



ISSN 2619-0605

# Вестник

Керченского государственного  
морского технологического  
университета

ВЫПУСК 2

2024

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 по научным специальностям (отраслям науки): 1.5.13 – Ихтиология (биологические науки) с 01.02.2022 г.; 4.3.3 – Пищевые системы (технические науки) с 27.04.2022 г.; 5.2.3 – Региональная и отраслевая экономика (экономические науки) с 21.02.2023 г.

### **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 и гуманитарных дисциплин

### **Редакционная коллегия журнала**

#### **Биологические науки**

Губанов Е.П.  
Золотницкий А.П.  
Миноранский В.А.  
Москул Г.А.  
Тарасенко В.С.  
Тюрин В.В.  
Чебанов М.С.  
Булли Л.И.  
Кулиш А.В.  
Пашков А.Н.  
Тылик К.В.  
Сытник Н.А.  
Шляхов В.А.

#### **Технические науки**

Алексян И.Ю.  
Антипов С.Т.  
Гукасян А.В.  
Донченко Л.В.  
Косачев В.С.  
Максименко Ю.А.  
Нугманов А.Х.-Х.  
Соколов С.А.  
Панфилов В.А.  
Фалько А.Л.  
Битютская О.Е.  
Яшонков А.А.

#### **Экономические науки**

Бутова Т.Г.  
Гришкина С.Н.  
Исраилов М.В.  
Котенев А.Д.  
Мнацакян А.Г.  
Пискун Е.И.  
Подсолонко В.А.  
Сметанко А.В.  
Труба А.С.  
Яркина Н.Н.

Серёгин С.С. – ответственный секретарь

Уманец В.А. – технический редактор

Бобарькин О.В. – 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 25.06.2024 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

#### Научные специальности 1.5.13 «Ихтиология», 1.5.15 «Экология»

1. Губанов Евгений Павлович – д-р биол. наук, профессор, старший научный сотрудник
2. Золотницкий Александр Петрович – д-р биол. наук, профессор, Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («АзНИИРХ»), главный научный сотрудник
3. Миноранский Виктор Аркадьевич – д-р с.-х. наук, Южный федеральный университет, профессор кафедры зоологии, председатель Ассоциации по сохранению и восстановлению редких и исчезающих животных «Живая природа степи»
4. Москул Георгий Алексеевич – д-р биол. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет», профессор кафедры водных биоресурсов и аквакультуры
5. Тарасенко Виктор Сергеевич – д-р г.-м. наук, профессор, председатель Крымской республиканской ассоциации «Экология и мир», действительный член (академик) Крымской Академии Наук, Президент Крымской Академии Наук
6. Тюрин Владислав Викторович – д-р биол. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет», заведующий кафедрой генетики, микробиологии и биотехнологии
7. Чебанов Михаил Степанович – д-р биол. наук, профессор, директор ГКУ КК «Кубаньбиоресурсы»
8. Булли Любовь Ивановна – канд. биол. наук, ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», доцент кафедры водных биоресурсов и марикультуры
9. Кулиш Андрей Викторович – канд. биол. наук, ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», доцент кафедры водных биоресурсов и марикультуры
10. Пашков Андрей Николаевич – канд. биол. наук, Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («АзНИИРХ»), заместитель руководителя Краснодарского отделения
11. Тылик Константин Владимирович – канд. биол. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», декан факультета биоресурсов и природопользования
12. Сытник Наталья Александровна – канд. биол. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», заведующий кафедрой экологии моря
13. Шляхов Владислав Алексеевич – канд. биол. наук, Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («АзНИИРХ»), старший научный сотрудник

### Технические науки

#### Научная специальность 4.3.3 «Пищевые системы (технические науки)»

1. Алексанян Игорь Юрьевич – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», профессор кафедры «Технологические машины и оборудование»
2. Антипов Сергей Тихонович – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», профессор кафедры машин и аппаратов пищевых производств
3. Гукасян Александр Валерьевич – д-р техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», директор института механики,

робототехники, инженерии транспортных и техн. систем (ИМРИТТС), заведующий кафедрой технологического оборудования и систем жизнеобеспечения

4. Донченко Людмила Владимировна – д-р техн. наук, профессор, директор НИИ Биотехнологии и сертификации пищевой продукции Кубанского государственного аграрного университета
5. Косачев Вячеслав Степанович – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», профессор кафедры технологического оборудования и систем жизнеобеспечения Института механики, робототехники, инженерии транспортных и техн. систем (ИМРИТТС)
6. Максименко Юрий Александрович – д-р техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», проректор по научной работе и инновациям, заведующий кафедрой «Технологические машины и оборудование»
7. Нугманов Альберт Хамед-Харисович – д-р техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», профессор кафедры «Технологические машины и оборудование»
8. Панфилов Виктор Александрович – д-р техн. наук, профессор, академик РАН, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева», профессор кафедры процессов и аппаратов перерабатывающих производств
9. Соколов Сергей Анатольевич – д-р техн. наук, профессор, ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского», заведующий кафедрой общепрофессиональных дисциплин
10. Фалько Александр Леонидович – д-р техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», профессор кафедры машин и аппаратов пищевых производств
11. Битютская Ольга Евгеньевна – канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», заведующий кафедрой технологии продуктов питания
12. 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 5.2.3 «Региональная и отраслевая экономика»**

1. Бутова Татьяна Георгиевна – д-р экон. наук, профессор, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», профессор кафедры международной и управленческой экономики
2. Гришкина Светлана Николаевна – д-р экон. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», профессор Департамента учета, анализа и аудита
3. Исраилов Магамед Вахаевич – д-р экон. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет» профессор кафедры государственного и муниципального управления
4. Котенев Александр Дмитриевич – д-р экон. наук, доцент, Краснодарский университет Министерства внутренних дел Российской Федерации (Ставропольский филиал), начальник кафедры социально-экономических и гуманитарных дисциплин
5. Мнацаканян Альберт Гургенович – д-р экон. наук, профессор, Директор института отраслевой экономики и управления, заведующий кафедрой отраслевых и корпоративных финансов ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»

6. Пискун Елена Ивановна – д-р экон. наук, доцент, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», заведующий кафедрой туризма, сервиса и гостиничного бизнеса
7. 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)
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. Труба Анатолий Сергеевич – д-р экон. наук, профессор, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», главный научный сотрудник, консультант по экономическим вопросам Управления перспективного развития
10. Яркина Наталья Николаевна – д-р экон. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», профессор кафедры экономики и гуманитарных дисциплин

## СОДЕРЖАНИЕ

### БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

#### Научная специальность 1.5.13 «Ихтиология»

- Брежнев Л.Л., Пономарев А.К., Минаенко А.П., Ку Нгуен Динь, Чьонг Ба Хай** ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВЕРХНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ МЕКОНГ И ЕЁ РУКАВОВ ЮЖНОЙ ЧАСТИ СОЦИАЛИСТИЧЕСКОЙ РЕСПУБЛИКИ ВЬЕТНАМ 8
- Воробьева О.А., Сергеева С.Г., Горбенко Е.В., Павлюк А.А.** ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЯРИЗАЦИИ ЯДРА ООЦИТА ПРИ ОТБОРЕ САМОК БЕЛУГИ НА ДОНСКОМ ОСЕТРОВОМ ЗАВОДЕ В НЕРЕСТОВУЮ КАМПАНИЮ 2023 Г. 17
- Золотницкий А.П., Сытник Н.А., Михайлов В.В., Николаева А.Н.** МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И АЛЛОМЕТРИЧЕСКИЙ РОСТ МИДИИ (*MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* LAMARCK) ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ НА КОЛЛЕКТОРАХ В КЕРЧЕНСКОМ ПРОЛИВЕ 26
- Никифоров-Никишин Д.Л., Гаврилин К.В., Кочетков Н.И., Головачева Н.А.** РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МОДЕЛИ АЭРОМОНОЗА РЫБ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕСТ-ОБЪЕКТА *DANIO RERIO* 42
- Пономарев А.К., Хорева Т.И., Иванов С.С., Толмачева Ю.В.** СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ КАННИБАЛИЗМА У ГИГАНТСКОЙ ПРЕСНОВОДНОЙ КРЕВЕТКИ *MASCOBRACHIUM ROSENBERGII* ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В ИСКУССТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ 52

#### Научная специальность 1.5.15 «Экология»

- Кашутина И.А., Кашутин А.Н.** ВОЗДУШНЫЕ ПУЗЫРЬКИ ПРИ ТУРБУЛЕНТНОМ ПОТОКЕ ВОДЫ КАК ПРЕДШЕСТВУЮЩИЙ ФАКТОР ФЛОТАЦИИ И ТРАНСПОРТИРОВКИ ПЕСКА С ПРИКРЕПИВШИМИСЯ ЗИГОТАМИ БУРОЙ ВОДОРОСЛИ *FUCUS DISTICHUS* SUBSP. *EVANESCENS* В АВАЧИНСКОЙ ГУБЕ (ЮГО-ВОСТОЧНАЯ КАМЧАТКА) 60

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

#### Научная специальность 4.3.3 «Пищевые системы»

- Медведкова И.И., Соколов С.А., Яшонков А.А.** АНАЛИЗ СОДЕРЖИМОГО ЛИПИДОВ И ПРОДУКТОВ ИХ РАСПАДА ПРИ ХРАНЕНИИ СВЕЖИХ КУЛЬТИВИРУЕМЫХ ГРИБОВ *STROPHARIA RUGOSOANNULATA* 72
- Яшонков А.А., Блинов В.Р., Соколов С.А., Павлова Ю.И.** СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КИНЕТИКИ СУШКИ КРЕВЕТКИ ТРАВЯНОЙ ЧЕРНОМОРСКОЙ СПОСОБОМ ВАКУУМНОЙ СУШКИ И СУШКИ В ПСЕВДООЖИЖЕННОМ СЛОЕ 79

### ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

#### Научная специальность 5.2.3 «Региональная и отраслевая экономика»

- Алексахина Л.В.** МОРСКОЙ ТРАНСПОРТ И ЛОГИСТИКА РОССИИ: СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЗОВЫ 88

<b>Глебова Е.В., Лаптева Е.П. КЛАССИФИКАЦИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ РИСКОВ ПРЕДПРИЯТИЯ В СИСТЕМЕ МЕНЕДЖМЕНТА БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ</b>	100
<b>Сергеев Л.И., Сергеев Д.Л. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ БЮДЖЕТНОЙ ПОДДЕРЖКИ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ И РЫБНОЙ ОТРАСЛИ СТРАНЫ</b>	108
<b>Скоробогатова В.В., Шельчук Е.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ BIG DATA ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕНЕДЖМЕНТА В СОВРЕМЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ</b>	122
<b>Сушко Н.А. ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ</b>	130
<b>Яркина Н.Н., Олексенко О.С. СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СУБЪЕКТОВ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА</b>	139
<b>НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ</b>	
<b>Максимов А.Б. ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗРУШЕНИЯ НА МОДЕЛЬНОМ МАТЕРИАЛЕ С ГРАДИЕНТОМ ПРОЧНОСТИ ПО ТОЛЩИНЕ</b>	147

УДК 556.531

Брежнев Л.Л., Пономарев А.К., Минаенко А.П., Ку Нгуен Динь, Чыонг Ба Хай  
**ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВЕРХНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ МЕКОНГ  
И ЕЁ РУКАВОВ ЮЖНОЙ ЧАСТИ СОЦИАЛИСТИЧЕСКОЙ РЕСПУБЛИКИ  
ВЬЕТНАМ**

**Аннотация.** В данной работе представлены результаты анализа гидрохимических показателей воды реки Меконг и его рукава (река Бассак) в верхнем течении. Работы производились в рамках исследовательской работы «Ихтиопатологические и эпизоотические исследования ихтиофауны р. Меконг и пресноводных водоемов Вьетнама» («Эколан Э-3.6») на базе Южного отделения Совместного Российско-Вьетнамского Тропического научно-исследовательского и технологического центра (г. Хошимин). В ходе экспедиции в 2023 году сотрудниками факультета Биотехнологий и рыбного хозяйства ФГБОУ ВО МГУТУ им К.Г. Разумовского (ПКУ) были обследованы верхние участки реки Меконг в провинции Донгтхап (Đồng Tháp) и рукава Бассак в провинции Анзянг (An Giang). На контрольных станциях были отобраны и обработаны пробы воды поверхностного и пелагического слоя, полученные образцы проверялись на группу рыбохозяйственных нормативов ( $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{PO}_4$ , Fe, pH,  $\text{O}_2$ ). Результат проведенного анализа полученных данных позволил сделать заключение об оптимальных значениях исследуемых показателей для рыбохозяйственных водоемов, за исключением повышенных концентраций содержания железа в воде.

**Ключевые слова:** гидрохимические параметры, химический анализ, экологические факторы, Меконг, Бассак.

Brezhnev L.L., Ponomarev A.K., Minaenko A.P., Cu Nguyen Dinh, Truong Ba Hai  
**HYDROCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE UPPER STREAM OF THE  
MEKONG RIVER AND ITS BRANCHES IN THE SOUTHERN PART OF THE  
SOCIALIST REPUBLIC OF VIETNAM**

**Abstract.** This paper presents the results of an analysis of the hydrochemical parameters of the water of the Mekong River and its branch (Bassac River) in the upper reaches. The work was carried out within the framework of the research work "Ichthyopathological and epizootic studies of the ichthyofauna of the river. Mekong and freshwater reservoirs of Vietnam" ("Ecolan E-3.6") on the basis of the Southern Branch of Joint Vietnam-Russia Tropical Science and Technology Research Center (Ho Chi Minh City). During the expedition in 2023, employees of the Faculty of Biotechnology and Fisheries of the Moscow State University of Technology and Management named after K. G. Razumovsky examined the upper sections of the Mekong River in Dong Thap Province (Đồng Tháp) and the Bassac Branch in An Giang Province. At control stations, water samples of the surface and pelagic layer were taken and processed, the resulting samples were tested for a group of fishery standards ( $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{PO}_4$ , Fe, pH,  $\text{O}_2$ ). The result of the analysis of the obtained data allowed us to draw a conclusion about the optimal values of the studied indicators for fishery reservoirs, with the exception of increased concentrations of iron in water.

**Keywords:** hydrochemical parameters, chemical analysis, environmental factors, Mekong, Bassac.

**Ведение.** На реке Меконг на всей его протяженности расположено значительное количество предприятий аквакультуры: представлены малые (подсобные) рыбоводческие предприятия и довольно крупные промышленные комплексы. Преобладают садковые хозяйства, расположенные непосредственно на Меконге и её рукавах [1, 2], так же крупные аквахозяйства располагают свои мощности на берегах, используя в качестве водисточника забор воды из реки.

Речная система Меконга, расположенная на территории Вьетнама, является судоходной. На ней ведется как промысел, так и добыча полезных ископаемых [4] на всем протяжении



реки в непосредственной близости расположены крупные города, сельскохозяйственные поля и другие объекты, оказывающие крайне высокое антропогенное воздействие [5].

Учитывая возможные сбросы и дождевые стоки представлялось необходимым определить качественные характеристики водной среды по гидрохимическим показателям с учетом интенсивного развития рыбоводства. Качество воды для рыб и всех водных гидробионтов имеет огромное значение для их жизнедеятельности и воспроизводства. В природе существуют виды рыб, имеющие высокую резистентность к повышенным концентрациям загрязнений в том числе выживать в условиях низкого содержания кислорода. Качественным рыбохозяйственным водоемом считается такой, в котором вода обеспечивает возможность рыбе хорошо питаться и размножаться [5].

**Цель исследования** – анализ качества воды реки Меконг и определение гидрохимических показателей, оказывающих сдерживающее или негативное влияние на водные биоресурсы аборигенной ихтиофауны реки, а также на культивируемые виды.

**Материалы и методы исследования.** Исследования проводились на базе Совместного Российско-Вьетнамского Тропического научно-исследовательского и технологического центра в г. Хошимин. Отбиралось 12 проб воды по шесть проб с участка экспедиции в начале, середине и конце траления, объем одной пробы 1 л. Забор проб осуществлялся с поверхностного и пелагического слоя водоема в трех точках по ходу траления судна. Так же в режиме реального времени фиксировались параметры рН и растворенного кислорода с помощью многопараметрического анализатора YSI Professional Plus (Pro Plus) Multiparameter Instrument (рис. 1).



Рисунок 1 – Измерение показателей качества воды анализатором YSI Professional Plus (Pro Plus) Multiparameter Instrument

Отобранные пробы воды транспортировались в лабораторию и подвергались анализу по методикам:

- 4500-P PHOSPHORUS
- 4500-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> NITROGEN (NITRATE)
- 4500-NH<sub>3</sub> NITROGEN (AMMONIA)
- SMEWW 3113.B:2012 (Metals in Water by Electrothermal Atomic Absorption Spectrometry)

Контрольные станции взятия проб и координаты траления представлены на рисунке 2.



Провинция Анзянг (An Giang), река Бассак (Hau River).  
Координаты начала траления: 10.712134,  
105.125575  
Координаты окончания траления: 10.571771,  
105.253052



Провинция Донгтхап (Đồng Tháp), река Меконг.  
Координаты начала траления: 10.784661,  
105.343681  
Координаты окончания траления: 10.64948,  
105.39049

Рисунок 2 – Контрольные станции взятия проб и координаты траления

**Результаты исследования и их обсуждение.** Анализ отобранных образцов воды позволил установить отсутствие каких-либо органических загрязнителей азотной группы и фосфатов. Следует отметить превышения нормативных показателей на присутствие в воде железа, что является неблагоприятным для оптимального развития рыбы (табл. 1, 2).

Таблица 1 – Результаты измерения водородного показателя и растворенного кислорода

Провинция Анзянг (An Giang), река Бассак						
	Контрольная точка 1		Контрольная точка 2		Контрольная точка 3	
Показатель	O <sub>2</sub>	pH	O <sub>2</sub>	pH	O <sub>2</sub>	pH
Поверхностный слой	6,42	7,29	7,18	7,42	6,63	7,24
Пелагический слой	5,38	7,1	6,45	7,12	5,5	7,22
Провинция Донгтхап (Đồng Tháp), река Меконг						
	Контрольная точка 1		Контрольная точка 2		Контрольная точка 3	
Показатель	O <sub>2</sub>	pH	O <sub>2</sub>	pH	O <sub>2</sub>	pH
Поверхностный слой	6,31	7,66	7,04	7,73	7,53	7,39
Пелагический слой	6,31	7,93	6,9	7,5	7,07	7,22

Как видно из представленной таблицы 1 водородный показатель и растворенный кислород с глубиной практически не меняется и держится в нормативных рамках.

Представленные в таблице 2 данные отражают концентрацию органических загрязнителей не превышающие нормативные пороговые значения. А зафиксированное в первых двух точках провинции Анзянг высокое содержание железа в воде, в несколько раз превышающее нормативные рыбохозяйственные предельно допустимые концентрации. Также незначительное превышение железа выявлено на всем протяжении экспедиционного маршрута в провинции Донгтхап.

Исходя из полученных данных можно сделать вывод об отсутствии каких-либо органических загрязнений, а также высокой устойчивости водной системы ввиду незначительных колебаний pH и растворенного кислорода с поверхностного слоя до глубины 5 м на исследуемой территории дистанцией в 35 км.

Таблица 2 – Результаты лабораторных измерений азотной группы, фосфата и железа

Провинция Анзянг (An Giang), река Бассак												
	Контрольная точка 1				Контрольная точка 2				Контрольная Точка 3			
Показатель	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Fe	PO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Fe	PO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Fe	PO <sub>4</sub>
Поверхностный слой	0,32 мг/л	≤0,01 мг/л	<b>0,40</b> мг/л	≤0,01 мг/л	0,32 мг/л	≤0,01 мг/л	<b>0,45</b> мг/л	≤0,01 мг/л	0,35 мг/л	≤0,01 мг/л	0,03 мг/л	≤0,01 мг/л
Пелагический слой	0,42 мг/л	≤0,01 мг/л	<b>0,45</b> мг/л	≤0,01 мг/л	0,42 мг/л	≤0,01 мг/л	<b>0,45</b> мг/л	≤0,01 мг/л	0,41 мг/л	≤0,01 мг/л	0,01 мг/л	≤0,01 мг/л
Провинция Донгтхап (Đồng Tháp), река Меконг												
	Контрольная точка 1				Контрольная точка 2				Контрольная Точка 3			
Показатель	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Fe	PO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Fe	PO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Fe	PO <sub>4</sub>
Поверхностный слой	0,30 мг/л	≤0,01 мг/л	0,11 мг/л	≤0,01 мг/л	0,21 мг/л	0,05 мг/л	0,13 мг/л	≤0,01 мг/л	0,31 мг/л	0,05 мг/л	0,16 мг/л	≤0,01 мг/л
Пелагический слой	0,31 мг/л	≤0,01 мг/л	0,12 мг/л	≤0,01 мг/л	0,22 мг/л	0,02 мг/л	0,14 мг/л	≤0,01 мг/л	0,32 мг/л	0,02 мг/л	0,17 мг/л	≤0,01 мг/л

Стоит отметить о необходимости более детального мониторинга за показателем содержания железа в воде реки Бассак провинции Анзянг. Результаты замеров подтверждаются исследованиями другой научной группы данного участка реки, по которому были получены сопоставимые значения [6]. На данный момент времени, в нормативно-правовой документации Социалистической Республики Вьетнам не выявлено числовых значений загрязнителей для рыбохозяйственных целей и/или водоемов [7]. Данный аспект затрудняет интерпретацию данных касательно регионального нормирования воды рыбохозяйственных водоемов.

В свою очередь на территории Российской Федерации в приказе Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 13.12.2016 г. № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» закреплён норматив предельной допустимой концентрации на железо в воде – не более 0,1 мг/л [8].

Результаты наших замеров зафиксировали в реке Бассак в двух точках значительное превышение железа в воде в 4 и 4,5 раза по российскому рыбохозяйственному нормативу, где расположены профилирующие объекты аквакультуры садкового типа непосредственно на реке.

Токсичность железа проявляется в виде асфиксии рыб и при процессе инкубации икры в результате осаждения хлопьев гидроксида железа или снижением в воде кислорода, потребляемого на окисление закисного железа. В кислой среде ионы железа проникают в ткани и действуют самостоятельно как токсины [9].

Уменьшение токсического воздействия на рыб будет способствовать оздоровлению ихтиофауны и стимуляции развития аквакультуры. Снижение негативного влияния от чрезмерного содержания железа в воде возможно посредством внесения кормовых добавок в рацион питания рыб. Одним из природных минеральных комплексов способных адсорбировать различные формы железа из организма рыб являются алюмосиликаты или цеолиты. На сельскохозяйственных животных проводились ряд исследований, показывающих эффективность выведения цеолитами различных токсинов, металлов и даже радионуклидов [10, 11]. Использование цеолитов в качестве добавки в кормах для объектов аквакультуры предполагает стимуляцию эритропоэза, окажет влияние на оптимизацию белков, углеводов, минеральный, липидный и ферментативный обмен, что положительно повлияет физиологическое состояние на повысит рыбопродуктивность и [12, 13].

Первичные исследования показали о целесообразности разработки рецептуры кормов с включением цеолитов или других адсорбентов в качестве стабилизирующей добавки в объеме от 2,5 до 5 % состава кормосмеси (в зависимости от массы рыб), что подтверждается лабораторными исследованиями проводимыми на инфраструктурных ресурсах уникальной научной установки НТИ РФ (Рег. № 3662433) «Научно-исследовательский комплекс передовых технологий аквакультуры и гидроэкологии» факультета Биотехнологий и рыбного хозяйства ФГБОУ ВО «МГУТУ им. К.Г. Разумовского (ПКУ)».

**Выводы.** Проведенные исследования гидрохимических характеристик бассейна реки Меконг и их оценка по рыбохозяйственным нормативам выявили возможную токсичность за счет наличия избыточного количества растворенного железа, а возможное применение цеолитов в кормах позволит улучшить физиологическое состояние рыб, и, как следствие, приведет к росту продукционных показателей аквакультуры южной части Социалистической Республики Вьетнам.

**Благодарности.** Авторы выражают благодарность коллегам из Южного отделения Совместного Российско-Вьетнамского Тропического научно-исследовательского и технологического центра за всестороннюю помощь в проведении исследований. Исследования выполнены в рамках темы Эколан Э-3.6 «Ихтиопатологические и эпизоотические исследования ихтиофауны р. Меконг и пресноводных водоемов Вьетнама».

Список использованной литературы:

1. Карпова Е.П., Болтачев А.Р. Аблязов Э.Р. и др. Пространственные вариации обилия рыб в дельте Меконга // Экология. 2021. № 2. С. 134–142. DOI: 10.31857/S036705972005008X.
2. Ле Д.Ч. Гиринский А.В., Као Т.Х. Анализ современного состояния рыбного хозяйства Вьетнама и его роли в экономике страны // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2019. № 2. С. 82–92. DOI: 10.24143/2073-5537-2019-2-82-92.
3. Фан Ч.К., Симанкин А.Ф. Оценка влияния горнодобывающих предприятий на качество воды в реках Южного Вьетнама // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2013. № 2. С. 16–23.
4. Донец В., Ельцов Т.В. Показатели качества воды при разведении рыбы и требования, предъявляемые к ним // Актуальные проблемы сельскохозяйственных наук в России и за рубежом: труды III международной научно-практической конференции. Новосибирск: Инновационный центр развития образования и науки, 2017. Т. 6. С. 19–23.
5. Доклад о состоянии окружающей среды Вьетнама за период 2011–2015 гг. // Министерство природных ресурсов и экологии Социалистической Республики Вьетнам. Ханой, 2015. 155 с.
6. Giao N.T, Nhien H.T.H, Anh P.K, Thuptimdang P. Groundwater quality assessment for drinking purposes: a case study in the Mekong Delta, Vietnam // Sci. Rep. 2023. № 16, 13 (1). P. 4380. DOI: 10.1038/s41598-023-31621-9.
7. QCVN 08-MT:2015/BTNMT QUY CHUẨN KỸ THUẬT QUỐC GIA VỀ CHẤT LƯỢNG NƯỚC MẶT. National technical regulation on surface water quality. URL: <https://cem.gov.vn/storage/documents/5d6f3ecb26484qcvn-08-mt2015btnmt.pdf> (дата обращения: 10.04.2024).
8. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации № 552 от 13.12.2016 г. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420389120> (дата обращения: 10.04.2024).
9. Степанцова Г.Е., Нижникова Е.В., Нефедова В.И. и др. Изучение влияния микроэлементов на физиолого-биохимические показатели радужной форели // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2018. Т. 4. № 2. С. 128–135.
10. Лысенко Н.П., Ковалев И.И., Гнездилова Л.А. и др. Использование сорбентов для снижения дозовой нагрузки у крупнорогатого скота при внутреннем облучении цезием-137 и стронцием-90 в условиях радиационного загрязнения окружающей среды // Биоэкономика и экобиополитика. 2015. № 1 (1). С. 101–104.
11. Golovacheva N.A., Vyckova L.I., Brezhnev L.L. et al. Study of the effect of feed zeolites supplements of the Kholinsky deposit on hematological parameters of representatives of the Leporidae family // Earth and Environmental Science: conference proceedings. Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. Vol. 421. P. 32027. DOI: 10.1088/1755-1315/421/3/032027.
12. Петрова Ю.В., Любомирова В.Н., Свешникова Е.В. Влияние цеолита на рыбопродуктивность в индустриальной аквакультуре // Кремний и жизнь. Кремнистые породы в сельском хозяйстве: материалы Национальной научно-практической конференции с Международным участием. Ульяновск, 2021. С. 190–194.
13. Баканева Ю.М., Бычкова А.П., Баканев Н.М., Федоровых Ю.В. Природные цеолиты в продукционных комбикормах для осетровых рыб // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2013. № 1. С. 162–166.

References:

1. Karpova Ye.P., Boltachev A.R. Ablyazov E.R. et al. Prostranstvennyye variatsii obiliya ryb v del'te Mekonga [Spatial variations in fish abundance in the Mekong Delta]. *Ekologiya*

- [Ecology], 2021, no. 2, pp. 134–142. (In Russian). DOI: 10.31857/S036705972005008X.
2. Le D.Ch., Girinskiy A.V., Kao T.Kh. Analiz sovremennogo sostoyaniya rybnogo khozyaystva V'yetnama i yego roli v ekonomike strany [Analysis of the current state of fisheries in Vietnam and its role in the country's economy]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Astrakhan State Technical University], 2019, no. 2, pp. 82–92. (In Russian). DOI: 10.24143/2073-5537-2019-2-82-92.
  3. Fan Ch.K., Simankin A.F. Otsenka vliyaniya gornodobyvayushchikh predpriyatiy na kachestvo vody v rekakh Yuzhnogo V'yetnama [Assessing the influence of mining enterprises on water quality in the rivers of South Vietnam]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle* [News of the Tula State University. Geosciences], 2013, no. 2, pp. 16–23. (In Russian).
  4. Donets V., Yel'tsov T.V. Pokazateli kachestva vody pri razvedenii ryby i trebovaniya, pred'yavlyayemye k nim [Indicators of water quality during fish farming and the requirements for them]. *Trudy 3 mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Aktual'nyye problemy sel'skokhozyaystvennykh nauk v Rossii i za rubezhom»* [Proceedings of the 3th international scientific and practical conference “Current problems of agricultural sciences in Russia and abroad”]. Novosibirsk, Innovation Center for the Development of Education and Science Publ., 2017, vol. 6, pp. 19–23. (In Russian).
  5. Doklad o sostoyanii okruzhayushchey sredy V'yetnama za period 2011–2015 gg. [Report on the state of the environment of Vietnam for the period 2011–2015]. *Ministerstvo prirodnnykh resursov i ekologii Sotsialisticheskoy Respubliki V'yetnam* [Ministry of Natural Resources and Environment of the Socialist Republic of Vietnam]. Hanoi, 2015, 155 p. (In Russian).
  6. Giao N.T., Nhien H.T.H., Anh P.K., Thuptim dang P. Groundwater quality assessment for drinking purposes: a case study in the Mekong Delta, Vietnam. *Sci. Rep.*, 2023, no. 16, 13 (1), p. 4380. (In English). DOI: 10.1038/s41598-023-31621-9.
  7. QCVN 08-MT:2015/BTNMT QUY CHUẨN KỸ THUẬT QUỐC GIA VỀ CHẤT LƯỢNG NƯỚC MẶT. National technical regulation on surface water quality. (In Vietnamese). Available at: <https://cem.gov.vn/storage/documents/5d6f3ecb26484qcvn-08-m t2015btnmt.pdf> (accessed 10.04.2024).
  8. Russian Federation. Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation № 552 of December 13, 2016, Ob utverzhdenii normativov kachestva vody vodnykh ob'yektov rybokhozyaystvennogo znacheniya, v tom chisle normativov predel'no dopustimyykh kontsentratsiy vrednykh veshchestv v vodakh vodnykh ob'yektov rybokhozyaystvennogo znacheniya [On approval of water quality standards for water bodies of fishery importance, including standards for maximum permissible concentrations of harmful substances in waters of water bodies of fishery importance]. (In Russian). Available at: <https://docs.cntd.ru/document/420389120> (accessed 10.04.2024).
  9. Stepantsova G.Ye., Nizhnikova Ye.V., Nefedova V.I. et al. Izucheniye vliyaniya mikroelementov na fiziologo-biokhimicheskiye pokazateli raduzhnoy foreli [Study of the influence of microelements on the physiological and biochemical parameters of rainbow trout]. *Vestnik nauki i obrazovaniya Severo-Zapada Rossii* [Bulletin of Science and Education of the North-West of Russia], 2018, vol. 4, no. 2, pp. 128–135. (In Russian).
  10. Lysenko N.P., Kovalev I.I., Gnezdilova L.A. et al. Ispol'zovaniye sorbentov dlya snizheniya dozovoy nagruzki u krupnorogatogo skota pri vnutrennem obluchenii tseziyem-137 i strontsiyem-90 v usloviyakh radiatsionnogo zagryazneniya okruzhayushchey sredy [The use of sorbents to reduce the dose load in cattle during internal irradiation with cesium-137 and strontium-90 in conditions of radiation pollution of the environment]. *Bioekonomika i ekobiopolitika* [Bioeconomics and Ecobiopolitics], 2015, no. 1 (1), pp. 101–104. (In Russian).
  11. Golovacheva N.A., Bychkova L.I., Brezhnev L.L. et al. Study of the effect of feed zeolites supplements of the Kholinsky deposit on hematological parameters of representatives of the Leporidae family. *Conference proceedings “Earth and Environmental Science”*. Krasnoyarsk, Institute of Physics and IOP Publishing Limited Publ., 2020, vol. 421, p. 32027. (In English).

DOI: 10.1088/1755-1315/421/3/032027.

12. Petrova Yu.V., Lyubomirova V.N., Sveshnikova Ye.V. Vliyaniye tseolita na ryboproduktivnost' v industrial'noy akvakult'ure. *Materialy Natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii s Mezhdunarodnym uchastiyem «Kremniy i zhizn'. Kremnistyye porody v sel'skom khozyaystve»* [Materials of the National Scientific and Practical Conference with International Participation Silicon and life “Siliceous rocks in agriculture”]. Ulyanovsk, 2021, pp. 190–194. (In Russian).
13. Bakaneva Yu.M., Bychkova A.P., Bakanev N.M., Fedorovykh Yu.V. Prirodnyye tseolity v produktsionnykh kombikormakh dlya osetrovyykh ryb [Natural zeolites in commercial feed for sturgeon]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoye khozyaystvo* [Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Fisheries], 2013, no. 1, pp. 162–166. (In Russian).

Сведения об авторах / Information about authors

**Брежнев  
Леонид Леонидович**

инженер Центра Аквакультуры Факультета биотехнологий и  
рыбного хозяйства  
Московский государственный университет технологий и  
управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ)  
109004, г. Москва, ул. Земляной вал, 73  
brezhnev2011@list.ru

Brezhnev  
Leonid Leonidovich

Aquaculture center engineer of the Faculty of Biotechnology and  
Fisheries  
Moscow State University of Technology and Management K.G.  
Razumovsky (FCU)  
109004, Moscow, Zemlyanoy Val str., 73  
brezhnev2011@list.ru

**Пономарев  
Андрей  
Константинович**

канд. биол. наук, доцент кафедры ихтиологии и рыбоводства  
Московский государственный университет технологий и  
управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ)  
109004, г. Москва, ул. Земляной вал, д. 73  
ponomarev777@inbox.ru

Ponomarev  
Andrey Konstantinovich

Ph.D. (Biol.), Associate Professor of the Department of Ichthyology  
and Fishery  
Moscow State University of Technology and Management K.G.  
Razumovsky (FCU)  
109004, Moscow, Zemlyanoy Val str., 73  
ponomarev777@inbox.ru

**Минаенко  
Ангелина Павловна**

младший научный сотрудник Центра Аквакультуры Факультета  
биотехнологий и рыбного хозяйства  
Московский государственный университет технологий и  
управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ)  
109004, г. Москва, ул. Земляной вал, д. 73  
lina111299@mail.ru

Minaenko  
Angelina Pavlovna

Junior Research, Aquaculture Center, Faculty of Biotechnology and  
Fisheries  
Moscow State University of Technology and Management K.G.  
Razumovsky (FCU)  
109004, Moscow, Zemlyanoy Val str., 73  
lina111299@mail.ru

**Ку  
Нгуен Динь**

заведующий лабораторией гидробиологии  
Южное отделение Совместного Российско-Вьетнамского  
Тропического научно-исследовательского и технологического



центра Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова (ЮО ТЦ)  
650000, г. Хошимин, район 10, ул. 3/2, 3  
dinhcnd@gmail.com

Cu  
Nguyen Dinh  
Head of the Laboratory of Hydrobiology  
Southern Branch of the Joint Russian-Vietnamese Tropical Research and Technology Center of the Institute of Ecology and Evolution. A.N. Severtsova (South Ossetia TC)  
650000, Ho Chi Minh City, district 10, st. 3/2, 3  
dinhcnd@gmail.com

**Чыонг  
Ба Хай**  
специалист лаборатории гидробиологии  
Южное отделение Совместного Российско-Вьетнамского Тропического научно-исследовательского и технологического центра Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова (ЮО ТЦ)  
650000, г. Хошимин, район 10, ул. 3/2, 3,  
dinhcnd@gmail.com

Truong  
Ba Hai  
specialist of the hydrobiology laboratory  
Southern Branch of the Joint Russian-Vietnamese Tropical Research and Technology Center of the Institute of Ecology and Evolution. A.N. Severtsova (South Ossetia TC)  
650000, Ho Chi Minh City, district 10, st. 3/2, 3  
dinhcnd@gmail.com



УДК 639.371.2

Воробьева О.А., Сергеева С.Г., Горбенко Е.В., Павлюк А.А.

**ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЯРИЗАЦИИ ЯДРА ООЦИТА  
ПРИ ОТБОРЕ САМОК БЕЛУГИ НА ДОНСКОМ ОСЕТРОВОМ ЗАВОДЕ  
В НЕРЕСТОВУЮ КАМПАНИЮ 2023 Г.**

**Аннотация.** В 2023 г. проведены исследования, целью которых являлась разработка рекомендаций, направленных на повышение выживаемости потомства белуги в эмбриональный и постэмбриональный периоды развития. Отбор самок и время получения от них икры осуществляли по значению коэффициента поляризации ядра ооцита. В первых партиях использовали самок белуги с коэффициентом поляризации от 0,01 до 0,07. Выявлено, что эти производители были более подготовлены к восприятию гипофизарных инъекций. Самки характеризовались высокой массой тела и рабочей плодовитостью. Содержание пластических и энергетических веществ в ооцитах было близким к значениям, характерным для «диких» самок. Самки белуги с коэффициентом поляризации 0,09–0,13 продуцировали меньшее количество зрелой икры. Отмеченная разнокачественность в накоплении энергопластических веществ, а также низкий коэффициент поляризации ядра являются следствием незавершенности созревания ооцитов. При инкубации такой икры отмечалось снижение оплодотворяемости и повышенный отход развивающихся эмбрионов. Несмотря на сложность работы с впервые нерестующими производителями белуги, в нерестовой кампании 2023 г. были получены удовлетворительные результаты. На подращивание в бассейновый цех передано 3 244 тыс. экз. однодневных личинок средней массой 21,4 мг. Физиологическое состояние молоди белуги на этапе выпуска в естественный водоём свидетельствовало о ее удовлетворительном качестве. Соблюдение биотехники, а также наших рекомендаций, направленных на снижение потерь при работе с производителями, позволило повысить рыбоводные показатели впервые нерестующих самок белуги.

**Ключевые слова:** белуга *Huso huso* (Linnaeus, 1758), ремонтно-маточное стадо, репродуктивная функция, коэффициент поляризации, оплодотворяемость, эмбриональное развитие.

Vorobjova O.A., Sergeeva S.G., Gorbenko E.V., Pavlyuk A.A.

**EXPERIENCE IN USING THE POLARIZATION COEFFICIENT OF THE OOCYTE  
NUCLEUS DURING THE SELECTION OF BELUGA FEMALES AT THE DON  
STURGEON PLANT IN THE SPAWNING CAMPAIGN OF 2023**

**Abstract.** In 2023, studies were conducted, the purpose of which was to develop recommendations aimed at increasing the survival rate of beluga juveniles in the embryonic and postembryonic periods of development. The selection of females and the time of obtaining eggs from them were carried out according to the value of the polarization coefficient of the oocyte nucleus. In the first batches, beluga females with a polarization coefficient from 0.01 to 0.07 were used. It was revealed that these manufacturers were more prepared for the perception of pituitary injections. The females were characterized by high body weight and working fertility. The content of plastic and energy substances in oocytes was close to the values typical for "wild" females. Beluga females with a polarization coefficient of 0.09–0.13 produced fewer mature eggs. The noted heterogeneity in the accumulation of energy-plastic substances, as well as the low polarization coefficient of the nucleus, are a consequence of the incompleteness of oocyte maturation. During incubation of such eggs, there was a decrease in fertilization and an increased waste of developing embryos. Despite the difficulty of working with first-time spawning beluga producers, satisfactory results were obtained in the spawning campaign of 2023. 3,244,431 copies were transferred to the pool workshop for rearing. One-day larvae with an average weight of 21.4 mg. The physiological

condition of the beluga juveniles at the stage of release into a natural reservoir testified to its satisfactory quality. Compliance with biotechnics, as well as our recommendations aimed at reducing losses when working with producers, made it possible to increase the fish breeding performance of first-time spawning beluga females.

Keywords: beluga *Huso huso* (Linnaeus, 1758), repair and breeding stock, reproductive function, polarization coefficient, fertilization, embryonic development.

**Введение.** В современных условиях восстановление промыслового значения и численности популяции азовских осетровых видов рыб возможно только с помощью искусственного заводского воспроизводства. Из-за острого дефицита производителей, заготавливаемых в естественной среде обитания, возникла необходимость формирования ремонтно-маточных стад, на Донском осетровом заводе (ДОЗ) такие работы были начаты в 2000 г. В настоящее время на ДОЗ накоплен определенный опыт в направлении отбора зрелых рыб и биотехники ведения нерестовых работ с производителями русского осетра, севрюги, стерляди. Ремонтно-маточное стадо белуги формировалось в 2002-2004 гг., в настоящее время большинство производителей уже достигло половой зрелости. Однако анализ результатов нерестовой кампании 2022 г. свидетельствовал о том, что от самок первого нереста получили икру невысокого рыбоводного качества, был отмечен низкий процент оплодотворения, различные нарушения эмбрионального развития, в ходе инкубации произошел значительный отход оплодотворенной икры [1].

В связи с нестабильностью результатов искусственного воспроизводства самок белуги первого нереста на Донском осетровом заводе нами были проведены работы, целью которых являлась разработка рекомендаций, направленных на повышение выживаемости белуги в эмбриональный и постэмбриональный периоды развития. В осенний и весенний периоды осуществлялись исследования по определению эффективности отбора самок по значению коэффициента поляризации ядра ооцита (IPR) [2].

**Материалы и методы исследования.** Отбор самок белуги проводили в период осенней и весенней бонитировки в соответствии с экспресс-методом Б.Н. Казанского и др. (1976) [3]. Рыбоводно-биологическое состояние производителей оценивали по длине, массе тела, плодовитости согласно инструкциям и методическим руководствам [4, 5]. Для определения индекса (коэффициента) поляризации (IPR) использовали классический метод щуповых проб [2, 6]. Активность спермы определяли по шкале Г.М. Персова (1947) [7]. Гормональная стимуляция производителей белуги проводилась раствором сурфагона, синтетического аналога рилизинг-гормона по дробной схеме, включающей предварительную и разрешающую инъекции [8]. Для своевременного получения икры от самок использовали рекомендации Т.А. Детлаф и др. [9], а также метод, оценивающий время приклеивания оплодотворенных яйцеклеток [10]. Получение икры осуществляли прижизненным способом методом надрезания яйцевода [11]. Для обесклеивания икры использовали препарат бентонит. Инкубация проходила в аппаратах «Осетр», загрузка на один ящик составляла 1 кг икры.

При работе с белугой регулярно проводились морфологические и биохимические анализы. Качественную характеристику икры оценивали по содержанию белка, влаги и общих липидов. Содержание влаги определяли весовым методом после высушивания до постоянной массы при температуре 105 °С. Для определения массовой доли липидов в образцах осуществляли непрерывную экстракцию по методу Сокслета. Метод основан на экстракции жира органическим растворителем (эфир диэтиловый) из сухой навески и последующим определением его массы взвешиванием. Содержание белка в тканях определяли по методике Лоури с использованием бычьего сывороточного альбумина в качестве стандарта [12].

Статистическая обработка данных проведена в программе MS Excel для Windows версии 10.0.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Ремонтно-маточное стадо белуги

формировалось в 2002-2006 гг. по принципу полноциклового выращивания («от икры до икры»). В настоящее время половой зрелости достигло поколение 2004 года рождения, полученное от последней самки белуги, выловленной в Таганрогском заливе, в последующие годы производители из естественного водоема отсутствовали. Рыбоводные работы с этой самкой осуществлялись при непосредственном участии специалистов Филиала, поэтому у нас есть возможность провести сравнение результатов, полученных при работе с «дикой» самкой и её потомством.

Белуга была крупной, ее масса достигала 190 кг. От этой самки впервые были взяты половые продукты прижизненно методом надрезания яйцевода [11]. Количество витально полученной икры по отношению к массе тела самки составляло 12,3 %, рабочая плодовитость этой самки – 1056,4 тыс. шт. икры. Средняя масса ооцита достигала 22,5 мг, количество икринок в 1 г – 44 шт., содержание белка, рассчитанного на один ооцит, – 4,5 мг/г, оплодотворяемость икры разных порций варьировала в пределах 43–74 %. Масса личинок на стадии выклева в среднем была 21,4 мг. Потомство, полученное от «дикой» белуги, ремонт и маточное поголовье выращивалось в прудах Донского осетрового завода.

Первые самки, выращенные от потомства «дикой» белуги, созрели в возрасте 17–18 лет. В нерестовых кампаниях 2021-2022 гг. было использовано 52 самки. Средняя масса впервые нерестующих рыб составляла 71,0 кг. Созревание и овуляция половых продуктов белуги проходили в температурном диапазоне 11,0–15,6 °С. На гормональную стимуляцию ответило 93 % самок. В среднем от впервые нерестующих производителей получали 5,26 кг икры, плодовитость самок составляла 273,5 тыс. шт., относительная плодовитость – 7,4 тыс. шт./кг, количество ооцитов в одном грамме – 52 шт., масса одного ооцита – 18,8 мг. В период эмбрионального развития произошел значительный отход эмбрионов, выход однодневных личинок от самок первого нереста составлял 12,0 %. Таким образом, количество икринок в 1 г и масса ооцита у самок, выращенных в искусственных условиях, были ниже, чем у «диких» рыб, что говорит об измельчании икры у самок из маточного стада ДОЗ. Аналогичная картина отмечается и у самок белуги, полученных индустриальным методом, на волжских осетровых заводах [13].

Для воспроизводственных работ 2023 г. отбор производителей проводили в период осенней и весенней бонитировок. Анализ проб икры показал, что в предзимний период ооциты белуги находились в фолликулярной оболочке, у некоторых самок отмечались мелкие ооциты в начале периода протоплазматического роста. Ооциты были серого цвета, имели четко выраженное полярное строение, оболочки были сформированы, ядро смещено к анимальному полюсу, протоплазматический рост завершен. Средняя масса ооцита составляла 16,2 мг, диаметр ооцита – 2,3–2,8 мм. Коэффициент поляризации варьировал в пределах 0,08–0,17, следовательно, ооциты достигали IV незавершенной стадии зрелости. В предзимний и зимний период производителей белуги не кормили.

В период весенней бонитировки 2023 г. поляризованность ооцитов самок белуги увеличилась, ядро располагалось в зоне анимального полюса, ближе к микропиле. Коэффициент поляризации ядер находился в пределах 0,01–0,15. Зрелые самки белуги с коэффициентом поляризации 0,01–0,07 составляли 49 % выборки, с коэффициентом 0,08–0,11 – 29 %. Таким образом, зрелые самки представляли 78 % выборки, самки близкие к созреванию – 22 %. Ооциты были IV завершенной стадии зрелости. За период зимовки масса ооцитов увеличилась на 6–12 % и, независимо от массы тела самок, их средняя масса составляла 20,4 мг.

Оптимальные значения коэффициента поляризации ооцитов осетровых рыб в преднерестовом состоянии должны быть в пределах 0,05–0,09. Значение этого показателя меньше 0,03 указывает на начало резорбции икры, а более высокое подтверждает незавершенность четвертой стадии зрелости самок [2, 14]. Для снижения зависимости результатов от физиологической готовности самок к овуляции был проведен индивидуальный отбор рыб по степени поляризации ооцитов. Применение такого подхода позволило распределить самок на две группы, гормональная стимуляция самок обеих групп

проводилась при близких значениях коэффициента поляризации ооцитов.

Для воспроизводства было использовано 42 самки белуги первого нереста. Воспроизводственный процесс осуществляли в шесть партий, каждая из которых включала 5–9 особей. Половые продукты белуги получали при температуре 10,8–11,4 °С, с последней группой рыб работали на две недели позже при температуре 14,6 °С.

В первых партиях использовали самок белуги с коэффициентом поляризации ооцитов от 0,01 до 0,07, масса тела этих рыб составляла 80,8 кг. В среднем от одной самки получали 7,9 кг икры, что по отношению к массе тела составляло 9,8 %. Рабочая плодовитость этих самок была высокой (401,5 тыс. шт.) (табл. 1).

Таблица 1 – Рыбоводно-биологические показатели самок белуги с разным коэффициентом поляризации

Показатели	Самки с высоким коэффициентом поляризации	Самки с низким коэффициентом поляризации
Средняя масса самок, кг	80,8	73,6
Количество витально полученной икры, кг	7,91*	5,05*
Рабочая плодовитость, тыс. шт.	401,5*	244,9*
Коэффициент оплодотворения икры, %	71,6*	47,9*
Выживаемость эмбрионов, %	66,5	58,4
Количество однодневных личинок, полученной от одной самки, тыс. экз.	114,13*	66,5*
Примечание: * - различия достоверны, $p < 0,05$		

Средняя масса ооцита рыб этой группы была 21,3 мг, что незначительно отличалось от массы ооцитов, полученных от «дикой» белуги. По оснащенности трофическими веществами икра этих самок была менее качественной, содержание белка и липидов, рассчитанное на один ооцит, в среднем составляло 3,67 и 2,41 мг, что на 18 % ниже показателей икры «дикой» самки (табл. 2). Среди самок этой группы с коэффициентом поляризации менее 0,03 отмечались самки с высоким содержанием общих липидов (до 39,7 % на сухую массу). Исследуемые физиолого-биохимические показатели свидетельствуют о перезревании и начинающихся процессах резорбции гонад, что подтверждается и значением коэффициента поляризации [14]. Как правило, при инкубации такой икры наблюдается значительный отход эмбрионов [15].

