-аналитики преимущественно сосредоточены на экономико-математических оценках эффектов внедрения цифровых двойников в производственные процессы [8-17]. В то же время, как нам видится, оценка роли данной уникальной технологии в обеспечении технологического превосходства компании на рынке связана не только с расчетом экономико-математических обоснований внедрения, но и с пониманием социально-экономической ценности цифровых платформ. Речь идет об изучении институциональных эффектов развития технологии цифровых двойников и их влиянии на платформенные экономические отношения.

### **Результаты исследования и их обсуждение**

Изучая институциональные эффекты внедрения цифровых двойников в промышленности, остановимся на ключевых характеристиках цифровой экономики (рис. 1).



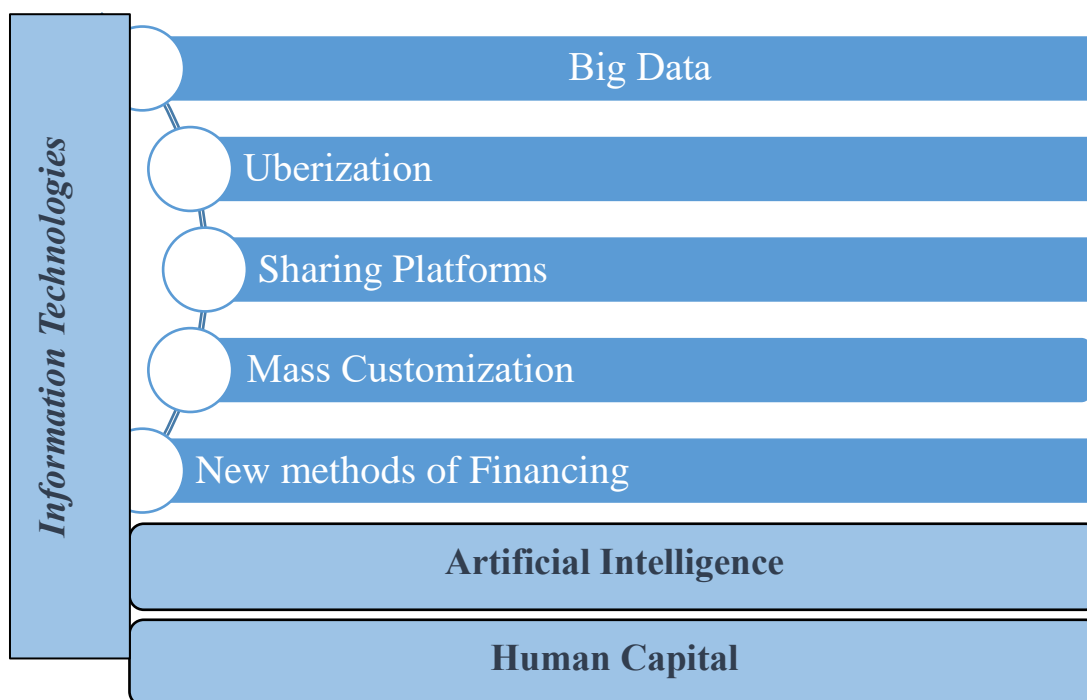


Рисунок 1 – Ключевые компоненты цифровой экономики

Источник: составлено авторами.

Понимая под цифровой экономикой новую экономическую модель регулирования экономических отношений в обществе на основе совокупности прорывных информационных технологий, отметим, что базисом здесь является человеческий капитал. Императивом изменения цикла технологий является технология искусственного интеллекта, определяющая существенные сдвиги в управлении обработкой больших массивов данных (big data), развитии цифровых платформ-посредников (uberization), нестандартно-массового производства (mass customization), совместных платформ (sharing platforms), новых методов финансирования. Указанные новые технологии (emerging technologies) значительно влияют на формирование экосистемы компании, в которой важная роль отводится именно цифровым платформам.

Формирование институциональных эффектов внедрения цифровых двойников тесно связано с развитием цифровых платформ. В целях настоящего исследования методологически ограничим анализ институциональных эффектов

особенностями цифровых трансформаций отношений управления «экосистема – система управления компанией».

Как отмечает А. Auzan, «институциональная теория не ограничивается вопросом, как происходят изменения. Необходимо понять, отчего они происходят и почему, единожды начавшись, они далеко не всегда завершаются? С точки зрения теории институциональных изменений, изменить формальные институты (законы) можно быстро. А вот неформальные институты – это обычаи, они не могут меняться скачками» [18].

В научной литературе выделяется два основных подхода к возникновению институциональных изменений. Одним из подходов является подход G. Demsetz, который считает, что изменения не могут зародиться внутри системы, для этого нужен внешний шок (эпидемия, голод, военные действия и т.д.). В этом случае система начинает расшатываться, что может привести к изменениям правил и обычаев [19].

Противоположная позиция возникновения институциональных изменений предложена нобелевскими лауреатами D. North и R. Fogel, которые предполагают, что изменения зарождаются внутри системы и вытекают из самообучения людей [20, 21].

Исследование институциональных изменений в экономической системе под влиянием цифровизации является достаточно сложным и двойственным по своей сути вопросом. С одной стороны, прорывные цифровые технологии оказывают важнейшее влияние на институты собственности, контрактные отношения, институт рыночной конкуренции. С другой стороны, развитие цифровизации на государственном уровне оказывается под влиянием ряда формальных и неформальных институтов.

Цифровизация непосредственно влияет на структуру и соотношения институтов в обществе. N. Srnicek называет цифровизацию «капитализмом платформ» [22], а S. Zuboff – «капитализмом наблюдения» [23]. В книге “Platform Capitalism” N. Srnicek критически анализирует процесс трансформации

фирм в платформы, которые представляют собой компании, поставляющие оборудование и программное обеспечение другим партнерам для работы [22].

Ученые N. Srnicek и S. Zuboff указывают, что капитализация таких крупнейших корпораций, как Google, Facebook, непосредственно связана с монетизацией данных, которые компании получают с помощью продуктов и сервисов, предоставляемых пользователям бесплатно (социальные сети, поисковые системы, приложения). После сбора и обработки большие данные используются для привлечения рекламы непосредственно на цифровые платформы Google, Facebook или продаются другим компаниям. Указанный институциональный эффект следует охарактеризовать с точки зрения эффекта транзакционных издержек. Как известно, развитие новых технологий приводит к снижению транзакционных издержек в экономике [24]. Если снижение транзакционных издержек для сферы услуг в цифровой экономике обусловлено нарастанием сетевых эффектов использования цифровых платформ, то возникает вопрос, каким образом внедрение цифровых двойников в промышленности влияет на размер транзакционных издержек компаний с учетом рисков.

Принимая во внимание вышеизложенное, выделим следующие институциональные эффекты развития платформ цифровых двойников (табл. 1).

Видный ученый-институционалист J. Commons выделял основные три типа транзакций: сделки (торговля), управление (иерархическая система) и рacionamento (сложные способы принятия управленческих решений, при которых инициатива исходит от одной стороны, а решение принимает другая сторона [25]. В своей книге A. Auzan транспонирует указанные типы транзакций J. Commons в сущностное отражение транзакционных издержек «по горизонтали», «по вертикали», «по диагонали» [18]. Фактически внедрение digital twin-платформ в деятельности промышленных компаний связано со всеми типами транзакционных издержек. Доминирование того или иного типа транзакционных издержек определяется политикой топ-менеджмента компаний в сфере цифровых трансформаций бизнеса и выстраиванием экосистемы.

Перечисленные нами эффекты характеризуются и определенной противоречивостью. Отметим, что мы не претендуем на всеохватывающий перечень институциональных эффектов развития платформ цифровых двойников в системе отношений управления компании, однако подчеркиваем особую значимость представленных здесь эффектов. По нашему мнению, именно указанные институциональные эффекты будут определять цифровые трансформации в развитии экономики платформ.

Таблица 1 – Институциональные и социальные эффекты развития платформ цифровых двойников в системе отношений управления компании

Институциональные и социальные эффекты	Сущность и противоречивость эффекта
Снижение уровня транзакционных издержек	Агрегаторы снижают транзакционные издержки, связанные с поиском информации [26]
Внедрение новых видов контрактов (smart-, IoT-, sharing-)	Изменение правил регулирования цифровых компаний на рынке
Получение сверхренты экономическими агентами – лидерами на рынке технологий	Усугубление социального неравенства в обществе
Сквозные цифровые технологии и цифровые платформы формируют новые условия для рыночной конкуренции	Защита рыночной конкуренции должна стать императивом экономической политики в условиях цифровизации рынков.
Искусственный интеллект против естественного интеллекта	Конкуренция между искусственным и естественным интеллектом. Рост неструктурированных данных.
Массовая кастомизация	Массовая кастомизация приводит к потере права выбора
Цифровой тоталитаризм на рынке цифровых двойников	Цифровой тоталитаризм обеспечивает стратегическую конкурентоспособность компаний-лидеров на рынке технологий, однако меняет принципы рыночной конкуренции
Высокая дистанция власти	Высокая дистанция власти приводит к снижению эффектов внедрения цифровых инноваций

Источник: разработано авторами.

## **Выводы**

Проведенные исследования институциональных и социальных эффектов цифровых двойников через призму цифровых трансформаций отношений управления «экосистема – система управления компании» позволили прийти к выводу, что формирование институциональных эффектов внедрения цифровых двойников тесно связано с развитием цифровых платформ. Обоснована целесообразность изучения институциональных эффектов развития платформ цифровых двойников при их влиянии на платформенные экономические отношения. Изучение ключевых элементов цифровой экономики позволило рассмотреть развитие платформ цифровых двойников как предпосылку формирования экосистемы компании – естественного системного окружения компании, что позволяет изучать как рынок в целом, так и промежуточную структуру между рынком и компанией.

Разработан авторский подход к анализу институциональных эффектов развития платформ цифровых двойников на основе цифровых трансформаций отношений управления «экосистема – система управления компанией». Выделено три типа отношений «экосистема–система управления»: отношения межсистемного характера; отношения внутрикорпоративного регулирования; отношения платформенного управления. Предлагаемый нами подход к пониманию сущности цифровых трансформаций отношений управления показывает, что в современных условиях изменений «правил игры» на рынке меняются функции традиционных экономических институтов конкуренции и регулирования отношений собственности, что обуславливает изменения величины транзакционных издержек и усиление неравенства.

На основе исследований выделены институциональные эффекты развития платформ цифровых двойников в системе отношений управления компании с указанием их противоречивого характера. Не претендуя на всеохватывающий перечень институциональных эффектов развития платформ цифровых двойников, авторами статьи подчеркнута особая значимость институциональных

эффектов, поскольку именно указанные эффекты будут определять цифровые трансформации в развитии экономики платформ. В связи с этим механизмы регулирования экономической политики должны быть скорректированы с учетом необходимости активизации внедрения платформ цифровых двойников в деятельность промышленных компаний при обеспечении стимулирования спроса на рынке технологий.