Таблица 2 – Биохимические показатели икры белуги с разным коэффициентом поляризации

Показатели	Самки с высоким коэффициентом поляризации	Самки с низким коэффициентом поляризации
Содержание белка, мг/г	197±22	176±17
Содержание белка на 1 ооцит, мг	3,67±0,30	3,48±0,38
Содержание влаги, %	59,2±2,0	60,5±2,8
Содержание общих липидов, %	31,6±1,3	30,3±1,1
Содержание общих липидов на 1 ооцит	2,41±0,13	2,26±0,15

Выделенные во вторую группу самки белуги средней массой тела 73,6 кг с коэффициентом поляризации в преднерестовый период 0,09–0,13 продуцировали в среднем 5,05 кг икры, отношение витально полученной икры к массе тела составляло 6,8 %, средняя масса икринки – 18,8 мг, количество икринок в 1 г – 51 шт. Рабочая плодовитость самок была достоверно ниже, чем у рыб первой группы ( $p < 0,05$ ), и составляла 244,9 тыс. шт. (табл. 1). Икра была разнокачественной, содержание белка, рассчитанного на один ооцит, находилось в пределах 3,2–2,75 мг, липидов – 1,97–2,26 мг (табл. 2). Низкое накопление белка и общих липидов икры у отдельных рыб, а также низкий коэффициент поляризации

ядра является следствием незавершенности созревания ооцитов [15, 16]. При инкубации такой икры отмечалось снижение оплодотворяемости (в среднем до 47,9 %) и повышенный отход развивающихся эмбрионов. Выход однодневных личинок на одну самку в среднем составлял 66,5 тыс. экз., что также достоверно ниже ( $p < 0,05$ ), чем у самок с высоким коэффициентом поляризации.

Для своевременного получения икры белуги после гипофизарной инъекции также использовали метод скорости наступления клейкости оболочек икры после её осеменения [10]. Положительные результаты отмечались при приклеивании 90–95 % оплодотворенных икринок в течении 13–20 минут. Ооциты, приклеивание которых наступало за 8–12 минут, имели признаки перезревания, в период инкубации такой икры отмечался повышенный отход эмбрионов.

Получение половых продуктов у самок белуги прижизненным способом предусматривает многократное отцеживание икры. Наиболее объемная первая порция икры (50–60 % от общего количества) наблюдалась у рыб с высоким коэффициентом поляризации ооцитов как в осенний, так и в весенний периоды. Получение второй и третьей порции икры, оставшейся в полости тела самки на дозревание, осуществлялось на 2–4 часа позже. В такой икре во время закладки борозд на стадии дробления отмечались нарушения, препятствующие перемещению клеточного материала. На стадиях гастрюляции (щелевидного бластопора) и органогенеза происходил значительный отход развивающихся эмбрионов, в результате с инкубации сняли 25 % погибшей икры.

В дальнейшем наблюдения за ростом и развитием потомства, полученного от самок с низким и высоким коэффициентом поляризации, не осуществлялось. По данным ДОЗ выход личинок от развивающейся икры составил 61,5 %. На выращивание в бассейновый цех было передано 3 244 тыс. экз. однодневных личинок средней массой 21,4 мг. От одной продуктивной самки в среднем получили 79,1 тыс. экз. личинок.

Выживаемость личинок за период эндогенного питания составляла 92 %, что является высоким показателем для этого этапа [17]. Средняя масса личинок достигала 63,7 мг, длина – 21,7 мм, что выше среднегодовалых значений (табл. 3). На выращивание было передано 2 977 тыс. экз. подрощенных личинок.

Таблица 3 – Морфометрические показатели личинок осетровых на ДОЗ в 2023 г.

Этап	Возраст, сут.		Масса, мг		Длина, мм	
	2023	Среднее многолетнее	2023	Среднее многолетнее	2023	Среднее многолетнее
Выклев	–	–	21,4	19,5	12,4	10,6
ПАП	13	11	63,7	53,5	21,7	20,4

Эффективность трансформации пищи на рост молоди при выращивании в прудах была высокой. Результаты исследований физиологического состояния молоди белуги на этапе выпуска в естественный водоём свидетельствовали о ее удовлетворительном качестве. Содержание белка (100 мг/г) и общих липидов (1,4 %) варьировало в пределах нижних границ нормы, характерной для молоди из естественных водоемов.

**Выводы.** Несмотря на сложность работы с впервые нерестующими производителями белуги, в текущем году были получены удовлетворительные результаты. Основная часть самок белуги характеризовалась удовлетворительным функциональным состоянием и высокой репродуктивной способностью. Применение метода прижизненного определения зрелости половых желез самок белуги и способа определения скорости наступления клейкости оболочек икры после её осеменения позволили получить более точные сроки созревания икры. Соблюдение биотехники, а также рекомендации специалистов Филиала, направленные на снижение потерь при работе с производителями, позволили повысить рыбоводные показатели впервые нерестующих самок белуги. В 2023 г. от одной продуктивной самки в среднем было получено 79,1 тыс. экз. однодневных личинок, а в

рыбоводный сезон 2022 г. этот показатель составлял 24,3 тыс. экз. Предприятие выполнило Государственное задание и выпустило в естественные водоемы 682,908 тыс. шт. молоди белуги.

Список использованной литературы:

1. Воробьева О.А., Горбенко Е.В., Сергеева С.Г., Павлюк А.А., Хорошельцева В.Н. Особенности рыбоводного освоения белуги из ремонтно-маточного стада Донского осетрового завода // Водные биоресурсы и среда обитания. 2023. Т. 6. № 3. С 16–27. DOI: 10.47921/2619-1024\_2023\_6\_3\_75.
2. Чебанов М.С., Галич Е.В., Чмырь Ю.Н. Руководство по разведению и выращиванию осетровых рыб. М.: Росинформагротех, 2004. 136 с.
3. Казанский Б.Н., Феклов Ю.А., Подушка С.Б., Молодцов А.Н. Экспресс-метод определения степени зрелости гонад у производителей осетровых // Рыбное хозяйство. 1978. № 2. С. 24–27.
4. Сборник инструкций и нормативно-методических указаний по промышленному разведению осетровых рыб в Каспийском и Азовском бассейнах / Под ред. Ж.И. Абрамовой, К.Б. Аветисова, М.К. Аскерова, Л.В. Баденко, С.В. Блохина. М.: ВНИРО, 1986. 273 с.
5. Об утверждении Методики расчета объема добычи (вылова) водных биологических ресурсов, необходимого для обеспечения сохранения водных биологических ресурсов и обеспечения деятельности рыбоводных хозяйств, при осуществлении рыболовства в целях аквакультуры (рыбоводства): приказ Минсельхоза России № 25 от 30.01.2015. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420253563> (дата обращения: 18.04.2024).
6. Трусов В.З. Метод определения степени зрелости половых желез самок осетровых // Рыбное хозяйство. 1964. № 1. С. 26–28.
7. Персов Г.М. Семенник севрюги в период нерестовой миграции, нереста и поката // Труды лаборатории основ рыбоводства. 1947. Т. 1. С. 177.
8. Гончаров Б.Ф. Синтетический аналог люлиберина новый перспективный стимулятор созревания половых продуктов осетровых рыб // Доклады Академии наук СССР. 1984. Т. 276. № 4. С. 1002–1006.
9. Детлаф Т.А., Васецкий С.Г., Давыдова С.И. Рекомендации по срокам получения икры у осетровых рыб после гипофизарной инъекции. М.: Главрыбвод, 1965. 14 с.
10. Горбачева Л.Т. Биологическое обоснование усовершенствования биотехники получения и инкубации икры осетровых рыб в условиях донских рыбоводных заводов: автореферат дис. ... канд. биол. наук: 03.00.10 / Людмила Тимофеевна Горбачева. Ростов н/Д, 1974. 24 с.
11. Подушка С.Б. Получение икры у осетровых с сохранением жизни производителей // Научно-технический бюллетень лаборатории ихтиологии ИНЭНКО. СПб.: Тема, 1999. Вып. 2. С. 4–19.
12. Методы рыбохозяйственных и природоохранных исследований в Азово-Черноморском бассейне / под ред. С.П. Воловик, И.Г. Корпакова. Краснодар: Просвещение-Юг, 2005. 352 с.
13. Ахмеджанова А.Б. Сравнительная оценка морфофизиологических показателей производителей осетровых рыб и полученного от них потомства в связи проблемой формирования продукционных стад: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.04.01 / Алия Баймуратовна Ахмеджанова. Новосибирск, 2018. 19 с.
14. Ковалёва А.В., Григорьев В.А., Гераскин П.П. Последствия сокращения численности естественной популяции каспийской белуги // Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и промышленных вызовов («Опасные явления-II»). 2020. С. 391–392.
15. Гераскин П.П., Ковалева А.В., Григорьев В.А., Фирсова А.В., Яицкая М.В., Ветрова В.Ж.

Оценка физиологической подготовленности к репродуктивной функции domesticированных самок белуги и выращенных от икры в искусственных условиях // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2019. № 4. С. 95-103. DOI: 10.24143/2073-5529-2019-4-95-103.

16. Пономарева Е.Н., Гераскин П.П., Сорокина М.Н., Григорьев В.А., Ковалёва А.В. Некоторые аспекты управления репродукционной функцией у самок осетровых рыб // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2023. № 1. С. 157–170. DOI: 10.31677/2072-6724-2023-66-1-157-170.
17. Ахмеджанова А.Б., Пономарев С.В., Федоровых Ю.В., Лагуткина Л.Ю. Выращивание молоди белуги (*Huso huso*, Linnaeus, 1758) в условиях Сергиевского осетрового рыбноводного завода ФГБУ «Главрыбвод» // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса. 2020. С. 427–430.

#### References:

1. Vorobyeva O.A., Gorbenko E.V., Sergeeva S.G., Pavlyuk A.A., Khorosheltseva V.N. Osobennosti rybovodnogo osvoeniya belugi iz remontno-matochnogo stada Donskogo osetrovogo zavoda [Specific features of breeding practice of the beluga from the don sturgeon hatchery]. *Vodnye bioresursy i sreda obitaniya* [Aquatic Bioresources & Environment], 2023, vol. 6, no. 3, pp. 75–86. (In Russian). DOI: 10.47921/2619-1024\_2023\_6\_3\_75.
2. Chebanov M.S., Galich E.V., Chmyr Yu.N.. *Rukovodstvo po razvedeniyu i vyrashchivaniyu osetrovyyh ryb* [Manual on breeding and cultivation of sturgeon fish]. Moscow, Rosinformagrotekh Publ., 2004, 136 p. (In Russian).
3. Kazanskij B.N., Feklov Yu.A., Podushka S.B., Molodcov A.N. Ekspress-metod opredeleniya stepeni zrelosti gonad u proizvoditelej osetrovyyh [Express method for determining the degree of maturity of gonads in sturgeon producers]. *Rybnoe hozyajstvo* [Fisheries], 1978, no. 2, pp. 24–27. (In Russian).
4. *Sbornik instruksiy i normativno-metodicheskikh ukazaniy po promyshlennomu razvedeniyu osetrovyyh ryb v Kaspiskom i Azovskom basseynakh* [Collection of instructions and regulatory and methodological guidelines for the industrial breeding of sturgeon fish in the Caspian and Azov basins]. Moscow, VNIRO Publ., 1986, 272 p. (In Russian).
5. Russian Federation. Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation № 25 of January, 30, 2015, *Ob utverzhdenii Metodiki rascheta ob"ema dobychi (vylova) vodnykh biologicheskikh resursov, neobkhodimogo dlya obespecheniya sokhraneniya vodnykh biologicheskikh resursov i obespecheniya deyatelnosti rybovodnykh khozyaystv, pri osushchestvlenii rybolovstva v tselyakh akvakul'tury (rybovodstva)* [On approval of the Methodology for Calculating the Volume of Extraction (catch) of aquatic Biological Resources Necessary to ensure the Conservation of aquatic Biological Resources and ensure the Activities of Fish Farms when Fishing for aquaculture (Fishing)]. (In Russian). Available at: <https://docs.cntd.ru/document/420253563> (accessed 18.04.2024).
6. Trusov V.Z. Metod opredeleniya stepeni zrelosti polovyh zhelez samok osetrovyyh [Method for determining maturity of sex glands of female sturgeons]. *Rybnoe hozyajstvo*, [Fisheries], 1964, no. 1, pp. 26–28. (In Russian).
7. Persov G. M. Semennik sevryugi v period nerestovoj migracii, neresta i pokata [Sevryuga testis during the period of spawning migration, spawning and rolling]. *Trudy laboratorii osnov rybovodstva* [Proceedings of the laboratory of the basics of fish farming], 1947, vol. 1, pp. 177. (In Russian).
8. Goncharov B. F. Sinteticheskij analog lyuliberin novyj perspektivnyj stimulyator sozrevaniya polovyh produktov osetrovyyh ryb [Synthetic analogue of lyuliberin is a new promising stimulator of maturation of sexual products of sturgeon fish]. *Doklady Akademii nauk SSSR* [Reports of the USSR Academy of Sciences], 1984, vol. 276, no. 4, pp. 1002–1006. (In Russian).
9. Detlaf T.A., Vasetskiy S.G., Davydova S.I. Rekomendatsii po srokam polucheniya ikry u

- osetrovykh ryb posle gipofizarnoy in"eksii [Recommendations on the timing of obtaining caviar from sturgeon fish after pituitary injection]. Moscow, Glavrybvod Publ., 1965, 14 p. (In Russian).
10. Gorbacheva L.T. *Biologicheskoe obosnovanie usovershenstvovaniya biotekhniki polucheniya i inkubacii ikry osetrovyyh ryb v usloviyakh donskih rybovodnyh zavodov. Avtoref. diss. ... kand. biol. nauk* [Biological substantiation of the improvement of biotechnics for the production and incubation of sturgeon caviar in the conditions of Don fish hatcheries. Cand. biol. sci. diss. abstr.]. Rostov-on-Don, 1974. 24 p. (In Russian).
  11. Podushka S.B. Poluchenie ikry u osetrovyykh s sokhraneniem zhizni proizvoditeley [Obtaining eggs from sturgeon with the preservation of the life of breeders]. *Nauchno-tekhnicheskiiyulleten' laboratorii Ikhtiologii INENKO* [Scientific and technical Bulletin of the Laboratory of Ichthyology INENKO]. St. Petersburg, Tema Publ., 1999, issue 2, pp. 4–19. (In Russian). (In Russian).
  12. Volovik S.P., Korpakova I.G. (eds.) *Metody rybokhozyaystvennykh i prirodookhrannykh issledovaniy v Azovo-Chernomorskom bassejne* [Methods of fisheries and environmental research in the Azov-Black Sea basin]. Krasnodar, Prosveshchenie-Yug Publ., 2005, 352 p. (In Russian).
  13. Ahmedzhanova A.B. *Sravnitel'naya ocenka morfofiziologicheskikh pokazatelej proizvoditelej osetrovyyh ryb i poluchennogo ot nih potomstva v svyazi problemoy formirovaniya produkcionnykh stad. Avtoref. diss. ... kand. biol. nauk* [Comparative assessment of morphophysiological indicators of sturgeon producers and offspring obtained from them in connection with the problem of formation of productive herds. Cand. biol. sci. diss. abstr.]. Novosibirsk, 2018, 19 p. (In Russian).
  14. Kovalyova A. V., Grigor'ev V. A., Geraskin P. P. Posledstviya sokrashcheniya chislennosti estestvennoj populyacii kaspiskoj belugi [The consequences of the decline in the natural population of the Caspian beluga]. *Zakonomernosti formirovaniya i vozdeystviya morskikh, atmosferynykh opasnykh yavleniy i katastrof na pribrezhnuyu zonu RF v usloviyakh global'nykh klimaticheskikh i industrial'nykh vyzovov («Opasnye yavleniya-II»)*. [Patterns of formation and impact of marine, atmospheric hazards and catastrophes on the coastal zone of the Russian Federation in the context of global climatic and industrial challenges (“Dangerous Phenomena-II”)], 2020, pp. 391–392. (In Russian).
  15. Geraskin P.P., Kovaleva A.V., Grigoriev V.A., Firsova A.V., Yaitskaya M.V., Vetrova V. Zh. Ocenka fiziologicheskoy podgotovlennosti k reproduktivnoy funkcii domesticirovannykh samok belugi i vyrashchennykh ot ikry v iskusstvennykh usloviyakh [Evaluation of physiological preparedness for reproductive function of domesticated beluga females and females grown from eggs in artificial conditions]. *Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe hozyajstvo* [Vestnik of astrakhan state technical university. Series: Fishing industry]. (In Russian). DOI: 10.24143/2073-5529-2019-4-95-103.
  16. Ponomareva E.N., Geraskin P.P., Sorokina M.N., Grigoriev V.A., Kovaleva A.V. Nekotorye aspekty upravleniya reprodukcionnoy funkciey u samok osetrovyyh ryb [Some aspects of the control of the reproduction function in female sturgeon fishes]. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Novosibirsk State Agrarian University], 2023, no. 1, pp. 157–170. (In Russian). DOI: 10.31677/2072-6724-2023-66-1-157-170.
  17. Ahmedzhanova A B., Ponomarev S.V., Fedorovyh Yu.V., Lagutkina, L.Yu. Vyrashchivanie molodi belugi (*Huso huso*, Linnaeus, 1758) v usloviyakh Sergievskogo osetrovogo rybovodnogo zavoda FGBU «Glavrybvod» [The cultivation of beluga (*Huso huso*, (Linnaeus, 1758)) juveniles in conditions of sergievsky sturgeon hatchery of “Glavrybvod”]. *Sostoyanie i perspektivy razvitiya agropromyshlennogo kompleksa* [The state and prospects of development of the agro-industrial complex]. 2020, pp. 427–430. (In Russian).



Сведения об авторах / Information about authors

- Сергеева  
Светлана Григорьевна** канд. биол. наук, главный специалист центра аквакультуры  
Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»)  
344002, г. Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21в  
sgs1301@yandex.ru
- Sergeyeva  
Svetlana Grigorievna Ph.D. (Biology), Chief Specialist Aquaculture Center  
Azov-Black Sea Branch of the FSBSI “VNIRO” (“AzNIIRKH”)  
344002, Rostov-on-Don, Beregovaya str., 21v  
sgs1301@yandex.ru
- Воробьева  
Ольга Андреевна** главный специалист центра аквакультуры  
Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»)  
344002, г. Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21в  
vorobievaoa@azniirkh.vniro.ru
- Vorobjeva  
Olga Andreevna Chief Specialist Aquaculture Center  
Azov-Black Sea Branch of the FSBSI “VNIRO” (“AzNIIRKH”)  
344002, Rostov-on-Don, Beregovaya str., 21v  
vorobievaoa@azniirkh.vniro.ru
- Горбенко  
Елена Викторовна** главный специалист отдела аквакультуры  
ФГБУ «Азово-Черноморское территориальное управление  
Росрыболовства»  
344002, г. Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21 в  
e.gorbenko@rostov.fish.gov.ru
- Gorbenko  
Elena Viktorovna Chief Specialist of the Aquaculture Department  
Federal State Budgetary Institution “Azov-Black Sea Territorial  
Administration of Rosrybolovstvo”  
344002, Rostov-on-Don, Beregovaya str., 21v  
e.gorbenko@rostov.fish.gov.ru
- Павлюк  
Анна Александровна** главный специалист центра аквакультуры  
Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»)  
344002, г. Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21 в  
pavlyukaa@azniirkh.vniro.ru
- Pavlyuk  
Anna Aleksandrovna Chief Specialist Aquaculture Center  
Azov-Black Sea Branch of the FSBSI “VNIRO” (“AzNIIRKH”)  
344002, Rostov-on-Don, Beregovaya str., 21v  
pavlyukaa@azniirkh.vniro.ru

УДК 591.524.11:574.47 (262.5)

Золотницкий А.П., Сытник Н.А., Михайлов В.В., Николаева А.Н.

**МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И АЛЛОМЕТРИЧЕСКИЙ РОСТ  
МИДИИ (*MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* LAMARCK) ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ НА  
КОЛЛЕКТОРАХ В КЕРЧЕНСКОМ ПРОЛИВЕ**

**Аннотация.** Исследованы особенности морфологии и аллометрического роста мидии (*Mytilus galloprovincialis* Lam.) в процессе их выращивания на коллекторах Керченского пролива. Проанализированы связи длины (L) от высоты (H) и ширины (D), а также ширины от высоты в процессе роста моллюсков. На основе имеющихся данных определены габитуальные индексы: индекс вытянутости (H/L) фронтальной (D/L) и сагиттальной длины (D/H) раковины в онтогенезе. Анализ динамики этих показателей выявил отрицательную аллометрию H/L, которая с возрастанием длины снижается, тогда как сагиттальная кривизна раковины (D/L) в онтогенезе была близка к изометрии. В то же время фронтальная кривизна раковины (D/H) с возрастом характеризуется положительной связью. Анализ весового роста разных частей тела мидии также показал тесную взаимосвязь между длиной и общей массой мидии (W), а также зависимость массы раковины ( $W_r$ ), мягких тканей ( $W_m$ ) и мантийной жидкости ( $W_{mg}$ ) от живой массы моллюска в процессе выращивания.

**Ключевые слова:** мидии, длина, высота, ширина, габитуальные параметры, масса тела, аллометрический рост.

Zolotnitsky A.P., Sytnik N.A., Mikhailov V.V., Nikolaeva A.N.

**MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION AND ALLOMETRIC GROWTH OF  
MUSSEL (*MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* LAMARCK) GROWING ON COLLECTORS  
IN THE KERCH STRAIT**

**Abstract.** The peculiarities of morphology and allometric growth of mussels (*Mytilus galloprovincialis* Lam.) in the process of their growth on the Kerch Strait collectors were investigated. The relationships of length (L) from height (H) and width (D) and width from height during mollusk growth were analyzed. On the basis of the available data, habitable indices were determined: the index of elongation (H/L) of the frontal (D/L) and sagittal length (D/H) of the shell in ontogeny. Analysis of the dynamics of these indices revealed a negative allometry of H/L, which decreases with increasing length, while the sagittal curvature of the shell (D/L) in ontogeny was close to isometry. At the same time, the frontal curvature of the shell (D/H) was characterized by a positive relationship with age. The analysis of weight growth of different parts of the mussel body also showed a close relationship between length and total mussel weight (W), as well as the dependence of the weight of the shell ( $W_r$ ), soft tissues ( $W_m$ ) and mantle fluid ( $W_{mg}$ ) on the live weight of the mollusk during the growing process.

**Keywords:** mussels, length, height, width, habitual parameters, body mass, allometric growth.

**Введение.** На протяжении многих лет моллюски являются важным источником морепродуктов и дешевым источником белка для человека. В своей естественной среде обитания они выполняют работу по фильтрации огромной массы морской воды, пропуская через популяцию особей десятки кубометров воды, её кондиционированию и перевод в агрегатное состояние взвешенное органическое вещество – ВОВ [1]. В то же время, моллюски являются важным объектом промысла и промышленного культивирования (конхиокультуры), а также важной составляющей кормовой базы многих видов морских гидробионтов [2, 3]. Кроме того, они широко используются в токсикологии [4, 5], эколого-физиологических и демэкологических исследованиях [6–12].

Одним из наиболее широко распространённых видов является средиземноморская мидия – *Mytilus galloprovincialis* Lamarck. Она широко распространена от умеренного до

субарктического побережья как Северного, так и Южного полушария и часто являются доминирующими обитателями твердых субстратов приливных и прибрежных местообитаний. В Европе этот вид встречается в Средиземном, Черном море и Азовском морях, на побережье Атлантического океана, в Португалии, севере Франции, Британских островах и Норвегии. В настоящее время по Чёрному морю существует весьма значительно количество публикаций по самым различным вопросам биоэкологии мидии [6–12 и др.]. Одним из направлений таких исследований является морфологический анализ изменчивости формы раковины у черноморских мидий [13–23 и др.]. При этом показано, что основная причина морфологического разнообразия этих моллюсков обусловлена влиянием различных экологических факторов [13].

Вместе с тем, изучение функциональной морфологии мидии до сих пор нуждается в дальнейших исследованиях. Например, в морфологических работах по южному побережью Крыма [19–22], авторами были использованы лишь мидии, размером 30 и 50 мм, что недостаточно для детального анализа формообразовательных процессов. В аналогичных работах А. Ю. Варигина [16–18], посвящённых моллюскам северо-западной части Чёрного моря, автор указывает, что удельный вес мягких тканей в разных районах был близок к массе раковины. Однако в работе А.Л. Драголи [13], исследовавшего этот вид в 10 различных акваториях, было показано, что массы сырого мяса и раковины существенно отличались и в среднем, примерно, в 3 раза наблюдалось превышение массы сырого мяса. Между тем, изменения морфологии моллюсков тесно связаны с различными функциями организма и представляют значительный интерес для анализа экологических процессов тех или иных гидробионтов.

Таким образом, морфологические исследования представляют определенный научный интерес, в частности, для понимания адаптивного характера изменения формы раковины исследуемого вида в онтогенезе и различных экологических условиях, а также имеют определенное прикладное значение, например, для конструирования технических средств при обработке и реализации выращенной продукции.

**Цель исследования** – изучить морфологическую изменчивость формы раковины и аллометрические взаимосвязи между отдельными частями тела при выращивании мидий на коллекторах в Керченском проливе.

**Материалы и методы исследования.** Работы проводились в Керченском проливе, соединяющий Черное и Азовское моря. Его протяженность с севера на юг составляет 22 мили, ширина до 9 миль, максимальная глубина – 18 м, в среднем 5–8 м. Годовой ход температуры воды в проливе характеризуется значительной амплитудой с выраженным минимумом в феврале (до  $-1$  °С) и максимумом в июле-августе – до 30 °С (средняя многолетняя соответственно равна  $+2,0$  и  $+24,2$  °С). Соленость воды в Керченском проливе колеблется от 9 до 18 ‰ и зависит от преобладающего типа течений с Черного и Азовского морей. Этот район характеризуется высокой трофической базой и весьма значительным продукционным потенциалом [24]. Поэтому он является одним из районов, используемых для промышленного выращивания мидий [9, 25].

Материалом для работы являлись пробы мидий, собранных с коллекторов Керченского пролива в 2015–2017 гг., в течение весны и осени двухгодичного выращивания. Измерение формы раковины осуществляли с помощью штангенциркуля (точность 0,1 мм), путем измерения трех осей раковины: длины (L, мм), высоты (H, мм) и ширины (толщины или выпуклости – D, мм) [26]. Длину определяли, как максимальное расстояние переднезадней оси раковины моллюска, а высоту – по дорсально-вентральной оси (перпендикулярно длине) в средней части раковины. Ширину (толщину или выпуклость) определяли по расстоянию между точками створок по латеральной оси, т.е. перпендикулярно комиссуральной плоскости.

Массу мидий – живую (общую) массу моллюска (W), массу раковины ( $W_r$ ), мягких тканей тела ( $W_m$ ) – в зависимости от размера определяли на аналитических весах с точностью до 0,01 г. Массу мантийной (межстворчатой) жидкости ( $W_{mg}$ ) определяли по

разнице между общей массой устрицы и массой раковины и мягких тканей (во избежание выхода мантийной жидкости во внешнюю среду всех моллюсков перед взвешиванием содержали в емкостях с морской водой).

Всего биологическому анализу подвергнуто 115 особей, размером 6,7–77 мм и массой 0,04–28,6 г. На основе полученных данных были рассчитаны габитуальные индексы исследуемой группы:  $H/L$  – отношение высоты к длине (индекс вытянутости),  $D/L$  – отношение ширины к длине (индекс сагиттальной кривизны) и  $D/H$  – отношение ширины к высоте (индекс фронтальной кривизны) раковины мидии [18, 26]. Для аппроксимации онтогенетических изменений использовали степенную функцию [8]:  $Y = a \cdot X^b$ , где  $X$  и  $Y$  – соответственно, независимая и зависимая переменные моллюска,  $a$  – коэффициент пропорциональности, указывающий на значение  $Y$  при  $b$  равном единице,  $b$  – коэффициент регрессии (аллометрический показатель или угловой коэффициент), указывающий на удельную скорость роста  $X$  по  $Y$ . После логарифмирования это уравнение трансформируется в линейную функцию:  $\lg Y = \lg a + b \lg X$ .

Статистическую обработку данных осуществляли по общепринятым методам, изложенным в руководстве Г.Ф. Лакина [27], электронных таблиц Excel 2010. Достоверность различия коэффициента  $b$  от 3 (в размерно-весовых) и от 1 (в размерных и весовых зависимостях) оценивали по критерию Стьюдента.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Анализ сопряженных изменений длины ( $L$ ) с высотой ( $H$ ) и шириной ( $D$ ) раковин мидий показал, что зависимость между этими переменными можно описать степенной функцией (рис. 1).

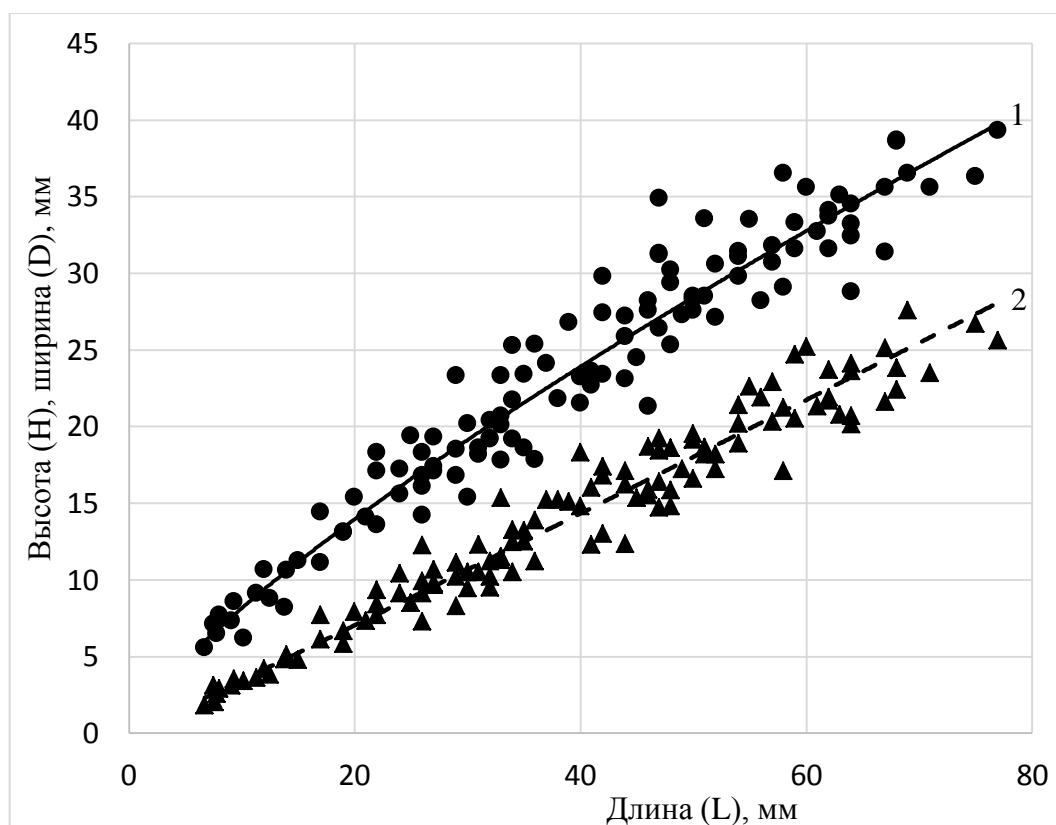


Рисунок 1 – Изменение высоты ( $H$ , 1) и ширины, ( $D$ , 2) от длины ( $L$ ) раковины мидии

Одним из наиболее важных показателей является зависимость между  $H$  и  $L$  [15, 21, 28], которая в численном виде описывается уравнением 1:

$$H = (1,22 \pm 0,059) \cdot L^{0,81 \pm 0,028}, n = 115, R^2 = 0,959 \quad (1)$$

На представленном рисунке 1 видно, что изменение  $H$  в зависимости от  $L$  происходило по принципу отрицательной аллометрии, т. е. с возрастанием длины высота раковины моллюсков уменьшается, о чём свидетельствует значение коэффициента  $b$ , равного  $0,81 \pm 0,028$ . Статистическая обработка показала, что между этим показателем и изометрией ( $b = 1$ ) различие достоверно ( $P > 0,95$ ).

В то же время зависимость ширины ( $D$ ) от длины ( $L$ ) мидии (рис. 2) в процессе роста моллюсков также описывается степенной функцией, но с другими значениями коэффициентов. В данном случае эта связь характеризуется слабо выраженной положительной аллометрией, близкой к изометрии (уравнение 2):

$$D = (0,32 \pm 0,12) \cdot L^{1,04 \pm 0,019}, n = 115, R^2 = 0,967 \quad (2)$$

Различие между степенным показателем имеющихся данных и величиной изометрии, была статистически недостоверной ( $P < 0,95$ ). Тем не менее, коэффициент регрессии раковины моллюска в этом уравнении был выше единицы, чем в уравнении (2), что указывает на достоверное различие между уравнениями (1) и (2).

Ещё одним важным показателем формы раковины является связь  $D$  с  $H$  моллюска [15, 19, 28]. Анализ зависимости между этими показателями показал, что у исследованной группы моллюсков она описывается такой же степенной функцией:

$$D = (0,24 \pm 0,014) \cdot H^{1,25 \pm 0,020}, n = 115, R^2 = 0,948 \quad (3)$$

Из приведенной функции (3) видно, что характер изменения  $D$  от  $H$  осуществляется уже на основе положительной аллометрии – с увеличением высоты мидий значения  $D$  в исследованной группе возрастали и значения углового коэффициента ( $b$ ) составляли 1,25.

На основе полученных данных были рассчитаны средние значения габитуальных параметров: индекс вытянутости –  $H/L$ , сагиттальной кривизны –  $D/L$  и фронтальной кривизны раковины –  $D/H$  в зависимости от  $L$ . Анализ имеющихся данных показал, что поведение этих переменных существенно различалось (рис. 2).

Из него видно, что, несмотря на значительную изменчивость этих показателей, индекс вытянутости ( $H/L$ ) в ходе онтогенеза устойчиво снижался, т.е. он характеризовался хорошо выраженной отрицательной аллометрией (уравнение 4).

$$H/L = 1,22 \cdot L^{-0,19 \pm 0,056}, n = 115, R^2 = 0,629 \quad (4)$$

Статистический анализ показал, что аллометрический показатель этого уравнения достоверно ( $P \leq 0,05$ ) отличался от изометрии ( $b = 1$ ). В то же время изменение фронтальной кривизны раковины  $D/L$  в зависимости от  $L$  было немногим больше нуля ( $b = 0,03$ ) и достоверно не отличалось от изометрии (уравнение 5):

$$D/L = 0,25 \cdot L^{0,04 \pm 0,064}, n = 115, R^2 = 0,027 \quad (5)$$

Следует отметить, что несколько лучший результат получается при описании этой связи полиномом 2-й степени ( $R^2$  в этом случае почти в 2 раза выше). Однако, принимая во внимание весьма незначительный коэффициент детерминации, мы сочли возможным остановиться на степенной функции.

В то же время с возрастанием длины раковины происходило увеличение индекса фронтальной кривизны раковины –  $D/H$  (уравнение 6, рис. 2):

$$D/H = 0,24 \cdot L^{0,22 \pm 0,032}, n = 115, R^2 = 0,566 \quad (6)$$

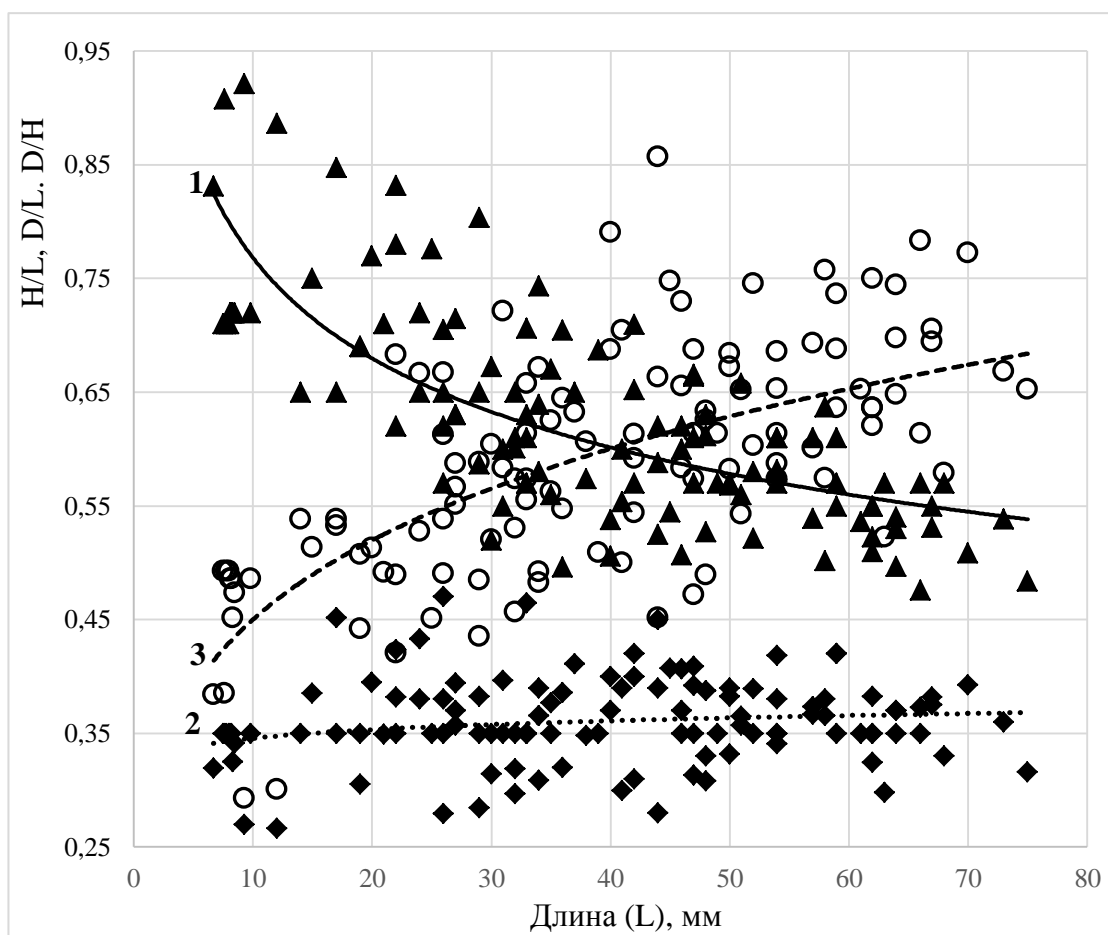


Рисунок 2 – Динамика габитуальных параметров мидий, выращиваемых на коллекторах:  
1 – H/L, 2 – D/L, 3 – D/H

Небольшое снижение коэффициента  $b$ , связанное с уравнением (6), обусловлено тем, что  $D/H$  определяется как зависимость от  $L$ , а не от  $H$ . Полученные материалы по изменению формы моллюсков Керченского пролива весьма близки к материалам А.Ю. Варигина [15], полученные им на этом виде в северо-западной части Чёрного моря.

Таким образом, несмотря на снижение  $H/L$  в онтогенезе другие морфологические показатели ( $D/L$  и  $D/H$ ) в процессе роста увеличивались. Следовательно, увеличение раковины в сагиттальной и фронтальной плоскостях приводит к возрастанию формы и являются количественной характеристикой объёма раковины мидии [30, 31].

В связи с полученными данными определённый интерес представляло определить их средние значения для их сопоставления с литературными данными. Для этого была использована методика построения бокс-плота (ящик с усами), представляющий собой графическое представление основных статистических данных исследуемых рядов (рис. 3).

Прямоугольная область (ящик) представляет собой медиану данных, которая делит значение ряда на две равные части, а крестик ( $x$ ) обозначает их среднюю величину. Нижняя и верхняя границы ящика, соответственно, представляют собой 25 и 75 % квартили. Кроме того, на бокс-плоте отражены усы, которые характеризуют минимальное и максимальное значение, которые не являются выбросами. Последние представляют собой потенциальные аномалии (или ошибки используемых данных), которые впоследствии могут быть использованы для анализа.



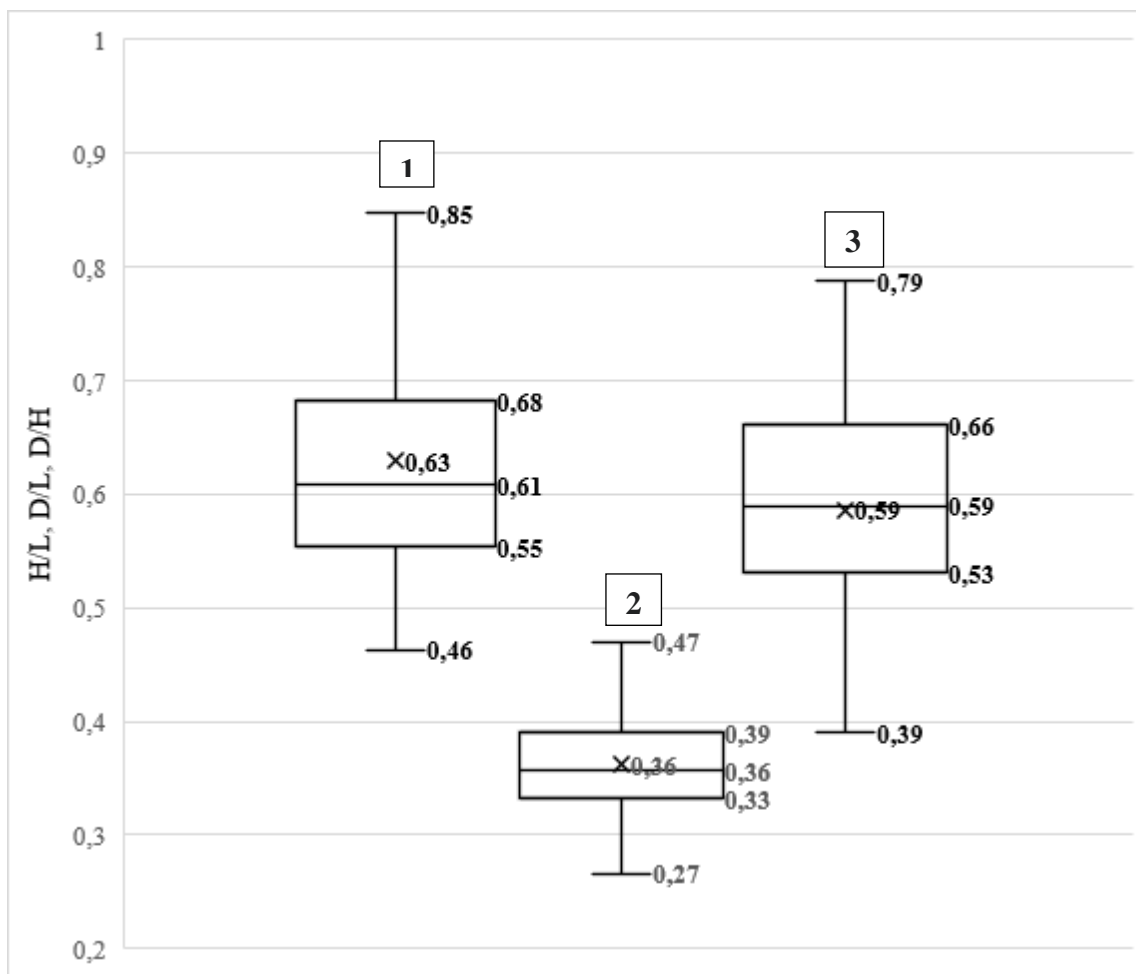


Рисунок 3 – Бокс-плот габитуальных параметров культивируемых мидий, выращиваемых на коллекторах: 1 – H/L, 2 – D/L, 3 – D/H

Было обнаружено, что указанные индексы варьируют в довольно значительных пределах, причём значения медианы и средних значений не всегда совпадали, хотя и были достаточно близки между собой. В частности, индекс вытянутости (H/L) колеблется в пределах 0,46 – 0,85, где медиана составляла 0,61, тогда как средняя арифметическая была несколько выше – 0,63. Из литературы известно, что в сравнительно незагрязненных акваториях соотношение H/L обычно не превышает 0,60 [14, 19, 31]. Однако, в условиях антропогенного пресса, например, в акваториях, загрязненных тяжёлыми металлами, у моллюсков происходит заметное увеличение выпуклости и объёма раковины [4, 14, 19]. Возможно, что некоторое увеличение H/L связано с загрязнением вод Керченского пролива, вызванного повышенным судоходством и сбросом топлива в этой акватории.

Значение сагиттальной кривизны раковины – D/L варьировало в пределах 0,27–0,47, где значение медианы составляла 0,35 (средняя – 0,36) и достоверно отличались от H/L ( $P > 0,95$ ). Это подтверждается выше полученными данными (рис. 2, уравнение 5), где коэффициент регрессии был равен +0,03 и достоверно не отличается от изометрии. Что касается фронтальной кривизны раковины – D/H, то она варьировала в пределах 0,39–0,79, где величина медианы и средней арифметической составляли 0,59.

При культивировании мидий большое значение имеет прогнозирование не только количественных показателей различных линейных размеров, но и массы отдельных частей тела целого (живого) моллюска. По этому вопросу существует большое число различных публикаций по средиземноморской мидии [7, 17, 19, 21–23, 26, 31].

Одним из наиболее широко используемых параметров большинством авторов используется связь длины (L, мм) с общей (живой) массой тела (W, г) моллюска. Это

обусловлено необходимостью решения рядов теоретических и практических вопросов – построением кривых весового роста, являющихся основой продукционных процессов в популяции, а также определением средней массы в разных размерных группах при культивировании мидий. В уравнении (7) и на рисунке 4 представлена зависимость этих переменных при выращивании мидии, которая: позволяет достаточно точно определить массу моллюсков мидии.

$$W = (2 \cdot 10^{-4} \pm 0,031) \cdot L^{2,74 \pm 0,049}, n = 115, R^2 = 0,964 \quad (7)$$

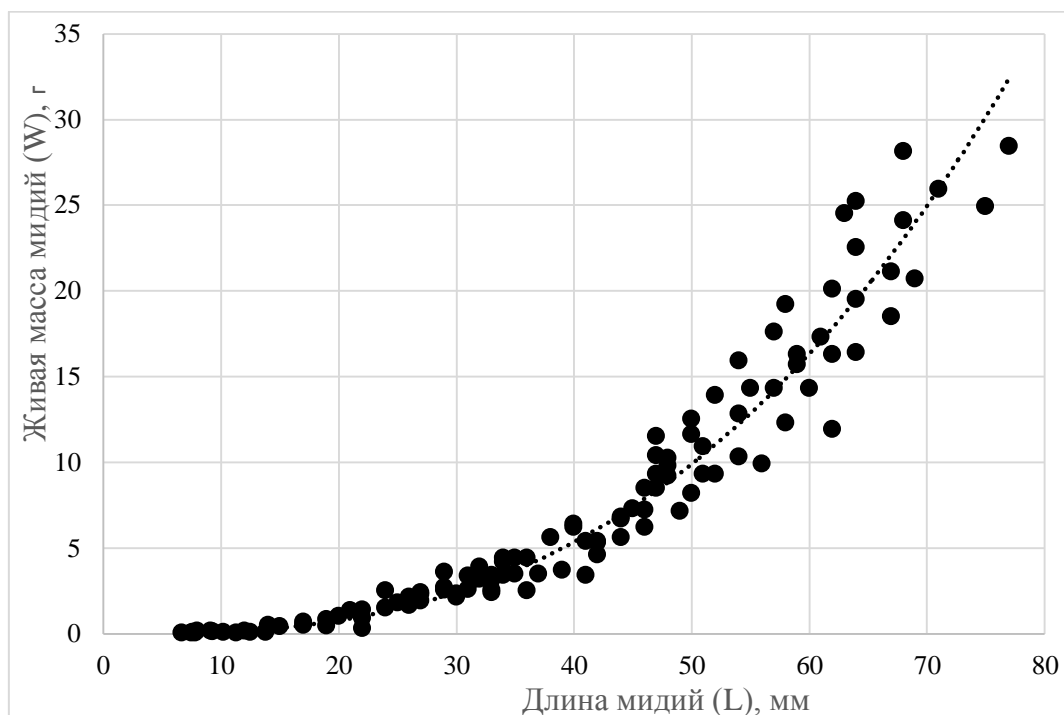


Рисунок 4 – Зависимость живой массы ( $W$ , г) от её длины ( $L$ , мм) при выращивании мидии на коллекторах

На рисунке 4 также видно, что представленная зависимость характеризуется отрицательной аллометрией, поскольку с возрастанием длины коэффициент регрессии меньше 3-х. Анализ связи длины с массой мидий других районов Чёрного моря, показал, что такая зависимость достаточно близка к другим районам Азово-Черноморского бассейна. В частности, для мидии из природных поселений района Севастополя [7] были получены следующие значения параметров:  $a = 0,142$ ,  $b = 2,77$ , тогда как в других бухтах эта связь описывается несколько иным уравнением:  $W = 0,107 \cdot L^{2,78 \pm 0,025}$  (длина представлена в см). [6]. В логарифмических координатах эта зависимость будет передаваться прямой линией с практически одинаковым коэффициентом регрессии, но расположенных на разных уровнях ординаты  $Y$ . Более детальное исследование относительного роста (в течение января – мая) показало [23], что аллометрический коэффициент варьирует от 2,622–2,876, а коэффициенты пропорциональности варьируют от 0,045 до 0,112 ( $\cdot 10^{-4}$ ), что достаточно близко к нашим данным.

Кроме связи длины с общей (живой) массой важное значение имеют и другие показатели, характеризующие удельную массу, к которым относится относительная масса раковины ( $W_r$ ), мягких тканей ( $W_m$ ) и мантийной жидкости ( $W_g$ ). (табл. 1).



Таблица 1 – Параметры связи массы отдельных частей тела ( $W_r$ ,  $W_m$ ,  $W_g$ ) от живой массы ( $W$ ) мидий ( $n = 87$  экз.)

Показатели	$a$	$S.E a$	$b$	$S.E b$	$R^2$
$W_r = f(W)$	0,416	0,041	1,028	0,019	0,971
$W_m = f(W)$	0,282	0,032	0,925	0,028	0,948
$W_{mg} = f(W)$	0,243	0,058	1,048	0,052	0,872

На ней видно, что зависимость различных частей тела от общей массы ( $W$ ) существенно изменяется и коэффициент регрессии ( $b$ ) варьировал в пределах 0,92–1,05. В то же время, сравнение связи длины с общей массой мидии (табл. 1) с аналогичным уравнением работы В.Е. Заики с соавт. [32], полученным у южного побережья Крыма показывает, что она выражается уравнением:  $W_r = 0,465 \cdot W^{1,034}$ . Принимая во внимание довольно близкие значения аллометрического показателя ( $b = 1,028$ ), коэффициент  $a$  заметно выше наших данных (табл. 1). Кроме того, в работах других авторов было показано [6], что при общей массе 2 г масса раковины варьировала в пределах 43–49 % (средняя 46 %), тогда как при увеличении массы 30 г она возросла до 54 – 56 % (средняя – 57 %). При этом использовались моллюски длиной 1,76–9,10 см и общей сырой массой 0,35–60,0 г.

Для сравнения этих материалов с нашими данными мы сочли возможным охарактеризовать медиану и средние значения исследуемых параметров с помощью указанного выше бокс-плота (рис. 5).

Данные, представленные на рисунке 5, свидетельствуют, что в проливе масса раковины составляет 44–45 % от живой массы моллюсков, что заметно меньше, чем в указанных выше акваториях Черного моря. Мы полагаем, что эти изменения обусловлены воздействием на мидию солёности и температуры воды. Например, было показано, что в опреснённых районах, где солёность заметно меньше 17–18 ‰ (к которым относится и Керченский пролив), темп роста заметно снижается. По данным М.Я. Некрасовой и В.П. Закутского [33] обнаружено, что на кальцификацию раковины мидий наиболее сильное влияние оказывает не сколько температура, как солёность и температура воды. С увеличением солёности с 12 до 16 ‰ и температуры воды с 5 до 23,5 °С темп роста мидии возрастает и наоборот.

В настоящее время этому вопросу было уделено весьма значительное внимание [34]. Было показано, что пониженная солёность в различных районах Мирового океана приводит к формированию более тонких створок моллюсков. Вероятно, что в процессе роста в Керченском проливе, при средней солёности 12–13 ‰ створки раковины моллюсков становятся более тонкими, что приводит к снижению масса раковины. В то же время с возрастом и увеличением размеров моллюска у них происходит постепенное утолщение створок раковины, о чём косвенно свидетельствует возрастание коэффициент регрессии – 1,02 (табл. 1).

Наиболее ценным сырьём моллюсков является мягкая ткань (мясо) мидий, которая относится к диетическим продуктам питания и является источником различных биологически-активных веществ – БАВ [11]. Из представленных в таблице 1 данных видно, что масса мягкой ткани может достигать 28,2 % от живого (целого) моллюска (табл. 1), однако средняя масса мягких тканей с возрастом несколько снижается и, в среднем, составляла 26 % ( $R^2 = 0,948$ ) (рис. 5).

В то же время в работе Заики с соавт. [7] было показано, что сырая масса мягких тканей составляет 22,3 %. Материалы других авторов, проводящих исследование в Севастопольских бухтах, также показали, что она варьировала в пределах 13,4–24,5 %, в среднем составляя 17,1 % от живой массы мидий [6]. Близкие к этим данные приведены турецкими учёными, которые показали, что выход сырого мяса мидий составил 20,5 % [35].

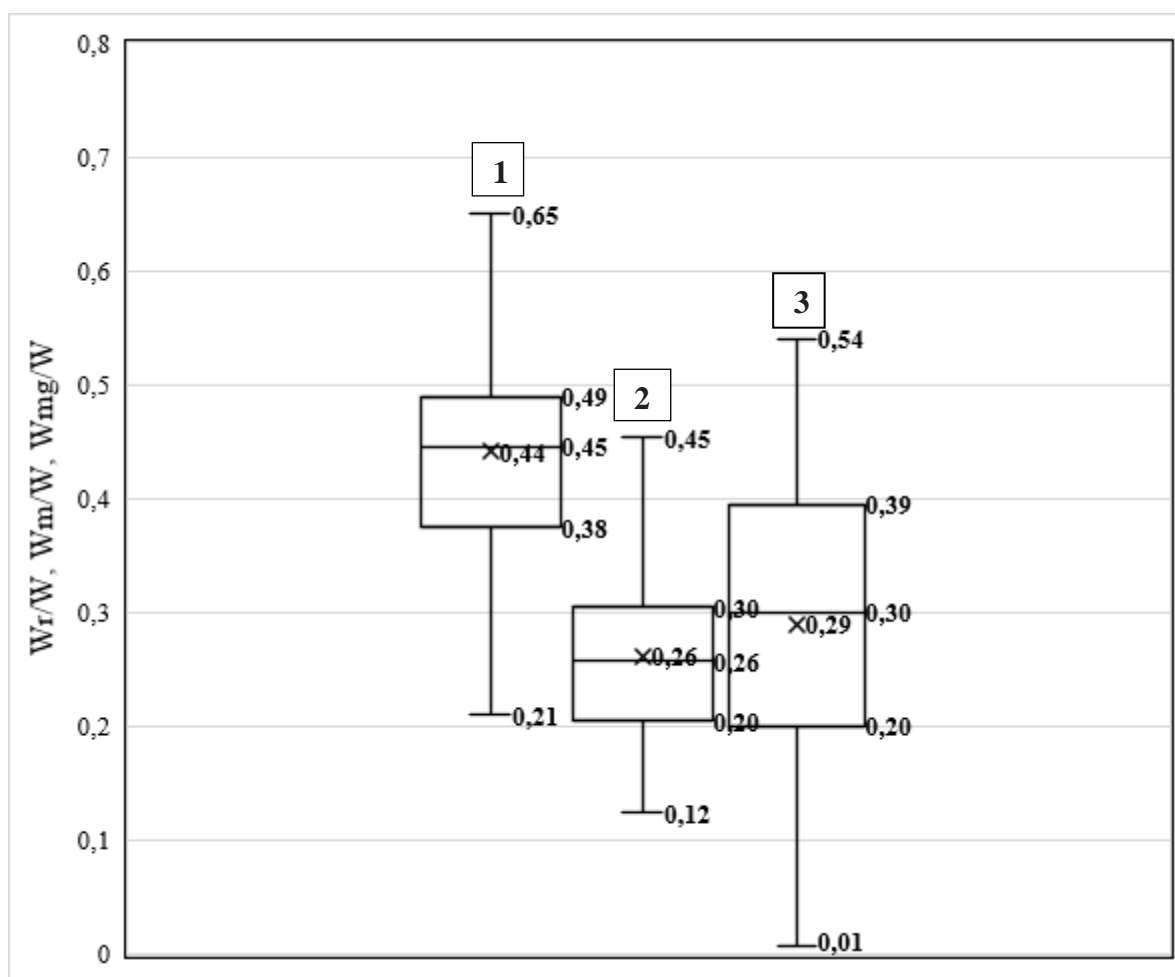


Рисунок 5 – Бокс-плот, характеризующий удельную массу разных частей тела мидий, выращиваемых на коллекторах: 1 –  $W_r/W$ , 2 –  $W_m/W$ , 3 –  $W_{mg}/W$

Таким образом, приведенные материалы показывают, что относительная масса мягких тканей мидий в Керченском проливе была заметно выше, чем в других районах Чёрного моря. В этой связи отметим, что масса мягкой ткани моллюсков в значительной степени определяется не только величиной соматических тканей, но и численностью половых клеток (гамет), формирующихся в гонадах моллюсков в разные сезоны года. В период размножения мидии выделяют в окружающую среду зрелые гонциты (яиц и сперматозоидов), причём период нереста существенно зависит от климатических условий – температуры и солёности воды и трофических условий.

Например, в южных районах Чёрного моря (южный берег Крыма, Кавказа и побережье Турции) весенний период размножения обычно начинается в марте-апреле и продолжается до июня-июля, тогда как осенний – с конца августа до декабря (хотя в отдельные годы размножение может происходить и в зимнее время).

В связи с этим, в южных районах интегральная потеря массы мягких тканей в значительной мере обусловлена частичным или полным выметом гамет мидии, который может встречаться практически на протяжении всего года. В то же время в северных районах (Азовское море, Керченский пролив, северо-западная часть Чёрного моря) потери массы в мягких тканях зимой и ранней весной, как правило, не происходит, в связи с чем их масса (в среднем) будет несколько больше, чем в южных районах моря. Имеются данные, что для черноморских мидий потери массы мягкой ткани в весенний нерестовый период могут составить до 25 %, тогда как в осенней сезон – 40 % [36].

Что касается мантийной (паллиальной) полости то, многие авторы в своих исследованиях часто не учитывали её при биологическом анализе моллюсков [15, 17].

Между тем, она представляет собой часть тела, которая тесно связана с процессами дыхания, питания, размножения и с выделением продуктов жизнедеятельности. Поэтому недоучёт этой части может существенно повлиять на морфологические показатели и влиять на соотношение различных частей тела моллюска. Как видно из таблицы 1, с возрастанием размера и массы моллюска, удельный вес мантийной жидкости также заметно увеличивался ( $b = 1,045$ ), т. е. она тесно связана с особенностями жизнедеятельности мидий.

Выше, в основном, рассматривались отдельные части тела мидий Чёрного моря. К сожалению, данные по Азовскому морю пока единичны [37], хотя с гидрологической и биоэкологической точек зрения Керченский пролив с морем тесно взаимосвязаны. Представленные указанным автором материалы по мидии (длиной от 5 до 75 мм) показали, что масса отдельных компонентов мидий довольно близка к нашим материалам, тогда как другие части тела заметно отличаются. В частности, масса мягкой ткани ( $W_m$ ) в среднем составляла 25,2 %, что весьма близко к нашим данным. В то же время  $W_f$  азовских мидий была значительно ниже – 33,7 %, тогда как масса мантийной жидкости была существенно выше наших данных – 39,1 % (рис. 5). Например, это может быть связано с многолетними изменениями материкового стока вод Азовского моря и, соответственно, с периодическими колебаниями его солёности [38], а также другими гидрометеорологическими условиями моря.

Таким образом, морфологические параметры мидии обусловлены, как генетической конституцией самого вида, так и влиянием на них экологических факторов, связанных с гидрологическим режимом и климатическими условиями этого водоёма.

**Выводы.** На основе анализа роста представлена морфологическая характеристика связи длины ( $L$ ) с высотой ( $H$ ) и шириной ( $D$ ) от длины черноморской мидии в онтогенезе. На основе этих данных определены габитуальные индексы моллюсков: индекс вытянутости ( $H/L$ ), фронтальной ( $D/L$ ) и сагиттальной ( $D/H$ ) кривизны раковины, а также величина медианы и средние значения их в онтогенезе. Показано, что с возрастанием длины моллюсков аллометрический показатель ( $b$ ) снижается и становится равным ( $-0,19$ ), тогда как относительная ширина (выпуклость) была близка к изометрии ( $0,04$ ), а ( $D/H$ ) характеризовалась положительной аллометрией ( $0,25$ ).

Исследован аллометрический рост массы отдельных частей мидии в течение процесса выращивания. Представлены материалы по аллометрии весового роста мидии: связь длины ( $L$ ) с общей массой мидии ( $W$ , г), а также зависимость массы раковины ( $W_r$ , г), мягких тканей ( $W_m$ , г) и мантийной жидкости ( $W_{mg}$ , г) от живой массы моллюска в процессе выращивания на коллекторах. Выявленные морфологические показатели и связи мидии исследуемой акватории обусловлены комплексом абиотических (температурой, солёностью и др.) и биотических факторов (плотностью, трофическими условиями биотопа и др.).

#### Список использованной литературы:

1. Воскресенский К.А. Пояс фильтраторов как биогидрологическая система // Труды Государственного океанографического института. 1948. Вып. 6. С. 55–120.
2. ФАО. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры: меры по повышению устойчивости. 2022. 31 с.
3. Золотницкий А. П., Михайлов В. В., Сытник Н.А. Морфологическая характеристика аллометрического роста триплоидов тихоокеанской устрицы (*Crassostrea gigas*, Thunberg) в северо-восточной части Черного моря // Вестник КГМТУ. 2022. № 4. С. 41–57.
4. Дехта В. А. Метод индикации и оценки техногенной нагрузки на основе системного анализа изменчивости раковины мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam. // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна: сборник научных трудов. М., 2002. С. 61–71.
5. Миронов О.Г., Кирюхина Л.Н., Алемов С.В. Санитарно-биологические аспекты экологии Севастопольских бухт в XX веке. Севастополь: ИнБЮМ НАНУ, 2003. 185 с.
6. Воробьев В. П. Мидии Чёрного моря // Труды АзЧерНИРО. 1938. Вып. 11. С. 3–30.

7. Финенко Г.А., Романова З.А., Аболмасова Г.И. Экологическая энергетика черноморской мидии // Биоэнергетика гидробионтов. Киев: Наукова думка, 1990. С. 32–71.
8. Заика В.Е., Валовая Н.А., Повчун А.С., Ревков Н.К. Митилиды Черного моря. Киев: Наукова думка, 2006. 208 с.
9. Золотницкий А.П. Биологические основы культивирования промысловых двустворчатых моллюсков (*Bivalvia*, *Mytiliformes*) в Чёрном море: дисс. ... д-ра биол. наук: 03.00.17 / Александр Петрович Золотницкий. К., 2004. 408 с.
10. Иванов В.Н., Холодов В.И., Сеничева М.И., Пиркова А.В., Булатов К.В. Биология культивируемых мидий. К.: Наукова думка, 1989. 97 с.
11. Марикультура мидий на Чёрном море / Ред. В.Н. Иванов; НАН Украины, ИНБИОМ НАНУ им. А.О. Ковалевского. Севастополь: НПЦ ЭКОСИ-Гидрофизика, 2007. 314 с.
12. Шурова Н.М. Структурно-функциональная организация популяции мидий *Mytilus galloprovincialis* Чёрного моря. К.: Наукова думка, 2013. 209 с.
13. Драголи А.Л. К вопросу о взаимосвязи между вариациями черноморской мидии (*Mytilus galloprovincialis* Lam.) // Распределение бентоса и биология донных животных в южных морях. К.: Наукова думка, 1966. С. 3–15.
14. Дехта В.А. Содержание химических элементов в раковинах и изменчивость их формы у мидий *Mytilus galloprovincialis* прибрежной зоны Черного моря // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна: сборник научных трудов. Ростов н/Д: АзНИИРХ, 1998. С. 312–319.
15. Варигин А.Ю. Изменение формы раковины черноморской мидии в процессе адаптации к условиям среды обитания // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. 2003. № 9. С. 277–283.
16. Варигин А.Ю. Рост мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam. в донных поселениях северо-западной части Черного моря: автореф. дисс... канд. биол. наук: 03.00.17 / Александр Юрьевич Варигин. Севастополь, 2006. 23 с.
17. Варигин А.Ю. Возрастная изменчивость отношения массы мягких тканей и массы раковины к общей массе у черноморских мидий // Житомирський державний педагогічний університет імені Івана Франка. 2002. Вып. 10. С. 66–67.
18. Варигин А.Ю. Экологическая изменчивость параметров аллометрии раковины черноморской мидии в северо-западной части моря // Морской экологический журнал. 2020. № 1. С. 34–38.
19. Челядина Н.С. Морфологические, биохимические и химические характеристики мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam., культивируемой в Чёрном море: дисс. ...канд. биол. наук: 03.02.10 / Наталья Станиславовна Челядина. Севастополь, 2014. 142 с.
20. Челядина Н.С., Смирнов Л.Л. Вариабельность морфометрических показателей и содержания меди в раковинах коллекторных *Mytilus galloprovincialis* Lam. // Экология моря. 2009. Вып. 78. С. 90–94.
21. Челядина Н.С., Попов М.А. Сравнительный анализ морфометрических характеристик мидии *Mytilus galloprovincialis* из различных районов обитания (Крым, Чёрное море) // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2018. № 2. С. 264–269.
22. Chelyadina N.S., Popov M.A., Kapranov S.V. Morphometric characteristics, sex structure, and gonadal ripening of *Mytilus galloprovincialis* Lam. cultivated in Lake Donuzlav (northwestern Crimea, Black Sea) // Aquaculture International. 2022. Vol. 31. № 1. P. 103–116.
23. Холодов В.И., Пиркова А.В., Ладыгина Л.В. Выращивание мидий и устриц в Чёрном море. Воронеж: ООО «ИЗДАТ-ПРИНТ», 2017. 508 с.
24. Ломакин П.Д., Спиридонова Е.О. Природные и антропогенные изменения в полях важнейших абиотических элементов экологического комплекса Керченского пролива в течение двух последних десятилетий // Морской гидрофизический институт НАН Украины. 2010. 118 с.
25. Вижевский В.И. Биологические основы промышленного культивирования мидии (*Mytilus galloprovincialis* Lam) в различных районах Чёрного моря: автореф. дисс. ...



- канд. биол. наук. 03.00.17 / Виктор Игоревич Вижевский. Владивосток, 1990. 22 с.
26. Методы изучения двустворчатых моллюсков / Ред. Г.Л. Шкорбатов, Я.И. Старобогатов // Зоологический институт АН СССР. 1990. 209 с.
  27. *Лакин Г. Ф.* Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 343 с.
  28. *Горбунова Т.Л., Башарова М.П., Матова Н.И.* Морфометрические характеристики черноморских мидий *Mytilus galloprovincialis* Lam. как биоиндикатор антропогенного воздействия на прибрежные биоценозы Черного моря на территориях рекреационно-туристской специализации // Амурский зоологический журнал. 2022. Т. 14. № 3. С. 516–530.
  29. *Живоглядова Л.А., Ревков Н.К., Гуськова О.С., Шкоркин Р.А., Хренкин Д.В.* Особенности аллометрического роста двустворчатого моллюска-вселенца *Corbicula fluminea* (Bivalvia: Cyrenidae) из бассейна реки Дон // *Ruthenica: Русский малакологичный журнал.* 2023. Т. 33. №. 4. С. 167–174. URL: <https://www.biotaxa.org/Ruthenica/article/view/83639> (дата обращения: 10.02.2024).
  30. *Ревков Н.К., Пиркова А.В., Тимофеев В.А., Ладыгина Л.В., Щуров С.В.* Рост и морфометрические особенности гребешка *Flexorecten glaber* (Bivalvia: Pectinidae) при садковом выращивании у берегов Крыма (Чёрное море) // *Ruthenica: Русский малакологичный журнал.* 2021. Т. 31. №. 3. С. 127–138.
  31. *Мачкевский В.К., Попов М.А., Ковригина Н.П., Лозовский В.Л., Козинцев А.Ф.* Изменчивость параметров популяций мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam. и ее эндосимбионтов в районе балаклавской бухты // *Экология моря.* Т. 50. С. 417–428.
  32. *Заика В.Е.* Аллометрия раковины двустворчатых моллюсков // *Морской экологический журнал.* 2004. Т. 3 (1). С.47–49.
  33. *Некрасова М.Я., Закутский В.П.* Биоценоз мидии (*Mytilus galloprovincialis* Lam.) в Азовском море // *Промысловые моллюски и их роль в экосистемах.* Л.: Зоологический институт АН СССР. 1979. С. 91–93.
  34. *Clark M. S., Peck L. S., Arivalagan J. et al.* Deciphering mollusc shell production: the roles of genetic mechanisms through to ecology, aquaculture and biomimetics // *Biological Review.* 2020. P. 26. DOI: 10.1111/brv.12640.
  35. *Karayücel S., Çelik M. Y., Karayücel İ., Gökhan E.* Growth and Production of Raft Cultivated Mediterranean Mussel (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) in Sinop, Black Sea // *Turk. J. of Fish. and Aquatic Sciences.* 2010. Vol. 10. P. 9–17.
  36. *Пиркова А. В., Ладыгина Л. В., Щуров С. В.* Формирование поселений мидий *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) на коллекторах фермы в бухте Ласпи в зависимости от экологических факторов // *Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. Серия: Биология. Химия.* 2019. Т. 5 (71). № 1. С. 92–106.
  37. *Спичак С.К.* Биологические аспекты выращивания мидий в Азовском море // *Гидробиологический журнал.* 1980. Т. 16. № 2. С. 57–53.
  38. *Жукова С.В., Мирзоян А.В., Шишкин В.М., Подмарева Т.И., Лутынская Л.А., Тарадина Е.А., Бурлачко Д.С., Карманов В.Г.* Возможные сценарии формирования материкового стока и солёности вод Азовского моря с учетом современных и перспективных тенденций изменения климата // *Водные биоресурсы и среда обитания.* 2023. Т. 6. № 4. С. 7–30.

#### References:

1. Voskresensky K.A. Poyas fil'tratorov kak biogidrologicheskaya sistema [Belt of filter feeders as a biohydrological system]. *Trudy Gosudarstvennogo okeanograficheskogo instituta* [Proceedings of the State Oceanographic Institute], 1948, vol. 6, pp. 55-120. (In Russian).
2. FAO. Sostoyanie mirovogo rybolovstva i akvakul'tury: mery po povysheniyu ustojchivosti [The State of World Fisheries and Aquaculture: Actions to Improve Sustainability], 2022, 31 p. (In Russian).
3. Zolotnitsky A.P., Mikhailov V.V., Sytnik N.A. Morfologicheskaya harakteristika

- allometricheskogo rosta triploidov tihookeanskoj ustricy (*Crassostrea gigas*, Thunberg) v severo-vostochnoj chasti Chernogo morya [Morphological characterization of allometric growth of triploids of the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*, Thunberg) in the northeastern part of the Black Sea]. *Vestnik KGMTU* [Bulletin of KSMTU], 2022, no. 4. pp. 41-57. (In Russian).
4. Dekhta V. A. Metod indicacii i ocenki tekhnogennoj nagruzki na osnove sistemnogo analiza izmenchivosti rakoviny midii *Mytilus galloprovincialis* Lam. [Method for indicating and assessing technogenic load based on a system analysis of the variability of the shell of the mussel *Mytilus galloprovincialis* Lam.]. *Sbornik nauchnyh trudov «Osnovnye problemy rybnogo hozyajstva i ohrany rybohozyajstvennyh vodoemov Azovo-Chernomorskogo bassejna»* [Collection of scientific papers “Main problems of fisheries and protection of fishery reservoirs of the Azov-Black Sea basin”]. Moscow, 2002, pp. 61-71. (In Russian).
  5. Mironov O.G., Kiryuhina L.N., Alemov S.V. Sanitarno-biologicheskie aspekty ekologii Sevastopol'skih buht v XX veke [Sanitary and biological aspects of the ecology of Sevastopol bays in the 20th century]. Sevastopol, InBSS NAS of Ukraine Publ., 2003, 185 p. (In Russian).
  6. Vorobyev V.P. Midii Chyornogo morya [Mussels of the Black Sea]. *Trudy AzCherNIRO* [Proceedings of AzCherNIRO], 1938, V. 11, pp. 3-30. (In Russian).
  7. Finenko G.A., Romanova Z.A., Abolmasova G.I. Ekologicheskaya energetika chernomorskoj midii [Ecological energetics of the Black Sea mussel]. *Bioenergetika gidrobiontov* [Bioenergetics of hydrobionts]. Kiev, Naukova Dumka Publ., 1990, pp. 32-71. (In Russian).
  8. Zaika V.E., Valovaia N.A., Povchun A.S., Revkov N.K. Mitilidy Chernogo morya [Mytilids of the Black Sea]. Kiev, Naukova Dumka Publ., 2006, 208 p. (In Russian).
  9. Zolotnitsky A.P. *Biologicheskie osnovy kul'tivirovaniia promyslovykh dvustvorchatykh molliuskov (Bivalvia, Mytiliformes) v Chernom more. Diss. dokt. biol. nauk* [Biological basis for the cultivation of commercial bivalve mollusks (*Bivalvia, Mytiliformes*) in the Black Sea. Dr. biol. sci. diss.]. Kiev, 2004, 408 p. (In Russian).
  10. Ivanov V.N., Kholodov V.I., Senicheva M.I., Pirkova A.V., Bulatov K.V. *Biologiia kul'tiviruemykh midii* [Biology of cultivated mussels]. Kiev, Naukova Dumka Publ., 1989, 97 p. (In Russian).
  11. Ivanov V.N. (ed.) *Marikul'tura midii na Chernom more* [Mariculture of mussels in the Black Sea]. Sevastopol, EKOSI-Gidrofizika Publ., 2007, 314 p. (In Russian).
  12. Shurova N.M. *Strukturno-funktsional'naia organizatsiia populiatsii midii Mytilus galloprovincialis Chernogo morya* [Structural and functional organization of the mussel population *Mytilus galloprovincialis* of the Black Sea]. Kiev, Naukova Dumka Publ., 2013, 209 p. (In Russian).
  13. Dragoli A.L. *K voprosu o vzaimosviasi mezhdu variatsiiami chernomorskoj midii (Mytilus galloprovincialis Lam.)* [On the question of the relationship between variations of the Black Sea mussel (*Mytilus galloprovincialis* Lam.)]. *Raspredelenie bentosa i biologiia donnykh zivotnykh v iuzhnykh moriakh* [Distribution of benthos and biology of bottom animals in the southern seas]. Kiev, Naukova Dumka Publ., 1966, pp. 3-15. (In Russian).
  14. Dekhta V.A. *Soderzhanie khimicheskikh elementov v rakovinakh i izmenchivost' ikh formy u midii Mytilus galloprovincialis pribrezhnoi zony Chernogo morya* [The content of chemical elements in shells and the variability of their shape in the mussels *Mytilus galloprovincialis* of the coastal zone of the Black Sea]. *Sbornik nauchnyh trudov «Osnovnye problemy rybnogo khoziaistva i ohrany rybokhoziaistvennykh vodoemov Azovo-Chernomorskogo basseina»* [Collection of scientific papers “Basic problems of fisheries and protection of fishery reservoirs of the Azov-Black Sea basin”]. Rostov-on-Don, AzNIIRKh Publ., 1998, pp. 312-319. (In Russian).
  15. Varigin A.Yu. *Izmenenie formy rakoviny chernomorskoj midii v protsesse adaptatsii k usloviyam sredy obitaniia* [Change in the shape of the Black Sea mussel shell in the process of adaptation to environmental conditions]. *Ekologicheskaiia bezopasnost' pribrezhnoi i shel'fovoi zon i kompleksnoe ispol'zovanie resursov shel'fa* [Ecological safety of coastal and shelf zones and integrated use of shelf resources], 2003, vol. 9, pp. 277-283. (In Russian).

16. Varigin A.Yu. Rost midii *Mytilus galloprovincialis* Lam. v donnykh poseleniakh severo-zapadnoi chasti Chernogo moria. Avtoref. diss. ... kand. biol. nauk [Growth of the mussel *Mytilus galloprovincialis* Lam. in bottom settlements of the northwestern part of the Black Sea. Cand. biol. sci. diss. abstr.]. Sevastopol, 2006, 23 p. (In Russian).
17. Varigin A.Yu. Vozrastnaia izmenchivost' otnosheniia massy miagkikh tkanei i massy rakoviny k obshchei masse u chernomorskikh midii [Age-related variability in the ratio of soft tissue mass and shell mass to total mass in Black Sea mussels] *Zhitomirs'kii derzhavnii pedagogichnii universitet imeni Ivana Franka* [Zhytomyr State Pedagogical University named after Ivan Franko], 2002, vol. 10, pp. 66-67. (In Russian).
18. Varigin A.Yu. Ekologicheskaiia izmenchivost' parametrov allometrii rakoviny chernomorskoi midii v severo-zapadnoi chasti moria [Ecological variability of allometric parameters of the Black Sea mussel shell in the northwestern part of the sea]. *Morskoi ekologicheskii zhurnal* [Marine Ecological Journal], 2020, vol. 1, pp. 34-38. (In Russian).
19. Cheliadina N.S. Morfologicheskie, biokhimicheskie i khimicheskie kharakteristiki midii *Mytilus galloprovincialis* Lam., kul'tiviruemoi v Chernom more: diss. ... kand. biol. nauk [Morphological, biochemical and chemical characteristics of the mussel *Mytilus galloprovincialis* Lam., cultivated in the Black Sea. Cand. biol. sci. diss. abstr.]. Sevastopol, 2009, 20 p. (In Russian).
20. Cheliadina N.S., Smirnov L.L. Variabel'nost' morfometricheskikh pokazatelei i sodержaniia medi v rakovinakh kollektornykh *Mytilus galloprovincialis* Lam. [Variability of morphometric parameters and copper content in the shells of the collector *Mytilus galloprovincialis* Lam.]. *Ekologiya moria* [Ecology of the sea], 2009, vol. 78, pp. 90-94. (In Russian).
21. Cheliadina N.S., Popov M.A. Sravnitel'nyi analiz morfometricheskikh kharakteristik midii *Mytilus galloprovincialis* iz razlichnykh raionov obitaniia (Krym, Chernoe more) [Comparative analysis of the morphometric characteristics of the mussel *Mytilus galloprovincialis* from different habitat areas (Crimea, Black Sea)]. *Vestnik VGU* [Vestnik VSU], 2018, vol. 2, pp. 264-269. (In Russian).
22. Chelyadina N.S., Popov M.A., Kapranov S.V. Morphometric characteristics, sex structure, and gonadal ripening of *Mytilus galloprovincialis* Lam. cultivated in Lake Donuzlav (northwestern Crimea, Black Sea) [Morphometric characteristics, sex structure, and gonadal ripening of *Mytilus galloprovincialis* Lam. cultivated in Lake Donuzlav (northwestern Crimea, Black Sea)]. *Aquaculture International* [Aquaculture International], 2022, vol. 31, no. 1, pp. 103-116. (In English).
23. Kholodov V.I., Pirkova A.V., Ladygina L.V. Vyrashchivanie midii i ustrits v Chernom more [Growing mussels and oysters in the Black Sea]. Voronezh, IZDAT-PRINT LLC Publ., 2017, 508 p. (In Russian).
24. Lomakin P.D., Spiridonova E.O. Prirodnye i antropogennye izmeneniia v poliakh vazhneishikh abioticheskikh elementov ekologicheskogo kompleksa Kerchenskogo proliva v techenie dvukh poslednykh desiatiletii [Natural and anthropogenic changes in the fields of the most important abiotic elements of the ecological complex of the Kerch Strait over the past two decades]. *Morskoi gidrofizicheskii institut NAN Ukrainy* [Marine Hydrophysical Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine], 2010, 118 p. (In Russian).
25. Vizhevskii V.I. Biologicheskie osnovy promyshlennogo kul'tivirovaniia midii (*Mytilus galloprovincialis* Lam) v razlichnykh raionakh Chernogo moria. Avtoref. diss. ... kand. biol. nauk [Biological basis of industrial cultivation of mussels (*Mytilus galloprovincialis* Lam) in various areas of the Black Sea. Cand. biol. sci. diss. abstr.]. Vladivostok, 1990, 22 p. (In Russian).
26. Shkorbatov G.L., Starobogatov Ya.I. (eds.) Metody izucheniia dvustvorchatykh molliuskov [Methods for studying bivalves]. *Zoologicheskii institut AN SSSR* [Zoological Institute of the USSR Academy of Sciences], 1990, 209 p. (In Russian).
27. Lakin G.F. *Biometriia* [Biometrics]. Moscow, Vysshiaia shkola Publ., 1990, 343 p. (In Russian).

28. Gorbunova T.L., Basharova M.P., Matova N.I. Morfometricheskie kharakteristiki chernomorskikh midii *Mytilus galloprovincialis* Lam. kak bioindikator antropogennogo vozdviivii na pribrezhnye biotsenozy Chernogo moria na territoriiakh rekreatsionno-turistskoi spetsializatsii [Morphometric characteristics of the Black Sea mussels *Mytilus galloprovincialis* Lam. as a bioindicator of anthropogenic impact on coastal biocenoses of the Black Sea in areas of recreational and tourist specialization]. *Amurskii zoologicheskii zhurnal* [Amur Zoological Journal], 2022, vol. 14, no. 3, pp. 516-530. (In Russian).
29. Zhivogliadova L.A., Revkov N.K., Gus'kova O.S., Shkorkin R.A., Khrenkin D.V. Osobennosti allometricheskogo rosta dvustvorchatogo molliuska-vselentsa *Corbicula fluminea* (Bivalvia: Cyrenidae) iz basseina reki Don [Features of allometric growth of the invasive bivalve mollusk *Corbicula fluminea* (Bivalvia: Cyrenidae) from the Don River basin]. *Ruthenica: Russkii malakologichnyi zhurnal* [Ruthenica], 2023, vol. 33, no. 4, pp. 167-174. (In Russian). Available at: <https://www.biotaxa.org/Ruthenica/article/view/83639> (accessed 10.02.2024).
30. Revkov N.K., Pirkova A.V., Timofeev V.A., Ladygina L.V., Shchurov S.V. Rost i morfometricheskie osobennosti grebeshka *Flexopecten glaber* (Bivalvia: Pectinidae) pri sadkovom vyrashchivanii u beregov Kryma (Chernoe more) [Growth and morphometric characteristics of the scallop *Flexopecten glaber* (Bivalvia: Pectinidae) during cage culture off the coast of Crimea (Black Sea)]. *Ruthenica: Russkii malakologichnyi zhurnal* [Ruthenica], 2021, vol. 31, no. 3, pp. 127-138. (In Russian).
31. Machkevskii V.K., Popov M.A., Kovrigina N.P., Lozovskii V.L., Kozintsev A.F. Izmenchivost' parametrov populiatsii midii *Mytilus galloprovincialis* Lam. i ee endosimbiontov v raione balaklavskoi bukhty [Variability of parameters of populations of the mussel *Mytilus galloprovincialis* Lam. and its endosymbionts in the area of Balaklava Bay]. *Ekologiya moria* [Ecology of the sea], vol. 50, pp. 417-428. (In Russian).
32. Zaika V.E. Allometriia rakoviny dvustvorchatykh molliuskov [Allometry of bivalve shells]. *Morskoi ekologicheskii zhurnal* [Marine Ecological Journal], 2004, vol. 3 (1), pp. 47-49. (In Russian).
33. Nekrasova M.Ya., Zakutskii V.P. Biotsenoz midii (*Mytilus galloprovincialis* Lam.) v Azovskom more [Biocenosis of mussels (*Mytilus galloprovincialis* Lam.) in the Sea of Azov]. *Promyslovye molliuski i ikh rol' v ekosistemakh* [Commercial mollusks and their role in ecosystems]. Leningrad, Zoological Institute of the USSR Academy of Sciences Publ., 1979, pp. 91-93. (In Russian).
34. Clark M.S., Peck L.S., Arivalagan J. et al. Deciphering mollusc shell production: the roles of genetic mechanisms through ecology, aquaculture and biomimetics. *Biological Review*, 2020, 26 p. (In English). DOI: 10.1111/brv.12640.
35. Karayücel S., Çelik M. Y., Karayücel İ., Gökhan E. Growth and Production of Raft Cultivated Mediterranean Mussel (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) in Sinop, Black Sea. *Turk. J. of Fish. and Aquatic Sciences*, 2010, vol. 10, pp. 9-17. (In Russian).
36. Pirkova A.V., Ladygina L.V., Shchurov S.V. Formirovanie poselenii midii *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) na kollektorakh fermy v bukhte Laspi v zavisimosti ot ekologicheskikh faktorov [Formation of settlements of the mussels *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) on the collectors of a farm in Laspi Bay depending on environmental factors]. *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta im. V. I. Vernadskogo. Seriya: Biologiya. Himiya* [Scientific notes of the V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Series: Biology. Chemistry], 2019, vol. 5 (71), no. 1, pp. 92-106. (In Russian).
37. Spichak S.K. Biologicheskie aspekty vyrashchivaniia midii v Azovskom more [Biological aspects of growing mussels in the Azov Sea]. *Gidrobiologicheskii zhurnal* [Hydrobiological Journal], 1980, vol. 16, no. 2, pp. 57-53. (In Russian).
38. Zhukova S.V., Mirzoian A.V., Shishkin V.M., Podmareva T.I., Lutynskaia L.A., Taradina E.A., Burlachko D.S., Karmanov V.G. Vozmozhnye stsennarii formirovaniia materikovogo stoka i solenosti vod Azovskogo moria s uchetom sovremennykh i perspektivnykh tendentsii izmeneniia klimata [Possible scenarios for the formation of continental runoff and water



salinity in the Azov Sea, taking into account current and future trends in climate change].  
*Vodnye bioresursy i sreda obitaniia* [Water bioresources and habitat], 2023, vol. 6, no. 4, pp.  
7–30. (In Russian).

Сведения об авторах / Information about authors

- Золотницкий Александр Петрович** д-р биол. наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории марикультуры Керченское отделение Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ») 298300, Республика Крым, г. Керчь, ул. Свердлова, 2 zap6@mail.ru
- Zolotnitsky Alexander Petrovich Dr. Sci. (Biol.), Professor, Chief Researcher of the Laboratory of Mariculture Kerch department of the Azov-Black Sea branch of FSBIU “VNIRO” (“AzNIIRKh”) 298300, Republic of Crimea, Kerch, Sverdlova str., 2 zap6@mail.ru
- Сытник Наталья Александровна** канд. биол. наук, доцент, заведующий кафедрой экологии моря Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 amtek-kerch@mail.ru
- Sytnik Natalya Aleksandrovna Ph.D. (Biol.), Associate Professor, Head of the Department of marine ecology Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82 amtek-kerch@mail.ru
- Михайлов Владимир Владимирович** Главный специалист лаборатории марикультуры Керченское отделение Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ») 298300, Республика Крым, г. Керчь, ул. Свердлова, 2 vladmih06@mail.ru
- Mikhailov Vladimir Vladimirovich Leading Specialist of the Laboratory of Mariculture, Kerch department Azov-Black Sea branch of “VNIRO” (“AzNIIRKh”) Republic of Crimea, 298300, Kerch, Sverdlova str., 2 vladmih06@mail.ru
- Николаева Анастасия Николаевна** студент направления подготовки «Экология и природопользование» Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 nastasya.nikolayeva.03@bk.ru
- Nikolaeva Anastasia Nikolaevna student of the of the training direction “Ecology and nature management” Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82 nastasya.nikolayeva.03@bk.ru

УДК 639.3.091

Никифоров-Никишин Д.Л., Гаврилин К.В., Кочетков Н.И., Головачева Н.А.  
**РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МОДЕЛИ АЭРОМОНОЗА РЫБ С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕСТ-ОБЪЕКТА *DANIO RERIO***

**Аннотация.** В работе рассмотрено течение острого и хронического аэромоноза на модельном организме – *Danio rerio*. Острая форма заболевания была вызвана внутривентральной инъекцией культурой *Aeromonas hydrophila*, а хроническая – добавлением высокого титра бактерий в водную среду. По результатам гистологических исследований были выявлены значительные различия, как степени поражений органов, так и в общем течении болезни. При острой форме заболевания ключевые изменения органов, приводящие к гибели, наблюдались в сердце, почках и поджелудочной железе. Хроническое течение сопровождалось нарушениями в почках и поджелудочной железе и приводило к меньшей гибели рыб (22,5%). Проведенные исследования позволяют рекомендовать *Danio rerio*, как лабораторный объект для тестирования противобактериальных, пробиотических и других препаратов, при искусственном заражении инфекционным агентом.

**Ключевые слова:** аэромоноз, гистология, *Danio rerio*, гистопатология, липополисахарид.

Nikiforov-Nikishin D.L., Gavrilin K.V., Kochetkov N.I., Golovacheva N.A.  
**DEVELOPMENT OF AN EXPERIMENTAL MODEL OF FISH AEROMONOSIS USING  
DANIO RERIO TEST OBJECT**

**Abstract.** The work examines the course of acute and chronic aeromonosis on a model organism – *Danio rerio*. The acute form of the disease was caused by intraperitoneal injection of a culture of *Aeromonas hydrophila*, and the chronic form was caused by the addition of a high titer of bacteria to the aquatic environment. The results of histological studies revealed significant differences in both the degree of organ damage and the general course of the disease. In the acute form of the disease, key organ changes leading to death were observed in the heart, kidneys and pancreas. The chronic course was accompanied by disorders in the kidneys and pancreas and led to less fish mortality (22.5%). The conducted studies allow us to recommend *Danio rerio* as a laboratory object for testing antibacterial, probiotic and other drugs in case of artificial infection with an infectious agent.

**Keywords:** aeromonosis, histology, *Danio rerio*, histopathology, lipopolysaccharide.

**Введение.** К настоящему моменту аэромоноз рыб продолжает оставаться одним из наиболее распространенных в отечественной аквакультуре инфекционных заболеваний рыб [1]. В связи с чем возникают вопросы, связанные с необходимостью контроля данного заболевания. В первую очередь, речь идет о необходимости тестирования различных химиотерапевтических, иммунобиологических и иммуностимулирующих препаратов [2].

Для этих целей необходима адекватная лабораторная модель, позволяющая проводить исследования в стандартизованных условиях, необходимых для получения достоверной и доказательной научной информации [3]. Данная информация, в свою очередь, может быть обработана методами медико-биологической статистики. Таким образом, на стадию дорогостоящих доклинических и клинических исследований будут выходить наиболее перспективные средства контроля заболевания.

Одним из важнейших тест – объектов для общих биологических и биомедицинских исследований является рыба вида *Danio rerio*. Данный вид обладает целым рядом преимуществ, в нашем случае, наиболее важным из них является небольшой размер животного, изученность физиологии и анатомии, а также гистологического строения тканей [4]. Это позволяет при помощи стандартизованных гистопатологических процедур получать препараты, отражающие состояние всех тканей и клеток организма рыбы.

**Целью** данного исследования являлось выявить и охарактеризовать клинические, патологоанатомические и гистопатологические изменения при модельном заражении рыб аэромоназом инъекционным и контактным путем, приводящих к развитию острой и хронической формы инфекции, соответственно. После сопоставления полученных результатов с литературными данными оценить адекватность предлагаемой лабораторной модели и сделать предварительные выводы о ее пригодности для вышеуказанных целей.

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

##### *Объект исследования*

В качестве тест-объекта использовался данио *Danio rerio* дикого типа, возрастом 4 месяца, средней массой  $221 \pm 15$  мг, длиной  $2,21 \pm 0,22$  см. При проведении эксперимента рыб содержали в стеклянных прямоугольных аквариумах объемом 20 л, где была обеспечена аэрация и фильтрация воды. Кормление осуществляли кормом Tetra Min Flakes XL (Melle, Germany). Температура ( $24 \text{ }^\circ\text{C}$ ), режим освещенности (12:12 ч) и гидрохимические параметры (pH  $7,5 \pm 0,2$ ;  $\text{O}_2$   $8 \pm 0,2$ ;  $\text{NH}_4 < 0,05$ ;  $\text{NO}_2$   $0,13 \pm 0,01$ ;  $\text{NO}_3$   $3,2 \pm 0,6$ ) в опытных аквариумах на начало острого опыта соответствовали аквариумам содержания. Все манипуляции с рыбой проходили с соблюдением правил биоэтических рекомендаций, описанных в руководстве по уходу и использованию лабораторных животных (англ. Guide for the Care and Use of Laboratory Animals) [5].

##### *Выделение *Aeromonas hydrophila* и схема исследования*

Для создания модели экспериментального аэромоназа использовали, выделенный из воды установки замкнутого водообеспечения штамм подвижной аэромонады, идентифицированный как *Aeromonas hydrophila*. Согласно общепринятой классификации аэромонад по степени их опасности для рыб [6], данный штамм был отнесен к слабовирулентным ( $\text{LD}_{50}$  при внутрибрюшинной инъекции *Cyprinus carpio* –  $10^6$  микробных тел на особь, средней массой  $50 \pm 8$  г).

Существует много литературных данных, указывающих на то, что заражение рыб контактным методом (путем внесения культуры аэромонад в воду) практически невозможно. Поэтому мы использовали комплексный дополнительный стресс фактор – переуплотненную посадку (+100 % от рекомендуемой) и исключение мероприятий, направленных на поддержание нормального санитарного состояния аквариума. В результате наблюдали относительный дефицит растворенного в воде кислорода, снижение pH и хронический аммиачный токсикоз (количество растворенного в воде  $\text{NH}_3/\text{NH}_4$  до  $0,6$  мг/л). На пятые сутки после внесения культуры *Aeromonas hydrophila* в количестве, достаточном для создания ее концентрации в воде аквариума  $10^4$  КОЕ/мл, у рыб появились признаки, характерные для хронической - язвенной формы аэромоназа.

Для создания модели острой – экссудативной формы течения заболевания использовали внутрибрюшинную инъекцию. Суспензию, содержащую  $10^8$  КОЕ/мл микробных клеток (0,5 ед. по McFarland) *Aeromonas hydrophila* вводили инсулиновым шприцом в дозе 25 мкл на одну особь. Параллельно аналогичной контрольной группе таким же методом вводили 25 мкл стерильного физиологического раствора (Biotech GmbH, Германия).

Гибель 100 % рыб с характерными признаками острого аэромоназа наблюдали в течение 12-18 часов после инъекции. В контрольной группе погибла одна из 10-ти особей, в результате повреждения внутренних органов при проведении инъекции. Гибель наступила в течение 1 часа и сопровождалась интенсивным кровотечением из места инъекции.

##### *Микробиологические методы*

Первичное выделение подвижных аэромонад проводили путем прямого посева воды из рыбоводных емкостей на поверхность плотной питательной среды Эндо (ФБУН ГНЦ ПМБ, Россия). Посевы инкубировали в термостате Binder 115 (Binder GmbH, Германия) при температуре  $25^\circ \text{C}$  в течение 72 часов [7]. Для дальнейшей идентификации отбирали характерные для семейства *Vibrionaceae* культурально-морфологические типы колоний [8]. Их штаммы засеивали на дифференциально-диагностический агар Клигlera (ФБУН ГНЦ ПМБ, Россия). После 24-х часовой инкубации культуру подвергали тесту на наличие

фермента цитохромоксидазы при помощи соответствующего тест-набора (НИЦФ, Россия).

Дальнейшую идентификацию микроорганизмов осуществляли на основании биохимических тестов (образование газа из глюкозы, наличие коричневого растворимого пигмента, утилизации цитрата (цитратный агар Кристенсена), гидролиза эскулина, образование кислоты из трегалозы и сахарозы), согласно Определителю бактерий Берджи [9].

Культуру аэромонад выращивали также на среде Эндо при температуре 25° С в течение 24 часов и смывали с поверхности среды физиологическим раствором (Biotech GmbH, Германия). Количество микробных клеток определяли по шкале McFarland. Подтверждение наличия инфекционного агента в организме рыб проводили путем прямого посева материала печени находящихся в критическом состоянии рыб (выборочно 4 экз. из каждой группы) на среду Эндо.

#### *Гистологическое исследование*

Для получения гистологических срезов из каждой опытной и контрольной групп отбирались по 4 особи, из которых изготавливалось по 3 среза ( $n = 4 \times 3$ ). Рыба умерщвлялась в растворе MS-222 (10 мг/л), после чего фиксировалась в Davidson's solutions в течение 24 часов. Затем образцы тканей обезвоживали в серии градуированных спиртов и заливались в парафин. Далее изготавливался ряд тотальных серийных срезов (4 мкм) во фронтальной плоскости, которые окрашивались гематоксилином и эозином (H&E). Подготовка и окрашивание гистологических срезов проводилась в соответствии с методикой Suvarna [10].

**Результаты исследования и их обсуждение.** У контрольных особей, получивших внутрибрюшинную инъекцию физраствора (за исключением травмированной и погибшей особи), клинических признаков развития заболевания не наблюдалось в течение срока наблюдения (28 дней). Выборочное патолого-анатомическое вскрытие также не выявило заметных отклонений от нормы. На гистологических срезах рыб из данной группы патологических изменений также обнаружено не было. В кишечнике рыб были четко различимы отдельные энтероциты и бокаловидные клетки, формирующие слизистую, а также собственная оболочка слизистой и интраэпителиальные лимфоциты (рис. 1, а). Печка контрольных особей состояла из почечных канальцев, гемопоэтической ткани, сосудов и синусоидных капилляров (рис. 1, б).