*Благодарность.* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-010-00346.

#### References:

1. Goldfarb A., Tucker C. (2019). Digital Economics. *Journal of Economic Literature*, vol. 57, no. 1, pp. 3-43.
2. Guellec D., Paunov C. (2019). *Digital Innovation and the Distribution of Income*. In: Measuring and Accounting for Innovation in the 21st Century, Corrado, Haskel, Miranda, and Sichel.
3. Kienzler R. (2019). *Digital twins and the Internet of Things*. Available at: <https://developer.ibm.com/articles/digital-twins-and-the-internet-of-things> (accessed 29.04.2021).
4. Aghion P., Akcigit U., Bergeaud A., Blundell R., Hémous D. (2015). Innovation and Top Income Inequality. *NBER Working Paper*, no. 2124.
5. *Information Economy Report 2017: Digitalization, Trade and Development*. United Nations Conference on Trade and Development United Nations (UNSTAD). Available at: [https://unctad.org/en/publicationslibrary/ier2017\\_en.pdf](https://unctad.org/en/publicationslibrary/ier2017_en.pdf) (accessed 22.04.2021).
6. *Aleksej Borovkov – prorektor po cifrovoj transformacii SPbPU* [Alexey Borovkov-Vice-Rector for Digital Transformation of SPbPU]. Available at: <https://nticenter.spbstu.ru/news/7687> (accessed 11.05.2021).
7. *Digital Twin Market Size, Growth Forecast Report 2027*. Global Market Insights. Available at: <https://www.gminsights.com/industry-analysis/digital-twin-market> (accessed 04.05.2021).
8. Bao J., Guo D., Li J., Zhang J. (2018). The modelling and operations for the digital twin in the context of manufacturing. *Enterprise Information Systems*, 13(4), pp. 534-556. DOI: 10.1080/17517575.2018.1526324.
9. *Gartner Top 10 strategic technology trends for 2019*. Gartner. <https://www.gartner.com/en/doc/3891569-top-10-strategic-technology-trends-for-2019> (accessed 22.04.2021).
10. Grieves M. (2014). *Digital twin: Manufacturing excellence through virtual factory replication*. Whitepaper. DOI: 10.5281/zenodo.1493930.
11. Haag S., Anderl R. (2018). Digital twin – proof of concept. *Manufacturing Letters*, no. 15, pp. 64-66. DOI: 10.1016/j.mfglet.2018.02.006.
12. Lim K., Zheng P., Chen C.-H. (2019). A state-of-the-art survey of Digital Twin: techniques, engineering product lifecycle management and business innovation perspectives. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 31, 1313-1337. DOI: 10.1007/s10845-019-01512-w.
13. Liu J., Zhou H., Tian G., Liu X., Jing, X. (2018). Digital twinbased process reuse and evaluation approach for smart process planning. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, no. 100(5-8), pp. 1619-1634. DOI: 10.1007/s00170-018-2748-5.
14. Rojko A. (2017). Industry 4.0 concept: Background and overview. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, no. 11(5), pp. 77-90.

15. Seuring S., Müller M. (2008). From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, no. 16(15), pp. 1699-1710. DOI: 10.1016/j.jclepro.2008.04.020.
16. Klejner G.B. (2019). Economics of Systems: Step into a Future. *V International congress "Industry, science and education of Russia: technological revolutions and social-economic transformations"*, pp. 65-73.
17. Moore J.F. (1993). Predators and Prey: A New Ecology of Competition. *Harvard Business Review*, pp. 75-86.
18. Auzan A. (2017). *Ekonomika vsego: kak instituty opredelyayut nashu zhizn'* [Economy of everything. How institutions define our life]. Moscow, Mann, Ivanov & Ferber, 192 p.
19. Demsetz H. (2008). *From Economic Man to Economic System: Essays on Human Behavior and the Institutions of Capitalism*. Cambridge, Cambridge University Press. DOI: 10.1017/CBO9780511510656.
20. North D. (1990). *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. Cambridge, Cambridge University Press. Available at: 10.1017/CBO9780511808678.
21. Fogel R. (1994). Economic Growth, Population Theory, and Physiology: The Bearing of Long-Term Processes on the Making of Economic Policy. *NBER Working Paper*, no. 4638 (also Reprint no. 1909). Available at: <https://www.nber.org/papers/w4638> (accessed 28.04.2021).
22. Srnicek N. (2019). *Platform Capitalism*. Moscow, Higher School of Economics, 128 p.
23. Zuboff S. (2019). *The Age of Surveillance Capitalism: The Fight for a Human Future at the New Frontier of Power*. New York, Public Affairs, 704 p.
24. Williamson O. (1981). The Economics of Organization: The Transaction Cost Approach. *American Journal of Sociology*, no. 87, pp. 548-577.
25. Commons J. (1934). *Institutional Economics*. New York: Macmillan.
26. Boudreau K., Hagiu A. (2018). Platform Rules: Multi-Sided Platforms as Regulators. *SSRN Electronic Journal*, pp. 163-191. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/23530883> (accessed 12.05.2021).