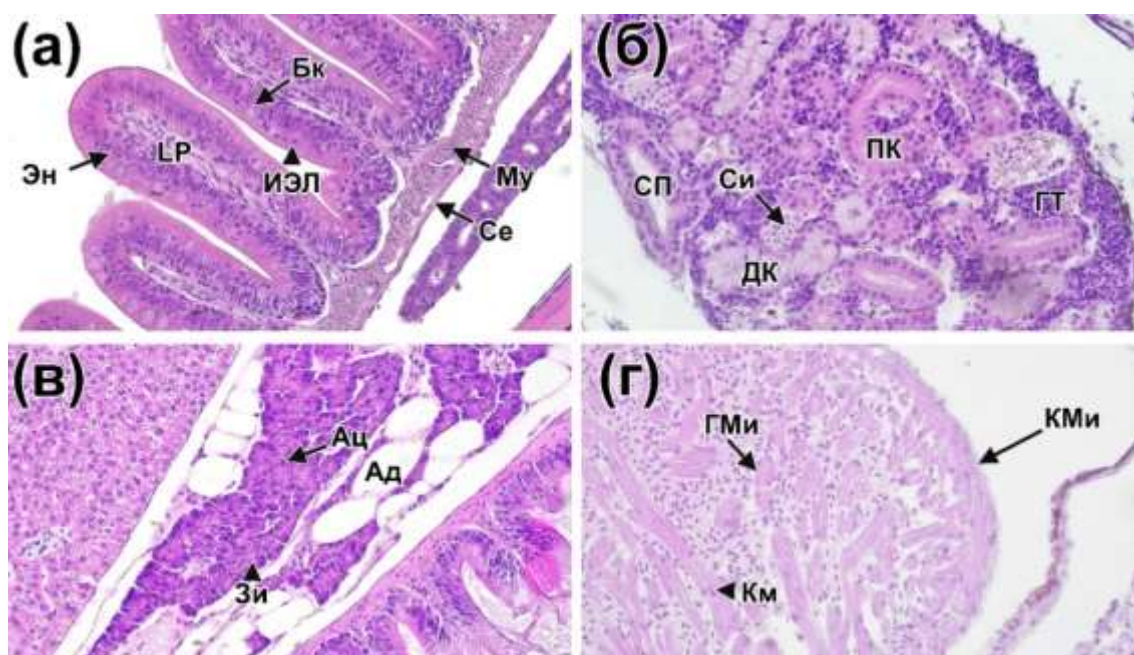


Рисунок 1 – Гистология органов у контрольных рыб (внутрибрюшинная инъекция физраствором): (а) кишечник; (б) печень; (в) почки и (г) желудочек сердца. Сокращения: Эн – энтероцит, LP – lamina propria, ИЭЛ – интраэпителиальный лимфоцит, БК – бокаловидная клетка, Му – мускульная оболочка, Се – серозная оболочка.



Поджелудочная железа, расположенная тяжами вдоль кишечника, включала островковые эндокринные клетки, а также панкреатические дольки, состоящие из экзокринных клеток (ациноцитов), разделенных сосудами и адипоцитами (рис. 1, в). Желудочек сердца на гистологическом уровне состоял из внешнего слоя – компактного миокарда и внутреннего – губчатого миокарда (рис. 1, г).

В опытной группе через 4–6 часов после инъекции антигена началось развитие клинической картины, характерной для острой (экссудативной формы аэромоноза): гиперемия сосудов на голове, отек в месте инъекции, выраженный двусторонний экзофтальм и умеренный асцит. Через 14–18 часов при сохранении вышеописанных симптомов рыбы теряли равновесие и погибали.

При патологоанатомическом исследовании наблюдали отек и гидремию внутренних органов, накопление в полости тела прозрачного экссудата.

Тотальные срезы рыб позволили определить органы, наиболее подверженные патологическим изменениям структуры тканей отдельных органов. Гистопатологический профиль острой инфекции характеризовался системным воспалением в сердце, почках и поджелудочной железе рыб. В кишечнике обнаружилось большое количество эозинофильных клеток, которые образовывали скопления у основания ворсинок и вблизи собственной оболочки слизистой (рис. 2, а).

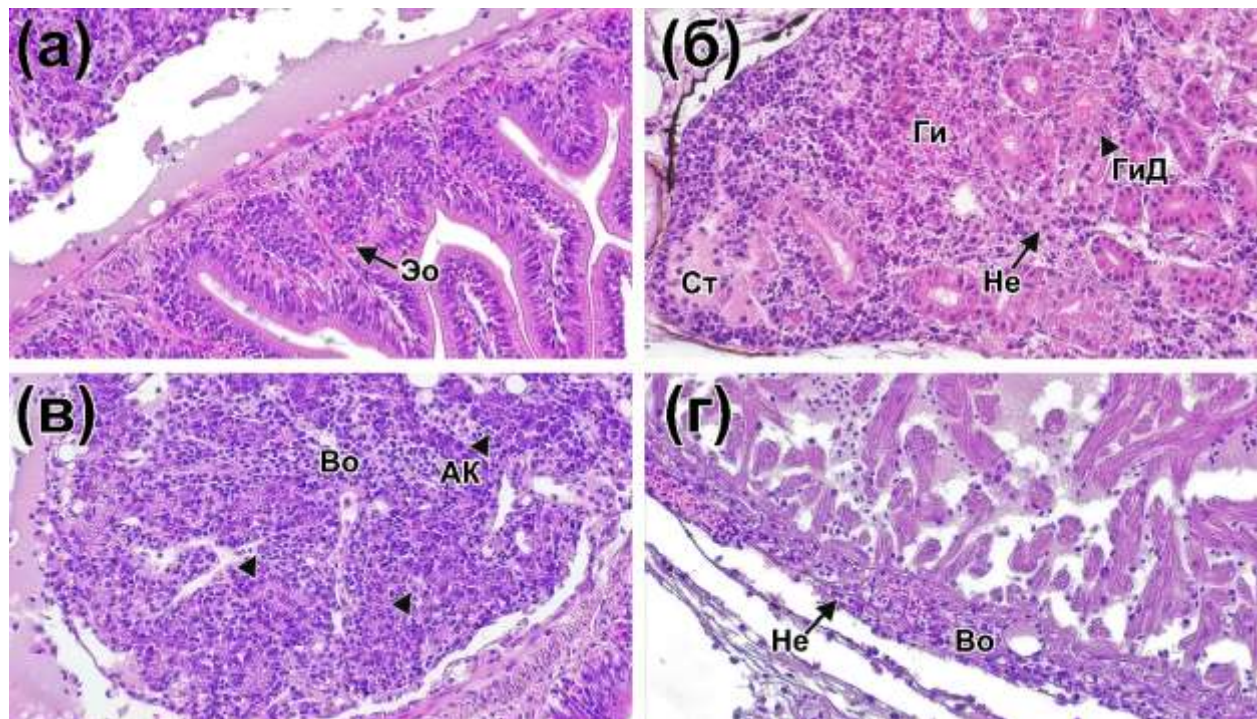


Рисунок 2 – Гистология ключевых органов, подверженных патологическим нарушениям при остром аэромонозе у опытных рыб (внутрибрюшинная инъекция суспензией  $10^8$  КОЕ/мл *A. hydrophila*): (а) кишечник; (б) печень; (в) почки и (г) желудочек сердца.

Сокращения: Эо – эозинофилы, Ги – гиперемия, Ст – стаз, Не – некроз, Гид – гиалиновая дегенерация, Во – воспаление, АК – атипичные клетки.

Почки опытных рыб имели фокальные очаги гиперемии и стаза, наблюдаемого в синусоидных капиллярах. В почечных канальцах наблюдались вакуоли с эозинофильным содержимым, что указывает на гиалиновую дегенерацию кубического эпителия. Также, в гемопоэтической ткани встречались одиночные некротические клетки (рис. 2, б). Панкреас *Danio rerio* имел значимые структурные нарушения ткани, выраженные в очагах воспаления, а также наличии большого числа атипичных клеток (вероятно, иммунокомпетентных), с бесформенными ядрами и хромофобной окраской цитоплазмы (рис. 2, в). Существенное

влияние острой формы аэромоноза выражалось в воспалении гладкого слоя миокарда желудочка сердца. На данных участках обнаруживались скопления мононуклеарных клеток, а также признаки некроза/апоптоза миоцитов (рис. 2, г).

Клиническая картина у рыб, подвергшихся субхроническому воздействию аэромонад, при добавлении в водную среду включала: покраснение участков тела, появление отдельных изъязвлений. При этом, гибель рыб в течение 28 суток составила 9 особей из 40 (22,5 %). Значимых изменений в поведении зафиксировано не было. При патологоанатомическом вскрытии отмечали отек и воспаление внутренних органов.

Гистопатологическая картина при хроническом течении заболевания имела ряд значимых отличий от острого. Так, в ткани кишечника существенных отклонений от нормы не обнаруживалось (рис. 3, а).

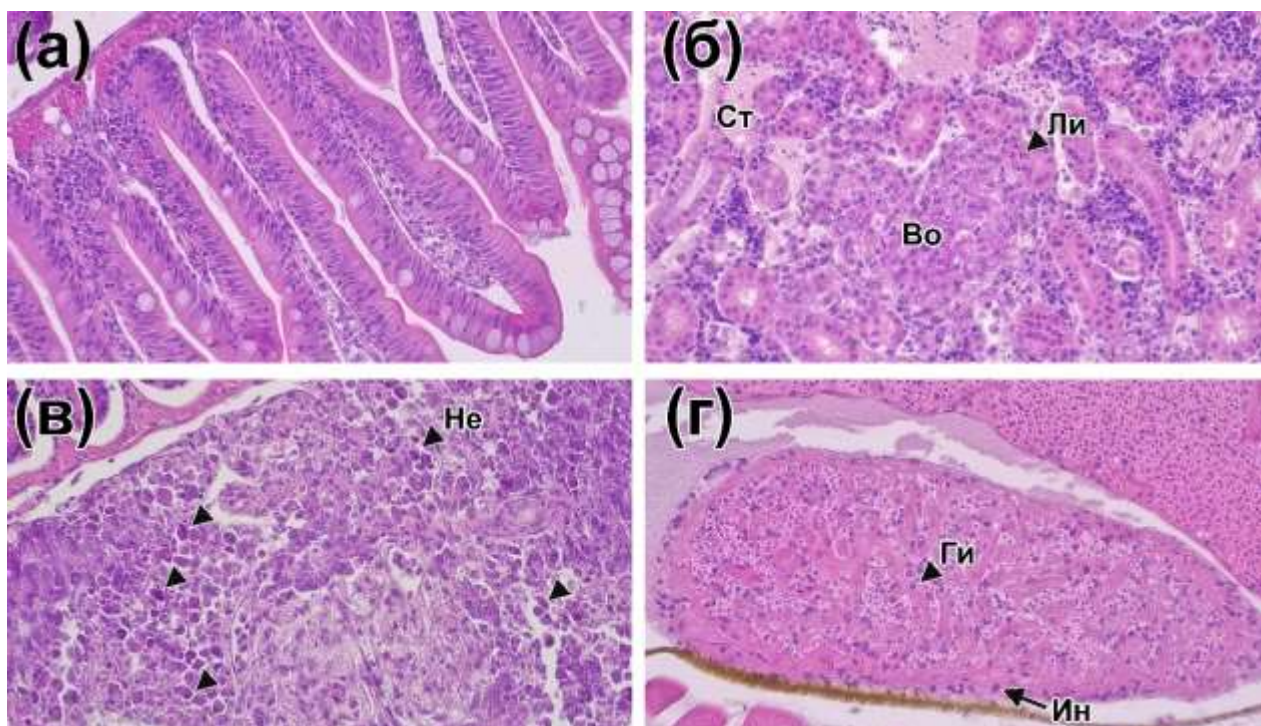


Рисунок 3 – Гистология ключевых органов, подверженных патологическим нарушениям при хроническом аэромонозе: (а) кишечник; (б) печень; (в) почки и (г) желудочек сердца. Сокращения: Ст – стаз, Ли – лимфоциты, Во – воспаление, Не – некроз, Ги – гипертрофия, Ин – инфильтрация.

При этом, наблюдалось незначительное увеличение секреторной активности бокаловидных клеток на некоторых участках слизистой. В почках рыб были выявлены очаги гранулематозного воспаления, характеризующегося скоплением лимфоцитов и тканеспецифичных макрофагов (рис. 3, б). Помимо этого, обнаруживались участки стаза синусоидных капилляров, а также присутствие лимфоцитов в кубическом эпителии канальцев. Существенные отклонения наблюдались в ткани поджелудочной железы. По всей площади экзокринной ткани наблюдались отдельные некротизированные ациноциты, которые обладали ярко базофильной окраской и не имели четко оформленного ядра (рис. 3, в). Признаков острого воспаления в поджелудочной железе установлено не было. В ткани желудочка сердца обнаруживались признаки гипертрофии миоцитов и мононуклеарный клеточный инфильтрат, встречающиеся как в области гладкого, так и губчатого миокарда (рис. 3, г).

В случае острой экссудативной формы аэромоноза, мы наблюдали неоднократно описанную и хорошо изученную картину системного воспаления, развивающегося за счет эндотоксина грамотригативных бактерий – липополисахарида (ЛПС) [11]. ЛПС – это



структурная часть наружной мембраны грамотрицательных бактерий (к которым относится подавляющее большинство бактериальных патогенов рыб, и в том числе аэромонады).

Механизм патогенного действия ЛПС хорошо изучен и, по всей видимости, сходен у целого ряда групп позвоночных животных. Он обусловлен взаимодействием токсина с рецепторами и фосфолипидами клеточных мембран как иммунокомпетентных клеток, так и клеток эндотелия [12]. Это приводит к гиперпродукции отвечающих за развитие воспаления цитокинов, вызывающих системное нарушение гемодинамики и жизнедеятельности клеток самых различных тканей [13], что мы и наблюдали при анализе соответствующих гистопатологических препаратов. Можно утверждать, что скоротечная гибель рыб связана с необратимыми и несовместимыми с жизнедеятельностью расстройствами кровообращения [14].

Очевидно, развитие болезни по вышеописанному механизму в нашем эксперименте было связано с поступлением в организм рыбы очень большого количества бактерий. В естественных условиях такую картину можно наблюдать в основном при следующих обстоятельствах [15]:

- весной, когда напряженность иммунитета перенесших зимовку рыб понижена, а условно-патогенные микроорганизмы уже достаточно быстро размножаются в быстро прогревающейся воде;

- задержка начала прикорма, приводящая к поеданию (в основном карпами) богатого аэромонадами детрита со дна водоема;

- при контакте рыб с новым вирулентным штаммом аэромонады, к которому отсутствует специфический иммунитет;

- воздействие на рыб сильного стрессирующего фактора.

При хроническом аэромонозе помимо ЛПС в развитии заболевания принимают участие и ряд других токсинов. Для аэромонад описано наличие целого ряда факторов агрессии: термолабильный и термостабильный гемолизин, аэролизин, цитотоксин, протеазы, энтеротоксины, ДНК-азы [16]. Очевидно, что количество ЛПС недостаточно, для того чтобы вызвать системное воспаление [17]. Следовательно, наблюдаемая нами картина связана с сочетанным действием различных бактериальных токсинов, которое приводит к дисфункциям в ряде органов и тканей. Наиболее яркий симптом, собственно давший специфическое название хронической форме аэромоноза – образование язв – является неспецифическим признаком поражения рыб [13, 18]. Неоднократно описано возникновение язв в ответ на токсические воздействия, микротравмы, алиментарные заболевания и т. д.

В производственных условиях такое течение заболевания связано с наличием различных неблагоприятных для рыб факторов и высокой микробной обсемененностью воды [19].

**Выводы.** Из данных, полученных в результате проведенных исследований, можно сделать вывод, что предлагаемая модель с использованием в качестве тест-объекта *Danio rerio*:

- позволяет воспроизвести клиническую и патологоанатомическую картину, характерную как для хронической (язвенной), так и для острой (экссудативной) форм аэромоноза рыб;

- данные, полученные при анализе поражений *Danio rerio* на тканном и клеточном уровнях, совпадают с данными, описанными для ряда видов рыб, являющихся объектами как товарной аквакультуры, так и для лабораторных рыб.

Вследствие чего модель, на данном этапе исследования, представляется перспективной при разработке и тестировании эффективности различных профилактических и терапевтических средств (моноглидериды, пробиотики, вакцины, антибиотики и т.д.), а также может быть полезной для углубленного изучения самых различных аспектов взаимодействия организма рыб с такими распространенными и опасными патогенами, какими являются аэромонады.

Список использованной литературы:

1. Юхименко Л.Н., Токарева С.Б. Бактериальные болезни рыб и методы их профилактики // Актуальные вопросы пресноводной аквакультуры. 2022. С. 152–162.
2. Юхименко Л.Н., Бычкова Л.И., Дружинина А.А. Возбудители бактериальной геморрагической септицемии (БГС) рыб, микрофлора воды и комбикормов, имеющая эпидемиологическое значение // Дальневосточный журнал инфекционной патологии. 2015. № 26. С. 43–46.
3. Новоскольцева Т.М. Аэромоноз карпов: совершенствование мер борьбы и профилактика болезни // Ветеринария сельскохозяйственных животных. 2011. № 7. С.12–15.
4. Зуб А.В., Загребин В.Л. и др. Возможность использования биологической модели пресноводной рыбы данио рерио в доклинических исследованиях // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. 2020. № 1 (73). С. 10–13.
5. In Guide for the Care and Use of Laboratory Animals. National Research Council; Division on Earth and Life Studies; Institute for Laboratory Animal Research. Committee for the Update of the Guide for the Care and Use of Laboratory Animals. The National Academies Press: Washington. DC. USA. 2011.
6. Lallier R., Mittal K.R., Leblanc D., LaLonde G., Oliver G. Rapid methods for the differentiation of virulent and non-virulent *Aeromonas hydrophila* strains // Serodiagnosis and vaccines. Leetown. 1981. P. 119–123.
7. Nikiforov-Nikishin D.L., Nikiforov-Nikishin A.L., Bugaev O.G., Kochetkov N.I. Temperature differentiation of aquatic microflora of a closed water supply system by the example of incubation of microbiological crops at 21 and 37 C // Ensuring sustainable development in the context of agriculture, green energy, ecology and earth science: proceedings of the International scientific and practical conference. London: IOP Publishing Ltd, 2021. Vol. 723. P. 042049. DOI: 10.1088/1755-1315/723/4/042049.
8. Васильев Д.А., Маланина В.С., Мартынова К.В. и др. Выделение культуры *Aeromonas hydrophila* из объектов окружающей среды // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения. 2018. С. 78–81.
9. Bergey D.H. Bergey's manual of determinative bacteriology. Lippincott Williams & Wilkins, 1994. P. 246.
10. Suvarna S.K., Layton C., Bancroft J.D. Bancroft's Theory and Practice of Histological Techniques E-Book. Elsevier Health Sciences: Amsterdam, Netherlands, 2019. P. 176–197.
11. Rodríguez I., Novoa B., Figueras A. Immune response of zebrafish (*Danio rerio*) against a newly isolated bacterial pathogen *Aeromonas hydrophila* // Fish & shellfish immunology. 2008. Vol. 25. № 3. P. 239–249.
12. Иранманеш А., Мотамеди М. Гистопатологические изменения при гепаторенальной интоксикации у *Aphanius hormuzensis* (Aphaniidae), вызванной гентамицином, и регенерация его почек посредством нефронного неогенеза // Вопросы ихтиологии. 2018. Т. 58. № 6. С. 745.
13. Новоскольцева Т.М., Иренков И.П., Борисова М.Н. Язвенный синдром у рыб // Рыбное хозяйство. М.: ВНИЭРХ, 1999. Вып. 1. С. 28–30.
14. Ehsannia S., Ahari H., Kakoolaki S., Anvar S.A., Yousefi S. Effects of probiotics on Zebrafish model infected with *Aeromonas hydrophila*: spatial distribution, antimicrobial, and histopathological investigation // BMC microbiology. 2022. Vol. 22. № 1. P. 167.
15. Юхименко Л.Н., Дружинина А.А., Токарева С.Б. и др. Экологическая безопасность лечебных и профилактических мероприятий в рыбоводстве // Инновационные решения для повышения эффективности аквакультуры: материалы Всероссийской научно-практической конференции. М.: Перо, 2019. Т. 1. С. 447–450.
16. Nayak S.K. Current prospects and challenges in fish vaccine development in India with special reference to *Aeromonas hydrophila* vaccine // Fish & shellfish immunology. 2020. Vol. 100. P. 283–299.
17. Semwal A., Kumar A., Kumar N. A review on pathogenicity of *Aeromonas hydrophila* and their



mitigation through medicinal herbs in aquaculture // *Heliyon*. 2023. Vol. 9. № 3.

18. Roberts R.J. Fish pathology. John Wiley & Sons, 2012. 467 p.

19. Гаврилин К.В., Юхименко Л.Н., Бычкова Л.И. Экспериментально-производственные испытания бактерицина против аэромоназа рыб // *Болезни рыб*. М.: ВНИИПРХ, 2004. Вып. 79. С. 46–54.

References:

1. Yukhimenko L.N., Tokareva S.B. Bakterial'nyye bolezni ryb i metody ikh profilaktiki [Bacterial diseases of fish and methods of their prevention]. *Aktual'nyye voprosy presnovodnoy akvakul'tury* [Current Issues of Freshwater Aquaculture], 2022, pp. 152–162. (In Russian).
2. Yukhimenko L.N., Bychkova L.I., Druzhinina A.A. Vozbuditeli bakterial'noy gemorragicheskoy septitseмии (BGS) ryb, mikroflora vody i kombikormov, imeyushchaya epidemiologicheskoye znachenіye [Pathogens of bacterial hemorrhagic septicemia (BHS) of fish, microflora of water and mixed feed of epidemiological significance]. *Dal'nevostochnyy zhurnal infektsionnoy patologii* [Far Eastern Journal of Infectious Pathology], 2015, no. 26, pp. 43–46. (In Russian).
3. Novoskol'tseva T.M. Aeromonoz karpov: sovershenstvovaniye mer bor'by i profilaktika bolezni [Aeromonosis of carp: improvement of control measures and prevention of the disease]. *Veterinariya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh* [Veterinary Medicine of Agricultural Animals], 2011, no. 7, pp.12–15. (In Russian).
4. Zub A.V., Zagrebin V.L. et al. Vozmozhnost' ispol'zovaniya biologicheskoy modeli presnovodnoy ryby danio rerio v doklinicheskikh issledovaniyakh [Possibility of using the biological model of freshwater fish zebrafish in preclinical studies]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta* [Bulletin of the Volgograd State Medical University], 2020, no. 1 (73), pp. 10–13. (In Russian).
5. *In Guide for the Care and Use of Laboratory Animals*. National Research Council, Division on Earth and Life Studies, Institute for Laboratory Animal Research. Committee for the Update of the Guide for the Care and Use of Laboratory Animals. The National Academies Press, Washington, DC, USA, 2011. (In English).
6. Lallier R., Mittal K.R., Leblanc D., LaLonde G., Oliver G. Rapid methods for the differentiation of virulent and non-virulent *Aeromonas hydrophila* strains. *Serodiagnosis and vaccines*, Leetown, 1981, pp. 119–123. (In English).
7. Nikiforov-Nikishin D.L., Nikiforov-Nikishin A.L., Bugaev O.G., Kochetkov N.I. Temperature differentiation of aquatic microflora of a closed water supply system by the example of incubation of microbiological crops at 21 and 37 C. *Proceedings of the International scientific and practical conference "Ensuring sustainable development in the context of agriculture, green energy, ecology and earth science"*. London, IOP Ltd Publ., 2021, vol. 723, pp. 042049. (In English). DOI: 10.1088/1755-1315/723/4/042049.
8. Vasil'yev D.A., Malanina V.S., Martynova K.V. et al. Vydeleniye kul'tury *Aeromonas hydrophila* iz ob'yektov okruzhayushchey sredy [Isolation of *Aeromonas hydrophila* culture from environmental objects]. *Agrarnaya nauka i obrazovaniye na sovremennom etape razvitiya: opyt, problemy i puti ikh resheniya* [Agricultural Science and Education at the Present Stage of Development: Experience, Problems and Ways to Solve Them], 2018, pp. 78–81. (In Russian).
9. Bergey D. H. *Bergey's manual of determinative bacteriology*. Lippincott Williams & Wilkins Publ., 1994, pp. 246. (In English).
10. Suvarna S.K., Layton C., Bancroft J.D. *Bancroft's Theory and Practice of Histological Techniques E-Book*. Elsevier Health Sciences, Amsterdam, Netherlands, 2019, pp. 176–197. (In English).
11. Rodríguez I., Novoa B., Figueras A. Immune response of zebrafish (*Danio rerio*) against a newly isolated bacterial pathogen *Aeromonas hydrophila*. *Fish & shellfish immunology*, 2008, vol. 25, no. 3, pp. 239–249. (In English).

12. Iranmanesh A., Motamedi M. Gistopatologicheskiye izmeneniya pri gepatorenal'noy intoksikatsii u *Aphanius hormuzensis* (Aphaniidae), vyzvannoy gentamitsinom, i regeneratsiya yego pochek posredstvom nefronnogo neogeneza [Histopathological changes during hepatorenal intoxication in *Aphanius hormuzensis* (Aphaniidae) caused by gentamicin, and the regeneration of its kidneys through nephron neogenesis]. *Voprosy ikhtiologii* [Questions of Ichthyology], 2018, vol. 58, no. 6, p. 745. (In Russian).
13. Novoskol'tseva T.M., Irenkov I.P., Borisova M.N. YAZvennyy sindrom u ryb [Ulcerative syndrome in fish]. *Rybnoye khozyaystvo* [Fisheries]. Moscow, VNIERKH Publ., 1999, no. 1, pp. 28–30. (In Russian).
14. Ehsannia S., Ahari H., Kakoolaki S., Anvar S.A., Yousefi S. Effects of probiotics on Zebrafish model infected with *Aeromonas hydrophila*: spatial distribution, antimicrobial, and histopathological investigation. *BMC microbiology*, 2022, vol. 22, no. 1, p. 167. (In English).
15. Yukhimenko L.N., Druzhinina A.A., Tokareva S.B. et al. Ekologicheskaya bezopasnost' lechebnykh i profilakticheskikh meropriyatiy v rybovodstve [Environmental safety of therapeutic and preventive measures in fish farming]. *Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Innovatsionnyye resheniya dlya povysheniya effektivnosti akvakul'tury»* [Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference “Innovative Solutions for Increasing the Efficiency of Aquaculture”]. Moscow, Pero Publ., 2019, vol. 1, pp. 447–450. (In Russian).
16. Nayak S.K. Current prospects and challenges in fish vaccine development in India with special reference to *Aeromonas hydrophila* vaccine. *Fish & shellfish immunology*, 2020, vol. 100, pp. 283–299. (In English).
17. Semwal A., Kumar A., Kumar N. A review on pathogenicity of *Aeromonas hydrophila* and their mitigation through medicinal herbs in aquaculture. *Heliyon*, 2023, vol. 9, no. 3. (In English).
18. Roberts R.J. *Fish pathology*. John Wiley & Sons Publ., 2012, 467 p. (In English).
19. Gavrilin K.V., Yukhimenko L.N., Bychkova L.I. Eksperimental'no-proizvodstvennyye ispytaniya bakterina protiv aeromonozov ryb [Experimental and production tests of bacterin against aeromonosis of fish]. *Bolezni ryb* [Diseases of Fish], Moscow, VNIIPRKH Publ., 2004, no. 79, pp. 46–54. (In Russian).

Сведения об авторах / Information about authors

<b>Никифоров-Никишин Дмитрий Львович</b>	канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник Центра Аквакультуры Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ) 109004, г. Москва, ул. Земляной вал, 73 niknikdl@rambler.ru
Nikiforov-Nikishin Dmitry Lvovich	Ph.D. (Biol.), Leading Researcher of the Center Aquaculture Moscow State University of Technology and Management K.G. Razumovsky (FCU) 109004, Moscow, Zemlyanoy Val str., 73 niknikdl@rambler.ru
<b>Кочетков Никита Ильич</b>	младший научный сотрудник Центра Аквакультуры Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ) 109004, г. Москва, ул. Земляной вал, д. 73 samatrixs@gmail.com
Kochetkov Nikita Ilyich	Junior Researcher of the Center Aquaculture Moscow State University of Technology and Management K.G. Razumovsky (FCU) 109004, Moscow, Zemlyanoy Val str., 73 samatrixs@gmail.com

- Гаврилин Кирилл Владимирович** д-р биол. наук, директор по развитию Национальный фонд экологической защиты и развитие крайнего севера и приравненным к ним местностей «Якутия» 677027, Республика Саха, г. Якутск, ул. Октябрьская, 18, кв. 12 k.gavrilin@yandex.ru
- Gavrilin Kirill Vladimirovich Dr. Sci. (Biol.), Development Director National Fund for Ecological Protection and Development of the Far North and Equated Areas “Yakutia” 677027, Republic of Sakha, Yakutsk, Oktyabrskaya str., 18, apt. 12 k.gavrilin@yandex.ru
- Головачева Наталья Алексеевна** канд. вет. наук, доцент кафедры биологии и биоинформатики Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ) 109004, г. Москва, ул. Земляной вал, 73 molekula00@inbox.ru
- Golovacheva Natalya Alekseevna Ph.D. (Vet.), Associate Professor, Department of Biology and Bioinformatics Moscow State University of Technology and Management K.G. Razumovsky (FCU) 109004, Moscow, Zemlyanoy Val str., 73 molekula00@inbox.ru

УДК 639.512

Пономарев А.К., Хорева Т.И., Иванов С.С., Толмачева Ю.В.  
**СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ КАННИБАЛИЗМА У ГИГАНТСКОЙ ПРЕСНОВОДНОЙ  
КРЕВЕТКИ *MACROBRACHIUM ROSENBERGII* ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В  
ИСКУССТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

**Аннотация.** За последние десятилетия производство ракообразных методами аквакультуры превысило их вылов из естественной среды. Особенности содержания и разведения ракообразных в УЗВ отличаются от условий их обитания в природе и оказывают существенное влияние на их физиологическое состояние и этологию. В данной работе был проведен анализ явления каннибализма у ракообразных, рассмотрены пути снижения уровня агрессии и каннибализма. В экспериментальной части работы описано влияние каннибализма в одноразмерных и разноразмерных группах молоди *Macrobrachium rosenbergii*. Определено, что выращивание креветок в установке с укрытиями из ПВХ труб и субстратов, имитирующих заросли водных растений, снижает травматизм и отход особей в результате агрессивного поведения, при близких размерно-весовых показателях роста.

**Ключевые слова:** каннибализм, агрессия, гигантская пресноводная креветка, *Macrobrachium rosenbergii*, десятиногие ракообразные, УЗВ.

Ponomarev A.K., Khoreva T.I., Ivanov S.S., Tolmacheva J.V.

**REDUCTION OF CANNIBALISM IN THE GIANT FRESHWATER SHRIMP  
*MACROBRACHIUM ROSENBERGII* WHEN GROWN IN ARTIFICIAL CONDITIONS**

**Abstract.** Over the past decades, the production of crustaceans by aquaculture methods has exceeded their catch from the natural environment. The peculiarities of keeping and breeding crustaceans in RAS differ from their living conditions in nature and have a significant impact on their physiological state and ethology. In this work, an analysis of the phenomenon of cannibalism in crustaceans was carried out, and ways to reduce the level of aggression and cannibalism were considered. The experimental part of the work describes the effect of cannibalism in same-sized and different-sized groups of juvenile *Macrobrachium rosenbergii*. It has been determined that growing shrimp in an installation with shelters made of PVC pipes and substrates simulating thickets of aquatic plants reduces injuries and mortality of individuals as a result of aggressive behavior, with similar size and weight growth rates.

**Keywords:** cannibalism, aggression, giant freshwater shrimp, *Macrobrachium rosenbergii*, decapod crustaceans, RAS.

**Введение.** Десятиногие ракообразные – важная и широко распространенная группа ракообразных, играющая ключевую роль в водных экосистемах. Они являются одними из крупнейших беспозвоночных и самых крупных членистоногих на нашей планете. В процессе развития некоторые виды проходят впечатляющий путь от мельчайших личинок 1-2 мм до взрослых особей с несколько метровым размахом конечностей.

Благодаря своим большим размерам и высокому пищевому качеству, десятиногие ракообразные давно привлекают внимание людей как объекты для промысла и аквакультуры. Мировой вылов этих организмов из природных водоемов уже превышает 6 миллионов тонн, но природные ресурсы ограничены. Бесконтрольная охота браконьеров, распространение вида-вселенца и связанных с ним заболеваний стали причиной опустошения значительных популяций ценных видов десятиногих ракообразных. Примерами могут служить популяция камчатского краба на севере США, которая так и не восстановилась после перелома, и популяция камчатского краба на западной Камчатке, восстановление которой потребовало введения семилетнего запрета на вылов. Также страдают нативные виды раков в водоемах Европы. В связи с этим все большую актуальность приобретает аквакультура десятиногих

ракообразных. За последние десятилетия производство ракообразных методами аквакультуры превысило их вылов из естественной среды, и эти объемы продолжают расти [1].

Аквакультура ракообразных первоначально развивалась в тропических и субтропических климатических зонах, однако в настоящее время ее география расширяется, а количество культивируемых видов увеличивается. Это связано с развитием установок с замкнутым циклом водоснабжения (УЗВ). Особенности содержания и разведения ракообразных в УЗВ отличаются от условий их обитания в природе и оказывают существенное влияние на технологический процесс.

Термин «аквакультура» включает не только производство товарной продукции, но и восстановление естественных популяций с помощью искусственного разведения и выращивания молоди. Данное направление аквакультуры демонстрирует высокую эффективность для многих ценных видов рыб [2, 3]. На сегодняшний день в мире разрабатываются и реализуются аналогичные подходы для различных видов десятиногих ракообразных. Однако до сих пор существует потребность в развитии и создании новых технологий для выращивания здоровой молоди. Развитие этих технологий является особенно важным для России, так как в настоящее время подавляющее большинство продукции от десятиногих ракообразных получается за счет вылова из природных популяций.

Развитие видов десятиногих ракообразных в онтогенезе проходит через различные этапы, которые определяют взаимодействие видов с окружающей средой и другими организмами экосистемы. Специфика биотехник культивирования этих видов в искусственных условиях и подходы к управлению естественными популяциями с использованием аквакультуры связаны с особенностями их онтогенетического развития.

Тема исследования актуальна, так как развитие методов культивирования видов в искусственных условиях имеет не только практическое значение, но и позволяет углубить понимание биологии многих видов. Изучение онтогенеза и его этапов позволяет понять биологию видов в целом и определить их место в экосистемах. Исследование влияния факторов среды на десятиногих ракообразных на всех стадиях их онтогенеза особенно актуально в условиях значительных изменений климата, эвтрофикации водоемов и других форм антропогенного воздействия.

**Цель исследования** заключается в выявлении оптимальных методов снижения уровня каннибализма у гигантской пресноводной креветки *Macrobrachium rosenbergii* при выращивании в искусственных условиях.

**Методы и материалы исследования.** Исследование было проведено в научном Центре Аквакультуры ФГБОУ ВО МГУТУ им. К.Г. Разумовского для изучения влияния совместного содержания молоди и взрослых особей *Macrobrachium rosenbergii* на их рост, уровень каннибализма и травмированность.

Экспериментальные емкости изготовлены заводским способом. Объем каждой составил 300 л.

Молодь *Macrobrachium rosenbergii* была разделена на две группы: одна группа содержала половозрелых особей, а вторая группа была контрольной и не содержала половозрелых особей. Было проведено 2 эксперимента, где обе группы находились в аналогичных условиях с большим количеством укрытиями из ПВХ труб и субстратов, имитирующих заросли водных растений (рис. 1).

Для аэрации воды использовали компрессора Resun ACO-006 (88 л/мин). Фильтрацию воды выполняли с помощью внешнего фильтра Eheim Classic 2215 (620 л/ч) и прудового фильтра Eheim universal (1200 л/ч и 2400 л/ч). Поддержание температуры воды на заданном уровне осуществляли с помощью нагревателя Eheim thermocontrol Jager 3618 (мощностью 200 – 250 Вт).

Оптимальный фоторежим: 14:10 (свет: темнота) и освещенность около 2000 лк для креветок достигались путем использования люминесцентных ламп.



Рисунок 1 – Совместное содержание разновозрастных креветок *M. rosenbergii* в аквариумах с укрытиями из ПВХ труб (А) и с укрытиями модельных высших водных растений (Б)

Температуру воды определяли с помощью электронного термометра TP101 (рис. 2) с точностью  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ . Этот прибор предназначен для измерения температуры жидких, сыпучих и полутвердых сред методом погружения щупа-иглы в измеряемую среду. Температура воды в аквариумах варьировалась от  $29^{\circ}\text{C}$  до  $30^{\circ}\text{C}$ .

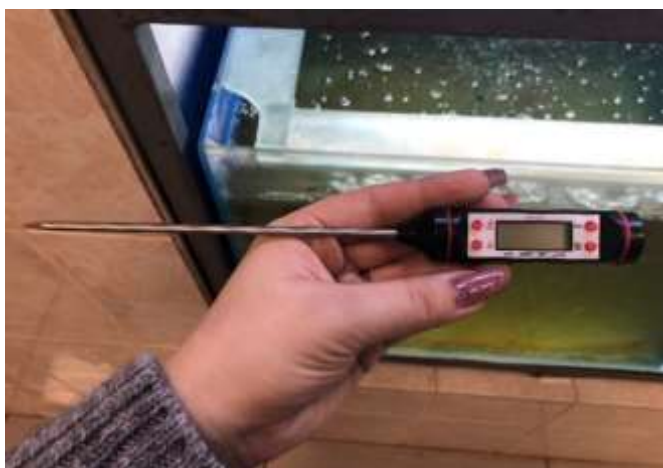


Рисунок 2 – Электронный термометр TP101

Величину pH среды регистрировали с помощью электронного pH-метра AR218 (рис. 3).



Рисунок 3 – Электронный pH-метр AR218

Это электронный прибор, который применяется для измерения концентрации или активности ионов водорода в жидкости. Принципом работы данного прибора является изменение величины электродвижущей силы в электродной системе, которая пропорционально равна активности ионов водорода. Измеритель рН AR218 состоит из эргономичного пластикового корпуса с экраном, на котором отображаются данные и измерительного зонда (стеклянного электрода).

**Результаты исследования и их обсуждение.** По итогам 21-дневного эксперимента смертность особей в результате каннибализма составила в среднем 35 % в группе, где содержали взрослых половозрелых особей, и 14 % в контрольной группе без половозрелых особей. Оценивая данные показатели выживаемости, можно сказать, что они были достаточно высокими. Это было обусловлено обильным и разнообразным кормлением, относительно небольшой плотностью оседания молоди и наличием большого количества убежищ и субстратов (табл. 1). Кроме того, результаты свидетельствуют о том, что молодь в данных условиях не рассматривала крупных особей в качестве приоритетных пищевых объектов.

Таблица 1 – Выживаемость молоди *Macrobrachium rosenbergii* при её содержании совместно со взрослыми особями в условиях укрытий из полипропилена

Показатель	Совместное содержание		Содержание только молоди (контрольная)
	Взрослые особи	Молодь	
Количество особей на начало эксперимента, ед.	10	50	85
Количество особей на конец эксперимента, ед.	9	30	73
Выживаемость, %	90	60	85,89

Масса молоди, содержащейся совместно с половозрелыми особями, в конце эксперимента была меньше, чем у молоди в контрольной группе. Эти различия были статистически значимыми ( $p < 0,05$ ; t-критерий Стьюдента). Вероятно, присутствие взрослых особей вызывало у молоди угнетённое, стрессовое состояние, что приводило к снижению выживаемости.

Влияние размерного состава групп на уровень каннибализма и характер повреждений у молоди *Macrobrachium rosenbergii* при использовании имитации высших водных растений рассмотрен в эксперименте 2.

В результате второго опыта доля особей, погибших от каннибализма, во всех вариантах эксперимента 21 суток (табл. 2) была значительно ниже, чем в эксперименте 1.

Таблица 2 – Выживаемость молоди *Macrobrachium rosenbergii* при её содержании совместно со взрослыми особями в аквариумах с имитацией высшей водной растительности

Показатель	Совместное содержание		Содержание только молоди (контрольная)
	Взрослые особи	Молодь	
Количество особей на начало эксперимента, ед.	10	50	85
Количество особей на конец эксперимента, ед.	10	41	81
Выживаемость, %	100	82	95,29

Самой высокой была доля погибших особей в разноразмерных группах – 18 %, а наименьшей – в группах мелких особей – 4,71 %. При этом только мелкие особи в разноразмерных группах значительно чаще крупных становились жертвами каннибализма.

В экспериментах 1 и 2 в разноразмерных группах мелкие особи погибали в результате каннибализма чаще, чем в группах, состоящих из особей близких по размеру. Таким образом,

наличие существенной разницы в размерах повышает для мелких особей риск гибели в результате каннибализма со стороны более крупных особей группы.

Исходя из наблюдений и литературных данных [3-10], каннибализм у взрослых ракообразных, как правило, происходит в отношении особей, только что перелинявших, когда их покровы еще мягкие. Однако в эксперименте 2, проведенном на группах молоди разных размеров, было зафиксировано большое количество случаев гибели особей от каннибализма в промежуточный период между линьками (в емкости на момент гибели отсутствовали экзувии – экзоскелет, оставшийся после линьки). Это означает, что более крупные особи могли нападать на мелких не только после линьки, когда их покровы мягкие, но и в промежуточный период, когда их покровы уже твердые.

Недостаточная прочность покровов повышает риск получения травм и гибели мелкими особями в результате каннибализма во время агрессивных контактов. Учитывая, что агрессивные контакты между особями являются одной из основных причин каннибализма, мы уделили особое внимание изучению агрессии и доминирования в группах десятиногих ракообразных.

Высокий уровень каннибализма у десятиногих раков в искусственных условиях можно объяснить несколькими факторами. Прежде всего, эти ракообразные являются всеядными, и при недостатке или избытке пищи могут питаться друг другом. Кроме того, на проявление каннибализма влияет стресс, связанный с изменением условий содержания, например, при перенаселении аквариума.

Также было отмечено, что каннибализм чаще всего проявляется на большинстве стадий онтогенеза, что может быть связано с более высокой активностью и агрессивностью молодых особей.

В целом, результаты исследования показывают, что поддержание оптимальных условий содержания десятиногих раков, таких как правильное кормление, контроль над численностью особей и создание комфортной среды обитания, может помочь снизить уровень каннибализма в аквакультуре.

Активность особей повышается под влиянием различных факторов, главным из которых является температура. Снижение температуры ниже оптимального уровня для вида приводит к снижению двигательной и пищевой активности, замедлению роста и увеличению межличиночных промежутков, что способствует уменьшению каннибализма. Однако этот подход не всегда применим в аквакультуре, так как снижение температуры также замедляет рост особей. Метод снижения активности путем регуляции продолжительности светового дня может эффективно снизить активность особей в различное время суток, например, при транспортировке или кратковременном содержании гидробионтов. Пищевые аттрактанты и внесение корма также способствуют повышению активности особей, а недостаток кормов или их неполноценный состав усиливает поисковую активность.

Само по себе поведение особей не является причиной каннибализма. В первую очередь, оно является результатом повышения вероятности встречи между особями. Увеличение плотности содержания особей также увеличивает вероятность появления агрессивных контактов. Высокая плотность содержания гидробионтов в аквакультуре, необходимая для повышения прибыльности производства, является основной причиной каннибализма.

По нашим наблюдениям, одним из наиболее эффективных подходов к снижению каннибализма для большого числа видов десятиногих ракообразных является модификация пространства ёмкостей или водоёмов для культивирования. Для видов, использующих в естественной среде норы и различного рода укрытия, должны быть установлены искусственные убежища соответствующего размера и типа в количестве, превышающем число культивируемых особей. Ещё одним способом модификации пространства является применение различных типов субстратов, усложняющих конфигурацию внутреннего объёма ёмкостей и водоёмов и позволяющих животным более эффективно использовать толщу водной массы. Особенно актуально наличие в выростных емкостях структурирующего объема субстрата для молоди ракообразных. Достижимое за счет этого снижение частоты встреч



особей приводит к снижению случаев агрессивных контактов и каннибализма.

**Выводы.** В экспериментах по снижению каннибализма использовались различного рода укрытия – из ПВХ труб и модельных высших водных растений, сделанных из полипропиленового шпата. Стоит отметить, что материал для данного субстрата характеризуется гибкостью и эластичностью, прочностью, плавучестью, долговечностью, а также устойчивостью к образованию грибка.

По результатам эксперимента наиболее эффективным методом снижения уровня каннибализма является применение укрытий из субстратов, имитирующих заросли водных растений. Самая высокая доля погибших особей была в разноразмерных группах – 18 %, а наименьшей – в группах мелких особей – 4,71 %, в отличие от результатов, где укрытия применялись из ПВХ труб – смертность особей в результате каннибализма составила в среднем 35 % в группе, где содержали взрослых половозрелых особей, и 14 % в контрольной группе без половозрелых особей.

Использованные методы являются экономически выгодными, так как для изготовления таких укрытий не требуется больших затрат. Также такие конструкции просты в сборке, установке и изъятии в аквариумах и искусственных водоемах.

**Благодарности.** Статья подготовлена на инфраструктурных ресурсах уникальной научной установки НТИ РФ (Рег. № 3662433) «Научно-исследовательский комплекс передовых технологий аквакультуры и гидроэкологии» факультета Биотехнологий и рыбного хозяйства ФГБОУ ВО «МГУТУ им. К.Г. Разумовского (ПКУ)».

#### Список использованной литературы:

1. Тихонов Е.А., Трифанов А.В., Базыкин В.И. Влияние типа корма и качества воды на рост и выживаемость креветок *Macrobrachium rosenbergii* в установках замкнутого водоснабжения // *АгроЭкоИнженерия*. 2021. № 3 (108). С. 164–171. DOI: 10.24412/2713-2641-2021-3108-164-171.
2. Макоедов А.Н., Кожемяко О.Н. Основы рыбохозяйственной политики России. М.: Национальные рыбные ресурсы, 2007. 477 с.
3. Бурлаченко И.В., Яхонтова И.В. Рыбоводные технологии в искусственном воспроизводстве: современное состояние, проблемы, решения // *Труды ВНИРО*. 2015. Т. 153. С. 137–153.
4. Peebles J.B. Competition and habitat partitioning by the giant freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) // *Crustaceana*. 1980. № 38 (1). P. 49–54.
5. Adams J.A., Moore P.A. Discrimination of conspecific male molt odor signals by male crayfish, *Orconectes rusticus* // *Journal of Crustacean Biology*. 2003. № 23 (1). P. 7–14.
6. Шумейко Д.В., Ключко Е.А., Назина Ю.Д. и др. К вопросу культивирования гигантской пресноводной креветки (*Macrobrachium rosenbergii*) // *Генетика и разведение животных*. 2021. № 2. С. 57–65. DOI: 10.31043/2410-2733-2021-2-57-65.
7. Wahl M., Levy T., Ventura T., Sagi A. Monosex Populations of the Giant Freshwater Prawn *Macrobrachium rosenbergii*-From a Pre-Molecular Start to the Next Generation Era // *Mol. Sci*. 2023. Vol. 24 (24). P. 17433.
8. Ying N., Wang Y., Song X. et al. Transcriptome analysis of *Macrobrachium rosenbergii*: Identification of precocious puberty and slow-growing information // *J. Invertebr. Pathol*. 2022. Vol. 190. P. 107752.
9. Kaizer M., Bhowmik A.S., Ahmmed F. et al. Utilisation of probiotics for disease management in giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*): Administration methods, antagonistic effects and immune response // *Fish Dis*. 2023. Vol. 46 (12). P. 1321–1336.
10. Bonami J.-R., Widada J.S. Viral diseases of the giant fresh water prawn *Macrobrachium rosenbergii*: a review // *J. Invertebr. Pathol*. 2011. Vol. 106 (1). P. 131–142.

#### References:

1. Tikhonov Ye.A., Trifanov A.V., Bazykin V.I. Vliyaniye tipa korma i kachestva vody na rost i

- vyzhivayemost' krevetok macrobrachium rosenbergii v ustanovkakh zamknutogo vodosnabzheniya [The influence of feed type and water quality on the growth and survival of shrimp macrobrachium rosenbergii in closed water supply systems]. *AgroEkoInzheneriya* [AgroEcoEngineering], 2021, no. 3 (108), pp. 164–171. (In Russian). DOI: 10.24412/2713-2641-2021-3108-164-171.
2. Makoyedov A.N., Kozhemyako O.N. *Osnovy rybokhozyaystvennoy politiki Rossii* [Fundamentals of Russian fisheries policy]. Moscow, National Fish Resources Publ., 2007, 477 p. (In Russian).
  3. Burlachenko I.V., Yakhontova I.V. Rybovodnyye tekhnologii v iskusstvennom vosproizvodstve: sovremennoye sostoyaniye, problemy, resheniya [Fish farming technologies in artificial reproduction: current state, problems, solutions]. *Trudy VNIRO* [Proceedings of VNIRO], 2015, vol. 153, pp. 137–153. (In Russian).
  4. Peebles J.B. Competition and habitat partitioning by the giant freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). *Crustaceana*, 1980, no. 38 (1), pp. 49–54. (In English).
  5. Adams J.A., Moore P.A. Discrimination of conspecific male molt odor signals by male crayfish, *Orconectes rusticus*. *Journal of Crustacean Biology*, 2003, no. 23 (1), pp. 7–14. (In English).
  6. Shumeyko D.V., Klochko Ye.A., Nazina Yu.D. et al. K voprosu kultivirovaniya gigantskoy presnovodnoy krevetki (*Macrobrachium rosenbergii*) [On the issue of cultivation of giant freshwater shrimp (*Macrobrachium rosenbergii*)]. *Genetika i razvedeniye zhivotnykh* [Genetics and Animal Breeding], 2021, no. 2, pp. 57–65. (In Russian). DOI: 10.31043/2410-2733-2021-2-57-65.
  7. Wahl M., Levy T., Ventura T., Sagi A. Monosex Populations of the Giant Freshwater Prawn *Macrobrachium rosenbergii*-From a Pre-Molecular Start to the Next Generation Era. *Mol. Sci.*, 2023, vol. 24 (24), pp. 17433. (In English).
  8. Ying N., Wang Y., Song X. et al. Transcriptome analysis of *Macrobrachium rosenbergii*: Identification of precocious puberty and slow-growing information. *J. Invertebr. Pathol.*, 2022, vol. 190, pp. 107752. (In English).
  9. Kaizer M., Bhowmik A.S., Ahmmed F. et al. Utilisation of probiotics for disease management in giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*): Administration methods, antagonistic effects and immune response. *Fish Dis.*, 2023, vol. 46 (12), pp. 1321–1336. (In English).
  10. Bonami J.-R., Widada J.S. Viral diseases of the giant fresh water prawn *Macrobrachium rosenbergii*: a review. *J. Invertebr. Pathol.*, 2011, vol. 106 (1), pp. 131–142. (In English).