#### Сведения об авторах / Information about authors

<b>Симченко Наталья Александровна</b>	д-р экон. наук, профессор, заведующий кафедрой экономической теории Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского 295007, Республика Крым, г. Симферополь, пр. Академика Вернадского, 4. <a href="mailto:natalysimchenko@yandex.ru">natalysimchenko@yandex.ru</a>
Simchenko Nataliia Aleksandrovna	Doctor of Economics, Professor, head of department of economic theory V.I. Vernadsky Crimean Federal University 295007, Republic of Crimea, Simferopol, Vernadsky ave, 4. <a href="mailto:natalysimchenko@yandex.ru">natalysimchenko@yandex.ru</a>
<b>Цёхла Светлана Юрьевна</b>	д-р экон. наук, профессор, заведующий кафедрой менеджмента предпринимательской деятельности Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского 295007, Республика Крым, г. Симферополь, пр. Академика Вернадского, 4. <a href="mailto:s.tsohla@yandex.ru">s.tsohla@yandex.ru</a>
Tsohla Svetlana Yurievna	Doctor of Economics, Professor, head of department of business and management, V.I. Vernadsky Crimean Federal University 295007, Republic of Crimea, Simferopol, Vernadsky ave, 4. <a href="mailto:s.tsohla@yandex.ru">s.tsohla@yandex.ru</a>

UDC 658.155

DOI: 10.47404/2619-0605\_2021\_3\_216

Smetanina O.N., Pastukhova S.E., Frolova S.N., Skorobogatova V.V.  
**THE ESSENCE OF BUSINESS ACTIVITY AND ENTERPRISE  
PROFITABILITY**

**Abstract.** The article discusses the concept of business activity of an enterprise as the most important characteristic of an enterprise's activity. Business activity is characterized as a process of sustainable economic activity of organizations, aimed at ensuring the efficiency of the use of material, labor, financial resources of the enterprise. The definitions of business activity are given and the reasons for varying the assessment of this concept are explained. The article discusses the dependence of business activity on the internal potential of the enterprise, external factors, as well as on the macroenvironment. The factors of an internal nature, which, in principle, are under the control of the management of organizations, are also of rather high importance: improving contractual work, improving education in the field of management, business and planning, expanding opportunities for obtaining information in the field of marketing, etc. Several concepts of profitability are presented as an indicator of the economic efficiency of production of enterprises and as one of the criteria for the quality of management. In addition, profitability is of great importance for making decisions in the field of investment, planning, when drawing up estimates, coordinating, evaluating and monitoring the activities of an enterprise and its results, since profitability indicators measure the profitability of an enterprise from various positions and are systematized in accordance with the interests of participants in the economic process.

**Keywords:** characteristics of the company's activity, concept of business activity, macro environment, profitability, enterprises production economic efficiency.

Сметанина О.Н., Пастухова С.Е., Фролова С.Н., Скоробогатова В.В.  
**СУЩНОСТЬ ДЕЛОВОЙ АКТИВНОСТИ И РЕНТАБЕЛЬНОСТИ  
ПРЕДПРИЯТИЯ**

**Аннотация.** В статье рассматривается понятие деловой активности предприятия, как наиболее важной характеристики деятельности предприятия. Деловая активность характеризуется как процесс устойчивой хозяйственной деятельности организаций, направленный на обеспечение эффективности использования материальных, трудовых, финансовых ресурсов деятельности предприятия. Приводятся дефиниции деловой активности и объясняются причины варьирования оценки данного понятия. Обсуждается зависимость деловой активности от внутреннего потенциала предприятия, внешних факторов, а также от макросреды. Достаточно высокую значимость имеют также и факторы внутреннего характера, в принципе подконтрольные руководству организаций: совершенствование договорной работы, улучшения образования в области менеджмента, бизнеса и планирования, расширение возможностей получения информации в области маркетинга и др. Представлено несколько концепций рентабельности как показателя экономической эффективности производства предприятий и как одного из критериев качества управления. Кроме того, большое значение рентабельность имеет для принятия решений в области инвестирования, планирования, при составлении смет, координировании, оценке и контроле деятельности предприятия и ее результатов, поскольку показатели рентабельности измеряют доходность предприятия с различных позиций и систематизируются в соответствии с интересами участников экономического процесса.

**Ключевые слова:** характеристика деятельности компании, концепция деловой активности, макросреда, рентабельность, экономическая эффективность производства предприятий.



**Introduction.** Company's business activity is the major characteristic of its one. Relatively recently the term “business activity” has been applied in the domestic literature because of the realization of widely known methods of financial statements analysis which are based on an analytical coefficients system in different states.

The assessment of business activity remains poorly developed, since each of the authors involved in the study of this problem offers different methods for calculating its indicators, which mainly characterize only certain aspects of the effectiveness of an individual business entity.

Business activity as a dynamic feature of the resource use efficiency and entrepreneurial activity contains any activity in which a business engages for the purpose of making a profit. This general term encompasses all the economic activities performed by an enterprise during the course of business. Business activity levels present the stages of its life namely origin, development, decline, rise and so on. They also determine the rate of adaptation to both constantly changing market conditions and the quality of management. Operating activity relates to the business providing its goods to the market, including manufacturing, marketing, distributing, and selling. It insures most of the enterprise's cash flow and influences its profitability.

Business activity including investment, operating, and financing activities can be described as an organizations' sustainable economic activity process. This one is aimed at providing its positive dynamics, increasing resources' efficient use and employment in order to attain the market competitiveness. It is focused on creating value for shareholders and expresses the efficiency of the material's application, financial, labour and other resources of the enterprise's activities. Business activity designates the management quality, capital adequacy of any enterprise and economic growth possibilities. Enterprises are forced to monitor the market in which they operate. They try to overcome emerging constrains nowadays.

**The objective of the study** is to consider the concept of enterprises' business activity as the most important characteristic of an enterprise's activity. The **methods** of our study are descriptive one, because we collected data about the study issues by

means of different literature analysis.

**Materials and research methods.** The issues of business activity and profitability were reflected in the articles of many economists and scholars-theorists (I. V. Sidorenko, Shuili Du, Ludwig Bstieler, Goksel Yalcinkaya, R. Bradley, R. Fathutdinov, N. Meshkova, I. Ansoff, L. Dashkov, A. Zaikin, D.A. Pankov, E.A. Golovkova, L. V. Pashkovskaya, M. V. Kosolapova, V. A. Svobodin and others).

So, I. V. Sidorenko determines business activity as a process of managing the economic activity efficiency of economic relations subjects motivated at the macro and micro levels, which are aimed at providing their development, increasing effective use of all types of resources and employment in order to achieve competitiveness of market and form the modern innovation and investment potential of subjects of market relations and the state economy as a whole [1, p.17].

Business activity means the current production and commercial enterprise's activities in the terms of the financial and economic activity analysis. Analysis of organization's economic and financial activities means in-depth science which is based on the organization's activities study to increase its performance. It takes into account the integrated and system approaches.

Thereby the expression 'business activity' is not a correct interpretation of English term "business activity", which characterizes the appropriate "group of coefficients from the indicators system for the evaluation of the financial condition of business entities" [2, p. 65].

Business activities of enterprises were deeply influenced by certain factors in order to form appropriate condition for their economic activity. Businesses exist to provide their customers' need and make a profit if they provide them with necessary products, whether that is specific item feature, fast delivery, low prices, easy-to-use website. It is a key point of running a business.

Modern scientists research business activity at three different levels: "an individual, the economic entity, and on the scale of an entire state" [2, p.66].

Business activity is a set of activities which provide the enterprise's economic

growth taking into account the production and sales system. The process of measuring the economic entity performance starts from the goal-setting stage. The businesses' management should set achievable purposes with clear and real targets. Business activity is considered at the enterprise level as the enterprise's work effectiveness relatively to the amount of advanced resources or one of their consumption in the production process. This definition is similar to the one of business activity and work efficiency.

The analysis of the scientific literature gives possibility to identify some positions for the disclosure of the business activity concept.

D. A. Pankov, E. A. Golovkova, L. V. Pashkovskaya write in their work that business activity should be understood as economic activity aimed at the production process implementation of a certain products and the services provision. "This concept is used as the basis for the international industrial classification of farms in the system of national accounts" [3, p. 214].

According to the authors M. V. Kosolapova and V. A. Svobodin, the business activity of an enterprise means the current dynamics of the entrepreneurial activity of an individual state, business entity or industry, "which can be determined using the exchange rate index of securities" [4, p. 105].

S. Kuznetsov interprets the business activity concept from two positions. On the one hand, business activity is considered as a set of actions to improve the competitive position of an enterprise in certain markets. On the other hand, "the enterprise's business activity can be identified with the operational financial and economic activities of the enterprise" [5, p.299]. The level assessment of business activity is performed by determining the trend of its development, the level of implementation of planned indicators, "the competitiveness level of products and the enterprise, as well as indicators of the efficiency of using the enterprise's resources" [5, p.299].

From D.A. Pankov's and E.A. Golovkova's point of view, "financial feature of business is characterized by capitals turnover" [3, p. 186]. Some authors substitute essence of business by its characterizing indicators. Thus, S.I. Krylov considers

“operating cycle of business entity to be as an analysis of business activity” [6, p. 7].

There are some different points of view. Thus, according to L.I. Kravachenko “indicators of allow to define the effectiveness of business entity funds. Despite the brevity of this definition it doesn't give the most complete characteristic of analyzed category” [7. p. 79]. S. V. Ivanilova in her definition of business activity highlights the main factor, i.e. “working capital turnover rate of business entity” [8, p.59].

Thus, from the domestic scientists' point of view business activity is nothing else than the efficiency of production and commercial activities in the sphere of enterprise's accounting and analysis.

**Research results and their discussion.** On the one hand, business activity is referred to the whole efforts rate directed to promoting any enterprise in the product markets, labour, and capital. On the other hand, the purpose of business activity is to provide services and goods that customer wants, at a reasonable price. Many companies exist in order to meet a particular need or fill a definite gap in the current market. That's why they sell goods and services. Entrepreneurs might start their business enterprises since there are demands for these ones which they are able to provide. This means that business enterprises have spotted opportunities to meet customers' needs in a way that is not being offered currently. The enterprises are to adapt and work out new ideas, services and products to keep up with new trends and technologies. Business concepts can come about through an original idea development, or existing products and services adaptation.

Business activity is a characteristic of the enterprise's process, and the enterprise's efficiency accordingly to the amount of advanced resources in the production process is a result of vigorous measures. The economy consists of activities in a state concerned with the manufacturing, distribution and the application of goods and services. The level of consumer spending influences on prices, investment decisions. It is business activity that is the cause, and the result is the enterprise's efficiency.