Сведения об авторах / Information about authors

- Пономарев Андрей Константинович** канд. биол. наук, доцент кафедры Ихтиологии и рыбоводства Факультета биотехнологий и рыбного хозяйства Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ) 109004, г. Москва, ул. Земляной вал, 73  
ponomarev777@inbox.ru
- Ponomarev  
Andrey Konstantinovich Ph.D. (Biol.), Associate Professor of the Department of Ichthyology and Fishery, Faculty of Biotechnology and Fisheries Moscow State University of Technology and Management K.G. Razumovsky (FCU) 109004, Moscow, Zemlyanoy Val str., 73  
ponomarev777@inbox.ru
- Хорева Татьяна Ивановна** старший лаборант Центра Аквакультуры Факультета биотехнологий и рыбного хозяйства Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ) 109004, г. Москва, ул. Земляной вал, 73  
anastacacl@mail.ru

- Khoreva  
Tatiana Ivanovna Senior Laboratory Assistant at the Aqualture Center of the Faculty of Biotechnology and Fisheries  
Moscow State University of Technology and Management K.G. Razumovsky (FCU)  
109004, Moscow, Zemlyanoy Val str., 73  
anastacacl@mail.ru
- Иванов  
Сергей Сергеевич** ведущий инженер Центра Аквакультуры Факультета биотехнологий и рыбного хозяйства  
Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ)  
109004, г. Москва, ул. Земляной вал, 73  
npanop@inbox.ru
- Ivanov  
Sergey Sergeevich Lead Engineer of the Aquaculture Center of the Faculty of Biotechnology and Fisheries  
Moscow State University of Technology and Management K.G. Razumovsky (FCU)  
109004, Moscow, Zemlyanoy Val str., 73  
npanop@inbox.ru
- Толмачева  
Юлия Викторовна** ассистент кафедры Экологии и природопользования Факультета биотехнологий и рыбного хозяйства  
Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ)  
109004, г. Москва, ул. Земляной вал, 73  
tolmacheva-yulechka@inbox.ru
- Tolmacheva  
Julia Viktorovna Assistant of the Department of Ecology and Environmental Management of the Faculty of Biotechnology and Fisheries  
Moscow State University of Technology and Management K.G. Razumovsky (FCU)  
109004, Moscow, Zemlyanoy Val str., 73  
tolmacheva-yulechka@inbox.ru

УДК 57.043+624.131.1

Кашутина И.А., Кашутин А.Н.

**ВОЗДУШНЫЕ ПУЗЫРЬКИ ПРИ ТУРБУЛЕНТНОМ ПОТОКЕ ВОДЫ КАК  
ПРЕДШЕСТВУЮЩИЙ ФАКТОР ФЛОТАЦИИ И ТРАНСПОРТИРОВКИ ПЕСКА С  
ПРИКРЕПИВШИМИСЯ ЗИГОТАМИ БУРОЙ ВОДОРОСЛИ *FUCUS DISTICHUS*  
SUBSP. *EVANESCENS* В АВАЧИНСКОЙ ГУБЕ (ЮГО-ВОСТОЧНАЯ КАМЧАТКА)**

**Аннотация.** Рассмотрена задача флотации и транспортировки частиц мелкозернистого субстрата с прикрепившимися зиготами бурой водоросли *Fucus distichus* subsp. *evanescens* в Авачинской губе (юго-восточная Камчатка). Зиготы фукуса привлекательны как модельный объект, для понимания постоянно меняющихся площадей его покрытия в литорали мыса Шлюпочный, за счёт переноса мелкозернистого материала воздушными пузырьками. Показано, что на субстратах с шероховатой поверхностью без бактериальной плёнки также оседают и закрепляются зиготы фукуса. Препятствием для её дальнейшего развития явилось перекачивание этого субстрата и истирание песком во время его движения под действием приливно-отливного и волнового движения воды. Особые условия закрепления частиц могут возникать, когда на поверхности пузырька образуется своеобразная корочка, состоящая из множества частиц. Всплытие воздушных пузырьков, независимо от существующего их размерного диапазона, осуществляется в турбулентном потоке прибрежных вод.

**Ключевые слова:** мыс Шлюпочный, гидродинамическое воздействие, воздушные пузырьки, условия прикрепления зигот *F. distichus*, флотация песка, отрыв пузырьков.

Kashutina I.A., Kashutin A.N.

**AIR BUBBLES UNDER TURBULENT WATER FLOW AS A PREVIOUS FACTOR OF  
FLOTATION AND TRANSPORTATION OF SAND WITH ATTACHED ZYGOTES OF  
BROWN ALGAE *FUCUS DISTICHUS* SUBSP. *EVANESCENS* IN AVACHA BAY  
(SOUTH-EASTERN KAMCHATKA)**

**Abstract.** The problem of flotation and transportation of fine-grained substrate particles with attached zygotes of the brown alga *Fucus distichus* subsp. *evanescens* in Avacha Bay (southeastern Kamchatka). *Fucus* zygotes are attractive as a model object for understanding the constantly changing areas of its coverage in the littoral of Cape Shlyupochny, due to the transfer of fine-grained material by air bubbles. It has been shown that *fucus* zygotes also settle and fix on substrates with a rough surface, without a bacterial film. An obstacle to its further development was the rolling of this substrate and abrasion by sand during its movement under the influence of the tidal and wave movement of water. Special conditions for the fixation of particles can arise when a kind of crust is formed on the surface of the bubble, consisting of many particles. The ascent of air bubbles, regardless of their existing size range, is carried out in a turbulent flow of coastal waters.

**Keywords:** Cape Shlyupochny, hydrodynamic impact, air bubbles, conditions for attachment of *F. distichus* zygotes, sand flotation, bubble detachment.

**Введение.** Авачинская бухта (губа) – это внутреннее закрытое водное пространство Тихого океана на Восточном побережье полуострова, которая является важнейшим водным объектом Камчатского края и водоёмом первой категории рыбохозяйственного значения (рис. 1).

Геометрия водной глади сложная, общая площадь составляет более 208 км<sup>2</sup>. Средний показатель во время прилива увеличивается до 215 км<sup>2</sup>. По берегам бухты находятся города Петропавловск-Камчатский и Вилучинск, которые являются не только главными транспортными «воротами» и местом стоянки большого количества судов, но и основными источниками антропогенной нагрузки. Они также способствуют изменению гидро- и геодинамических процессов.



Рисунок 1 – Авачинская бухта на Восточном побережье полуострова Камчатка

Морские водоросли – это одно из основных звеньев пастбищных пищевых цепей в верхней сублиторали и детритных на остальных глубинах океана. Они поставляют в воду и атмосферу кислород, сокращают выбросы парниковых газов [1]. Во многих приморских странах они являются важнейшим продуктом питания [2], и их роль, как источника здоровой пищи, в будущем будет возрастать [3].

В российских водах в экономическом отношении наибольшую ценность в связи с большим объемом запасов, широким распространением и высоким содержанием у отдельных видов особо ценных веществ, главным образом полисахаридов, имеют ламинариевые и фукусовые. Среди последних заметное место принадлежит представителям рода *Fucus*, в частности *Fucus distichus* subsp. *evanescens*. Его запасы в дальневосточных морях ранее оценивались в 500–700 тыс. т [4]. Он является ценным промысловым объектом, за высокое содержание сульфатированного полисахарида фукоидана, который обладает антибактериальным, антиоксидантным, противовирусным, противовоспалительным, противоопухолевым, иммуномодулирующим и другим действием [5–10].

Также фукус привлекателен как модельный объект, для понимания постоянно меняющейся динамики переноса осадочного материала в придонном слое литорали губы.

Результаты полевых исследований с большой долей уверенности позволяют утверждать, что с середины 1980-х гг. его запасы снижаются и местами его прибрежные заросли полностью уничтожены [11].

В силу своего прикрепленного образа жизни автотрофные организмы особенно часто подвергаются воздействию неблагоприятных гидродинамических факторов. Сильный прибой и шторма способствуют выбиванию гидробионтов с мест обитания и образованию больших выбросов на прибрежной полосе [12–15].

Для водорослей важно сочетание интенсивности гидродинамических сил и типа грунта. Например, в зоне активного прибоя флора отмечается на крупных субстратах, и не наблюдается на мелкозернистых грунтах. Однако, при исследовании прибрежного района мыса Шлюпочный, где в зоне литорали большое количество хаотично разбросанных валунов и подстилающих скальных пород, обозначилось уменьшение площади покрытия *F. distichus*.

По нашим наблюдениям, когда морские волны разбиваются о донный субстрат в зоне прибоя, в образующихся турбулентных условиях появляются стойкие пузырьки, которые из-за поверхностного натяжения прилипают к песку (в трещинах субстратов) с прикрепившимися зиготами. Отрываясь, они выносятся вместе с потоком воды на прибрежную зону, где лопаются. Освобожденный песок носится вместе с потоками воды,

истирая зиготы фукуса.

В мировой и отечественной литературе обобщений по влиянию воздушных пузырьков на уменьшение площадей покрытия фукуса в зоне литорали до настоящего времени нет. Поэтому, мы считаем, что проведенное в 2022 году исследование является своевременным и актуальным.

**Цель исследования** – изучить влияние воздушных пузырьков на уменьшение площади поселений *F. distichus* в зоне литорали мыс Шлюпочный.

**Материалы и методы исследования.** Для наблюдения за вымыванием мелкозернистого песка из трещин крупного валуна и плоского камня с прикрепившимися зиготами фукуса в 2022 году был выбран участок литорали на мысе Шлюпочный. Его местоположение показано на рисунке 1.

Распределение субстрата в указанном участке по размерам различно. Характерной чертой выбранного плоского валуна (рис. 2.1) является не только наличие пор на его поверхности (около 1,2%), но и постоянное гидродинамическое воздействие. Подстилающий слой состоит из гальки и гравия. Крупный валун напротив имел покрытие трещинами около 24%, глубина которых достигает 15-22 мм (рис. 2.2).



Рисунок 2 – Выбранные для проведения эксперимента субстраты с поверхностью различной шероховатости на литорали мыса Шлюпочный: 1 – плоский валун с постоянным гидродинамическим воздействием; 2 – крупный валун с трещинами, заполненными песком; 3 – субстрат с возникновением турбулентного движения воды

В гранулометрическом отношении подстилающий слой представлен песчаными фракциями с модулем крупности до 1,2 мм, которым также заполнены все трещины данного субстрата (рис. 2.2).

Касааясь вопроса движения и разрушения волн в районе валуна, следует сказать, что этот процесс не является конечным этапом деформации волн в среднем горизонте литорали. В динамическом отношении процесс рассматривается как переход потенциального колебательного движения в турбулентное, с боковым обтеканием субстрата (показано стрелками на рисунке 2.3). Конечное разрушение волн в этом районе представляет собой заплеск вверх по пляжу (прямой поток) и обратный поток. В целом, эту зону можно считать крайней со стороны суши высокоэнергетической границей шельфа. Поэтому гидродинамическое воздействие на поверхность валуна со стороны береговой черты является незначительным.

Для получения зигот фукуса и дальнейшего полива камней были использованы маточные растения *F. distichus*, собранные в бух. Завойко, находящиеся в разной степени созревания. Отделенные в лаборатории от слоевища рецептакулы фертильностью  $\Phi_4 - \Phi_5$  были помещены в 4-х литровый пластмассовый контейнер с морской водой. Через 10 минут пипеткой из контейнера бралась вода и просматривалась в чашке Петри размером  $9,5 \times 1,5$  см под микроскопом. После начала выхода из рецептакулов яйцеклеток и антерозоидов, ёмкость в течение часа была доставлена на литораль мыса Шлюпочный. Перед поливом рецептакулы

из ёмкости были удалены, а камень и валун политы морской водой. Полив суспензией осуществлялся дважды с интервалом 10 мин лейкой с мелкими отверстиями. В течение 35 мин после окончания поливки субстрата на экспериментальных площадках были полностью покрыты водой прилива.

После оседания зигот в них начинают активно протекать физиолого-биохимические процессы, обеспечивающие последующий митоз, поляризацию, дифференциацию и прикрепление эмбриональных клеток. Эти процессы происходят достаточно быстро, в течение двух часов.

Для контроля каждые семь дней в трещинах субстрата брался песок, который укладывался в пронумерованные пластмассовые контейнеры с морской водой и в течение 1,5–2 часов доставлялся в лабораторию для исследований.

Наблюдения за осевшими и прикрепившимися зиготами фукуса показали, что через 12 часов после окончания поливки просматривались хорошо сформированные ризоидальные выросты. Через 22 часа выросты имели уже 47 % появившихся эмбрионов фукуса. Первое деление у осевших на субстраты клеток было хорошо заметно через 48 часов – у 63 % от общего количества. Как показало дальнейшее наблюдение, около 89 % осевших на песок на плоском камне зигот были смыты из пор при волнении 3 балла. На валуне только 8% песка с осевшими зиготами был вымыт из боковых расщелин. Дальнейшие наблюдения показали, что через 10 дней после начала эксперимента 100% уничтожению подвергся песок с эмбрионами фукуса на камне с мелкими углублениями.

При каждом посещении полигоны фотографировались фотоаппаратом (COOLPX S3100). Полученные видеоизображения использовались при сравнительно анализе изменений развития фукуса. Одно из таких видеоизображений приведено на рисунке 2.

Для измерения осредненного по времени значения скоростей течения вод в различных точках, политых субстратов, использовалась гидрометрическая модернизированная вертушка ГР-21м.

При описании субстратов литорали исследуемых бухт пользовались классификатором морских осадков (табл. 1).

Таблица 1 – Классификация грунтов по гранулометрическому составу [16]

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

**Результаты исследования и их обсуждение.** *Fucus distichus* является однодомным видом, у которого мужские и женские половые органы развиваются в одном и том же рецептакуле.

В многочисленных работах детально описаны поведенческие реакции спор и зигот и выбор ими субстрата, с приемлемой для закрепления на нем поверхностью. Известно, что в большинстве случаев предпочтительными для заселения водорослями являются субстраты с шероховатой поверхностью, покрытие бактериальной плёнкой [17].

Однако, наши исследования показали, что на субстратах с шероховатой поверхностью без бактериальной плёнки также оседают и закрепляются зиготы фукуса. Так, при проведении озигочивания естественного субстрата (площадью 12 см<sup>2</sup>) в конце мая, который был предварительно очищен от бактериальной плёнки, можно было наблюдать оседание



органов размножения и дальнейшее развитие зигот. Препятствием для её дальнейшего развития явилось перекачивание этого субстрата и истирание песком во время его движения под действием приливо-отливной и волновой движения воды.

Вышедшие из рецептаулов яйцеклетки фукуса выделяют в окружающую среду феромон фукосерратен, который привлекает к ним антерозоиды [18]. Японские авторы, изучавшие фукус, произрастающий у южного побережья о. Хоккайдо, показали, что образование у него зигот после смешивания зрелых яйцеклеток и антерозоидов происходит в течение  $30 \pm 15$  мин. [19, 20].

При этом авторами не был указан азимут ветра, скорость придонных течений, и самое главное – волновой режим горизонтов литорали. Тем более, что деформацию волнового поля в зоне разрушения волн можно считать предельной. При этом характер переноса водной массы в придонном слое будет зависеть от степени неустойчивости волнового поля, что, несомненно, повлияет на прикрепление и дальнейшее развитие зигот.

Особое место при оплодотворении занимает скорость, при которой антерозоиды находят клетки фукуса, соответствующим образом ориентируясь и связываясь. Из-за частых столкновений с молекулами растворённых органических веществ, процесс движения антерозоиды переходит в броуновское движение. Наблюдая в лаборатории за индивидуальной антеридией, можно увидеть, что она двигается то в одном, то в другом направлении. В природе на них действуют потоки воды, которые выносят их из зоны нахождения яйцеклеток. Поэтому больше фукуса можно увидеть в расщелинах донных субстратов, где воздействие минимальное (рис. 3.1).

У камчатской популяции фукуса продолжительность процесса оплодотворения и оседания зигот составляет около 18 минут. Возможно, это связано с условиями произрастания фукуса на высоко приливной литорали с полусуточным ритмом приливов, вызывающих постоянное движение воды и опасность сноса не закрепившихся или слабо закрепившихся зигот. Судя по наблюдениям, у восточной Камчатки в среднем горизонте литорали – месте основного произрастания фукуса – безопасное для оседания его зигот время между фазами приливов и отливов составляет не более 40-50 минут и то в случае слабого волнового воздействия [11].



Рисунок 3 – Приливо-отливная зона мыса Шлюпочный: 1 – редкие поселения *F. distichus* в трещинах скальных пород; 2 – ванны с окатанными валунами; 3 – замытые песком щели скальных пород и валунов

Мыс Шлюпочный отмечается не только выходом скальных пород в пределах нижнего горизонта литорали, но также большим количеством валунов, которые распространяются в приливо-отливной зоне, в северо-западном направлении, на расстоянии 300 м. Скальная порода имеет множество трещин с глубинами от 5 до 23 мм. Отвесные скалы, в верхнем горизонте литорали переходят в плоскую скалистую платформу с глыбовыми обвалами, где встречаются ванны различных типов (рис. 3).

Поверхность скал и глыб *F. evanescens* не заселена. Лишь в углублениях и щелях субстратов среднего горизонта обнаруживаются редкие поселения фукуса со стороны берега

(рис. 3.1). На площадках нижнего горизонта имеются ванны различных объёмов и глубин с окатанными валунами, защищающими разрозненные россыпи фукуса от замывания песком (рис. 3.2). Волны прибоя, взмучивая песок, транспортируют его, заполняя щели скальных пород и валунов (рис. 3.3).

В связи со сложностью подводного рельефа пески в районе мыса Шлюпочный распространены не только в области мелководий, но и на глубинах, т.е. отлагаются также в самых разнообразных фациальных условиях. Они слагают пляж, образуют небольшие полосы в прибрежной зоне, у вогнутостей береговой линии, являясь подстилающим слоем твёрдых субстратов. Столь глубокое распространение песков обусловлено, прежде всего, очень высокой подвижностью вод придонными течениями. Среди песков мелкозернистые распространены гораздо шире, чем средне- и крупнозернистые.

Во время полевых работ было установлено, что на песок в трещинах и пустотах твёрдых субстратов оседают и прикрепляются оплодотворённые зиготы фукуса (рис. 4). На особенности оседания большое влияние оказывает шероховатость поверхности субстрата. Для гладких субстратов свойственно групповое оседание и прикрепление зигот. Их агрегации при этом очень скученные. Замечено, что в самом начале линейный рост прикрепившихся эмбрионов на гладком камне был более интенсивным. Позднее из-за чрезмерного гидродинамического воздействия большая часть их смывалась, а у оставшихся четырёх ювенильных проростков произошла некоторая ингибция роста.

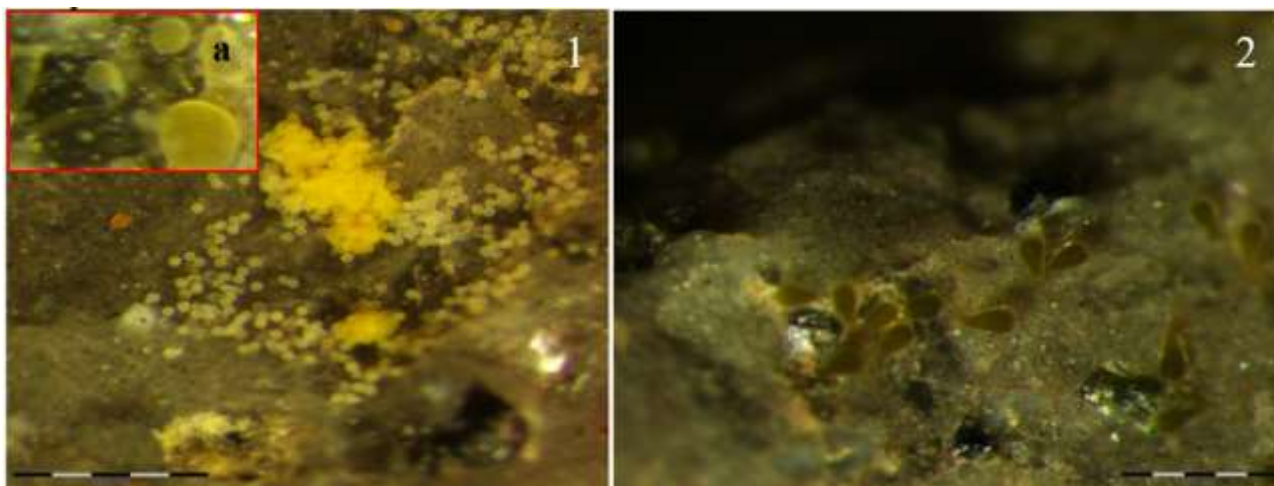


Рисунок 4 – Осадочный материал в зоне литорали мыса Шлюпочный: 1 – яйцеклетки *F. distichus* (а – прикрепление и оплодотворение яйцеклеток на песке); 2 – развивающиеся зиготы фукуса на зёрнах песка

Равномернее и гуще зиготы колонизировали слабошероховатый субстрат. Там они осели в небольшие углубления одиночно или небольшими группами на песок и развивались достаточно равномерно, до вымывания песка из углублений. Хуже зиготы развивались на субстрате с глубокими трещинами. Они густо заполнили их и, видимо, из-за недостатка сетевого довольствия развивались хуже, чем зиготы на гладкой и слабо шероховатой поверхности.

Как известно, при трении воздуха о воду появляются волны, которые, перемешивая воду с атмосферным воздухом, образуют пену. Таким образом, пена на поверхностных водах – это пузырьки кислорода, находящиеся в воде. В нашем случае приливная морская вода, взбиваясь волнами в зоне литорали о субстрат, благодаря поверхностно-активным веществам, находящимся в турбулентном потоке, задерживая воздух образует воздушные пузырьки, которые из-за поверхностного натяжения прилипают к друг к другу и к донным субстратам (рис. 5).



Рисунок 5 – Возникновение воздушных пузырьков при разбивании волн; 1 – плоский субстрат; 2 – одиночно лежащий валун

Благодаря своей плавучести эти пузырьки переносятся на несколько верхних метров поверхности океана. Мельчайшие пузырьки, захваченные в толще воды, полностью растворяются, что приводит к более высокому соотношению растворенных газов на поверхности океана.

Причины устойчивого закрепления частиц песка на пузырьке основаны на взаимодействии свободной поверхности энергии твердой и жидкой фаз. Гидрофобная поверхность частиц песка с острыми рёбрами и выступами способствует более устойчивому закреплению на пузырьке, при этом его размер зависит от площади закрепления [21, 22, 23].

Следует отметить, что закрепление частиц песка на пузырьках также зависит от соотношения размеров тех и других. Физическая сущность закрепления воздушных пузырьков (рис. 6) в статистических условиях впервые хорошо была изучена и в математической форме описана Б.Н. Кабановым и А.Н. Фрулкиным [Кабанов, Фрулкин, 1933]. Она выражается следующим уравнением (формула 1):

$$\pi a \delta_{ж-г} \sin \Theta = V \rho q + \pi a^2 / 4 (2 \delta_{ж-г} / R - h \rho q), \quad (1)$$

где  $a$  – диаметр окружности, по которой пузырёк прикоснулся к твёрдой поверхности, м;

$\delta_{ж-г}$  – поверхностное натяжение на разделе жидкость-газ, н/м;

$\Theta$  – краевой угол смачивания, град;

$V$  – объём пузырька, м<sup>3</sup>;

$q$  – ускорение силы тяжести, м/с<sup>2</sup>;

$\rho$  – плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;

$R$  – радиус пузырька в его продольной части, м;

$h$  – высота пузырька, м.

Сила прилипания пузырька  $F = \pi a \delta_{ж-г} \sin \Theta$ , с которой он удерживается поверхностью мелкозернистого субстрата по периметру площади контакта пузырька и песчинки, как бы притягивает поверхность к оболочке пузырька (рис. 7).

Особые условия закрепления частиц могут возникать, когда на поверхности пузырька образуется своеобразная корочка, состоящая из множества частиц. Благодаря гидрофобности поверхности и присутствию на ней реагентов-собирателей эти частицы с той или иной прочностью сцепляются одна с другой. При равных условиях прочность такой флотационной корочки возрастает, если она будет состоять из частиц разных размеров, поскольку в этом случае мелкие частицы, заполняют промежутки между крупными. Возможно именно этим объясняется иногда отмечаемое при флотации весьма парадоксальное явление, когда добавление небольших количеств мелких частиц улучшает флотацию более крупных [24].

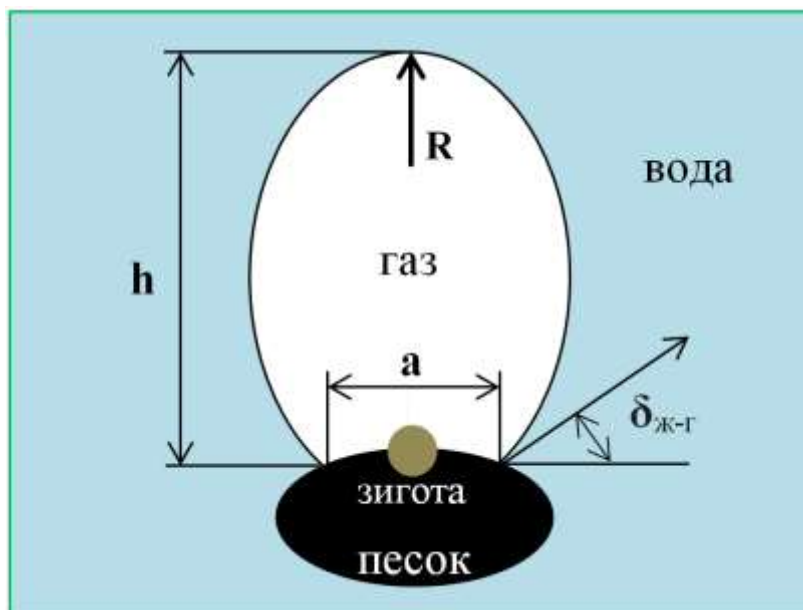


Рисунок 6 – Схема прилипания воздушного пузырька к частице песка с зиготой *F. distichus*.

$P_i = 2\delta_{ж-г} / R$  – капиллярное давление газа в пузырьке, дин/см<sup>2</sup> (на всех участках пузырька практически одинаково).  $P_i = h\rho r$  – гидростатическое давление воды у основания пузырька. Разница давлений  $P_k - P_n$  внутри пузырька и вне его приводит к появлению добавочной силы отрыва  $F_r$ , равной произведению площади контакта  $\pi a^2 / 4$  на величину добавочного давления  $2\delta_{ж-г} / R - h\rho r$ , т.е.  $F_2 = \pi a^2 / 4 (2\delta_{ж-г} / R - h\rho r)$

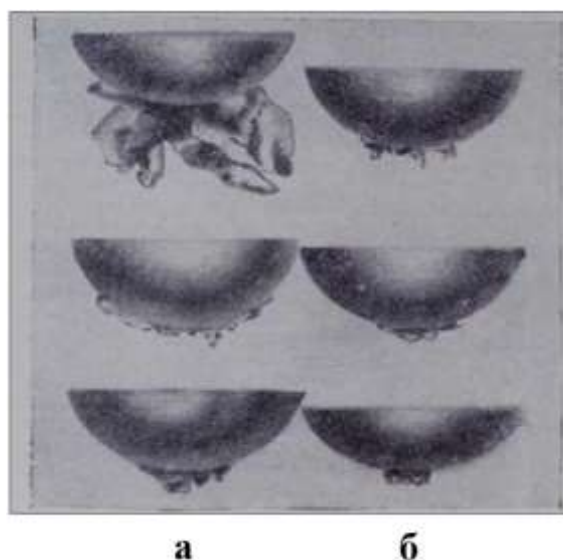


Рисунок 7 – Флотация минеральных частиц: а – крупностью 0,8 + 0,5 мм; б – крупностью 0,2 + 0,15 мм (по Эйгелес, 1956)

Сила Архимеда пузырька  $F = V\rho r$  – гидростатическая сила подъёма пузырька стремится оторвать пузырёк от поверхности песчинки. В момент, непосредственно предшествующий отрыву, сила, удерживающая пузырёк на твёрдой поверхности, равна силе отрыва, включающей капиллярное давление  $P_k$ , уменьшенное на величину гидростатического давления воды  $P_r$  у основания пузырька и давлением газа внутри пузырька на его стенки, увеличивая его размер. Эта сила, слагающаяся из веса частицы песка в воде и ускорения, будет равна гидростатическому вектору пузырька. С увеличением пузырька его подъёмная сила будет расти до достижения равенства сил прикрепления и отрыва песчинки от субстрата, с последующим подъёмом прикрепившейся частицы песка с



зиготами фукуса или многих закрепившихся зёрен.

В нашем случае, всплытие воздушных пузырьков, независимо от существующего их размерного диапазона, осуществляется в турбулентном потоке прибрежных вод. Движения пузырьков в этом режиме подробно рассматривается в работах Маленкова [25] и Кутателадзе [26].

Во всех приведённых выше рассуждениях неоднократно делались ссылки на силы, отрывающие частицу мелкозернистого субстрата во время движения пузырька при всплытии. В связи с этим необходимо показать причины отрыва частиц песка, которые возникают при движении пузырька в турбулентном потоке.

В природе группа пузырьков увлекается хаотичным движением воды, что способствует увеличению скорости и ускорению их движения, осуществляемого во всех возможных направлениях. Причём как радиус её кривизны, так и скорость движения могут изменяться в широких пределах. Отрывающая сила при этом будет складываться из веса частиц и центробежной силы, возникающей при огибании частицей криволинейной поверхности пузырьков. Также прилипшая частица будет отрываться от пузырька при ударе о донный субстрат или сбиваться при столкновении с находящимися в воде частицами песка.

**Выводы.** На основании вышеизложенного можно утверждать:

1. На песок в трещинах и пустотах твёрдых субстратов литорали мыса Шлюпочный, оседают и прикрепляются оплодотворённые зиготы фукуса.

2. Благодаря поверхностно-активным веществам, находящимся в турбулентном потоке, задерживая воздух, при приливах образуются воздушные пузырьки, которые из-за поверхностного натяжения прилипают к мелкозернистому субстрату, находящемуся в трещинах валунов и камней.

3. Воздушные пузырьки за счёт переноса песка из углублений субстратов зон литорали влияют на уменьшение площади поселений *F. distichus* в зоне литорали мыса Шлюпочный.

Список использованной литературы:

1. Duarte C.M., Agusti S., Barbier E. et al. Rebuilding marine life // Nature. 2020. Vol. 580. P. 39–51.
2. Сытник Н.А. Основы марикультуры: учебное пособие для студентов направления подгот. 35.03.08 «Водные биоресурсы и аквакультура» оч. и заоч. форм обучения. Керчь: ФГБОУ ВО «КГМТУ», 2018. 167 с.
3. Parodi A., Leip A., De Boer I.J.M. et al. 2018. The potential of future foods for sustainable and healthy diets // Nature Sustainability. 2018. Vol. 1. P. 782–789.
4. Суховеева М.В., Подкорытова А.В. Промысловые водоросли и травы морей Дальнего Востока: биология, распространение, запасы, технология переработки. Владивосток: ТИПРО-центр, 2006. 243 с.
5. Лапикова Е.С., Дрозд Н.Н., Толстенков А.С. и др. Ингибирование тромбина и фактора Ха фукоиданом из *Fucus evanescens* и его модифицированными аналогами // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2008. Т. 146. № 9. С. 304–309.
6. Кузнецова Т.А., Запорожец Т.С., Макаренкова 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.
7. Беседнова Н.Н., Звягинцева Т.Н., Андрюков Б.Г. Сульфатированные полисахариды морских водорослей как потенциальные средства профилактики и терапии гриппа и COVID-19 // Антибиотики и химиотерапия. 2021. Т. 66. № 7-8. С. 50–66.
8. 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.
9. Крыжановский С.П., Кузнецова Т.А., Гельцер Б.И., Запорожец Т.С., Ермакова С.П.,

Беседнова Н.Н. Фукоидан из бурой водоросли *Fucus evanesceus*: новые перспективы в лечении атеросклероза// Российский биотерапевтический журнал. 2017. Т. 16. № 1. С. 82–87.

10. Перервенко О.В., Меджидова Х.М., Кашутин 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 Всероссийской научно-практической конференции. Петропавловск-Камчатский, 2019. С. 54–58.
11. Кашутин А.Н. Биология развития и экология бурой водоросли *Fucus distichus* в прибрежных водах Камчатки: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08 / Александр Николаевич Кашутин. Петропавловск-Камчатский, 2021. 22 с.
12. Koehl M.A.R. Mechanical design of spicule-reinforced connective tissues: stiffness // J. Exp. Biol. 1982. Vol. 98. P. 239–267.
13. Vogel S. Life in Moving Fluids. 2nd ed. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1994, 467 p.
14. Denny M.W. Predicting physical disturbance: mechanistic approaches to the study of survivorship on wave swept shores // Ecological Monographs. 1995. Vol. 65. P. 371–418.
15. Denny M., Gaylord B. The mechanics of wave swept algae // J. Exp. Bot. 2002. Vol. 205. P. 1355–1362.
16. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация. М.: Стандартинформ, 2013. 38 с.
17. Fletcher R.L., Callow M.E. The settlement, attachment and establishment of marine algal spores // British Phycol. J. 1992. Vol. 27. P. 303–329.
18. Muller D., Jaenicke L. Fucoserraten, the female sex attractant of *Fucus serratus* L. (Phaeophyta) // FEBS Letters. 1973. Vol. 30. P. 137–139.
19. Wakana I., Abe M. Artificial insemination 'regulated by EDTA' in the monoecious brown alga *Fucus evanesceus* // Plant Cell Physiol. 1992. Vol. 33. P. 569–575.
20. Motomura T. Electron and immunofluorescence microscopy on the fertilization of *Fucus distichus* (Fucales, Phaeophyceae) // Protoplasma. 1994. Vol. 178. P. 97–110.
21. Nakoryakov V.E., Dontsov V.E., Pokusaev B.G. Pressure waves in a liquid suspension with solid particles and gas bubbles // Intern. J. Multiphase Flow. 1996. Vol. 22. № 3. P. 417–429.
22. Dontsov V.E. The interaction of a shock wave with a rigid wall in a three-phase suspension // Russ. J. Engng Thermophys. 1997. Vol. 7. № 3/4. P. 125–139.
23. Theofanous T.G., Yuen W.W., Angelini S. The internal dynamic structures of a class of transient dispersed flow with phase change // Book of Abstracts of 3rd International conference on multiphase flow. Lion, France, June 8-12, 1998. P. 3.6-1.
24. Классен В.И., Мокроусов В.А. Введение в теорию флотации. М.: Металлургиздат, 1959. 636 с.
25. Маленков И.Г. О движении больших пузырей газа, всплывающих в жидкости // Журнал прикладной механики и технической физики. 1968. № 6. С. 130–134.
26. Кутателадзе С.С., Стырикович М.А. Гидродинамика газожидкостных систем. М.: Энергия, 1976. 296 с.

#### References:

1. Duarte C.M., Agusti S., Barbier E. et al. Rebuilding marine life. *Nature*, 2020, vol. 580, pp. 39–51. (In English).
2. Sytnik N.A. *Osnovy marikul'tury* [Fundamentals of mariculture], Kerch, KSMTU Publ., 2018, 167 p. (In Russian).
3. Parodi A., Leip A., De Boer I.J.M. et al. The potential of future foods for sustainable and diets. *Nature Sustainability*, 2018, vol. 1, pp. 782–789. (In English).
4. Sukhoveeva M.V., Podkorytova A.V. *Promyslovye vodorosli i travy morej Dal'nego Vostoka: biologiya, rasprostranenie, zapasy, tekhnologiya pererabotki* [Commercial algae and grasses of



- the seas of the Far East: biology, distribution, stocks, processing technology]. Vladivostok, TINRO-center, 2006, 243 p. (In Russian).
5. Lapikova E.S., Drozd N.N., Tolstenkov A.S. Ingibirovanie trombina i faktora Ha fukoidanom iz *Fucus evanescens* i ego modificirovannymi analogami [Inhibition of thrombin and factor Xa by fucoidan from *Fucus evanescens* and its modified analogues]. *Byulleten' eksperimental'noj biologii i mediciny* [Bulletin of Experimental Biology and Medicine], 2008, vol. 146, no. 9, pp. 304–309. (In Russian).
  6. Kuznetsova T.A., Zaporozhets T.S., Makarenkova I.D., Timchenko N.F., Besednova N.N., Zvyagintseva T.N., Shevchenko N.M., Mandrakova N.V., Melnikov V.G. Prebioticheskiy potencial polisaharidov iz buroj vodorosli *Fucus evanescens* i znachenie dlya klinicheskogo ispol'zovaniya [Prebiotic potential of polysaccharides from the brown alga *Fucus evanescens* and implications for clinical use]. *Tihookeanskiy medicinskiy zhurnal* [Pacific Medical Journal], 2012, no. 1, pp. 37-40. (In Russian).
  7. Besednova N.N., Zvyagintseva T.N., Andryukov B.G. Sul'fatirovannye polisaharidy morskikh vodoroslej kak potencial'nye sredstva profilaktiki i terapii grippa i COVID-19 [Seaweed sulfated polysaccharides as a potential means of preventing and treating influenza and COVID-19]. *Antibiotiki i himioterapiya* [Antibiotics and Chemotherapy], 2021, vol. 66, no. 7-8, pp. 50–66. (In Russian).
  8. Ivanushko L.A., Imbs T.I. Sravnitel'noe izuchenie citokiniduciruyushchih svoystv fukoidana iz buroj vodorosli *Fucus evanescens* i ego proizvodnyh [Comparative Study of the Cytokinininducing Properties of Brown Algae Fucoidan *Fucus evanescens* and its derivatives]. *Zdorov'e. Medicinskaya ekologiya. Nauka* [Health. Medical Ecology. The science], 2017, no. 3 (70), pp. 60–62. (In Russian).
  9. Kryzhanovsky S.P., Kuznetsova T.A., Geltser B.I., Zaporozhets T.S., Ermakova S.P., Besednova N.N. Fukoidan iz buroj vodorosli *Fucus evenescens*: novye perspektivy v lechenii ateroskleroza [Fucoidan from the brown algae *Fucus evenescens*: new perspectives in the treatment of atherosclerosis]. *Rossiyskiy bioterapevticheskij zhurnal* [Russian Journal of Biotherapy], 2017, vol. 16, no. 1, pp 82-87. (In Russian).
  10. Perervenko O.V., Medzhidova Kh.M., Kashutin A.N. Adaptivnye izmeneniya v rabote immunnnoy sistemy u zhitelej Kamchatki i izuchenie vozmozhnosti immunokorrekcii s ispol'zovaniem morskoy buroj vodorosli *Fucus distichus* [Adaptive changes in the work of the immune system in the inhabitants of Kamchatka and the study of the possibility of immunocorrection using the marine brown algae *Fucus distichus*]. *Materialy 10 Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferencii «Prirodnye resursy, ih sovremennoe sostoyanie, ohrana, promyslovoe i tekhnicheskoe ispol'zovanie»* [Proceedings of 10th All-Russian Scientific and Practical Conference “Natural resources, their current state, protection, commercial and technical use”]. Petropavlovsk-Kamchatsky, 2019, pp. 54–58. (In Russian).
  11. Kashutin A.N. *Biologiya razvitiya i ekologiya buroj vodorosli Fucus distichus v pribrezhnykh vodakh Kamchatki. Avtoref. dis. ... kand. biol. nauk* [Developmental biology and ecology of the brown alga *Fucus distichus* in the coastal waters of Kamchatka. Cand. biol. sci. diss. abstr.]. Petropavlovsk-Kamchatsky, 2021, 22 p. (In Russian).
  12. Koehl M.A.R. Mechanical design of spicule-reinforced connective tissues: stiffness. *J. Exp. Biol.*, 1982, vol. 98, pp. 239–267. (In English).
  13. Vogel S. *Life in Moving Fluids*. 2nd ed. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1994, 467 p. (In English).
  14. Denny M.W. Predicting physical disturbance: mechanistic approaches to the study of survivorship on wave swept shores. *Ecological Monographs*, 1995, vol. 65, pp. 371–418. (In English).
  15. Denny M., Gaylord B. The mechanics of wave swept algae. *J. Exp. Bot.*, 2002, vol. 205, pp. 1355–1362. (In English).
  16. *GOST 25100-2011. Grunty. Klassifikaciya* [State Standard 25100-2011. Soils. Classification]. Moscow, Standartinform Publ., 2013, 38 p. (In Russian).

17. Fletcher R.L., Callow M.E. The settlement, attachment and establishment of marine algal spores. *British Phycol. J.*, 1992, vol. 27, pp. 303–329. (In English).
18. Muller D., Jaenicke L. Fucoserraten, the female sex attractant of *Fucus serratus* L. (Phaeophyta). *FEBS Letters*, 1973, vol. 30, pp. 137–139. (In English).
19. Wakana I., Abe M. Artificial insemination 'regulated by EDTA' in the monoecious brown alga *Fucus evanescens*. *Plant Cell Physiol.*, 1992, vol. 33, pp. 569–575. (In English).
20. Motomura T. Electron and immunofluorescence microscopy on the fertilization of *Fucus distichus* (Fucales, Phaeophyceae). *Protoplasma*, 1994, vol. 178, pp. 97–110. (In English).
21. Nakoryakov V.E., Dontsov V.E., Pokusaev B.G. Pressure waves in a liquid suspension with solid particles and gas bubbles. *Intern. J. Multiphase Flow*, 1996, vol. 22, no. 3, pp. 417–429. (In English).
22. Dontsov V.E. The interaction of a shock wave with a rigid wall in a three-phase suspension. *Russ. J. Engng Thermophys*, 1997, vol. 7, no. 3/4, pp. 125–139. (In English).
23. Theofanous T.G., Yuen W.W., Angelini S. The internal dynamic structures of a class of transient dispersed flow with phase change. *Book of Abstract of 3rd International Conference on Multiphase Flow*. Lion, France, 1998, pp. 3.6-1. (In English).
24. Klassen V.I., Mokrousov V.A. *Vvedenie v teoriyu flotacii* [Introduction to the theory of flotation]. Moscow, Metallurgizdat Publ., 1959, 636 p. (In Russian).
25. Malenkov I.G. O dvizhenii bol'shikh puzyrej gaza, vsplyvayushchih v zhidkosti [On the Motion of Large Gas Bubbles Floating in a Liquid]. *Zhurnal prikladnoy mekhaniki i tekhnicheskoy fiziki* [Journal of Applied Mechanics and Technical Physics], 1968, no. 6, pp. 130–134. (In Russian).
26. Kutateladze S.S., Styrikovich M.A. *Gidrodinamika gazozhidkostnykh sistem* [Hydrodynamics of gas-liquid systems]. Moscow, Energy Publ., 1976, 296 p. (In Russian).

Сведения об авторах / Information about authors

<b>Кашутина Ирина Александровна</b>	канд. техн. наук, доцент кафедры информатики и математики факультета естественных и технических наук Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга» 683002, Камчатский край, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Виталия Кручины, 8/7, кв. 21 kashutinaia@yandex.ru
Kashutina Irina Alexandrovna	Ph.D. (Engin.), Associate Professor at the Department of computer science and mathematics Vitus Bering Kamchatka State University 683002, Kamchatka region, Petropavlovsk-Kamchatsky, Vitaliya Kruchiny str., 8/7, apt. 21 kashutinaia@yandex.ru
<b>Кашутин Александр Николаевич</b>	канд. биол. наук 683006, Камчатский край, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Чубарова, д. 4/1, кв. 48 kashutin-an@yandex.ru
Kashutin Alexandr Nikolaevich	Ph.D. (Biol.) 683006, Kamchatka region, Petropavlovsk-Kamchatsky, Chubarova str., 4/1, apt. 48 kashutin-an@yandex.ru

УДК 579.222:635.82:664.8.037.1

Медведкова И.И., Соколов С.А., Яшонков А.А.  
**АНАЛИЗ СОДЕРЖИМОГО ЛИПИДОВ И ПРОДУКТОВ ИХ РАСПАДА ПРИ  
ХРАНЕНИИ СВЕЖИХ КУЛЬТИВИРУЕМЫХ ГРИБОВ *STROPHARIA  
RUGOSOANNULALA***

**Аннотация.** Необходимость расширения ассортимента выпускаемой продукции, в том числе с добавлением различных видов грибов требует научных исследований в области анализа их пищевой ценности. Малоисследованным с точки зрения применения в питании является такой вид грибов, как кольцевик. Кольцевик *Stropharia rugosoannulata* относится к грибам с морщинисто-кольцевыми пластинками. Исследования показали, что содержание липидов в этих грибах невелико, и оно уменьшается в процессе хранения. При этом уровень липидов снижается быстрее при повышении температуры и увеличении сроков хранения. Концентрация малонового диальдегида в кольцевике также увеличивается со временем и с температурой хранения. Исследования показали, что оптимальный срок хранения для культивируемых грибов *Stropharia rugosoannulata* составляет три дня при температуре 0÷4 °С.

**Ключевые слова:** кольцевик, температура хранения, сроки хранения, липиды, малоновый диальдегид.

Medvedkova I.I., Sokolov S.A., Yashonkov A.A.  
**ANALYSIS OF LIPID CONTENT AND PRODUCTS OF THEIR DECOMPOSITION  
DURING STORAGE FRESH CULTIVATED MUSHROOMS *STROPHARIA  
RUGOSOANNULALA***

**Annotation.** The need to expand the range of products, including the addition of various types of mushrooms, requires scientific research in the field of analyzing their nutritional value. Little studied from the point of view of application in nutrition is such a type of mushroom as ringworm. The ringworm *Stropharia rugosoannulata* refers to fungi with wrinkled annular plates. Studies have shown that the lipid content in these mushrooms is low, and it decreases during storage. At the same time, the lipid level decreases faster with an increase in temperature and an increase in shelf life. The concentration of low-weatheraldehyde in the ring also increases with time and with the storage temperature. Studies have shown that the optimal shelf life for cultivated *Stropharia rugosoannulata* mushrooms is three days at a temperature of 0-4 °С.

**Keywords:** annulus, storage temperature, shelf life, lipids, low dialdehyde.

**Введение.** Расширение ассортимента выпускаемой пищевой продукции является важным направлением развития предприятий питания. Современные тенденции в пищевой промышленности требуют от производителей введения в состав уже имеющихся блюд различных компонентов, отличающихся повышенной пищевой ценностью [1]. К таким компонентам можно отнести различные культивируемые грибы, например, кольцевик.

Кольцевик, известный как *Stropharia rugosoannulata*, принадлежит к морщинисто-кольцевым пластинчатым подстилочным грибам. Его шляпка очень мясистая, с цветом от серо-коричневого до каштаново-красного. Молодые грибы имеют кирпично-красную выпуклую шляпку, которая постепенно светлеет. Край шляпки изогнутый, с мембраной, разрывающейся при созревании, оставляя кольцо на ножке. Пластинки сначала белые, затем становятся голубовато-серыми или черно-фиолетовыми. Размер шляпки может достигать от 5 до 20 см в диаметре, вес плодовых тел – от 50 до 100 г. Ножка светлая, толстая и ровная. Вкус гриба напоминает подосиновик [2-4].

Кольцевик содержит небольшое количество липидов, которые не содержат холестерина и близки по составу к растительным маслам [5]. В его составе также есть вещества, которые

помогают снизить уровень липидов в крови, контролировать давление и уменьшить риск сердечно-сосудистых заболеваний. Таблица 1 показывает содержание основных жирных кислот в кольцевике [6].

Таблица 1 – Содержание основных жирных кислот в плодовом теле кольцевика, % от суммы жирных кислот

Показатели	Жирные кислоты					
	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2
Кольцевик	0,01	13,91	7,57	8,13	7,95	62,43

Как упоминалось ранее, содержание жиров в кольцевике невелико, однако они являются переменным компонентом и могут изменяться в процессе хранения [7].

Нежелательным явлением при этом является возможное образование вредных продуктов распада, одним из которых является малоновый альдегид (МДА). Он формируется в основном в результате перекисного окисления жиров, но также может образовываться при разложении углеводов и белка. Поэтому анализ наличия и изучение динамики МДА при хранении грибов представляют значительный интерес [8].

**Целью исследования** было проведение анализа колебаний уровня содержимого липидов и МДА в культивируемых грибах *Stropharia rugosoannulata* при разных сроках хранения. Руководствующим фактором в этом случае выступала температура хранения, которая изменялась от 0 °С до 6 °С [9, 10].

**Материалы и методы исследования.** Из исследований нескольких авторов стало известно, что состав жиров дереворазрушающих грибов был выявлен. А.В. Зименко подробно изучил жиры вешенки и выяснил, что культивируемые грибы практически не содержат холестерина [11].