All businesses' changes result from internal or external drivers. Internal drivers

are innovative leadership, financial goals and survival instincts. External drivers consist of technological evolution, economic reality, societal movements, and customer demands. The content of business activity is distinguished, but they do not contradict each other because of the need to coordinate the enterprise's strategic goals in a certain hierarchy of the achievement. Business activity can be stated according to the organization strategic tasks realization and current economic activities. In the first case, business activity is referred to the range of management technologies directed to promoting a company in the financial markets. In the second one, this term means the enterprise's current production and commercial activities, centered on improving competitiveness and efficiency.

Change is required when current business activities don't generate the revenue necessary to sustain profits. Businesses that change early have a chance of developing new revenue directions. The economy can create more industry change. Many retailers turn to discount promotional strategies in the context of economic conditions during pandemic to attract more budget-conscious buyers. The problem with this kind of reactive change is that it is difficult to reconstruct a quality image when the economies improve.

“Business activity can be assessed by means of a number of indicators. It is an object of economic analysis in business activity evaluation, being the most important characteristic of a commercial organization functioning” [1, p.19]. Furthermore, business activity is related with other enterprise's essential characteristics.

First of all, one should name the impact of business activity on financial stability, investment attractiveness, and credit worthiness. The high business activity of any enterprise motivates potential investors to perform transactions with this company's assets.

The information base for business activity analysis is traditionally the organization financial statements as formal records of the businesses' financial activities and position. The income statement focuses on revenues of a company and expenses during a certain period. If expenses are subtracted from revenues, there is a

company's profit – net income. For the internal analysis, synthetic and analytical accounting data can also be applied.

Thus, business activity can be referred to a process of organizations sustainable economic activity, motivated by the macro- and micro-level of management, aimed at providing its positive dynamics, increasing the efficient use of resources and employment in order to achieve competitiveness of market. Modern businesses vary in their investing activities application. Some businesses can obtain value from investing in assets. These are established businesses.

All businesses fall into two categories. These are commerce and industry. Commerce relates to the activity of trading goods or services. Industry is connected with their creation. Business activity means the use of material efficiency, financial, labour, and other resources in all business stages of activity and characterizes the management quality, opportunity for economic growth and enterprise's capital adequacy. The commercial enterprise's business activity is manifested in the dynamism of its development, its goals achievement.

Business activity refers to all the economic activities related to making the goods and services and ensures profit earning. All the business activities depend on each other to provide constant process. Macroeconomic factors affect the business activity of economic entities, that's why either a favorable "business climate" can be formed, stimulating conditions for economic entity's active behavior, or prerequisites for the attenuation of business activity. Factors of an internal character, which the management of organizations control, are also of high importance (improving contractual work, education in the field of management, business and planning, expanding opportunities for obtaining information in the sphere of marketing, etc.)" [2, p. 66].

The characteristics of enterprises' business activity are often connected with certain prescribed paces of enterprise's economic development which are provided by a combination of motivated actions and effects. The following are main characteristics of a business are: buying and selling; economic activity; profit motive; continuous

process; customer satisfaction; creative and dynamic; risk and uncertainties and social activity. Business is an economic activity of goods and services production as well as their distribution.

The economic development paces present the effectiveness of business activity. Activity and efficiency metrics determine a company's ability to apply its resources efficiently. Analysts view such metrics as management effectiveness measures. At the macro level they do not take into consideration the business activity's qualitative side i.e. the level of workers motivation, the assessment of the entrepreneur's effect in the business.

Many companies define essential business targets regarding efficiency and activity metrics. They may launch initiatives specifically to improve inventory turns. Businesses try to strengthen turnover of asset by means of selling off expensive ones such as real estate. The country's economy can be described as a combination of business efforts of individual economic entities. Thus "business activity can be presented as the one of enterprise employees efforts directed under the influence of a particular level of motivation to increase the turnover of working assets which is formed under the of internal and external factors influence of production as well as the developed region economical and social infrastructure" [1, p. 18].

The enterprises' performance results can be estimated by different indicators such as sales volume, production output, profits. But these indicators are not able to assess the enterprises activity effectiveness by characterizing the financial or production result. Because these indicators are absolute features of the enterprises' activities and "their correct interpretation regarding the performance assessment can be performed with other indicators characterizing the funds invested in the enterprise" [9, p. 134].

According to I. S. Enyukov' point of view, "indicators of the enterprises efficiency are indicators of profitability (or profitability)" [9, p. 134].

In the economic literature several concepts of profitability are presented. One of its definitions is as follows: "profitability is an indicator of the enterprises production

economic efficiency which comprehensively reflects the use of material, labor and monetary resources” [9, p. 134].

A.F. Zimin and V. M. Timiryanova said that profitability is an indicator expressed in values. It shows business profitability in percent. Sometimes profitability is referred to efficiency in non-profit enterprises. “The profitability is determined by the cost-profit ratio. The obtained coefficient shows how the enterprise activity results compensate expenses” [10, p. 82].

According to other authors’ point of view, profitability represents the profit ratio to the amount of production costs, monetary investments in the commercial operations organization or the amount of an economic entity property used to organize its activities.

Thus, profitability is an economic indicator that defines how efficiently resources are used: raw materials, money, personnel, and other tangible and intangible assets. Analysts and investors use financial metrics as profitability ratios to measure and evaluate the company’s ability to make profit relative to balance sheet assets, revenue, operating costs during a period of time.

Economic profitability is a ratio that is calculated as one of book profit to capital value. All indicators are taken from the balance sheet. This ratio shows the amount of profit that a business entity receives per unit of capital value represented by the amount of all resources regardless of their financing sources.