Е.В. Макарова провела исследования, которые показали, что хранение грибов приводит к различным биологическим процессам, зависящим от условий и сроков хранения. Было отмечено, что естественная потеря массы грибных тел варьируется в зависимости от температурного режима и продолжительности хранения: при температуре 0±2 °С потери составляют в среднем 4,6 %, а при 4±6 °С – от 5,5 % за 15 дней хранения [12].

Согласно А.И. Морозову, жиры в плодовых телах различных видов культивируемых грибов имеют примерно одинаковый состав, что делает культивируемые грибы перспективным сырьем для производства пищевых продуктов [13].

Исследования проводились согласно установленной методике по ГОСТ 23042-86, который устанавливает методы ускоренного определения жира и метод определения жира с использованием экстракционного аппарата Сокслета [14].

Количественное определение малонового диальдегида проводилось методом УФ-спектроскопии, который заключается в измерении оптической плотности исследуемого липидного раствора [15].

**Результаты исследования и их обсуждение.** Наблюдения проводились в течение 15 суток. Для хранения грибов при разных температурных режимах использовали четыре холодильных камеры. В каждой камере выставляли определенный температурный режим хранения: 0±0,5 °С; 2±0,5 °С; 4±0,5 °С; 6±0,5 °С при относительной влажности  $\varphi = 83 \pm 2$  %.

На протяжении дня с промежутками в 30 минут в камерах фиксировали температуру с помощью электронного жидкокристаллического термометра и относительную влажность измеряли психрометром.

Содержание жиров в кольцевике по срокам хранения представлено в таблице 2.

Во время хранения свежих грибов происходят изменения во всех составляющих, влияющих на пищевую ценность продукта. Состав жиров был изучен в плодовых телах кольцевика, выращенного на опилках.

Таблица 2 – Динамика содержания жира в кольцевике при хранении, % от сухой массы

Температура, °С	Продолжительность хранения, время					
	на начало	3	6	9	12	15
0	1,32±0,16	1,28±0,06	1,23±0,03	1,14±0,03	1,07±0,07	0,98±0,02
2	1,32±0,16	1,22±0,05	1,18±0,04	1,09±0,02	0,98±0,06	0,88±0,05
4	1,32±0,16	1,20±0,17	1,15±0,01	0,95±0,02	0,91±0,05	0,81±0,03
6	1,32±0,16	1,18±0,06	1,10±0,06	0,91±0,05	0,86±0,03	0,78±0,03

Анализ таблицы 2 показывает, что содержание жиров уменьшается во всех вариантах хранения. Например, содержание липидов снизилось примерно на одинаковый процент от 1,32 % до 0,78 % при хранении при температуре 0°С, от 1,32 % до 0,88 % при 2 °С, от 1,32 % до 0,81 % при 4 °С и от 1,32 % до 0,83 % при 6°С.

Вероятно, это связано с расщеплением сложных молекул жира, при этом выделяется энергия, необходимая для продолжения жизнедеятельности клеток.

Однако стоит отметить, что при увеличении температуры хранения свежих грибов, индекс падения содержания жиров также увеличивается.

На рисунке 1 показано как меняется содержание липидов в кольцевике в процессе хранения. Малоновый альдегид (МДА) является результатом окисления липидов. Увеличение уровня МДА свидетельствует о усилении этого процесса. МДА также является сильным ангиотоксином и может повреждать хрусталик, что играет важную роль в развитии катаракты.

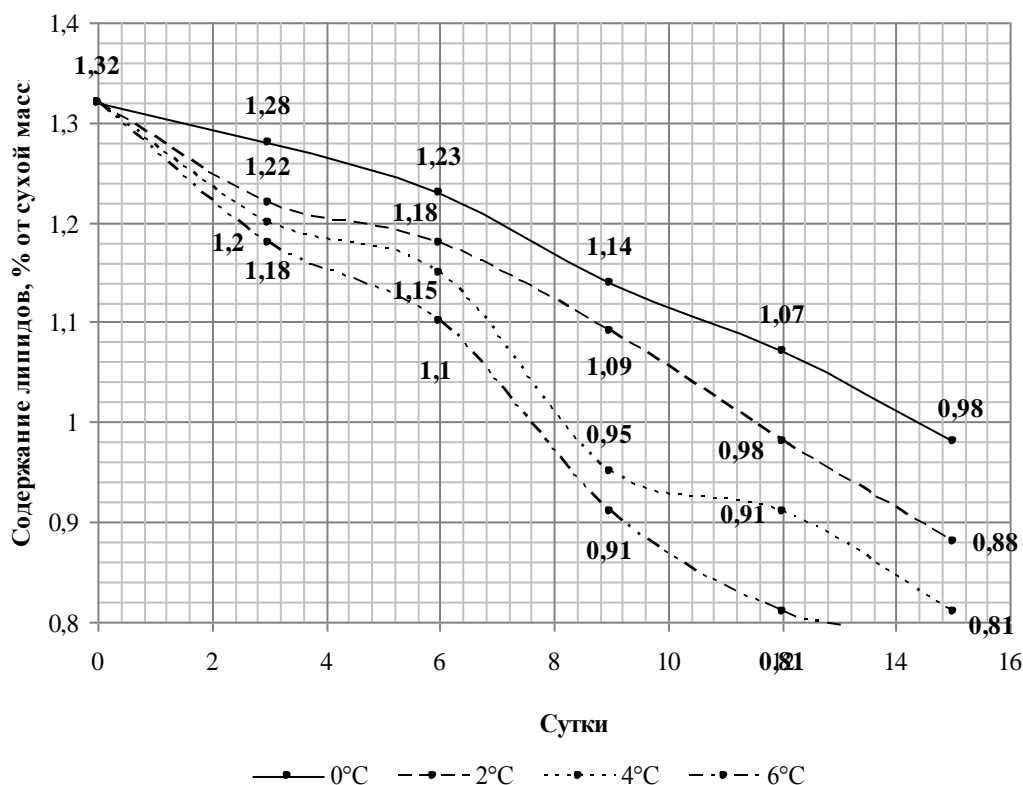


Рисунок 1 – Динамика содержания липидов в кольцевике при хранении, % от сухой массы

Взаимодействуя с гемоглобином, МДА снижает его механическую стабильность и влияет на его функцию. Многие продукты окисления липидов могут оказывать влияние на клетки.

В таблице 3 представлена динамика уровня МДА в кольцевике в процессе хранения.

Таблица 3 – Динамика МДА в кольцевике при хранении, ммоль/литр

Температура, °С	Длительность хранения, сутки					
	до хранения	3	6	9	12	15
0	1,28	2,34	2,29	1,86	1,65	1,50
2	1,28	2,47	2,39	2,05	1,85	2,00
4	1,28	2,58	2,47	2,34	2,21	2,20
6	1,28	2,96	2,78	2,65	3,31	3,68

В частности, МДА, как и другие ненасыщенные альдегиды, обладают выраженной цитотоксичностью, вызывают мутации и ингибируют различные процессы в организме, такие как активность гликолиза и окислительного фосфорилирования, синтез белка и нуклеиновых кислот, а также окисляют группы SH и ингибируют различные ферменты. [8].

При анализе рисунка 2 было обнаружено, что при хранении кольцевиков варьируются концентрации МДА. Исходно концентрация МДА в грибах составляла 1,28 ммоль/л. Отмечается, что при более высокой температуре хранения увеличивается содержание МДА в кольцевике.

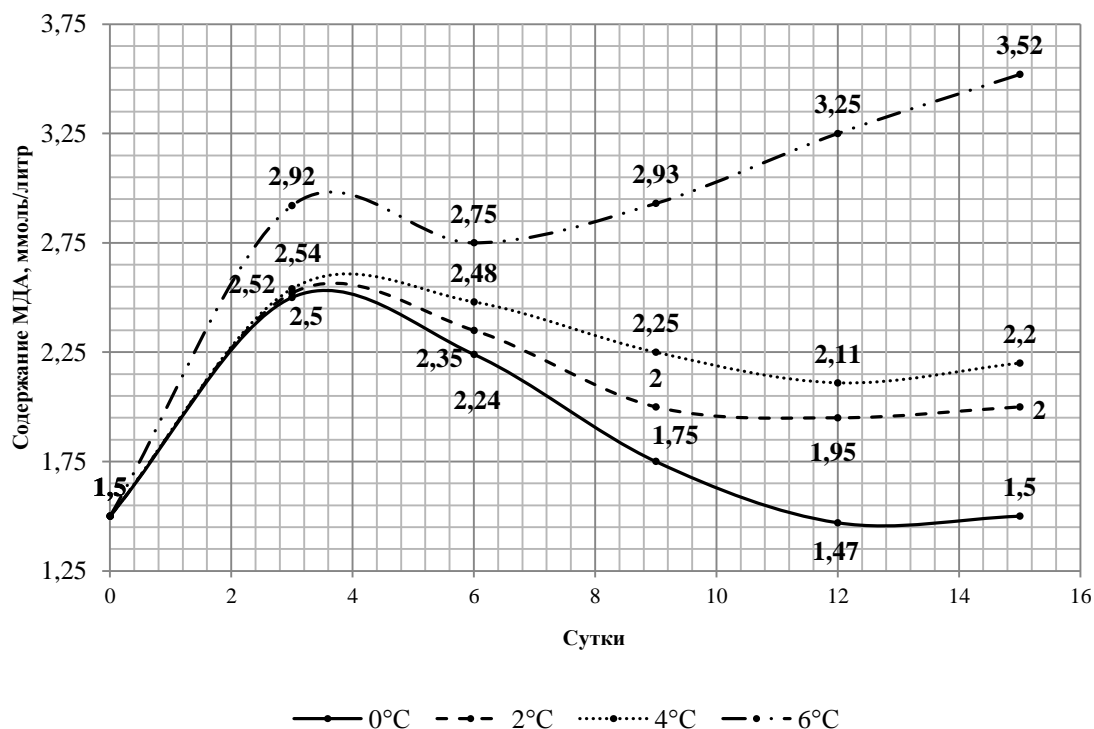


Рисунок 2 – Динамика МДА в кольцевике при хранении, ммоль/литр

Например, после хранения грибов в течение 6 дней при температуре 0÷2 °С концентрация малонового диальдегида увеличивалась в среднем в 2 раза, а при температуре 4÷6 °С – в 2,5 раза.

Кроме того, длительное хранение грибов при повышенных температурах (4÷6 °С) приводило к увеличению концентрации МДА, что может вызвать канцерогенные эффекты.

Таким образом, исследование показало, что температура и длительность хранения оказывают влияние на уровень МДА в кольцевике.

**Выводы.** На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- количество липидов в кольцевике нестабильно и меняется в зависимости от условий хранения, таких как температура и срок хранения. Было выявлено, что содержание липидов распределяется по-разному в зависимости от температуры и времени хранения. Общая



динамика изменения содержания липидов при хранении при разных температурах как правило идет на убыль;

- содержание малонового диальдегида в кольцевике изменчиво и зависит от продолжительности и условий хранения;

- обнаружена закономерность в распределении малонового диальдегида в зависимости от температуры и времени хранения;

- хранение грибов при повышенных температурах (4÷6 °С) приводит к увеличению содержания малонового диальдегида, который может быть опасен для здоровья человека.

В результате исследований было установлено, что содержание липидов в кольцевике невысокое. Уменьшение содержания липидов во время хранения характерно для всех вариантов условий хранения, однако с увеличением температуры и продолжительности хранения этот процесс усиливается. Таким образом, оптимальной температурой для хранения кольцевиков с точки зрения содержания липидов является диапазон 0÷4 °С, поскольку при повышении температуры количество липидов снижается резко.

По нашему мнению, увеличение уровня МДА, опасного канцерогена, связано с усилением окисления липидов в процессе хранения. Повышение содержания МДА в кольцевике происходит резко, но можно отметить тенденцию увеличения концентрации МДА в зависимости от температуры и продолжительности хранения. Таким образом, наилучшие условия хранения с точки зрения содержания МДА в кольцевике достигаются при температуре от 0 до 4 °С и периоде хранения до 6 суток.

#### Список использованной литературы:

1. *Антипов С.Т., Панфилов В.А.* Технологии АПК будущего и опережающее инженерное образование // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2021. № 2. С. 127-138. DOI 10.47404/2619-0605\_2021\_2\_127.
2. *Арчер В.А.* Грибная энциклопедия. М.: Центрполиграф, 2016. 20 с.
3. *Сычев П.А., Ткаченко Н.П.* Грибы и грибоводство / под ред. П.А. Сычева. М.: ООО «Издательство АСТ»; Донецк: Сталкер, 2003, 511 с.
4. *Шудыга К.* Кольцевик. М.: Лесная промышленность, 1975. 56 с.
5. Сайт журнала «Agronom: Агрономический портал». URL: <https://www.agronom.info> (дата обращения 15.05.2024).
6. *Мысякина И.С.* Липиды в морфогенетических процессах, диморфизме и адаптации мицелиальных грибов: дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.07 / Ирина Сергеевна Мысякина. Москва, 2009. 192 с.
7. *Mattila P., Konko K., Eurola M. et al.* Contents of vitamins, mineral elements, and some phenolic compounds in cultivated mushrooms // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2001. № 49 (5). P. 2343-8. DOI: 10.1021/jf001525d.
8. *Асташова Т.А., Асташов В.В., Чикова Е.Д., Савицкая И.В., Морозов С.В.* Исследование процессов перекисного окисления липидов и показатели липидного обмена в лимфе и лимфоидных органах в условиях модели атеросклероза и его коррекции сорбентом сиап // Эфферентная терапия. 1998. Т. 5. № 2. С. 29–33.
9. *Медведкова И.И., Попова Н.А.* Целесообразность хранения свежих грибов при оптимальном температурном режиме // Потребительский рынок: проблемы качества и безопасности товаров и услуг: материалы 2-й Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Орёл, 2023. С. 155–158.
10. *Flegg P.* Temperature-induced synchronisation of sporophore production in the mushroom *Agaricus* // Scientia Horticulturae. 1980. Vol. 13. P. 307–314.
11. *Зименко А.В.* Влияние субстрата на урожайность, пищевую ценность и длительность хранения грибов вешенка обыкновенная: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.03 / Александр Васильевич Зименко. Москва, 1997. 18 с.
12. *Макарова Е.В.* Оценка потребительских свойств и сохраняемости вешенки обыкновенной культивируемой: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.15 / Елена Владимировна

Макарова. Новосибирск, 2006. 186 с.

13. Морозов А.И. Вешенка. Шампиньон. Сиитаке. Выращивание, переработка, применение. Донецк: Мультипресс, 2011. 288 с.
14. ГОСТ 23042-86. Мясо и мясные продукты. Методы определения жира. М.: Стандартиформ, 1988. 58 с.
15. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П. и др. Методы биохимического исследования растений / под ред. А.И. Ермакова. Л.: Агропромиздат, 1987. 430 с.

#### References:

1. Antipov S.T., Panfilov V.A. Tekhnologii APK budushchego i operezhayushchee inzhenerное образование [Agro-industrial complex technologies of the future and advanced engineering education]. *Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kerch State Marine Technological University], 2021, no. 2, pp. 127–138. (In Russian). DOI: 10.47404/2619-0605\_2021\_2\_127.
2. Archer V.A. *Gribnaya enciklopediya* [The Mushroom Encyclopedia]. Moscow, Centrpoligraf Publ, 2016, 20 p. (In Russian).
3. Sychev P.A., Tkachenko N.P. *Griby i gribovodstvo* [Mushrooms and mushroom farming]. Moscow, AST Publ., Donetsk, Stalker Publ., 2003, 511 p. (In Russian).
4. Shudyga K. *Kol'cevik* [Stropharia]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1975, 56 p. (In Russian).
5. *Sajt zhurnala «Agronom: Agronomicheskij portal»* [Site of journal “Agronom: Agronomic portal”]. (In Russian). Available at: <https://www.agronom.info> (accessed 15.05.2024).
6. Mysyakina I.S. *Lipidy v morfogeneticheskikh processah, dimorfizme i adaptacii micelial'nyh gribov. Diss. dokt. biol. nauk* [Lipids in morphogenetic processes, dimorphism and adaptation of mycelial fungi. Dr. biol. sci. diss.]. Moscow, 2009, 192 p. (In Russian).
7. Mattila P., Konko K., Euroola M. et al. Contents of vitamins, mineral elements, and some phenolic compounds in cultivated mushrooms. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2001, no. 49 (5), pp. 2343-8. (In English). DOI: 10.1021/jf001525d.
8. Astashova T.A., Astashov V.V., Chikova E.D., Savickaya I.V., Morozov S.V. Issledovanie processov perekisnogo okisleniya lipidov i pokazateli lipidnogo obmena v limfe i limfoidnyh organah v usloviyah modeli ateroskleroza i ego korrekcii sorbentom sial [Investigation of lipid peroxidation processes and indicators of lipid metabolism in lymph and lymphoid organs under the conditions of the atherosclerosis model and its correction with sial sorbent]. *Efferentnaya terapiya* [Efferent therapy], 1998, vol. 5, no. 2, pp. 29–33. (In Russian).
9. Medvedkova I.I., Popova N.A. Celesoobraznost' hraneniya svezhih gribov pri optimal'nom temperaturnom rezhime [The expediency of storing fresh mushrooms at optimal temperature conditions]. *Materialy 2 Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem «Potrebitel'skij rynek: problemy kachestva i bezopasnosti tovarov i uslug»* [Proceedings of the 2nd All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation “Consumer market: problems of quality and safety of goods and services”]. Oryol, 2023, pp. 155–158. (In Russian).
10. Flegg P. Temperature-induced synechronis ation of sporophore production in the mushroom *Agaricus*. *Scientia Horticulturae*. 1980, vol. 13. pp. 307–314. (In English).
11. Zimenko A.V. *Vliyanie substrata na urozhajnost', pishchevuyu cennost' i dlitel'nost' hraneniya gribov veshenka obyknovennaya. Avtoref. diss. ... cand. tekhn. nauk* [The effect of the substrate on yield, nutritional value and shelf life of oyster mushrooms. Cand. engin. sci. diss. abstr.]. Moscow, 1997, 18 p. (In Russian).
12. Makarova E.V. *Ocenka potrebitel'skih svojstv i sohranyaemosti veshenki obyknovennoj kul'tiviruemoj. Diss. cand. tekhn. nauk* [Assessment of consumer properties and preservation of common cultivated oyster mushrooms. Cand. sci. diss.]. Novosibirsk, 2006, 186 p. (In Russian).
13. Morozov A.I. *Veshenka. Shampin'on. Siitake. Vyrashchivanie, pererabotka, primenenie* [Oyster mushroom. Champignon. Shiitake. Cultivation, processing, application]. Donetsk, Mul'tipress

Publ., 2011, 288 p. (In Russian).

14. *GOST 23042-86. Myaso i myasnye produkty. Metody opredeleniya zhira* [State Standard 23042-86. Meat and meat products. Methods for determining fat]. Moscow, Standartinform Publ., 1988, 58 p. (In Russian).
15. Ermakov A.I. (ed.), Arasimovich V.V., Yarosh N.P. *Metody biohimicheskogo issledovaniya rastenij* [Methods of biochemical research of plants]. Leningrad, Agropromizdat Publ., 1987, 430 p. (In Russian).

Сведения об авторах / Information about authors

<b>Медведкова Инна Игоревна</b>	канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры товароведения Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского 83050, Донецкая Народная Республика, г. Донецк, ул. Щорса, 31 imedinna@mail.ru
Medvedkova Inna Igorevna	Ph.D. (Engin.), Associate professor, Associate Professor of the Department of Commodity Science Donetsk National University of economics and trade named after Mikhail Tugan-Baranovsky 83050, Donetsk People's Republic, Donetsk, Shchorsa str., 31 imedinna@mail.ru
<b>Соколов Сергей Анатольевич</b>	д-р техн. наук, профессор, 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.), 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
<b>Яшонков Александр Анатольевич</b>	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@rambler.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@rambler.ru

УДК 639.512:66.047.3.049.6:66.047.9

Яшонков А.А., Блинов В.Р. Соколов С.А., Павлова Ю.И.  
**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КИНЕТИКИ СУШКИ КРЕВЕТКИ ТРАВЯНОЙ  
ЧЕРНОМОРСКОЙ СПОСОБОМ ВАКУУМНОЙ СУШКИ И СУШКИ В  
ПСЕВДООЖИЖЕННОМ СЛОЕ**

**Аннотация.** В статье приведены поиск и сравнительные исследования двух из менее энергоемких способов сушки мяса вареной черноморской травяной креветки – в псевдоожигенном слое и вакуумной сушки. В результате проведенных экспериментальных исследований получены данные по изменению массы исследуемого продукта в процессе сушки. Для двух исследованных процессов сушки были построены и проанализированы зависимости влагосодержания вареного мяса креветки от продолжительности процесса и кривые скорости сушки. Показано, что полученные зависимости влагосодержания вареного мяса креветки от продолжительности процесса соответствуют таковым для коллоидных капиллярно-пористых тел, к которым относится исследуемый продукт. Приведенный сравнительный анализ производительности двух процессов показал значительное увеличение производительности процесса вакуумной сушки при температуре 90 °С (на 50 кг/час). Однако при температуре сушки 70 °С превышение производительности минимально (увеличение составляет 5 кг/час).

**Ключевые слова:** креветка черноморская травяная, вакуумная сушка, псевдоожигенный слой, кривые сушки, скорость сушки, производительность.

Yashonkov A.A., Blinov V.R. Sokolov S.A., Pavlova Yu.I.  
**COMPARATIVE ANALYSIS OF THE KINETICS OF DRYING BLACK SEA GRASS  
SHRIMP BY VACUUM DRYING AND FLUIDIZED BED DRYING**

**Abstract.** The article presents the search and comparative studies of two of the less energy-intensive methods of drying meat of boiled Black Sea grass shrimp – in a fluidized bed and vacuum drying. As a result of the conducted experimental studies, data were obtained on the change in the mass of the product under study during the drying process. For the two drying processes studied, the dependences of the moisture content of boiled shrimp meat on the duration of the process and the drying rate curves were constructed and analyzed. It is shown that the obtained dependences of the moisture content of cooked shrimp meat on the duration of the process correspond to those for colloidal capillary-porous bodies, to which the product under study belongs. The above comparative analysis of the productivity of the two processes showed a significant increase in the productivity of the vacuum drying process at a temperature of 90 °C (by 50 kg/hour). However, at a drying temperature of 70 °C, the excess capacity is minimal (an increase of 5 kg/hour).

**Keywords:** Black Sea grass shrimp, vacuum drying, fluidized bed, drying curves, drying speed, productivity

В Азовском и Черном морях обитают креветки в мелководных прибрежных районах особенно на илистом или гравийном дне. Некоторые виды креветок, вылавливаемых в Черном море у побережья Турции, – это белые, красные и черные креветки. В Азово-Черноморском бассейне в основном распространена травяная креветка *palaemon adspersus* Rathke, 1837 которая является наиболее массовым видом среди десятиногих ракообразных (отряд *Decapoda*), обитающих в Черном и Азовском морях. Непосредственно в Черном море основной промысел черноморской травяной креветки сосредоточен в северо-западной части и у берегов Крыма, где этот вид традиционно употребляется в пищу [1]. Ловля креветок в Черноморском регионе России не является экономической деятельностью, поэтому креветки в основном употребляются в пищу в домашних хозяйствах и в заведениях общественного питания, где являются популярным продуктом. Востребованность креветки в качестве пищи

связана с отличной усвояемостью и наличием множества витаминов и микроэлементов. Богатый набор минеральных элементов и витаминов, содержащийся в мясе креветки оказывает благотворное влияние практически на все органы и системы человека – кожу, волосы, ногти. Это незаменимое средство в профилактике заболеваний сердца и сосудов. Креветки, как и большинство ракообразных, склонны к быстрому ухудшению своих полезных свойств и порче практически с момента вылова. Это ухудшение вызывается бактериальным и ферментативным аутолизом, что приводит к потере присущих ему питательных веществ и как следствие к экономическим, а с учётом отсутствия эффективных методов утилизации, и к экологическим потерям. Креветки, хранящиеся без льда или недостаточно замороженные, теряют свое качество из-за образования черных пятен (черная пигментация, также известная как меланоз) в течение 2–12 часов после вылова, в следствии чего появляется сильный аммиачный запах и наблюдается смягчение текстуры [2]. Поэтому обычно их замораживают сразу после вылова, чтобы предотвратить потерю качества. Некоторые виды, такие как черные тигровые креветки и гигантские пресноводные креветки, подходят для продажи вживую, поскольку они могут выжить до 10 часов без воды [3]. Хотя меланоз не делает креветок непригодными для употребления в пищу, но он может существенно повлиять на их внешний вид и, следовательно, на рыночную стоимость. Меланоз обычно предотвращают путем погружения креветок в разбавленный водный бисульфат, так же применяются растворы аскорбиновой или лимонной кислот, ферулин, катехин или 4-гексилрезорцин. Во время хранения на льду происходит некоторая потеря растворимых соединений азота, включая аминокислоты.

Потребительская привлекательность креветок обусловлена их характерным цветом и текстурой мяса. Потребители обычно предпочитают сырые креветки светло-серого или серого цвета и приготовленные креветки ярко-оранжевого цвета. Цвет креветок обусловлен наличием каротиноидов. Это либо углеводороды, такие как  $\beta$ -каротин или ксантофиллы, либо оксигенированные производные каротинов, такие как астаксантин, астаксен, кантаксантин, криптоксантин, лютеин, неоксантин, виолаксантин и зеаксантин [4]. Эти пигменты присутствуют в моллюсках в этерифицированной форме или в виде белковых комплексов. Традиционно креветки подвергаются различным технологиям обработки в соответствии с потребительским спросом. К ним относятся, среди прочего, мойка, обезглавливание, очистка от панциря, охлаждение, бланширование, варка, копчение, консервирование, сушка, панировка, жарка и приготовление на гриле. Термическая обработка увеличивает твердость и цвет мяса. Твердая текстура мяса термически обработанных креветок обусловлена более компактным расположением мышечных волокон по сравнению с сырыми образцами. Замораживание – это основная технологическая операция в международной торговле креветками [5]. Если говорить о креветках как о продукте готовом к применению, то во всём мире большой популярностью пользуются продукты, содержащие сушеное мясо креветки. Поэтому наряду с многочисленными методами переработки сушка является одним из самых распространенных способов консервирования которая может использоваться и как самостоятельный процесс переработки (получение сушеных продуктов), так и как составная часть, например, при вялении, копчении, получении рыбной муки [6]. Сушка – это метод, целью которого является удаление части воды, содержащейся в пищевых продуктах и увеличить срок их хранения. Конвективный метод является наиболее применяемым в промышленности. однако требует значительных энергозатрат. По этой причине имеется большое количество исследований, направленных как на снижение конкретно энергетических затрат, так и на технические мероприятия по минимизации технологических затрат (предварительная обработка этилом, декантирование и пр.) [7].

В ходе литературного обзора [6, 8, 9, 11] было найдено достаточное количество научных работ по сушке гидробионтов, однако процесс сушки креветки травяной исследован недостаточно. Сушеная креветка является достаточно востребованным продуктам к в виде

снека, так и в виде вкусовой добавки. При этом значительную часть себестоимости сушеной креветки составляют энергозатраты.

Таким образом, **целью** настоящих исследований было определение рациональных режимов сушки креветки травяной на основе экспериментальных исследований. В качестве объекта исследований выбрана мякоть вареной креветки травяной без панциря и головы.

**Материалы и методы исследования.** Черноморская креветка была выловлена в прибрежной акватории Керчи, максимальная длина составляла от 44 до 53 мм, соответственно масса составляла от 1,32 г до 3,12 г. Креветки были сохранены во льду с соотношением креветок и льда 1:2 (в/в) и транспортировались в лабораторию для дальнейшей обработки [5]. После этого образцы промывали и варили в соленой воде концентрацией 3 % (масса на объем) в течение 3 минут, далее очищались от панциря, обмывались холодной водой, обдувались воздухом и направлялись на сушку. Начальное влагосодержание образцов очищенной вареной креветки 425%. На основе обзора и для проведения сравнительного анализа, нами были выбраны два способа сушки- вакуумная и сушка в псевдооживленном слое. Вакуумную сушку проводили на лабораторной установке, схема которой приведена на рисунке 1.

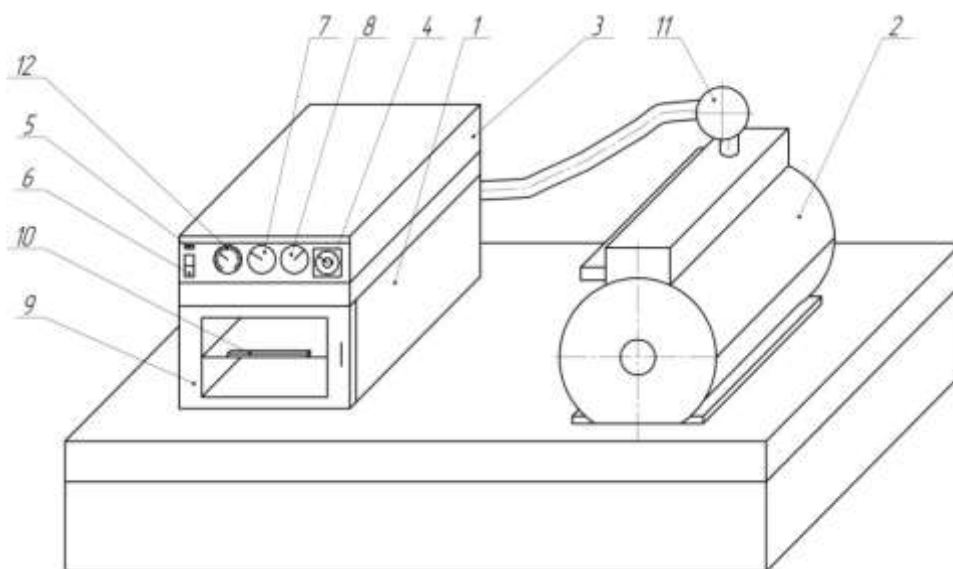


Рисунок 1 – Схема лабораторной вакуумной сушилки

Установка состоит из вакуум-сушильного шкафа 1, вакуум-насос 2, приборов учета и контроля. Цилиндрический корпус вакуум-сушильного шкафа 1 установлен на столе. В середине корпуса размещена рабочая камера. Пространство между корпусом и камерой заполнено теплоизоляционным материалом. Над камерой расположен отсек 3 с биметаллическим реле, терморегулятором 4, сигнальной лампой 5, выключателем 6, вентилями 7 и 8. Рабочая камера закрывается крышкой 9. Температура внутри рабочей камеры контролируется техническим термометром 10. Для создания разряжения внутри рабочей камеры используется вакуум-насос 2, который соединен с камерой вакуумной системой, которая состоит из стеклянной масляной ловушки 11 и соединительных шлангов. Остаточное давление в рабочей камере измеряется стрелочным вакуумметром 12. По окончании работы воздух вводится в рабочую камеру через игольчатый вентиль 7. Температура внутри рабочей камеры регулируется автоматическим термометром.

Исследования сушки в псевдооживленном слое проводили на лабораторной установке, схема которой приведена на рисунке 2.

Установка состоит из следующих узлов: вентилятор, термобокс, съемная сушильная камера и пульт управления с встроенным прибором ТРМ-10. Разработанная экспериментальная сушильная установка представляет собой воздухопровод квадратного

сечения с размерами  $100 \times 100$  мм, в разрыве которой помещается прямоугольная сушильная камера, нижнее и верхнее сечение которой составляет 100 мм, длина – 400 мм. Сушильная камера экспериментальной установки является съемной. Камера изготовлена из нержавеющей стали, однако передняя стенка с целью обеспечения возможности наблюдения за продуктом в процессе его сушки изготовлена из стекла. С торцов камера ограничена съемными сетками с живым сечением 80%. Устройство для подачи воздуха представляет собой центробежный вентилятор низкого давления типа Ц4-70 № 2,5 (электродвигатель серии АО21-2, мощность двигателя  $N_{дв} = 0,3$  кВт, синхронная частота вращения двигателя  $n = 1500$  об/мин).

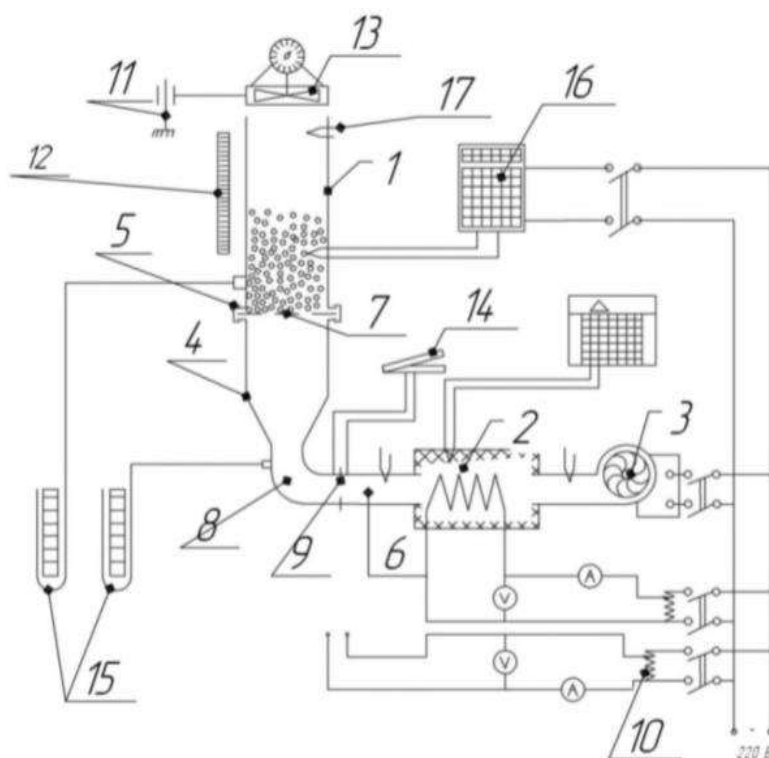


Рисунок 2 – Принципиальная схема экспериментальной сушильной установки:

1 – камера сушильная; 2 – электрокалорифер; 3 – вентилятор; 4 – патрубок цилиндрический; 5 – захват; 6 – воздуховод; 7 – решетка газораспределительная; 8 – заслонка регулирующая; 9 – диафрагма; 10 – ЛАТР; 11 – стойка; 12 – линейка; 13 – анемометр; 14 – микроманометр; 15 – микроманометр дифференциальный; 16 – прибор ТРМ-10; 17 – термопара

Основные параметры процесса сушки были определены на основе предварительных экспериментальных исследований и анализа литературных источников [6, 8, 9, 11]:

- начальное влагосодержание 425 %;
- температура сушильного агента – 70, 80 и 90 °С;
- скорость потока воздуха при сушке в псевдооживленном слое – 3,0 м/с (при сушке мяса креветки целесообразно применять минимальную скорость движения воздуха, обеспечивающую развитую стадию кипящего слоя и достаточный теплообмен, при которой происходит устойчивое движение и перемешивание отдельных экземпляров креветки);
- абсолютное давление при вакуумной сушке – 0,2 кПа;
- удельная загрузка –  $14 \text{ кг/м}^2$ .

**Результаты исследований и их обсуждение.** В результате исследований были получены данные по изменению массы исследуемого продукта в процессе сушки. Учитывая, что изменяться может только содержание влаги в продукте, были построены кривые сушки (рис. 3, 4) и кривые скорости сушки (рис. 5, 6).

На рисунках 3, 5 видно, что кривые сушки соответствуют кривым сушки для коллоидных капиллярно-пористых тел, к которым относится исследуемый продукт.



Движущей силой процесса сушки рыбного сырья является термодиффузия влаги за счет её перемещения из-за разной скорости молекул различно нагретых слоев продукта и капиллярной проводимости, возникающей из-за изменения капиллярного потенциала [12]. На кривых прослеживается наличие трех периодов сушки: период нагрева, период постоянной скорости сушки и период падающей скорости сушки.

На рисунках 4, 6 представлены кривые скорости сушки. На этих кривых также можно определить три периода сушки, при этом период постоянной скорости сушки фактически определяет большую часть процесса с максимальным количеством испаренной влаги. По кривым скорости сушки видно, что в начале периода прогрева происходит испарение поверхностей влаги из креветки. Скорость сушки в этот период имеет возрастает до 2,15–2,5 %/мин. при вакуумной сушке и до 2,6–3,0 %/мин. при сушке в псевдооживленном слое. Начало периода падающей скорости сушки, соответствует критическому влагосодержанию материала. В конце периода падающей скорости достигается равновесная влажность креветки, процесс сушки фактически прекращается.

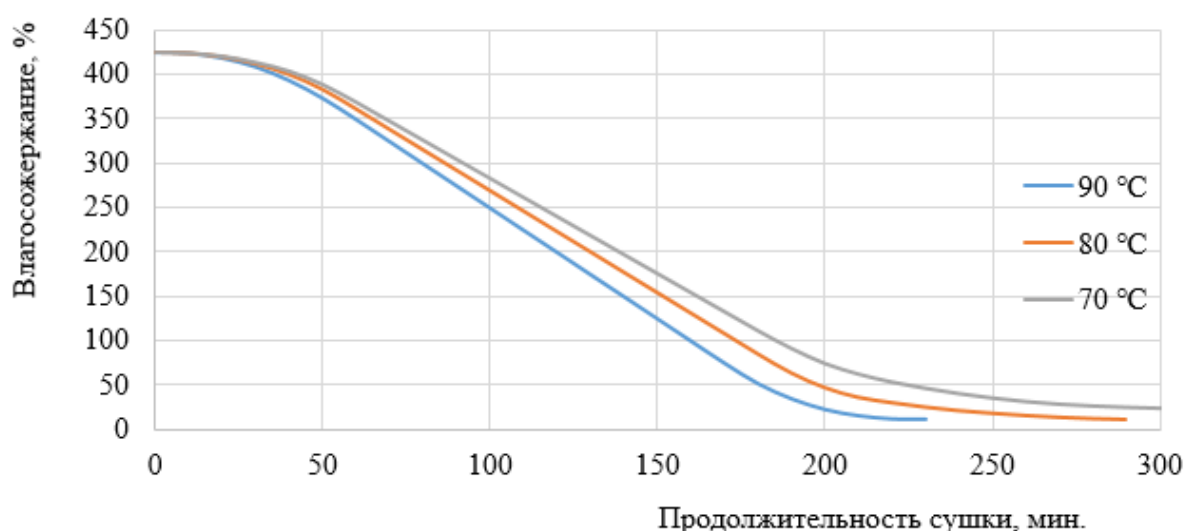


Рисунок 3 – Кривые сушки креветки травяной: вакуумная сушка при абсолютном давлении 0,2 кПа и температурах 70, 80 и 90 °C

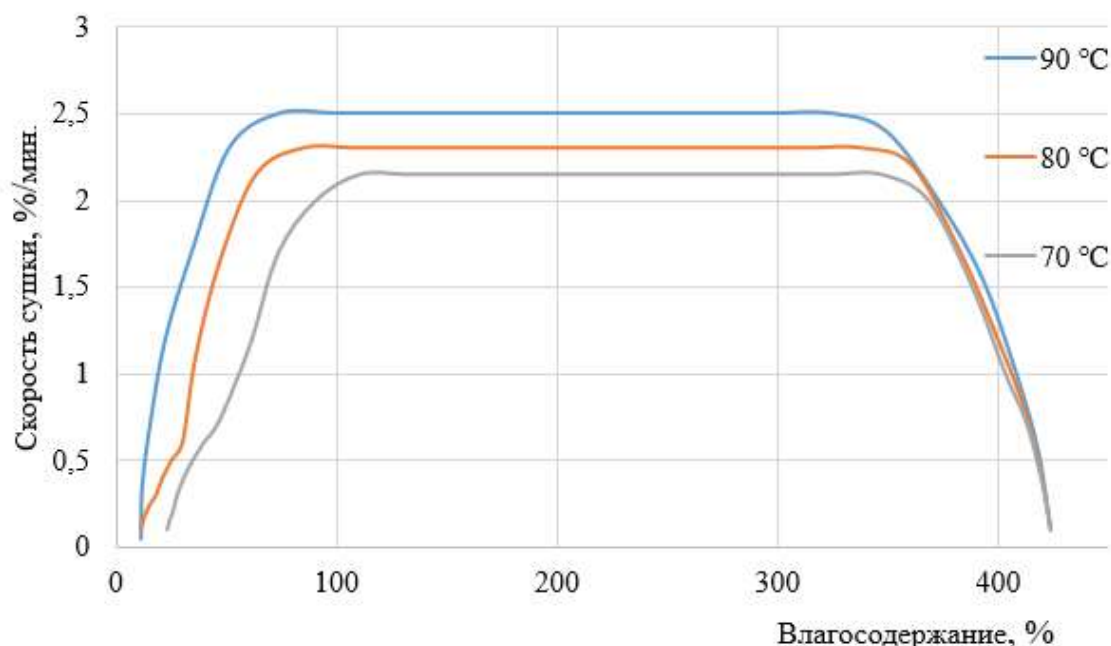


Рисунок 4 – Кривые скорости сушки креветки травяной: вакуумная сушка при абсолютном давлении 0,2 кПа и температурах 70, 80 и 90 °C

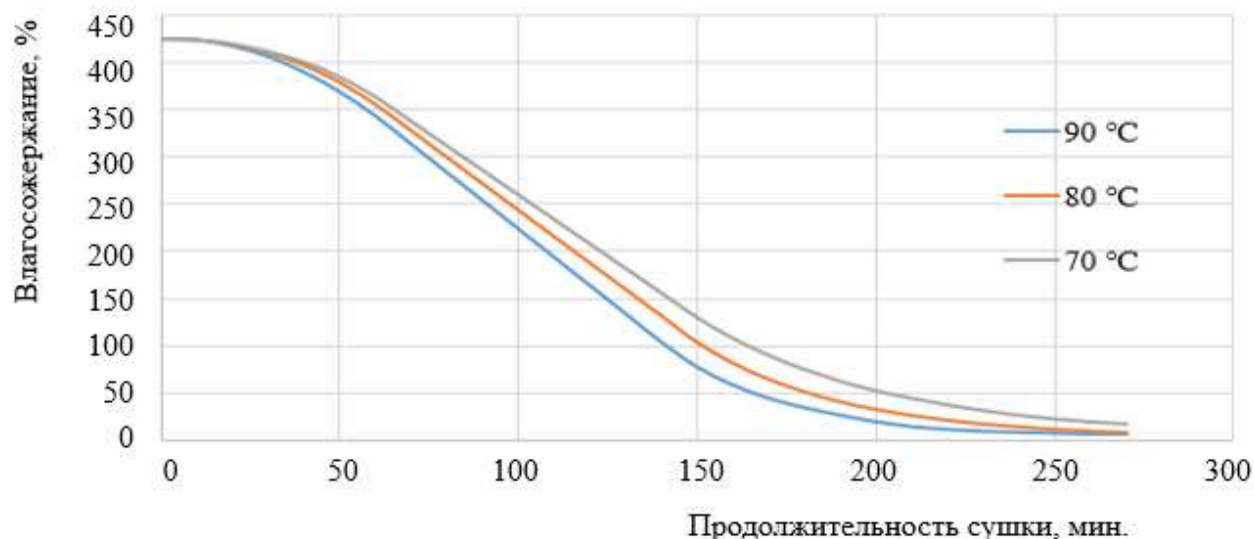


Рисунок 5 – Кривые сушки креветки травяной: сушка в псевдооживленном слое при температурах 70, 80 и 90 °C

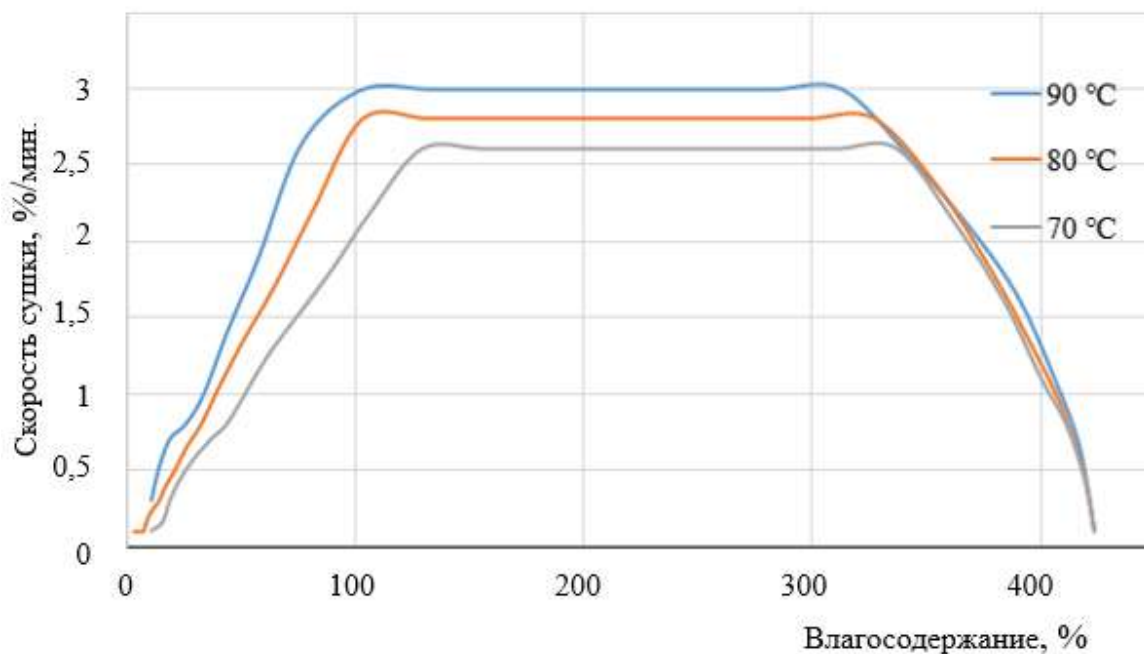


Рисунок 6 – Кривые скорости сушки креветки травяной: сушка в псевдооживленном слое при температурах 70, 80 и 90 °C

Как было сказано ранее, ключевым показателем, характеризующим эффективность способа сушки, являются энергозатраты на получение единицы продукта.

Рассматривая получение готового продукта при достижении влажосодержания 18 %, на основе экспериментальных данных установлена производительность процесса сушки при различных параметрах (табл. 1).

Таблица 1 – Производительность процесса сушки на основе результатов экспериментальных исследований, кг/час

Вид сушки	Температура процесса		
	70 °C	80 °C	90 °C
Вакуумная сушка	205	250	320
Сушка в псевдооживленном слое	200	230	270

**Выводы.** Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что процесс сушки проходит в три периода – прогревание (небольшая выпуклая в верхней горизонтальной оси участок в начале кривых), линейного изменения влагосодержания и ниспадающей скорости сушки. Значение критического влагосодержания, которое разделяет второй и третий периоды, лежит в пределах 103,5–129,5 % в зависимости от температуры теплоносителя. Наиболее продолжительным на кривых сушки, как при вакуумной сушке, так и при использовании сушки с псевдооживленным слоем является участок линейного изменения влагосодержания, во время которой, вместе с участком прогревания, удаляется в основном свободная влага. В сушилке с псевдооживленным слоем скорость сушки креветок увеличивалась с увеличением температуры воздуха. Сравнительный анализ производительности двух процессов показал значительное увеличение производительности процесса вакуумной сушки при температуре 90 °С (на 50 кг/час). Однако при температуре сушки 70 °С превышение производительности минимально (увеличение составляет 5 кг/час). Тот факт, что производительность процесса вакуумной сушки увеличивается с повышением температуры сушки, требует дальнейших исследований относительно влияния повышенных температур на реологические и органолептические характеристики получаемого продукта. Также требуются дополнительные исследования по оценке влияния размеров креветки на показатели порозности слоя и как следствие на общую скорость процесса сушки в псевдооживленном слое.

Список использованной литературы:

1. Болтачев А.Р., Статкевич С.В., Карпова Е.П., Хуторенко И.В. Черноморская травяная креветка *Palaemon adspersus* (Decapoda, Palaemonidae): биология, промысел, проблемы // Вопросы рыболовства. 2017. Т. 18. № 3. С.313–327.
2. Hans H.H. Fresh fish – quality and quality changes. Rome: FAO, 1988. 132 p.
3. Cheejareon J, Kijroongrojana K, Benjakul S. Improvement of physical properties of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) meat gel induced by high pressure and heat treatment // Journal of Food Biochemistry. 2011. Vol. 35 (3). P. 976–996. DOI: 10.1111/j.1745-4514.2010.00428.x.
4. Dayal J., Ponniah A.G., Khan Imran, Babu Ebin, Kondusamy, Ambasankar, Vasagam K. Shrimps – a nutritional perspective // Current Science. 2013. Vol. 104. P. 1487–1491.
5. Блинов В.Р., Соколов С.А., Рыбалко А.Н. К вопросу комплексной переработки черноморской креветки // Материалы пула научно-практических конференций. Керчь, 2022. С. 140–144.
6. Суслов А.Э., Точенова Н.В., Бестужев А.С., Фатыхов Ю.А. Исследование процесса сушки креветки // Процессы и аппараты пищевых производств. 2012. № 2. С. 43.
7. Гинзбург А.С. Современные методы интенсификации теплообмена в процессах сушки капиллярнопористых материалов // Теплообмен VI: Материалы к VI Всесоюзной конференции по теплообмену. Т. VII: Теплообмен в капиллярнопористых телах. 1980. С.139–145.
8. Яшонков А.А. Актуальные проблемы переработки рыбного сырья при производстве сушеной продукции // Вестник Мурманского государственного технического университета. Труды Мурманского государственного технического университета. 2017. Т. 20. № 3. С. 628–635. DOI: 10.21443/1560-9278-2017-20-3-628-635.
9. Яшонков А.А. Устинова М.Э., Косачев В.С. Анизотропная модель кинетики теплообмена в процессе сушки кубика рыбного филе // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2021. № 4. С. 274–286. DOI: 10.47404/2619-0605\_2021\_4\_274.
10. Ершов А.М., Ершов М.А., Николаенко О.А. Методика расчета кривых кинетики и динамики обезвоживания в процессах вяления и холодного копчения рыбы // Вестник Мурманского государственного технического университета. 2010. № 4-2. С. 947–950.
11. Вотинов М.В., Ершов М.А., Полонская Д.А., Смышляева Е.А. Результаты исследований процессов обезвоживания при тепловой обработке рыбы // Молодой ученый. 2012. № 6

(41). С. 487–490.

12. Баранов В.В., Бражная И.Э., Гроховский В.А. и др. Технология рыбы и рыбных продуктов / под ред. А.М. Ершова. СПб.: ГИОРД, 2006. 944 с.

References:

1. Boltachev A.R., Statkevich S.V., Karpova E.P., Hutorenko I.V. Chernomorskaya travyanaya krevetka *Palaemon adspersus* (Decapoda, Palaemonidae): biologiya, promysel, problemy [Black Sea grass shrimp *Palaemon adspersus* (Decapoda, Palaemonidae): biology, fishery, problems]. *Voprosy rybolovstva* [Fishing issues], 2017, Vol. 18, no. 3, pp. 313–327. (In Russian).
2. Hans H.H. *Fresh fish - quality and quality changes*. Rome, FAO Publ., 1988. 132 p. (In English).
3. Cheejareon J, Kijroongrojana K, Benjakul S. Improvement of physical properties of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) meat gel induced by high pressure and heat treatment. *Journal of Food Biochemistry*, 2011, vol. 35 (3), pp. 976–996. (In English). DOI:10.1111/j.1745-4514.2010.00428.x.
4. Dayal J., Ponniah A.G., Khan Imran, Babu Ebin, Kondusamy, Ambasankar, Vasagam K. Shrimps – a nutritional perspective. *Current Science*, 2013, Vol. 104, pp. 1487–1491. (In English).
5. Blinov V.R., Sokolov S.A., Rybalko A.N. K voprosu kompleksnoj pererabotki chernomorskoj krevetki [On the issue of complex processing of Black Sea shrimp]. *Materialy pula nauchno-prakticheskikh konferencij* [Materials of the pool of scientific and practical conferences]. Kerch', 2022. pp. 140–144. (In Russian).
6. Suslov A.E., Tochenova N.V., Bestuzhev A.S., Fatyhov Yu.A. Issledovanie processa sushki krevetki [Investigation of the shrimp drying process]. *Processy i apparaty pishchevykh proizvodstv* [Processes and devices of food production], 2012, no. 2, p. 43. (In Russian).
7. Ginzburg A.S. Sovremennye metody intensivifikacii teplomassoobmena v processah sushki kapillyarnoporistykh materialov [Modern methods of intensification of heat and mass transfer in the drying processes of capillary porous materials]. *Teplomassoobmen 6: Materialy k 60 Vsesoyuznoj konferencii po teplomassoobmenu. Tom 7: Teplomassoperenos v kapillyarnoporistykh telah* [Heat and mass transfer 6: Proceedings for the 6 All-Union Conference on Heat and Mass Transfer. Vol. 7: Heat and mass transfer in capillary-porous bodies], 1980, pp.139–145. (In Russian).
8. Yashonkov A.A. Aktual'nye problemy pererabotki rybnogo syr'ya pri proizvodstve sushenoi produkcii [Actual problems of processing fish raw materials in the production of dried products]. *Vestnik Murmanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Trudy Murmanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Murmansk State Technical University. Proceedings of the Murmansk State Technical University], 2017, vol. 20, no. 3, pp. 628–635. (In Russian). DOI: 10.21443/1560-9278-2017-20-3-628-635.
9. Yashonkov A.A. Ustinova M.E., Kosachev V.S. Anizotropnaya model' kinetiki teploobmena v processe sushki kubika rybnogo file [Anisotropic model of heat transfer kinetics in the process of drying a fish fillet cube]. *Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kerch State Maritime Technological University], 2021, no. 4, pp. 274–286. (In Russian). DOI: 10.47404/2619-0605\_2021\_4\_274.
10. Ershov A.M., Ershov M.A., Nikolaenko O.A. Metodika rascheta krivykh kinetiki i dinamiki obezvozhivaniya v processah vyaleniya i holodnogo kopcheniya ryby [Method of calculation of kinetics curves and dynamics of dehydration in the processes of drying and cold smoking of fish]. *Vestnik Murmanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Murmansk State Technical University], 2010, no. 4–2, pp. 947–950. (In Russian).
11. Votinov M.V., Ershov M.A., Polonskaya D.A., Smyshlyaeva E.A. Rezul'taty issledovaniy processov obezvozhivaniya pri teplovoj obrabotke ryby [The results of studies of dehydration processes during thermal treatment of fish]. *Molodoj uchenyj* [A young scientist], 2012, no. 6

(41), pp. 487–490. (In Russian).

12. Baranov V.V., Brazhnaya I.E., Grohovskij V.A., Ershov A.M. (ed.). Tekhnologiya ryby i rybnyh produktov [Fish and fish products technology]. St. Petersburg, GIORP Publ., 2006, 944 p. (In Russian).

Сведения об авторах / Information about authors

<b>Яшонков Александр Анатольевич</b>	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
<b>Блинов Владислав Русланович</b>	старший преподаватель кафедры Холодильной и торговой техники имени Осокина В.В. ФГБОУ ВО Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского 283050, Донецкая Народная Республика, г. Донецк, ул. Щорса, 31 vladblinow1994@mail.ru
Blinov Vladislav Ruslanovich	Senior Lecturer at the Department of Refrigeration and Commercial Equipment named after V.V. Osokin FSBEI HE Donetsk National University of Economics and Trade named after Mikhail Tugan-Baranovsky 283050, Donetsk People's Republic, Donetsk, st. Shchorsa, 31 vladblinow1994@mail.ru
<b>Соколов Сергей Анатольевич</b>	д-р техн. наук, профессор, 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.), 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
<b>Павлова Юлия Ивановна</b>	ассистент кафедры машин и аппаратов пищевых производств Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 liveenergy2008@mail.ru
Pavlova Yuliya Ivanovna	Assistant of the Department of machines and apparatus of food production Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82 liveenergy2008@mail.ru

УДК 338.47:656.078:519.23

Алексахина Л.В.

## МОРСКОЙ ТРАНСПОРТ И ЛОГИСТИКА РОССИИ: СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЗОВЫ

**Аннотация.** В статье представлены динамические ряды индикаторов и показателей, позволяющих понимать современное состояние морского флота и морской транспортной инфраструктуры, планируемые темпы и инструменты развития. Репрезентованы динамика дедевейта и структуры морского флота России, в том числе функционирующего под отечественным флагом. Продемонстрирована динамика объёмов перевалки российских грузов с оценкой вклада крупнейших морских портов России, отражён прирост пропускной способности ряда морских портов РФ. Охарактеризована ситуация с динамикой строительства морских транспортных судов для российских компаний с указанием стран-производителей. Представлены результаты анализа данных и обоснована необходимость обеспечения ежегодный прирост грузопотока адекватным расширением возможностей транспортно-логистической инфраструктуры, в связи неуклонным ростом деловой активности экономики России в целом и в региональном разрезе, в частности, с активизацией включения в данный процесс северных регионов и замерзающих морских портов.

**Ключевые слова:** морской транспорт, логистика, развитие, тенденции, императивы.

Aleksakhina L.V.

## MARITIME TRANSPORT AND LOGISTICS IN RUSSIA: MODERN CHALLENGES

**Abstract.** The article presents a dynamic series of indicators and indicators that make it possible to understand the current state of the navy and maritime transport infrastructure, the planned pace and development tools. The dynamics of the deadweight and the structure of the Russian navy, including those operating under the national flag, are represented. The dynamics of the volume of transshipment of Russian goods with an assessment of the contribution of the largest seaports of Russia is demonstrated, the increase in the capacity of a number of seaports of the Russian Federation is reflected. The situation with the dynamics of the construction of marine transport vessels for Russian companies is characterized, indicating the manufacturing countries. The results of the data analysis are presented and the need to ensure an annual increase in freight traffic with an adequate expansion of the capabilities of the transport and logistics infrastructure is justified, due to the steady growth of business activity of the Russian economy as a whole and in the regional context, in particular, with the activation of the inclusion of the northern regions and.

**Keywords:** maritime transport, logistics, development, trends, imperatives.

**Введение.** На современном этапе интенсификации мирового экономического процесса весьма актуализируется ускорение, снижение стоимости и повышение безопасности транспортно-логистического процесса, в чём существенная роль отводится развитию морского транспорта, формированию мультимодальных транспортных коридоров, объединяющих морской транспорт с другими видами транспорта и оптимизации логистических цепей, модернизации и расширению портовой инфраструктуры, улучшению условий обслуживания судов для увеличения пропускной способности и конкурентоспособности портов. Увеличение объёмов международных грузовых перевозок через российские порты и развитие сотрудничества с зарубежными партнёрами из дружественных стран требуют совершенствования видового состава флота и опережающего развития береговой инфраструктуры, в связи с чем оправдано стремление к совершенствованию морского транспорта и логистики в России, основанному на инновациях и реализации подхода к устойчивому развитию отрасли.



**Целью исследования** является репрезентация современного состояния, тенденций развития морского транспорта и логистики России и требований к ним в контексте динамики количества и тоннажа мирового флота, трендов развития морского транспорта мира, стратегических целей РФ в морской деятельности и современных геополитических вызовов.

**Материалы и методы исследования.** В современных экономических публикациях представлены результаты оценки текущего и перспективных состояний элементов морской транспортно-логистической системы и обеспечивающих ее функционирование и развитие подсистем и комплексов, а в программных документах РФ отражены подходы к совершенствованию состояния системы и инструменты из реализации [1–10].

В экономическом научном сообществе активно исследуются и обсуждаются разные аспекты обеспеченности потребностей российского рынка транспортных услуг [5–9], экономического прогнозирования как фактора повышения эффективности деятельности, моделирования сбалансированного развития транспортного комплекса и изучения тренд-сезонных колебаний временных рядов [4].

Накопленный значительный научный задел в сфере методологии исследования и развития морского транспорта и логистики предопределен значимостью данного сегмента в развитии экономики государства как морской державы. И это позволяет использовать агрегированный опыт в качестве теоретико-методологической основы проведения статистического анализа и формирования механизма управления процессами совершенствования процесса оказания транспортно-логистических услуг и повышения качественного уровня транспортно-логистического продукта применительно к конкретным региональным детерминантам.

Методический инструментарий данного исследования включает традиционные методы научных абстракций, экономико-математический, статистический и сравнительный анализ, графический метод репрезентации информации.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Возможности участия морской державы в морском транспортно-логистическом процессе, как и Российской Империи, и СССР, и современной России определяют наличие и характеристики морского флота и морской инфраструктуры. Неоспорим факт необходимости развития морской мощи страны как основы её экономической безопасности.

Родоначальник регулярного флота России Пётр I утверждал: «Был бы флот, а гавани найдутся...», то есть задача целевого развития флота страны для ее могущества была поставлена еще в петровскую эпоху. Адмирал П.В. Чичагов в его известном утверждении: «Чтобы иметь флот, недостаточно иметь берега», также продемонстрировал недостаточность пространственного ресурса и береговой линии для обеспечения страны морским флотом.

Необходимость развития морского транспорта и обеспечивающих его функционирование отраслей сформулирована адмиралом С.И. Авакянцем таким образом: «Великая держава не может существовать без такого понятия, как «морская мощь». И это не только ВМФ. Без торгового флота и мощной портовой инфраструктуры морская мощь немыслима». При этом акцентировано внимание на необходимости опережающего строительства инфраструктурной компоненты, наряду с созданием самого флота.

На рисунках 1 и 2 представлены количественные характеристики мирового коммерческого флота, как по числу судов, так и по дедейте в динамике: за истекшее десятилетие количество судов мирового морского коммерческого флота возросло на 21 %, а прирост дедейте судов опередил его на 14 %, так как дедейт судов мирового морского коммерческого флота за 2014-2023 гг. возрос в 1,35 раза со среднегодовым темпом прироста 3,39 %. Явно выражена тенденция к росту количественных характеристик флота, что связано с ростом масштабов мировой торговли.

Вместе с этим, оценивая интенсивность использования мировых морских торговых путей в настоящее время, следует отметить очевидную недостаточность степени вовлеченности РФ с морской транспортный торговый процесс в силу целого ряда причин, как экономико-географических, так и исторических.

На основе понимания современных вызовов и угроз, в РФ сформирован ряд программных документов для стратегического планирования развития морской деятельности.

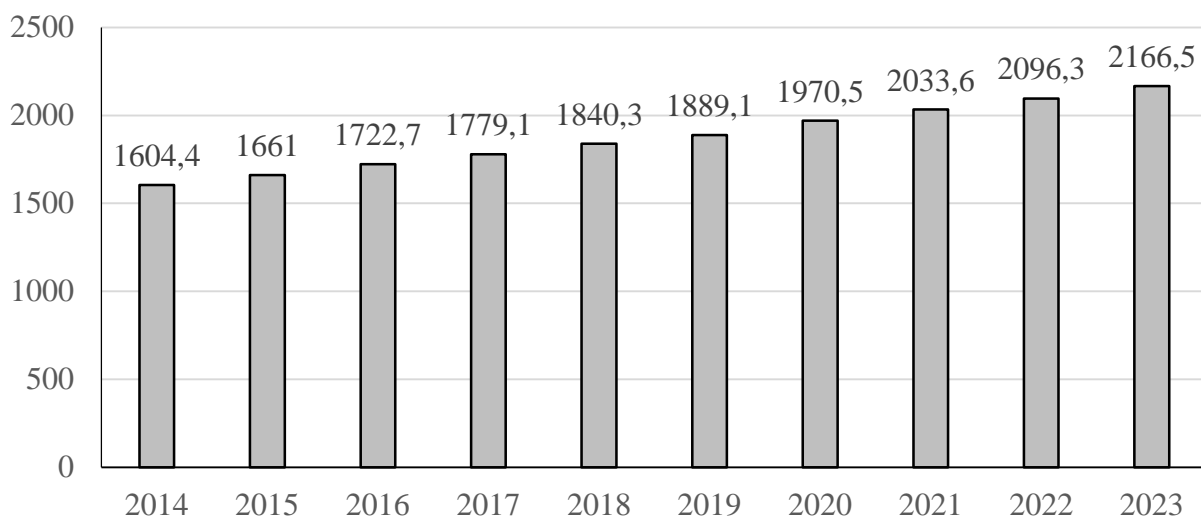


Рисунок 1 – Динамика дедевейта мирового морского коммерческого флота за 2014–2023 гг., млн т [5, 9, 10]

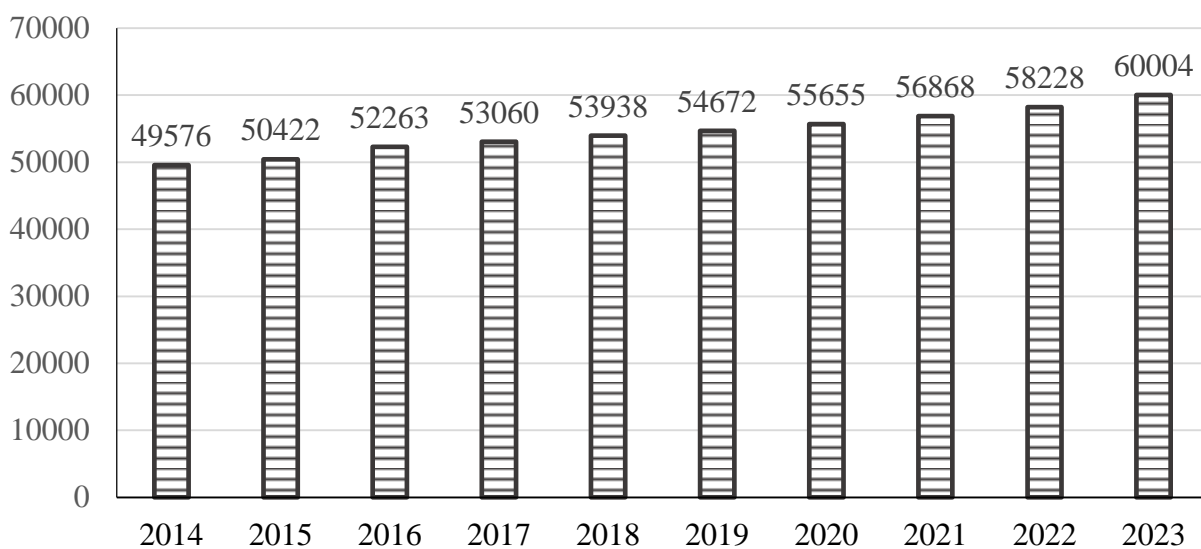


Рисунок 2 – Динамика количества судов мирового морского коммерческого флота за 2014–2023 гг., ед. [5, 9, 10]

Так, например, в Морской доктрине РФ сформулированы стратегические цели и приоритеты развития морской деятельности, среди которых отмечено, что развитие Российской Федерации как великой морской державы – одна из стратегических целей национальной морской политики, а приоритеты в развитии российского транспортного флота – обновление, повышение его конкурентоспособности на мировом фрахтовом рынке [1].

Чтобы их достигать, необходимо понимать современное состояние флота и морской транспортной инфраструктуры, планируемые темпы и инструменты развития.

В РФ имеет место ежегодный прирост дедевейта морского транспортного флота. На рисунке 3 представлена структура морского флота России под отечественным флагом по состоянию на начало 2024 г.

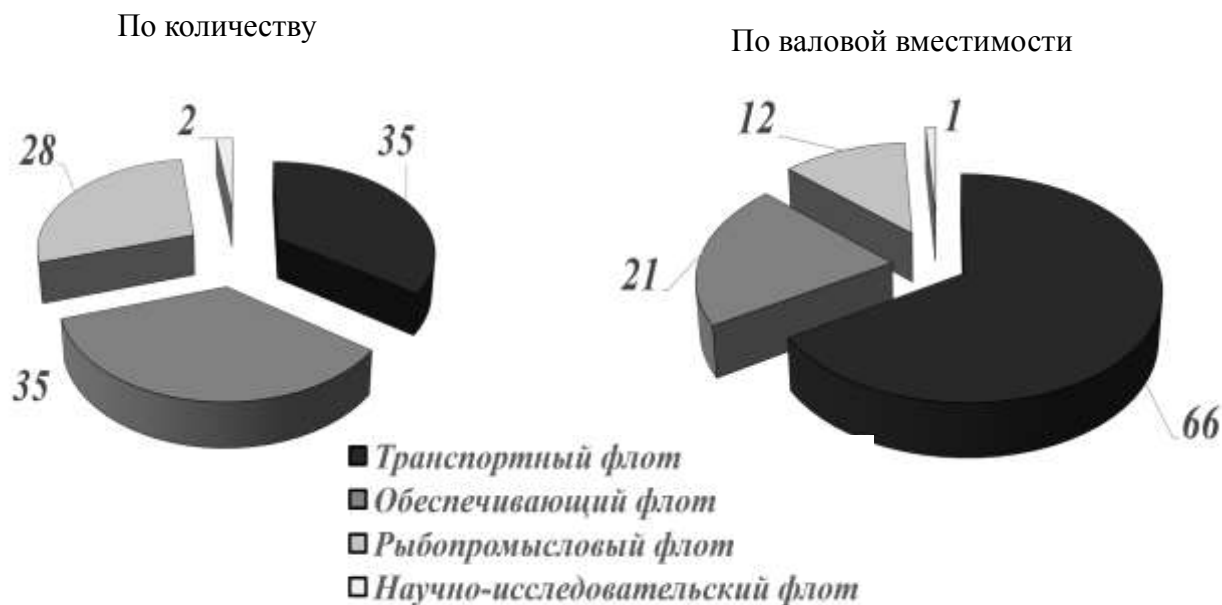


Рисунок 3 – Структура морского флота России под отечественным флагом по состоянию на начало 2024 г., % [5, 9, 10]

Транспортный флот логично доминирует в структуре по валовой вместимости. Динамика дедвейта флота под флагом России в млн т в 2023-2024 гг. (по состоянию на начало года) представлена на рисунке 4, а динамика структуры дедвейта флота под флагом России в 2023-2024 гг. (по состоянию на начало года) – на рисунке 5.

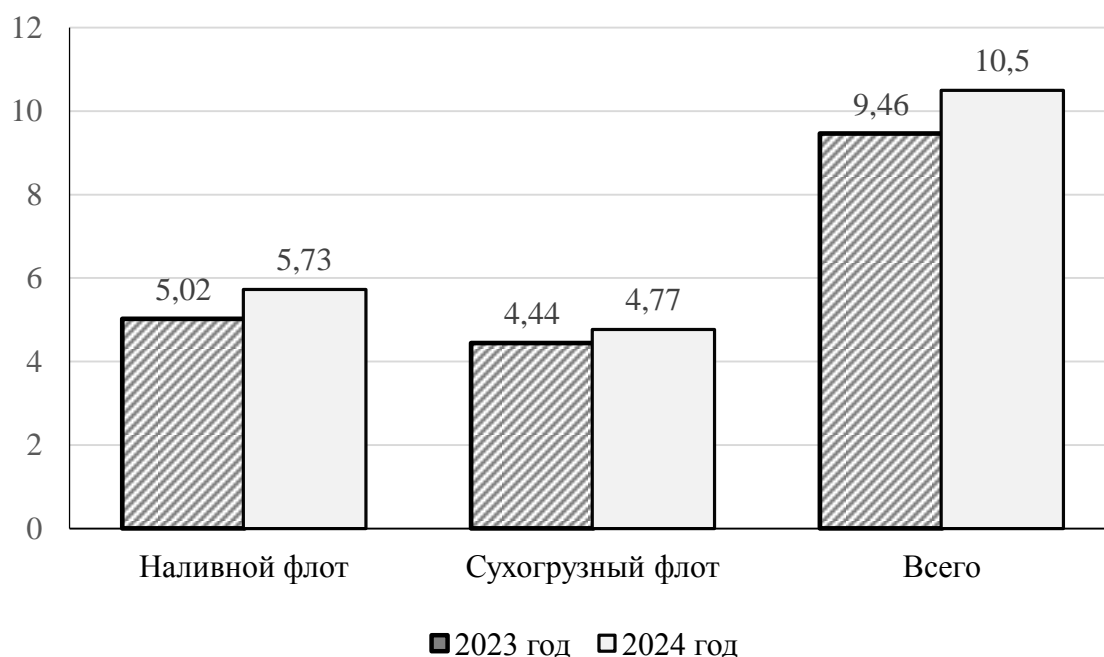


Рисунок 4 – Динамика дедвейта флота под флагом России в 2023-2024 гг. (по состоянию на начало года), млн т [5, 9, 10]

Очевиден прирост дедвейта флота под флагом России за 2023 г., причём больший вклад внёс прирост дедвейта наливного флота, что объективно обусловлено расширением возможностей предприятий нефтегазодобычи по транспортировке грузов своими силами на территории РФ. Кроме того, за 2023 г. при доминировании доли дедвейта наливного флота отмечается её прирост за год на 1,5 %.

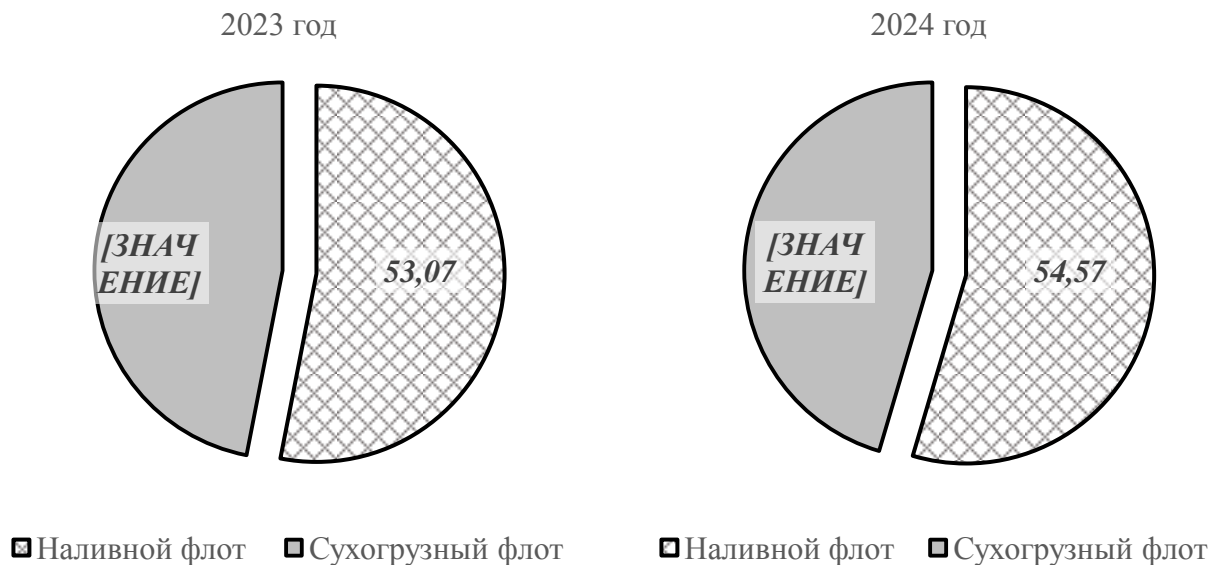


Рисунок 5 – Динамика структуры дедвейта флота под флагом России в 2023-2024 гг. (по состоянию на начало года), % [5, 9,10]

Динамика объёмов перевалки российских грузов за истекшее десятилетие отражена на рисунке 6. Отчетливо видна неустойчивая тенденция к росту перевалки российских грузов через порты России, к снижению объёмов перевалки через порты сопредельных государств.



Рисунок 6 – Динамика объёмов перевалки российских грузов за 2014–2023 гг., млн т [5, 9, 10]

Кроме того, отчетливо выражена тенденция к снижению доли портов сопредельных государств в обработке внешнеторговых грузов, что обусловлено объективными причинами: сначала влияние ограничений, связанных с распространением ковид-2019, затем начавшейся СВО и санкционным давлением на РФ.

Рассматривая объёмы перевалки грузов в региональном разрезе нами был проведен трендовый анализ [4], по результатам которого возможно констатировать, что наращивание потенциала морской транспортной системы РФ очевидно, ибо уравнения регрессии изучаемого показателя по шести из семи представленных федеральных округов демонстрируют ежегодный абсолютный прирост. Северо-Кавказский федеральный округ характеризовался трендом к снижению показателя на 159,523 тыс. т ежегодно. А Республика Крым и г. Севастополь ежегодно теряли 1,55 млн т грузов, начиная с 2015 г. в данном периоде исследования.

В РФ на сегодняшний момент функционирует 68 морских портов. При этом в 2023 г. 10 крупнейших портов РФ обеспечили 75,6 % от общего объёма перевалки грузов.

На рисунке 7 представлен вклад каждого из десяти крупнейших морских портов в транспортно-логистический процесс. Лидирует порт Новороссийска.

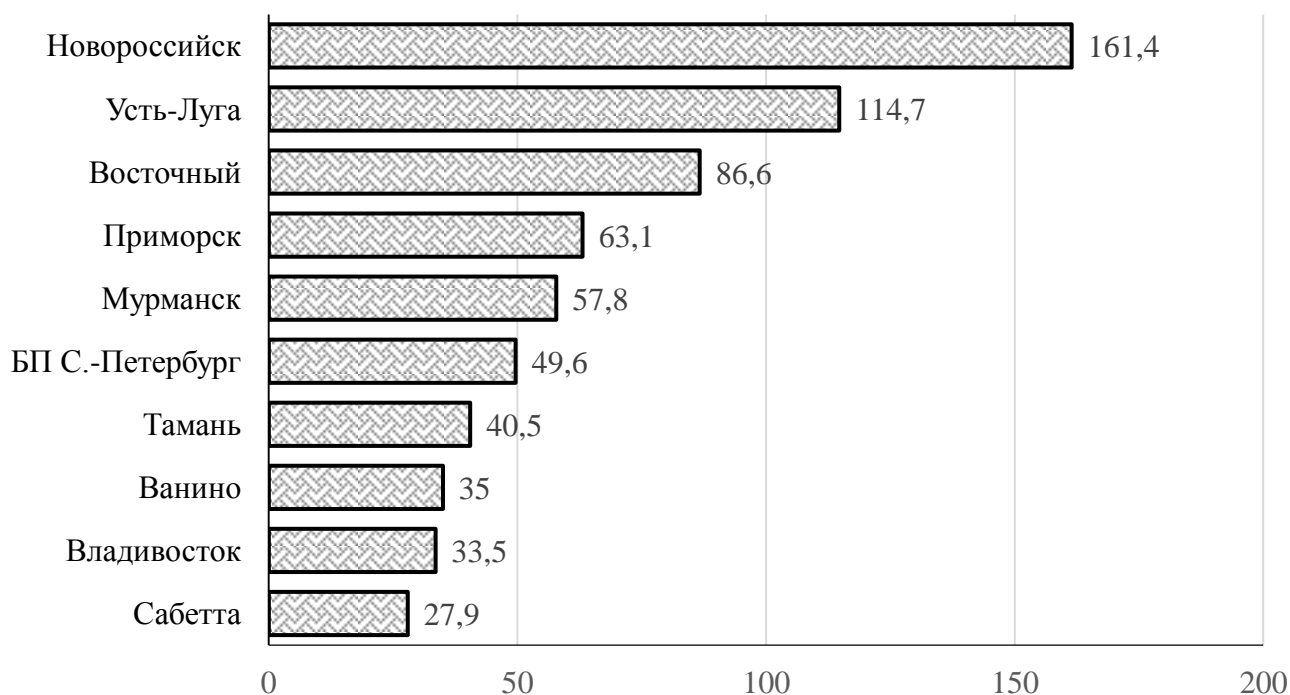


Рисунок 7 – Объёмы перевалки грузов крупнейшими морскими портами России в 2023 г., млн т [5, 9, 10]

Учитывая неуклонный рост деловой активности и необходимость обеспечивать ежегодный прирост грузопотока адекватным расширением возможностей транспортно-логистической инфраструктуры, в РФ реализуется программа её развития. В рамках реализации данной программы за 2023 г. пропускная способность морских портов РФ возросла на 68,2 млн т грузов в год.

Региональное распределение прироста мощности представлено на рисунке 8.

Необходимо констатировать, что в морской транспортно-логистический процесс активно вовлекаются регионы, географически удаленные друг от друга: Краснодарский край (Азово-Черноморский бассейн), Камчатский, Хабаровский и Приморский края, Мурманская и Ленобласть, обеспечивая расширение возможностей РФ по созданию сети транспортной портовой инфраструктуры в направлениях «Север-Юг» и «Запад-Восток».

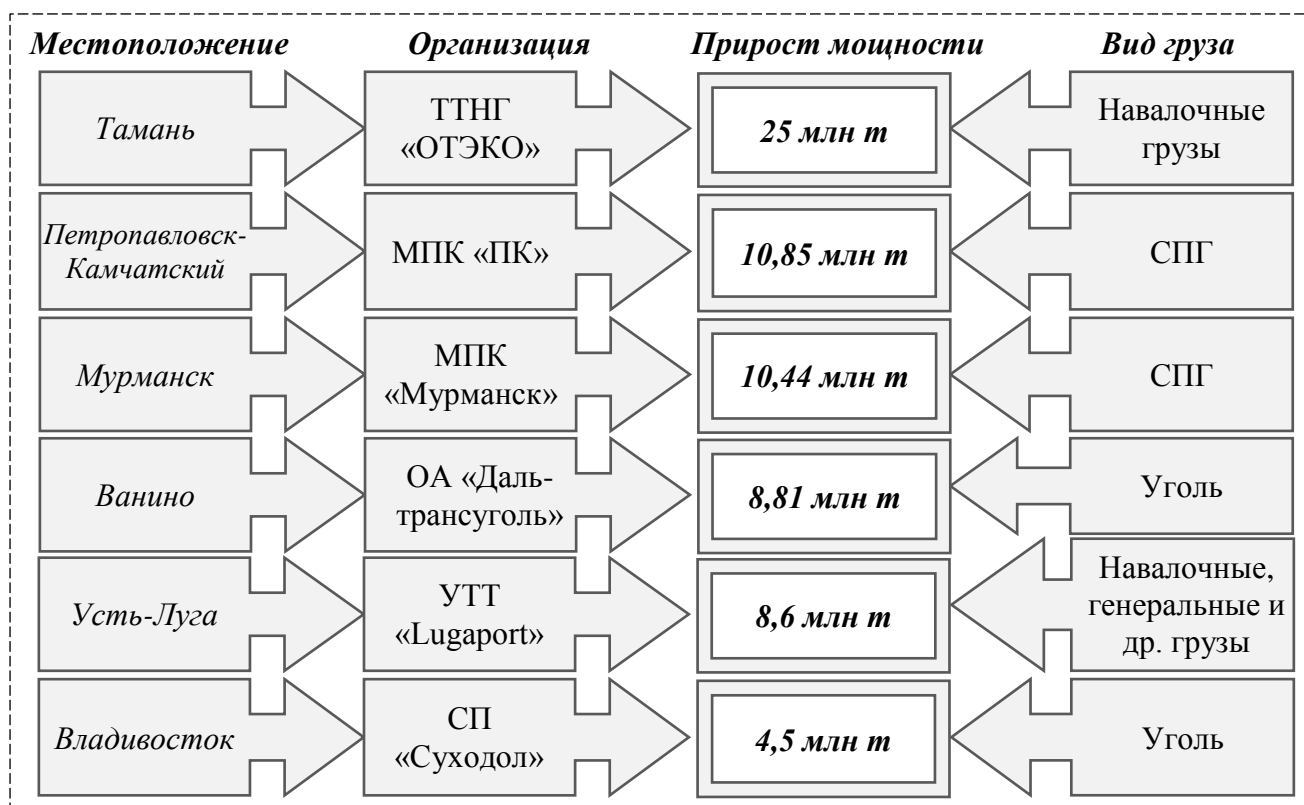


Рисунок 8 – Прирост пропускной способности ряда морских портов РФ в 2023 г.

В 2024 году запланирован ввод в эксплуатацию девяти крупных перевалочных объектов, что обеспечит прирост пропускной способности портовой инфраструктуры не менее чем на 60 млн т в год.

Вместе с этим анализ статистических показателей и программных документов РФ показал, что к 2035 году прогнозируется рост объемов перевалки грузов до 1,3 млрд т, что обусловит существенный дефицит тоннажа морского флота России (см. рисунок 9).



Рисунок 9 – Дефицит морского флота России, рассчитанный на основе индикаторов «Транспортной стратегии РФ на период до 2030 г. с прогнозом на период до 2035 г.» [2]

Темпы восполнения данного дефицита пока недостаточны (см. рисунок 10). Так, за 2014–2023 гг. на верфях России и иностранных верфях для нужд российских компаний построено 219 единиц морских транспортных судов общим дедвейтом 4,5 млн т. Следует отметить рост участия предприятий судостроения РФ в строительстве морских транспортных судов.



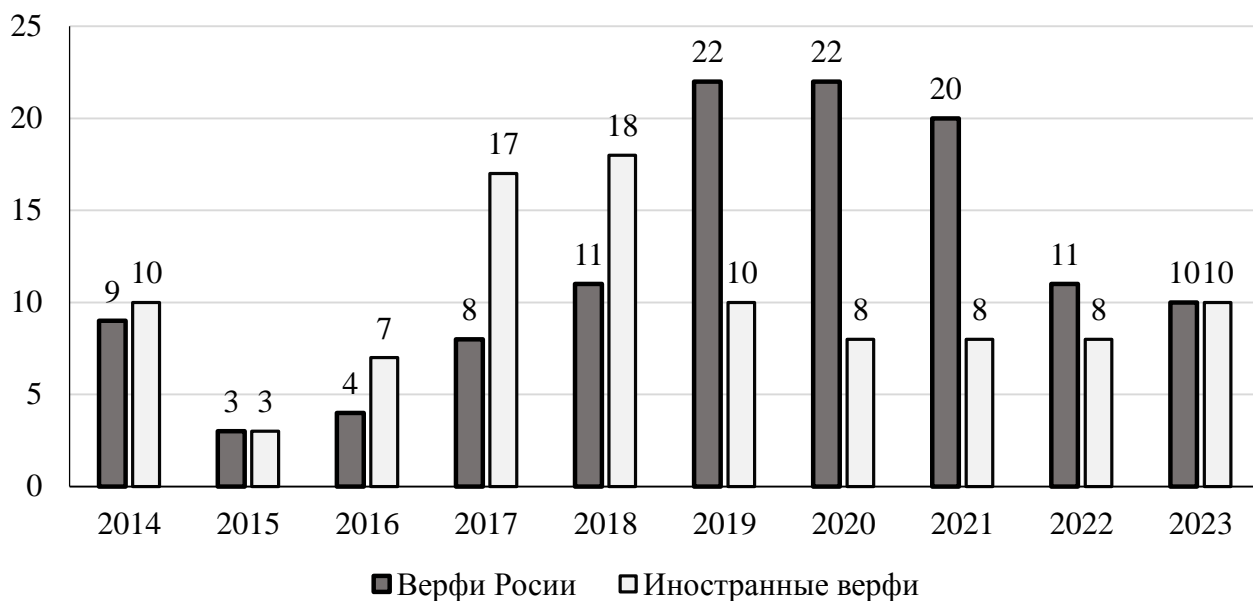


Рисунок 10 – Динамика строительства морских транспортных судов для российских компаний в 2014-2023 гг., ед. [5, 9,10]

В строительстве судов обеспечивающего флота пока доминируют иностранные верфи, кроме 2016 и 2022 гг. (см. рисунок 11).

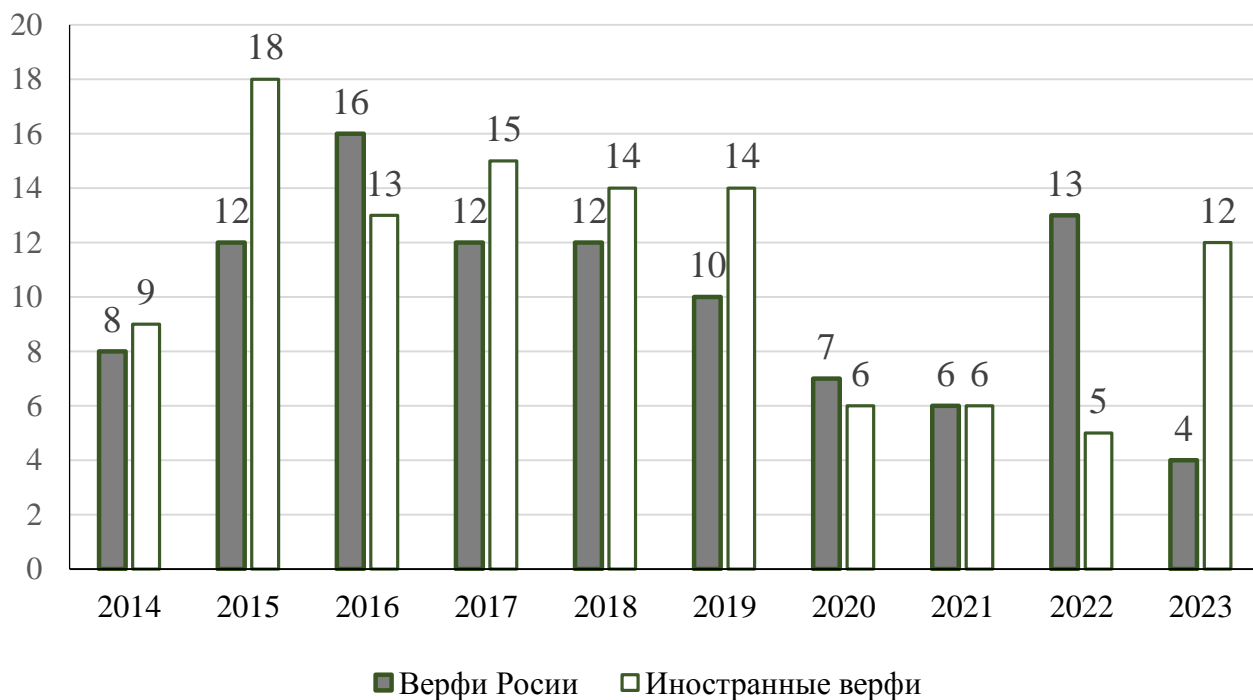


Рисунок 11 – Динамика строительства морских судов обеспечивающего флота для российских компаний в 2014-2023 гг., ед. [5, 9,10]

Продемонстрировать структуру участников судостроительного процесса можно на примере данных за 2023 г., в котором было поставлено стивидорным компаниям 20 судов суммарным дедвейтом 809,1 тыс. т от судостроителей России, КНР и Южной Кореи. В структуре поставленных судов доминируют танкеры.

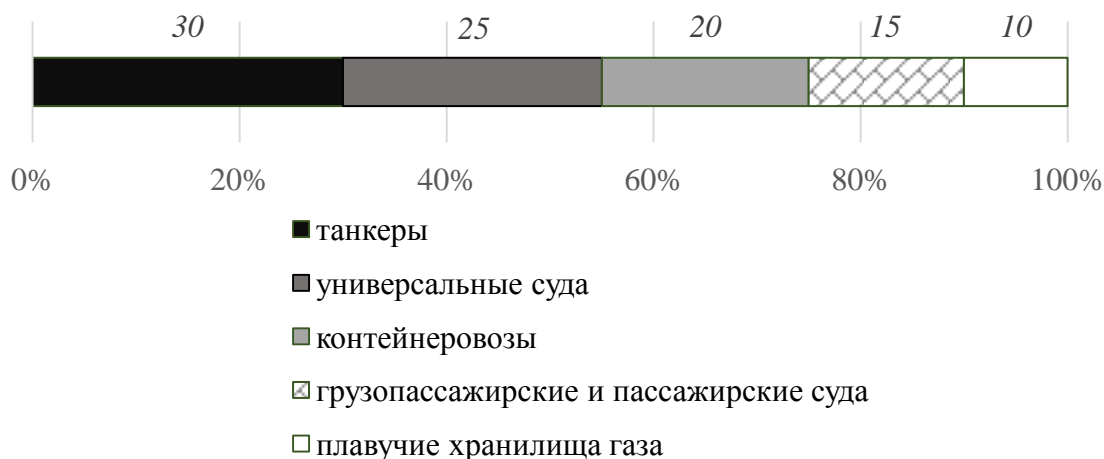


Рисунок 12 – Видовая структура судов, поставленных компаниям РФ в 2023 г.

Пополнение флота крупнотоннажными судами, в которых нуждается РФ, возможно на основе использования внутренних резервов судостроительных мощностей. В числе предприятий ООО СК Звезда, Завод им. Бутомы, Адмиралтейские верфи, Балтийский завод и Севмаш. Однако, стапели и сухие доки этих заводов заняты гособоронзаказом, в том числе часть из них до 2035 г. Решение данной проблемной ситуации видится в размещении заказов за рубежом в дружественных странах и в модернизации и расширении действующих верфей, возможности для которого есть в РФ.

Учитывая современное санкционное давление и явно выраженные тенденции к смещению сферы производственно-кооперационных и торговых интересов с запада на Восток, Россия начинает использовать новые транспортные коридоры. Это позволяет ей не только справляться с западными санкциями, но и создавать новые логистические цепочки.

Самый популярный морской маршрут между крупнейшими азиатскими и европейскими портами проходит через Индийский океан и Суэцкий канал. Использование же Северного морского пути (СМП) позволяет сократить этот путь более, чем в 1,6 раза. Грузовая база СМП будет расти за счет не только российских, но и зарубежных грузоотправителей.



Рисунок 13 – Инфографика к Федеральному проекту РФ «Развитие Северного морского пути» [3]

С 2024 г. предполагается налаживание круглогодичной грузовой навигации на СМП, что отмечено в паспорте федерального проекта «Развитие Северного морского пути» до

2035 года. Очевидность факта переориентации грузовых потоков на восток в условиях внешнего санкционного давления неоспорима, так как на востоке сконцентрированы потребители продукции РФ и потенциальные инвесторы развития Арктики, что является важным, имеющим общегосударственное значение, направлением деятельности ГК «Росатом».

Сложная ледовая обстановка, безусловно, создает ряд проблем в осуществлении проекта, но вместе с этим Севморпуть становится все более привлекательным направлением переориентации логистических потоков. Это отметил и Президент РФ Владимир Путин в послании Федеральному собранию 29 февраля 2024 года, утверждая, что Россия продолжает развивать Северный морской путь и приглашает зарубежные компании и иностранные государства активно его использовать.

Северный морской путь как исторически сложившаяся национальная транспортная коммуникация РФ был открыт для международного судоходства в 1991 г., а с 1 августа 2022 г. ФГБУ «Главное управление Северного морского пути» при госкорпорации «Росатом» выполняет функции выдачи разрешений на плавание судов в акватории СМП, мониторинга и предоставления информации о гидрометеорологической, ледовой и навигационной обстановке, содействия в проведении поисковых и спасательных работ и др.

Извлекаемые запасы нефти и газа в Арктическом регионе страны составляют порядка 60 % всех извлекаемых углеводородных ресурсов в России. Из 15 действующих и перспективных инвестиционных проектов в Арктике (Варандейское нефтяное месторождение, «Ямал СПГ», Таймырский угольный бассейн и другие) одиннадцать связаны с освоением нефти и газа, четыре – руд и угля.

План развития инфраструктуры Северного морского пути на период до 2035 г., принятый правительством РФ в рамках национальных проектов, предусматривает выполнение мер по навигационно-гидрографическому, гидрометеорологическому и аварийно-спасательному обеспечению судоходства в акватории СМП; по развитию морских портов и близлежащих аэропортов; по разработке и строительству морской техники, систем и средств.

Тяжелые природные условия, ограничивающие сроки проведения навигации на СМП, и малые глубины на традиционных маршрутах требуют обеспечения маршрута атомными ледоколами, прокладку глубоководных высокоширотных маршрутов севернее Новосибирских островов, и, кроме того, необходима масштабная модернизация, капитальный ремонт или строительство новых причальных сооружений, выполнение работ по дноуглублению для приема современных судов, установка современных навигационных систем. Решение данных проблем предусмотрено программными документами РФ. Так, на первом этапе к 2032 году планируется ввести в эксплуатацию семь новых атомных ледоколов проектов 22220 «Арктика» и 10510 «Лидер». Иные задачи систематизированы и поставлены, но вместе с тем проработка, детализация организационно-экономического механизма развития данного направления актуальна и представляет научный и практический интерес, в частности, с точки зрения роста инвестиционного потенциала территорий и повышения качества жизни на них.

**Выводы.** Развитие морского транспорта и логистики Российской Федерации в современных условиях реализации множества современных вызовов предполагает приоритизацию проектов по развитию морского транспортного комплекса в целом и отдельных его элементов, в частности, учитывая заложенные в программах развития стратегические цели по формированию перспективных транспортных коридоров для соблюдения интересов России в сложившейся непростой геополитической обстановке. Обоснование и принятие управленческих решений в данной сфере должно базироваться на совершенствовании всех функциональных подсистем адекватно современным требованиям внешней конкурентной среды, что предполагает рост деловой активности в судостроении для прироста количества и тоннажа морского флота РФ требуемого видового состава и опережающее развитие портовой инфраструктуры, в том числе на новых территориях и в

северных регионах, прилегающих к СМП как к перспективному транспортно-логистическому коридору.

Список использованной литературы:

1. Морская доктрина Российской Федерации. (утв. Указом Президента РФ от 31 июля 2022 г. № 512). URL: [https:// https://base.garant.ru/405077499/](https://base.garant.ru/405077499/) (дата обращения: 14.05.2024).
2. Транспортная стратегия РФ на период до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 27 ноября 2021 г. № 3363-р). URL: <https://rosavtodor.gov.ru/docs/transportnaya-strategiya-rf-na-period-do-2030-goda-s-prognozom-na-period-do-2035-goda> (дата обращения: 14.05.2024).
3. Паспорт федерального проекта «Развитие Северного морского пути». URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/8/12714> (дата обращения: 14.05.2024).
4. *Алексахина Л.В.* Моделирование и прогнозирование экономических процессов в стратегировании развития морского транспорта // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2023. № 4. С. 221–230.
5. *Буянов С.И.* Морской флот России: текущее состояние, потребности в судах и морской технике, основные типы судов в постройке. Наличие и развитие арктического флота в России // Российское судостроение 2024: материалы XI Международной конференции. 2024. URL: <https://disk.yandex.ru/d/vdRf8sj6IESjpg> (дата обращения: 14.05.2024).
6. *Мясникова К.Д.* Современное состояние и развитие морского и речного флота России // Молодой ученый. 2016. № 13.1 (117.1). С. 66–69. URL: <https://moluch.ru/archive/117/30361/> (дата обращения: 14.05.2024).
7. *Буянов С.И.* Обновление и развитие портового флота России // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. 2012. № 6 (43). С. 8–11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obnovlenie-i-razvitie-portovogo-flota-rossii> (дата обращения: 14.05.2024).
8. *Пересыпкин В.А., Буянов С.И.* Состояние и перспективы развития морского флота России // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. 2005. № 1 (1). С. 18–21. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-i-perspektivy-razvitiya-morskogo-flota-rossii> (дата обращения: 14.05.2024).
9. ЕМИСС. Государственная статистика: официальный сайт. URL: <https://www.fedstat.ru> (дата обращения: 14.05.2024).
10. Официальный сайт государственной статистики. URL: <https://www.fedstat.ru> (дата обращения: 14.05.2024).