A higher ratio or value is commonly sought-after by most companies, as this usually means the business is performing well by generating revenues, profits, and cash flow. The ratios are most useful when they are analyzed in comparison to similar companies or compared to previous periods. The most commonly used profitability ratios are margin ratios and return ratios. Margin ratios show the businesses’ ability to convert sales into profits. Return ratios represent the company’s ability of businesses to generate returns to their shareholders. The table 1 illustrates favorite activity metrics.



Table 1 – Main activity metrics

Sales Revenue per Employee	Measure of the company's ability to generate sales revenues with its employees
Days Sales in Inventory	Average Turnover Period, Days Inventory Outstanding
Days Payable Outstanding	One of the three components of the liquidity metric, Cash conversion cycle
Inventory Turns	Management usually prefers higher turn rates over lower rates
Average Collection Period	Days Sales Outstanding
Accounts Receivable Turnover	Measure the rate at which accounts receivable turnover
Total Asset Turnover	The higher the asset turnover rate, the shorter the time required for assets to generate company's worth in sales
Fixed Asset Turnover	It is a measure of how well the companies generate revenues from assets that are not as liquid as current ones

One way or another, profitability is the ratio of income to capital invested in creating this one. By linking profits to invested capital profitability provides comparison of the enterprise's profitability level with the alternative use of capital or the return obtained by the enterprise under similar risk conditions. Most companies refer to profitability ratios when analyzing business productivity by comparing income to sales, assets, and equity. Adventure investments require higher returns to make them profitable. For capital makes a profit to determine the profitability level, profit is compared with the amount of capital that was necessary to generate this one. Profitability comprehensively characterizes the enterprise's efficiency.

The profit obtained for one enterprise can be considered huge and for another one it can be stated as insignificant. Profitability consists of net and profit margins. The calculation of its coefficients is applied both to individual products and the results of entrepreneurial activity as a whole.

Profitability is the metric used to define the scope of a company's profit in relation to the business size. It is an efficiency measurement and ultimately its success or failure. The total profitability of assets is determined by the value showing the

number of finances that the enterprise attracted to receive each ruble of profit. It is calculated by the ratio of profit to the average value of assets for a particular period (quarter, half-year, year). Various technologies are used to obtain estimated results. These technologies are modern approach to setting working goals. “The system of setting smart goals allows to summarize all available information, to establish acceptable deadlines, to determine the adequacy of resources, to provide all participants with clear, accurate, specific tasks at the stage of goal setting” [11, p. 7].

By means of establishing a relationship between the amount of profit and the one of capital invested the profitability measure can be applied in the profit forecasting process. In this process the actual and expected investments are compared with the profits expected for those investments. The expected profit estimation is based on the previous period's return with the projected changes.

Profitability is a business's ability to produce a return on an investment based on its resources. A company's aim is always to make a profit. Although businesses can realize a profit, this does not mean that the companies are profitable. The production profitability is a generalizing indicator that is referred to the economic efficiency of company's business activities and its structural divisions. It is calculated by the ratio of profit (net income) to the cost of production of final products. These ratios gives possibility for analysts, stakeholders and shareholders to analyze, define and measure the companies' abilities to make revenue to cover their operational cost, have value by adding assets to balance sheet and determine their ability to expand projects for their future growth. The enterprise's profitability can be obtained if income exceeds expenses. Only a decrease in the cost of the final product while improving its quality can increase the profitability indicator.

Using profitability indicators it is possible to evaluate the enterprise management effectiveness for obtaining high profits and a sufficient level of profitability depends on the rationality of management decisions. Therefore profitability can be referred to one of the criteria for the management quality.

One can estimate the enterprise's long-term well-being by the value of

profitability that is the ability of an enterprise to obtain sufficient returns on investment. Profitability is not only applied by business owners. It is also used by investment analysts to identify whether it's reasonable to invest or not considering its future growth.

Innovative technologies provide independence of experimental and research orientation of obtaining the enterprise's financial results and efficiency [12]. For long-term investor creditors this indicator is a more reliable one than those of financial stability determined on the basis of the ratio of individual balance sheet items. The higher the ratio, the better it is because it means the enterprises are performing well. These ratios are applied to compare the companies' performance against each other.

**Summary.** Currently enterprises play an essential role in developing economy and they contribute to the income generation, employment, “and export revenues as well as being perceived as competition stimulators and a source of innovation” [13, p. 745].

The enterprise's business profitability and activity are determined by numerous factors. In order to each these ones “enterprises must accurately match their strategies to their external environment” [13, p. 745]. Such actions are complex because of economy internationalization, the need for continuous innovations, uncertain changes, and the increasing competitiveness.

It can be concluded that profitability indicators characterize the enterprise's financial results and efficiency. They determine the enterprise's profitability from various positions and are systematized in accordance with the participants' interests in the economic process. In addition, profitability is essential for decision-making in the enterprise's investment, coordination, planning, budgeting, monitoring, evaluation and its results. Profitability provides the pricing determination, if any revision is required. For any business pricing is very important, because it not only increases in net revenue, but it is to be at a close level with some competitors as well. One should say that it can help in pricing strategy.

The various ratios and metrics which are used provide comparing past data and analyzing if the company can hold on its course to generate value and profit. These

ratios and metrics can define if the resources are properly deployed and if the company can sustain in the future.

#### References:

1. Sidorenko I.V. Novyjpodhod k ocenke delovoj aktivnosti predpriyatiya [A new approach to assessing the business activity of an enterprise]. *Finansovyy vestnik: finansy, nalogi, strahovanie, buhgalterski juchet* [Financial bulletin: finance, taxes, insurance, accounting], 2017, no. 7, pp. 17-21. (In Russian).
2. Sidorenko I.V. K voprosu opredeleniya ponyatiya «delovaya aktivnost' predpriyatiya» [On the question of defining the concept of “business activity of an enterprise”]. *Problemy sovremennoj ekonomik* [Problems of the modern economy], 2018, no. 12, pp. 65-68. (In Russian).
3. Pankov D.A., Golovkova L.V., Pashkovskaya L.V. *Analiz hozyajstvennoj deyatel'nosti byudzhethnyh organizacij* [Analysis of the economic activities of budgetary organizations]. Minsk, Novoe Znanie Publ., 2017, 631 p. (In Russian).
4. Kosolapova M.V., Svobodin V.A. *Kompleksnyj ekonomicheskij analiz hozyajstvennoj deyatel'nosti* [Comprehensive economic analysis of economic activity]. Moscow, Dashkov & K Publ., 2016, 248 p. (In Russian).
5. Kuznetsov S. *Kompleksnyj analizhoz yajstvennoj deyatel'nosti predpriyatiya* [Comprehensive analysis of the economic activity of the enterprise]. Moscow, Forum Publ., 2015, 464 p. (In Russian).
6. Krylov S.I. Metodika analiza finansovoj ustojchivosti kommercheskoj organizacii [Методика анализа финансовой устойчивости коммерческой организации]. *Finansovyy vestnik: finansy, nalogi, strahovanie, buhgalterski juchet* [Financial bulletin: finance, taxes, insurance, accounting], 2018, no. 11, pp. 3-8. (In Russian).
7. Kravchenko L.I. *Analiz hozyajstvennoj deyatel'nosti v trgovle* [Analysis of economic activities in trade]. Minsk, Novoe Znanie Publ., 2014, 512 p. (In Russian).
8. Ivanilova S.V. *Ekonomika gostinichnogo predpriyatiya* [Hospitality Economics]. Moscow, Dashkov & K Publ., 2015, 216 p. (In Russian).
9. Enyukov I.S. *Finansovyy analiz hozyajstvennoj deyatel'nosti predpriyatiya* [Financial analysis of the economic activity of the enterprise: a tutorial]. Moscow, Finansy i statistika Publ., 2018, 224 p. (In Russian).
10. Zimin A. F., Timir'yanov V. M. *Ekonomika predpriyatiya* [Enterprise Economics]. Moscow, ID FORUM, INFRA-M Publ., 2015, 288 p. (In Russian).
11. Kruchina O., Mikhaylova A. Formation of Professional and Communicative Skills in the Study of Foreign Languages in Maritime Specialties. *E3S Web of Conferences. International Science Conference on Business Technologies for Sustainable Urban Development, SPbWOSCE 2018*, 2019, vol. 110. (In English). Available at: [https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2020/24/e3sconf\\_tpacee2020\\_12021.pdf](https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2020/24/e3sconf_tpacee2020_12021.pdf)
12. Mikhaylova A., Kruchina O., Skorobogatova V., Drozdova A., Petrunina J. Future Specialists' Readiness Formation for Communicative Interpersonal Interaction. *E3S Web of Conferences*, 2020, vol. 164, issue 2, pp. 12021. (In English). DOI: 10.1051/e3sconf/201911002004.
13. Steinerowska-Streb I. *The Determinants of Enterprise Profitability During Reduced Economic Activity*. *Journal of Business Economics and Management*, 2012, vol. 13(4), pp. 745-762. (In English). DOI: 10.3846/16111699.2011.645864.

#### Сведения об авторах / Information about authors

**Сметанина** канд. пед. наук, доцент кафедры иностранных языков  
**Ольга Николаевна** Керченский государственный морской технологический университет

- 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82  
scorpion19.111@yandex.ru
- Smetanina  
Olga Nikolaevna  
Ph.D. (Ped.), Associate Professor at the Department of foreign languages  
Kerch State Maritime Technological University  
298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82  
scorpion19.111@yandex.ru
- Пастухова  
Светлана Ефимовна**  
канд. филол. наук, доцент кафедры иностранных языков  
Керченский государственный морской технологический университет  
298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82  
spasukhova@gmail.com
- Pastukhova  
Svetlana Efimovna  
Ph.D. (Philol.), Associate Professor at the Department of foreign languages  
Kerch State Maritime Technological University  
298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82  
spasukhova@gmail.com
- Фролова  
Светлана  
Николаевна**  
старший преподаватель кафедры иностранных языков  
Керченский государственный морской технологический университет  
298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82  
frolova.sf@gmail.com
- Frolova  
Svetlana  
Nikolaevna  
Senior Lecturer at the Department of foreign languages  
Kerch State Maritime Technological University  
298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82  
frolova.sf@gmail.com
- Скоробогатова  
Виктория  
Викторовна**  
канд. экон. наук, доцент кафедры экономики  
Керченский государственный морской технологический университет  
298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82  
kafedra.economika19@mail.ru
- Skorobogatova  
Victoria  
Victorovna  
Ph.D. (Econ.), Associate Professor at the Department of Economic  
Kerch State Maritime Technological University  
298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82  
kafedra.economika19@mail.ru