References:

1. *Morskaya doktrina Rossijskoj Federacii* [The Maritime Doctrine of the Russian Federation]. (In Russian). Available at: [https:// https://base.garant.ru/405077499/](https://base.garant.ru/405077499/) (accessed 14.05.2024).
2. *Transportnaya strategiya RF na period do 2030 goda s prognozom na period do 2035 goda* [Transport strategy of the Russian Federation for the period up to 2030 with a forecast for the period up to 2035]. (In Russian). Available at: <https://rosavtodor.gov.ru/docs/transportnaya-strategiya-rf-na-period-do-2030-goda-s-prognozom-na-period-do-2035-goda> (accessed 14.05.2024).
3. *Pasport federal'nogo proekta «Razvitie Severnogo morskogo puti»* [Passport of the federal project “Development of the Northern Sea Route”]. (In Russian). Available at: <https://mintrans.gov.ru/documents/8/12714> (accessed 14.05.2024).
4. *Aleksahina L.V.* Modelirovanie i prognozirovanie ekonomicheskikh processov v strategirovanii razvitiya morskogo transporta [Modeling and forecasting of economic processes in the strategic development of maritime transport]. *Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kerch State Maritime Technological University], 2023, no. 4, pp. 221–230. (In Russian).

5. Buyanov S.I. Morskoj flot Rossii: tekushchee sostoyanie, potrebnosti v sudah i morskoj tekhnike, osnovnye tipy sudov v postrojke. Nalichie i razvitie arkticheskogo flota v Rossii [Russian Navy: the current state, the needs for ships and marine equipment, the main types of ships under construction. The presence and development of the Arctic fleet in Russia]. *Materialy 11 Mezhdunarodnoj konferencii «Rossijskoe sudostroenie 2024»* [Proceedings of the 11th International Conference “Russian Shipbuilding 2024”]. (In Russian). Available at: <https://disk.yandex.ru/d/vdRf8sj6IESjpg> (accessed 14.05.2024).
6. Myasnikova K.D. Sovremennoe sostoyanie i razvitie morskogo i rechnogo flota Rossii [Current state and development of the Russian maritime and river fleet]. *Molodoj uchenyj* [Young Scientist], 2016, no. 13.1 (117.1), pp. 66–69. (In Russian). Available at: <https://moluch.ru/archive/117/30361/> (accessed 14.05.2024).
7. Buyanov S.I. Obnovlenie i razvitie portovogo flota Rossii [Renewal and development of the Russian port fleet]. *Transport Rossiyskoy Federatsii. Zhurnal o nauke, praktike, ekonomike* [Transport of the Russian Federation. Magazine about Science, Practice, Economics], 2012, no. 6 (43), pp. 8–11. (In Russian). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/obnovlenie-i-razvitie-portovogo-flota-rossii> (accessed 14.05.2024).
8. Peresypkin V.A., Buyanov S.I. Sostoyanie i perspektivy razvitiya morskogo flota Rossii [The state and prospects of development of the Russian navy]. *Transport of the Russian Federation. Journal of Science, Practice, Economics* [Transport of the Russian Federation. Magazine about Science, Practice, Economics], 2005, no. 1 (1), pp. 18–21. (In Russian). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-i-perspektivy-razvitiya-morskogo-flota-rossii> (accessed 14.05.2024).
9. *EMISS. Gosudarstvennaya statistika: oficial'nyj sajt* [EMISS. State statistics: official website]. (In Russian). Available at: <https://www.fedstat.ru> (accessed 14.05.2024).
10. *Oficial'nyj sajt gosudarstvennoj statistiki* [Official website of the state statistics]. (In Russian). Available at: <https://www.fedstat.ru> (accessed 14.05.2024).

Сведения об авторе / Information about author

<b>Алексахина Людмила Викторовна</b>	канд. экон. наук, доцент кафедры экономики и гуманитарных дисциплин Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 <a href="mailto:lyu6097@yandex.ru">lyu6097@yandex.ru</a>
Aleksakhina Lyudmila Viktorovna	Ph.D. (Econ.), Associate professor at the Department of economics and humanities disciplines Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82 <a href="mailto:lyu6097@yandex.ru">lyu6097@yandex.ru</a>

УДК 658.51:664

Глебова Е.В., Лаптева Е.П.

## КЛАССИФИКАЦИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ РИСКОВ ПРЕДПРИЯТИЯ В СИСТЕМЕ МЕНЕДЖМЕНТА БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ

**Аннотация.** Риск-ориентированный подход является основой современного эффективного менеджмента. В последнее время понятие «управление рисками» значительно расширилось, так как лучшие международные практики рекомендуют управлять рисками, как на операционном, так и организационном уровнях. В качестве рабочей гипотезы выдвинуто предположение о необходимости классификации организационных рисков с целью повышения эффективности управления ими. В рамках исследования проведен анализ ГОСТ Р ИСО 22000-2019 «Системы менеджмента безопасности пищевой продукции. Требования к организациям, участвующим в цепи создания пищевой продукции» на основании которого были предложены классификационные признаки организационных рисков, определены области их возможного возникновения и проведена их систематизация в соответствии с особенностями планирования деятельности предприятия.

**Ключевые слова:** организационные риски, внешние организационные риски, внутренние организационные риски, управление рисками, области возникновения рисков, идентификация рисков.

Glebova E.V., Lapteva E.P.

## CLASSIFICATION OF ORGANIZATIONAL RISKS OF THE ENTERPRISE IN THE FOOD SAFETY MANAGEMENT SYSTEM

**Abstract.** The risk-oriented approach is the basis of modern effective management. Recently, the concept of “risk management” has expanded significantly, as international best practices recommend managing risks at both the operational and organizational levels. As a working hypothesis, it has been suggested that it is necessary to classify organizational risks in order to improve the efficiency of their management. As part of the study, an analysis of the provisions of GOST R ISO 22000-2019 “Food safety management systems” was carried out. Requirements for organizations participating in the food product creation chain” [1] based on which classification criteria for organizational risks were proposed, areas of their possible occurrence were identified and they were systematized in accordance with the peculiarities of enterprise activity planning.

**Keywords:** organizational risks, external organizational risks, internal organizational risks, risk management, areas of risk occurrence, risk identification.

**Введение.** Риск-ориентированное мышление и цикл Деминга «Планируй-Делай-Проверяй-Действуй» составляют основу процессного подхода [1], положенного в основу существующих систем менеджмента, и являются мощным инструментом управления на протяжении уже многих лет. Процессный подход позволяет организациям планировать свои процессы и связь между ними, в свою очередь риск-ориентированное мышление играет огромную роль в анализе рисков процессов предприятия и управления ими, в том числе управление рисками в соответствии с циклом PDCA позволяет подвергать их постоянному анализу, так как с изменением процессов на предприятии риски могут меняться.

Риск-ориентированное мышление позволяет определять факторы, которые могут привести к отклонению от запланированных результатов процесса, применять предупреждающие средства управления для минимизации негативных последствий и максимально использовать возможности, что крайне необходимо для эффективного функционирования системы менеджмента пищевой безопасности.

В стандарте ГОСТ Р ИСО 22000-2019 «Системы менеджмента безопасности пищевой продукции. Требования к организациям, участвующим в цепи создания пищевой продукции»

(СМБПП) риск-ориентированный подход реализуется на двух уровнях: организационном и операционном [2].

Применительно к операционному уровню в ГОСТ Р ИСО 22000-2019 реализована концепция риск-ориентированного мышления на базе принципов ХАССП, заключающаяся в учете существенных рисков для безопасности пищевой продукции и вероятности их отрицательного воздействия на здоровье человека, с этой целью выделяют физические, химические, биологические опасности, ведущие к наступлению рискового события [3].

Управление рисками начинается с их идентификации. От того, насколько правильно будет сформулировано название риска зависит то, какие меры управления риском будут применяться и насколько они будут достаточны. Кроме операционных рисков в СМБПП рассматриваются организационные риски, которые охватывают все аспекты деятельности предприятия (кроме безопасности пищевой продукции) и отсутствие системности в их идентификации затруднит работу с ними [4].

Организационные риски так же, как и операционные риски должны подвергаться систематическому анализу, так как изменение процессов предприятия может привести к появлению новых рисков.

Очевидно, что для систематизации работы с организационными рисками в соответствии с целями предприятия необходимо определить критерии их классификации для последующего объединению их в группы с целью дальнейшего эффективного управления.

**Цель исследования** – разработка классификации организационных рисков предприятия в системе менеджмента безопасности пищевой продукции.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- проведен анализ требований ГОСТ Р ИСО 22000-2019 к управлению организационным рисками предприятия в системе менеджмента безопасности пищевой продукции;
- определены классификационные признаки организационных рисков предприятия в системе менеджмента безопасности пищевой продукции;
- разработана модель классификации организационных рисков предприятия в системе менеджмента безопасности пищевой продукции.

**Материалы и методы исследования.** Проблема, связанная с управлением рисками, становится одной из актуальных и требующей особого внимания, так как эффективное и результативное управление предприятием в настоящее время возможно только с применением скоординированных и систематических действий в отношении рисков. Большинство исследователей в данной области предлагают различные способы управления рисками, но как правило все они сводятся к поиску решений и организации работы по минимизации рисков событий [5–8]. Согласно положениям нормативных документов, работа с рисками на предприятии заключается в их идентификации, оценке рисков с точки зрения вероятности их возникновения, оценке значимости опасного события и разработке действий для их минимизации [4, 9, 10]. Однако, несмотря достаточное количество нормативных документов и публикаций по данной проблеме, следует отметить что нет стандартного решения по работе с рисками на предприятиях, так как неблагоприятные события, которые могут возникнуть на предприятии зависят от специфики деятельности предприятия и от применяемой системы менеджмента.

В работе были использованы общенаучные методы анализа, синтеза, сравнения, обобщения, системный и процессный подходы.

**Результаты исследования и их обсуждение.** В соответствии с первой задачей был проведен анализ ГОСТ Р ИСО 22000-2019, который показал, что организационный уровень управления рисками затрагивает планирование производственной деятельности. Под организационными рисками следует понимать риски, относящиеся к внешним и внутренним факторам среды предприятия и затрагивающие требования, потребности и ожидания всех заинтересованных сторон, определенных в области применения СМБПП.

На следующем этапе проводимого исследования были определены два признака



классификации организационных рисков:

1. По отношению к рассматриваемой деятельности предприятия.
2. По отношению к области планирования производственной деятельности предприятия.

По отношению к рассматриваемой деятельности предприятия возможно неблагоприятные событие отнести к «Внутренние» и «Внешние». К группе внутренних рисков относятся те, которые возникают в рамках деятельности предприятия и которые она может контролировать и влиять на них. К группе внешних рисков относятся те неблагоприятные события, которые возникают за рамками предприятия, предприятие может контролировать их, но не может на них повлиять.

По отношению к области планирования производственной деятельности в системе менеджмента безопасности пищевой продукции были выделены следующие группы рисков: «Производство», «Стратегия», «Финансы», «Информация», «Потребности, требования, ожидания».

На основании определенных классификационных признаков организационных рисков предприятия в системе менеджмента безопасности пищевой была сформирована структура организационных рисков в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 22000-2019, представленная на рисунке 1.



Рисунок 1 – Структура рисков в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 22000-2019

В соответствии с третьей задачей проводимого исследования для выделенных группы рисков определены области планирования системы менеджмента безопасности пищевой продукции, установлены цели планирования, и так как риск является событием, которое влияет на достижение цели, были идентифицированы организационные риски предприятия в системе менеджмента безопасности пищевой продукции (таблицы 1, 2).

На основании классификация организационных рисков (рисунок 1) и данных представленных в таблицах 1, 2 была разработана модель классификации организационных рисков предприятия в системе менеджмента безопасности пищевых продуктов (рисунок 2).

Обобщая все вышесказанное следует отметить, что представленная модель классификации организационных рисков предприятия в системе менеджмента безопасности пищевых продуктов позволила идентифицировать организационные риски, соотнести их с той или иной группой рисков, что в дальнейшем позволит выявить причину их возникновения, оценить тяжесть последствий наступления рискового события и принять решение о его допущении или уклонении от него. При этом надо понимать, что данная классификация не является стандартным решением для всех предприятий, которые будут рассматривать организационные риски, наполняемость классификационных групп рисков может расширяться или уменьшаться в зависимости от специфики деятельности

предприятия и выделяемых областей планирования производственной деятельности в рамках системы менеджмента безопасности пищевой продукции.

Таблица 1 – Идентификация внутренних организационных рисков в СМБПП

Классификационные группы рисков	Области планирования СМБПП	Цель планирования	Наименование организационных рисков
«Производство»	Выпуск продукции	Выпустить качественную и безопасную продукцию, соответствующую требованиям технических регламентов и нормативной документации.	Запрет выпуска и реализации продукции
	Управление персоналом	Обеспечить производственный процесс квалифицированным и компетентным персоналом в области технологии производства	Нарушение технологии производства
	Управление производством	Выполнить план выпуска продукции при минимальных затратах, обеспечить эффективность производственной деятельности	Неэффективное планирование производства
«Стратегия»	Реализация проектов	Вывести проект в установленные сроки на точку безубыточности	Проектные риски
	Планирование роста производства продукции	Увеличить производственные мощности	Снижение темпов роста производимой продукции
	Маркетинг	Сформировать портрет целевого потребителя	Отсутствие маркетинговой стратегии бренда
«Финансы»	Финансовое планирование	Обеспечить наличие денежных средств для ведения производственной деятельности	Банкротство
			Отсутствие денежных средств для обеспечения оборотного капитала Отсутствие финансов для развития производства
«Информация»	Управление документированной информацией	Обеспечить сотрудников предприятия полной и достоверной информацией по производственной деятельности	Отсутствие документированной информации
			Утечка технологии производства
			Несвоевременная передача (получение) информации по лучшим практикам
«Потребность. Ожидание. Требования»	Обеспечение ресурсами	Установить требования к поставщикам сырья и материалов	Отсутствие поставщиков удовлетворяющих требования
	Условия труда	Создать конкурентоспособные условия труда	Отсутствие кадровых ресурсов
	Охрана труда	Обеспечить сотрудников знаниями по технике безопасности	Нарушение норм охраны труда
	Санитарная гигиена производства	Обеспечить сотрудников знаниями по личной гигиене в пищевом производстве	Микробиологические загрязнение продукции

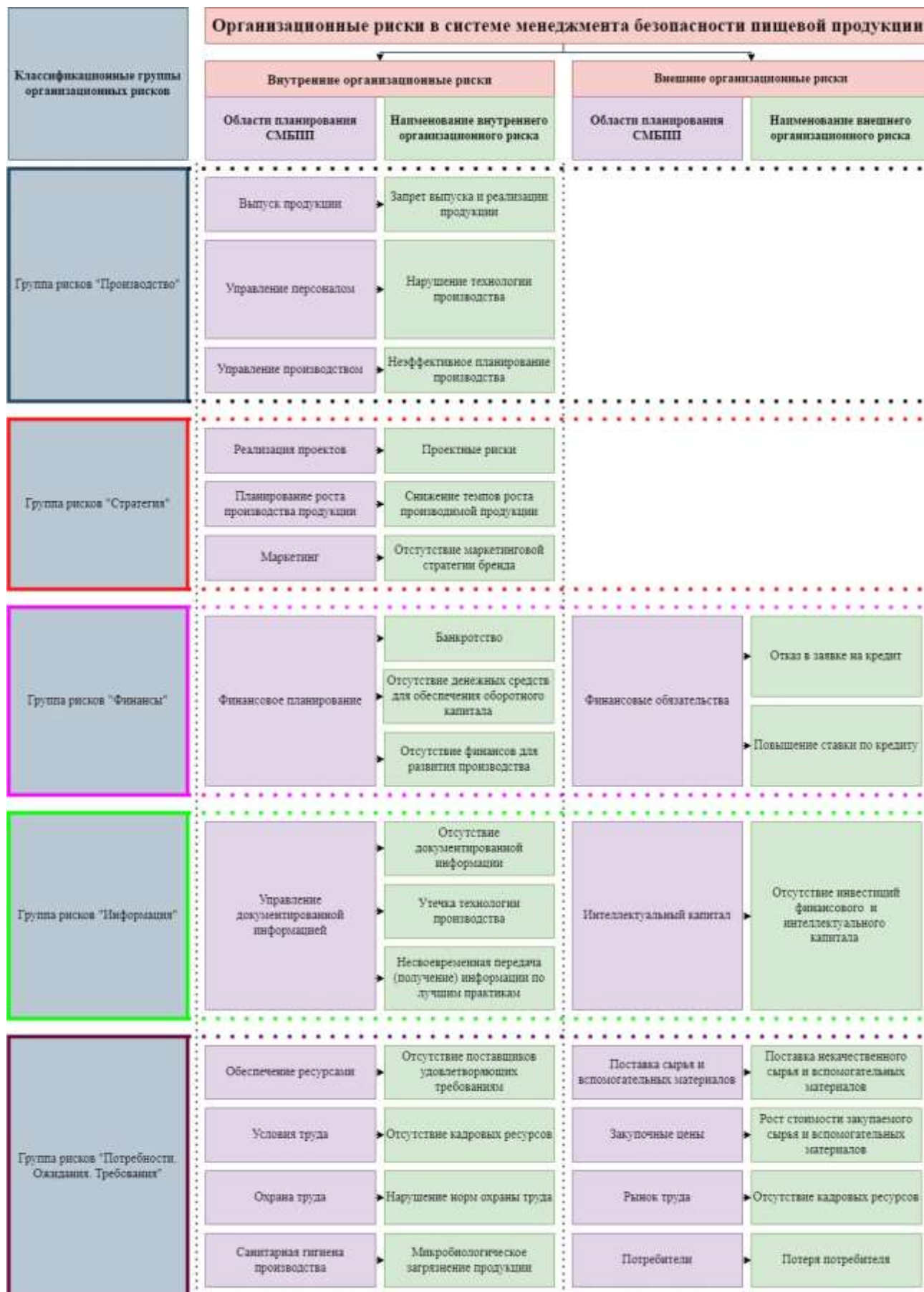


Рисунок 2 – Модель классификации организационных рисков предприятия в системе менеджмента безопасности пищевых продуктов

Таблица 2 – Идентификация внешних организационных рисков в СМБПП

Классификационные группы рисков	Области планирования СМБПП	Цель планирования	Наименование организационных рисков
«Финансы»	Финансовые обязательства	Получить денежные средства	Отказ в заявке на кредит
			Повышение ставки по кредиту
«Информация»	Интеллектуальный капитал	Участвовать в развивающихся мероприятиях национального и международного уровня	Отсутствие инвестиций финансового и интеллектуального капитала
«Потребность. Ожидание. Требования»	Поставки сырья и вспомогательных материалов	Обеспечить производственный процесс качественным сырьем и вспомогательными материалами	Поставка некачественного сырья и вспомогательных материалами
	Закупочные цены	Установить предел закупочной цены	Рост стоимости закупаемого сырья и вспомогательных материалами
	Рынок труда	Изучить предложения на рынке труда	Отсутствие кадровых ресурсов
	Потребители	Установить обратную связь с потребителем	Потеря потребителя

**Выводы.** Проведенные исследования показали, что к настоящему времени в стране создана нормативная база в области риск-ориентированного подхода, которая дает понимание, как применять данный подход на отечественных предприятиях. На основании проведенных исследований были предложены классификационные признаки организационных рисков предприятия в системе менеджмента безопасности пищевой продукции, определены области их возможного возникновения и проведена их систематизация в соответствии с особенностями планирования деятельности предприятия.

Список использованной литературы:

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования. М.: Стандартиформ, 2015. 24 с.
2. ГОСТ Р ИСО 22000-2019. Системы менеджмента безопасности пищевой продукции. Требования к организациям, участвующим в цепи создания пищевой продукции. М.: Стандартиформ, 2019. 34 с.
3. ГОСТ Р 51705.1-2012. Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования. М.: Стандартиформ, 2009. 10 с.
4. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011. Менеджмент риска. Методы оценки риска. М.: Стандартиформ., 2012. 74 с.
5. Родионова М.А., Григорьев М.Г. Организация процедуры управления рисками процессов СМК // Молодой ученый. 2015. № 11. С. 963–968.
6. Станиславчик Е.Н. Риск-менеджмент на предприятии. Теория и практика. М.: Ось-89, 2002. 80 с.
7. Грищенко Н.В. О методологическом подходе к оценке рисков деятельности предприятий на Российском рынке // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. 2014. № 11. С. 17–22.

8. Трофимова Н.Б., Рубашанова Е.А., Позняковский В.М. Применение рискориентированного подхода при совершенствовании системы менеджмента на предприятиях агропромышленного комплекса // АПК России. 2017. Т. 24. № 3. С. 759–763.
9. ГОСТ Р ИСО 31000-2019. Менеджмент риска. Принципы и руководство. М.: Стандартиформ, 2020. 34 с.
10. ГОСТ Р 58771-2019. Менеджмент риска. Технологии оценки риска. М.: Стандартиформ, 2021. 78 с.

References:

1. *GOST R ISO 9001-2015. Sistemy menedzhmenta kachestva. Trebovaniya* [State Standard R ISO 9001-2015. Quality management systems. Requirements]. Moscow, Standartinform Publ., 2015, 24 p. (In Russian)
2. *GOST R ISO 22000-2019. Sistemy menedzhmenta bezopasnosti pishchevoj produkcii. Trebovaniya k organizaciyam, uchastvuyushim v cepi sozdaniya pishchevoj produkcii Vved* [State Standard R ISO 22000-2019. Food safety management systems. Requirements for organizations involved in the food chain]. Moscow, Standartinform Publ., 2019, 34 p. (In Russian).
3. *GOST R 51705.1-2012. Sistemy kachestva. Upravlenie kachestvom pishchevyh produktov na osnove principov HASSP. Obshchie trebovaniya* [State Standard R 51705.1-2001. Quality systems. Food quality management based on HACCP principles. General requirements]. Moscow, Standartinform Publ., 2009, 10 p. (In Russian).
4. *GOST R ISO/MEK 31010-2011. Menedzhment riska. Metody ocenki riska* [State Standard R ISO/IEC31010-2011. Risk management. Risk assessment methods]. Moscow, Standartinform Publ., 2012, 74 p. (In Russian).
5. Rodionova M.A., Grigorev M.G. *Organizaciya procedury upravleniya riskami processov SMK* [Organization of risk management procedures for QMS processes]. *Molodoj uchenyj* [Young scientist], 2015, no. 3, pp. 963–968. (In Russian).
6. Stanislavchik E.N. *Risk-menedzhment na predpriyatii. Teoriya i praktika* [Risk management at the enterprise. Theory and practice]. Moscow, Os-89 Publ., 2002, 80 p. (In Russian).
7. Grishchenko N.V. *O metodologicheskom podhode k ocenke riskov deyatel'nosti predpriyatij na Rossijskom rynke* [On the methodological approach to assessing the risks of enterprises on the Russian market]. *FES: Finansy. Ekonomika. Strategiya* [FES: Finance. Economy. Strategy], 2014, no. 11, pp. 17–22. (In Russian).
8. Trofimova N.B., Rubashanova E.A., Poznyakovskij V.M. *Primenenie risk-orientirovannogo podhoda pri sovershenstvovanii sistemy menedzhmenta na predpriyatiyah agropromyshlennogo kompleksa* [Application of a risk-based approach to the improvement of the management system at the enterprises of the agricultural sector]. *APK Rossii* [Agro-industrial complex of Russia], 2017, vol. 24, no. 3, pp. 759–763. (In Russian).
9. *GOST R ISO 31000-2019. Menedzhment riska. Principy i rukovodstvo* [State Standard R ISO 31000-2019. Risk management. Principles and Guidance]. Moscow, Standartinform Publ., 2020, 34 p. (In Russian).
10. *GOST R 58771-2019. Menedzhment riska. Tehnologii ocenki riska* [State Standard R 58771-2019. Risk management. Risk assessment technologies]. Moscow, Standartinform Publ., 2021, 78 p. (In Russian).

Сведения об авторах / Information about authors

**Глебова Елена Велориевна** канд. техн. наук, доцент кафедры управления техническими системами  
Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет

Glebova  
Elena Velorievna  
690087, Приморский край, г. Владивосток, ул. Луговая, 52Б  
glebova.ev@dgtru.ru  
Ph.D. (Engin.), Associate Professor at the Department of Management  
Technical Systems  
Far Eastern State Technical Fisheries University  
690087, Primorsky Krai, Vladivostok, Lugovaya str., 52B  
glebova.ev@dgtru.ru

**Лаптева  
Евгения Петровна**  
канд. техн. наук, доцент кафедры управления техническими  
системами  
Дальневосточный государственный технический  
рыбохозяйственный университет  
690087, Приморский край, г. Владивосток, ул. Луговая, 52Б  
lapteva.ep@dgtru.ru

Lapteva  
Evgenia Petrovna  
Ph.D. (Engin.), Associate Professor at the Department of Management  
Technical Systems  
Far Eastern State Technical Fisheries University  
690087, Primorsky Krai, Vladivostok, Lugovaya str., 52B  
glebova.ev@dgtru.ru

УДК 631.15

Сергеев Л.И., Сергеев Д.Л.  
**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ БЮДЖЕТНОЙ ПОДДЕРЖКИ НА  
ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ И РЫБНОЙ ОТРАСЛИ  
СТРАНЫ**

**Аннотация.** Рассматривается содержание ряда научных публикаций в области проблем развития АПК, государственной поддержки сельского хозяйства и рыболовства. Обобщается динамика расходов различных бюджетов и финансирования сельского хозяйства, рыболовства и рыбоводства страны за 2014-2026 гг. Рассчитаны параметры эконометрических моделей зависимости расходов бюджетной системы на сельское хозяйство, рыболовство и рыбоводство от роста продукции АПК. Выявлены корреляционные параметры связей бюджетной поддержки сельского хозяйства и рыбного комплекса с результатами работы этих отраслей. Получен результат прироста продукции сельского хозяйства в основном за счет консолидированных региональных бюджетов, что в 2 раза выше, чем за счет других бюджетов. Отмечен факт слабой связи вылова (добычи) водных биологических ресурсов с выделяемыми Росрыболовству федеральными бюджетными ресурсами. Установлено, что ценовой фактор имеет существенное значение для анализа динамики и содержания процессов формирования натурально-стоимостных пропорции предприятий рыбной отрасли. Проанализирована эластичность выручки к объему добычи водных биологических ресурсов.

**Ключевые слова:** сельское хозяйство, рыболовство и рыбоводство, продукция отрасли, бюджетные расходы, вылов водных биоресурсов, прямолинейная регрессия, корреляция, выручка.

Sergeev L.I., Sergeev D.L.  
**STUDY OF THE IMPACT OF BUDGET SUPPORT ON THE FUNCTIONING OF THE  
AGRICULTURAL AND FISHING INDUSTRY OF THE COUNTRY**

**Abstract.** The content of a number of scientific publications in the field of problems of agricultural development, state support for agriculture and fisheries is considered. The dynamics of expenditures of various budgets and financing of agriculture, fisheries and fish farming in the country for 2014-2026 is summarized. The parameters of econometric models of the dependence of the budget system's expenditures on agriculture, fisheries and fish farming on the growth of agricultural products are calculated. The correlation parameters of the links between budget support for agriculture and the fish industry with the results of the work of these industries have been revealed. The result of the increase in agricultural production was obtained mainly at the expense of consolidated regional budgets, which is 2 times higher than at the expense of other budgets. The fact of a weak connection between the catch (extraction) of aquatic biological resources and federal budgetary resources allocated to Rosrybolovstvo was noted. It has been established that the price factor is essential for analyzing the dynamics and content of the processes of formation of the natural value proportions of enterprises in the fishing industry. The elasticity of revenue to the volume of extraction of aquatic biological resources is analyzed.

**Keywords:** Agriculture, fisheries and fish farming, industry products, budget expenditures, catch of aquatic biological resources, linear regression, correlation, revenue.

**Введение.** Исследование влияния бюджетной поддержки на функционирование сельскохозяйственной и рыбной отрасли страны является актуальной задачей установления результативности и оценки эффективности использования государственных расходов при решении задач обеспечения продовольственной безопасности.

**Целью исследования** является выявление и установление закономерностей влияния



бюджетной поддержки на функционирование сельскохозяйственной и рыбной отрасли страны для использования зависимостей для оценки результативности использования бюджетных расходов.

**Материалы и методы исследования.** Теоретико-прикладные исследования социально-экономического развития АПК всегда занимали видное значение в экономической науке и хозяйственной практике. При этом государственное регулирование занимает центральное место в системе обеспечения рационального стратегического развития всего АПК. Относительно путей и методов государственной организации развития АПК следует отметить ряд законодательных документов [1, 2], в которых поднимаются основные проблемы и задачи функционирования отраслей, обеспечивающих выполнение доктрины продовольственной безопасности страны.

Ряд публикаций поднимают проблемы государственной поддержки агропромышленного комплекса и перспективы сельскохозяйственного производства в условиях экономического кризиса. Подчеркиваются различные аспекты неоднородности эффектов господдержки сельского хозяйства [3, 4]. Поднимаемые в статьях вопросы акцентируют внимание на необходимости экономической оценки государственного финансирования АПК. Эта оценка должна способствовать установлению оптимальных размеров бюджетного финансирования как сельского хозяйства, так рыболовства, включая рыбководство.

Следует отметить публикации, где обобщаются проблемы необходимости ускорения развития аграрного сектора экономики России на основе повышения эффективности государственной поддержки сельских товаропроизводителей, подчеркивается, что ускорение развития аграрного сектора экономики России может быть достигнуто на основе повышения эффективности государственной поддержки сельских товаропроизводителей. Рассматриваются пути совершенствования государственной поддержки АПК в региональном разрезе страны [5, 6, 7].

Определенное внимание в исследованиях отечественных ученых уделяется рассмотрению государственной поддержки сельского хозяйства в условиях ВТО, санкционного давления недружественных стран и антисанкций [8]. Исследователи выделяют основные тенденции государственного регулирования АПК в условиях развития и применения технологий цифровой экономики как на федеральном, так и на региональном уровнях. На основе этого и других прогрессивных форм государственного регулирования рассматривается современная система экономических отношений в сельском хозяйстве и формирование нового облика АПК [9, 10].

Немаловажное значение в исследованиях уделяется рассмотрению и оценке эффективности финансовой поддержки сельского хозяйства. При этом уделяется место обобщению межбюджетного эффекта в процессе функционирования АПК с выделением проблем прогнозирования развития отрасли [11]. Следует отметить публикации, касающиеся государственной поддержки рыбохозяйственного комплекса страны. В этих исследованиях подчеркивается содержание государственной поддержки развития с выделением элементов инфраструктуры рыбохозяйственного комплекса на федеральном уровне. Подчеркивается роль и значение государственной поддержки рыбохозяйственного комплекса в условиях системности соответствующих мер организационного регулирования. Выделяются проблемы государственной поддержки, а также создания благоприятных условий функционирования предприятий рыбохозяйственного комплекса РФ. [12, 13, 14].

Значительное место в исследованиях экономики АПК занимают вопросы развития стратегического управления в рыбной отрасли [15]. Эти исследования подчеркивают актуальность стоящих проблем и задач для совершенствования функционирования рыбохозяйственного комплекса страны. Определенный интерес заслуживает работа [16], в которой обобщаются многочисленные направления и проблемы рыбохозяйственного комплекса в разрезе экономического развития.

Рассмотренные научные исследования не полностью затрагивают вопросы количественного измерения влияния бюджетной поддержки (финансирования из бюджетов)

на производство продукции сельскохозяйственной отрасли и предприятиями рыбного хозяйства. Поэтому актуальность анализа влияния бюджетных расходов на работу сельскохозяйственных и рыбодобывающих и рыбоперерабатывающих предприятий имеет важное значение для установления эффективности использования государственных ресурсов. В нашем исследовании используются экономико-математические методы, формы научной абстракции и диалектические методы познания.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Поддержка АПК страны осуществляется по многочисленным каналам как организационных методов и форм стимулирования развития, так и финансовых форм (прямых и косвенных) выделения государственных ресурсов. В таблице 1 представлена динамика расходов бюджетов и финансирования сельского хозяйства, рыболовства и рыбоводства страны за 2014–2026 гг. Эти данные указывают на прямой метод бюджетного финансирования сельского хозяйства, рыболовства и рыбоводства страны.

Таблица 1 – Динамика расходов бюджетов и финансирования сельского хозяйства, рыболовства и рыбоводства страны за 2014–2026 гг. (млрд руб.).

Годы	Расходы консолидированного бюджета РФ и внебюджетных фондов	из него		Бюджетные расходы на сельское хозяйство, рыболовство и рыбоводство			Продукция сельского хозяйства
		федеральный бюджет	консолидированные региональные бюджеты	консолидированного бюджета РФ и внебюджетных фондов	из него		
					федеральный бюджет	консолидированные региональные бюджеты	
2014	27611,7	14831,6	9353,3	314,3	180,0	276,2	4319,0
2015	29741,5	15620,3	9479,8	362,4	208,2	208,2	4794,6
2016	31323,7	16416,4	9936,4	331,7	203,1	276,2	5112,3
2017	32395,7	16420,3	10810,1	343,8	214,1	270,9	5109,5
2018	34284,7	16713,0	11882,2	365,8	225,7	273,6	5348,8
2019	37382,2	18214,5	13567,6	434,9	288,8	264,3	5801,4
2020	42 503,0	20 821,6	15 577,7	419,1	264,6	264,4	6468,8
2021	47 072,7	24 762,1	16 885,5	474,5	316,4	284,8	7672,9
2022	55181,8	31118,9	19626,3	556,2	397,6	331,0	8563,5
2023	60 277,0	31 675,0	21 460,0	599,8	424,0	311,5	8341,0
2024	68 801,0	36 661,0	22 446,0	693,1	479,7	304,9	
2025	68 599,0	34 383,0	23 048,0	557,6	334,9	303,0	
2026	71 860,0	35 587,0	24 124,0	556,9	323,6	319,7	

Источник: составлено на основании данных Росстата и других официальных статистических источников.

Расходы как консолидированных бюджетов, так и федерального бюджета на финансирование сельского хозяйства, рыболовства и рыбоводства за 2014-2026 гг. ежегодно увеличиваются (за исключением планируемого 2025 г., где предусмотрено небольшое падение относительно 2024 г.). Консолидированный бюджет РФ представляет федеральный бюджет и свод консолидированных бюджетов субъектов РФ (без учета межбюджетных трансфертов между этими бюджетами). Расходы за 2014–2026 гг. консолидированного бюджета планируется увеличить в 2,6 раза, федерального бюджета – в 2,4 раза, а консолидированных региональных бюджетов – в 2,58 раза.

Бюджетные расходы на отрасли сельского хозяйства, рыболовство и рыбоводство за

счет данных бюджетов увеличатся в 1,77 раза (консолидированный бюджет РФ и внебюджетных фондов), в 1,8 раза (федеральный бюджет) и в 1,16 раз (консолидированные региональные бюджеты). Сокращение темпов поддержки за счет бюджетных расходов развития сельского хозяйства, рыболовства и рыбоводства говорит о постепенном углублении рыночных форм хозяйствования и переводе на самофинансирование подотраслей сельского хозяйства и рыболовства. На рисунке 1 представлена инфографика изменения удельного веса (в %) выделения бюджетных средств на сельское хозяйство и рыболовство из федерального бюджета РФ (красный цвет) и консолидированных региональных бюджетов (синий цвет) за 2014-2026 гг.

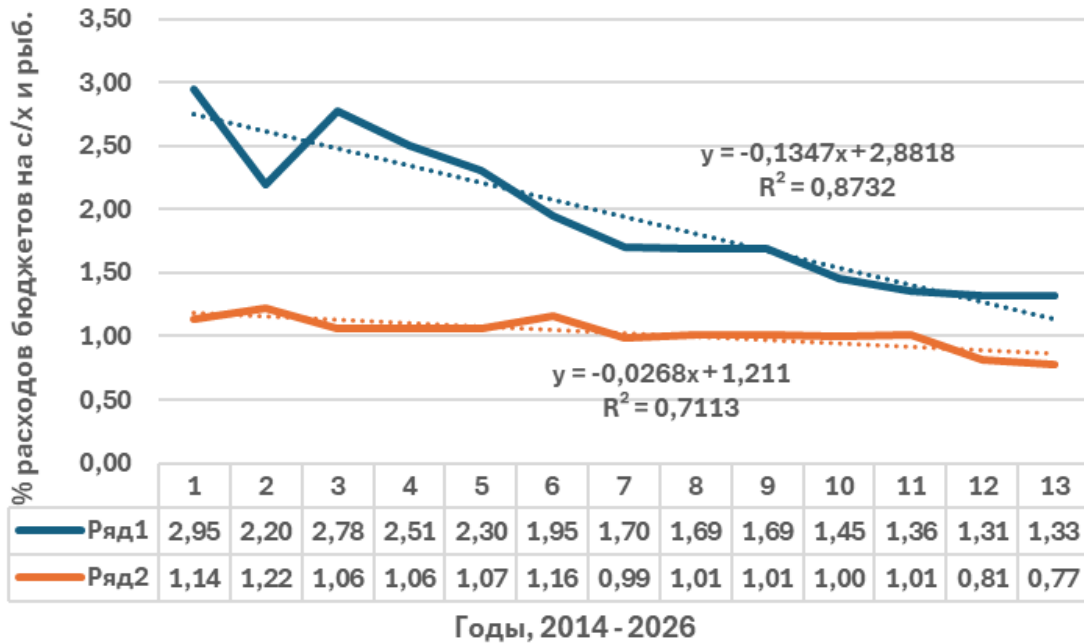


Рисунок 1 – Изменение удельного веса (в %) выделения бюджетных средств на сельское хозяйство, рыболовство и рыбоводство из федерального бюджета РФ (красный цвет) и консолидированных региональных бюджетов (синий цвет) за 2014–2026 гг.

Как показывает динамика, коэффициенты детерминации зависимости процента финансирования из бюджетов отраслей сельского хозяйства и рыболовства по годам имеют довольно высокие значения. Общая тенденция сокращения удельного веса поддержки из консолидированных региональных бюджетов имеет более значительное изменение, чем поддержка из федерального бюджета РФ. Ежегодный коэффициент уменьшения финансирования из консолидированных региональных бюджетов – 0,1347 процентных пунктов, а из федерального бюджета РФ – 0,0268 процентных пункта. Можно говорить о некоторой стабильности финансирования (с небольшим сокращением) из федерального бюджета и значительном уменьшении (более двух раз) финансовой поддержки (в относительной форме) отраслей сельского хозяйства и рыболовства из региональных бюджетов.

Результаты финансовой поддержки отраслей сельского хозяйства, рыболовства и рыбоводства имеют мультипликативный эффект, который вызывает уверенность направления ресурсов бизнеса в производство продукции данных отраслей. Поэтому целесообразно исследовать связь вложения бюджетных ресурсов и объема произведенной продукции данными отраслями. Подавляющее большинство бюджетных средств в их общей сумме для сельского хозяйства и рыболовства направляется в отрасли, производящие продукцию сельского хозяйства. В материалах Росстата ведется учет продукции отраслей сельского хозяйства, статистика продукции рыболовства и рыбоводства отсутствует. Поэтому с определенным допущением бюджетные расходы можно сопоставить с продукцией отраслей

сельского хозяйства и выявить их связь, которая будет описывать соответствующую тенденцию. На рисунке 2 представлена динамика расходов консолидированного федерального бюджета (КФБ) на сельское хозяйство, рыболовство и рыбоводство, а также рост продукции сельского хозяйства за 2014–2023 гг.

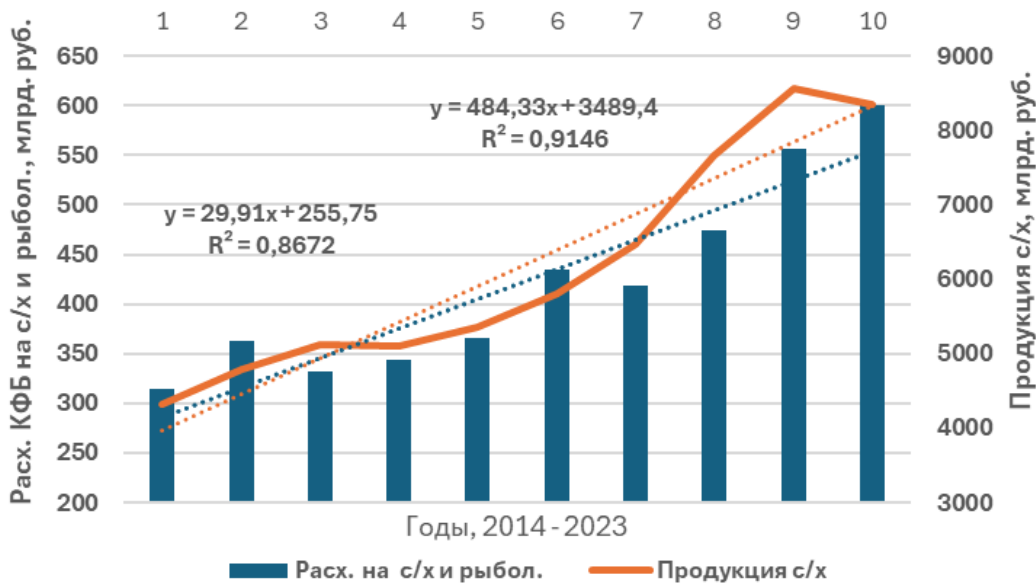


Рисунок 2 – Динамика расходов консолидированного федерального бюджета (КФБ) на сельское хозяйство, рыболовство и рыбоводство, а также рост продукции сельского хозяйства за 2014–2023 гг.

Несмотря на сокращение темпа роста расходов консолидированного бюджета на с/х и рыболовство, наблюдается опережение роста продукции отраслей с/х в сравнении с увеличением бюджетных затрат. Связь роста показателей с увеличением временного горизонта анализируемого периода довольно значительна. Коэффициент детерминации для увеличения продукции – 0,9146, для роста бюджетных расходов – 0,8672. Но каждый год приносил увеличение продукции отраслей сельского хозяйства на 484,33 млрд руб. а рост расходов требовал 29,91 млрд руб. Макроэконометрическая линейная аппроксимация показывает сложившуюся тенденцию, которая за предыдущие годы характеризует постепенное сокращение удельного веса прямой бюджетной поддержки отраслей с/х, рыболовства и рыбоводства, которая, впрочем, в определенной степени компенсируется косвенной поддержкой – налоговые льготы, налоговые расходы, таможенные сборы и другие преференции.

Следует отметить, что ежегодные направления темпов изменения бюджетных расходов и произведенной продукции сельского хозяйства (рост или падение по отношению к предыдущему году) не всегда совпадают. В 2023 г. был рост бюджетных расходов, но уменьшение объема продукции сельского хозяйства по отношению к 2022 г. В 2017 г. был замечен рост бюджетных расходов и уменьшение производства сельскохозяйственной продукции. В 2020 г. бюджетные затраты сократились, а продукция сельского хозяйства выросла по отношению к 2019 г. Разнонаправленная динамика характеризуется различными погодными условиями аграрной деятельности и бюджетными возможностями финансирования регионального сельского хозяйства, рыболовства и рыбоводства.

Интересно исследовать влияние расходов различных бюджетов на объем произведенной продукции сельского хозяйства. На рисунках 3, 4, 5 представлена линейная инфографика зависимости произведенного объема продукции сельского хозяйства от выделяемых расходов из различных бюджетов. Наиболее тесная связь продукции сельского хозяйства наблюдалась с выделяемыми расходами из средств федерального бюджета (ФБ) (коэффициент детерминации 0,9257). Незначительная связь произведенной продукции сельского хозяйства с расходами выявлена со средствами консолидированных региональных бюджетов (КРБ)

(коэффициент детерминации 0,5318).

Несмотря на слабую связь, каждый 1,0 млрд руб. бюджетных средств консолидированных региональных бюджетов давали в среднем прирост продукции сельского хозяйства в размере 34,855 млрд руб. Прирост продукции сельского хозяйства в результате использования средств других бюджетов в среднем за год в два раза меньше: за счет 1,0 млрд руб. средств консолидированного федерального бюджета – 15,113 млрд руб., за счет расходов 1,0 млрд руб. из средств федерального бюджета – 17,499 млрд руб.

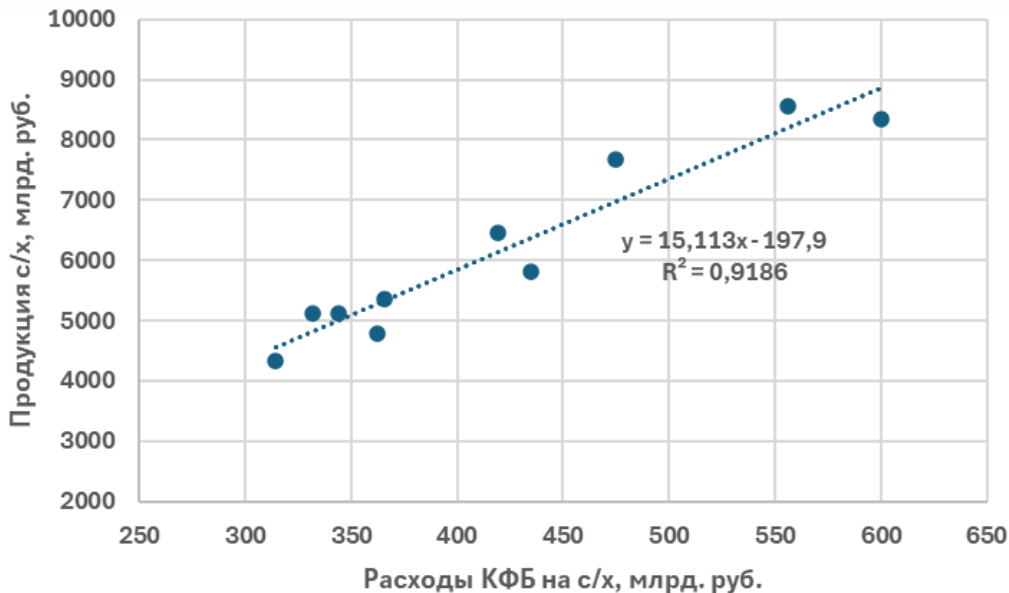


Рисунок 3 – Зависимость произведенного объема продукции сельского хозяйства от выделяемых расходов из средств консолидированного федерального бюджета за 2014–2023 гг.

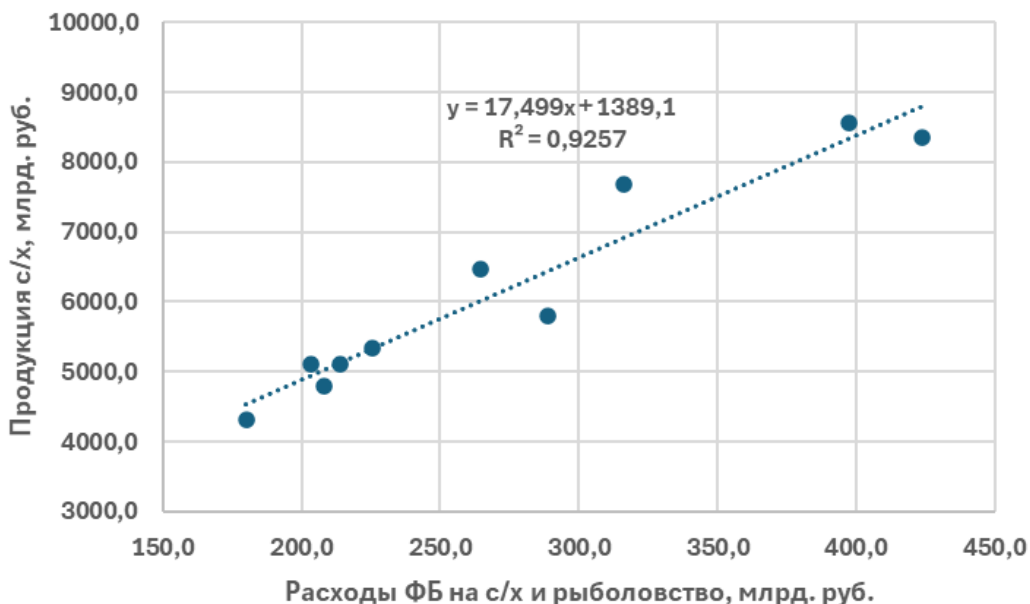


Рисунок 4 – Зависимость произведенного объема продукции с/х от выделяемых расходов из средств федерального бюджета за 2014–2023 гг.

Обобщая выявленные зависимости объема продукции сельского хозяйства от бюджетных ресурсов, следует отметить значительную концентрацию средств консолидированных региональных бюджетов в диапазоне около 260–280 млрд руб., который способствовал получению объема продукции сельского хозяйства в диапазоне около 4000–

6500 млрд руб. Отсюда получен и низкий коэффициент детерминации, что характеризует слабую в целом связь бюджетных расходов с производимой продукцией сельского хозяйства.

Полученные закономерности характеризуют различные силы связи рассмотренных показателей. Итоговые результаты объема произведенной продукции сельского хозяйства формируются под воздействием многочисленных факторов и обстоятельств, которые требуют отдельного рассмотрения. Не все факторы и параметры могут быть формализованы в процессе регрессионного моделирования взаимосвязи показателей. При этом влияние различных факторов на конечный продукт имеет неоднозначную силу воздействия (иногда противоположного направления).

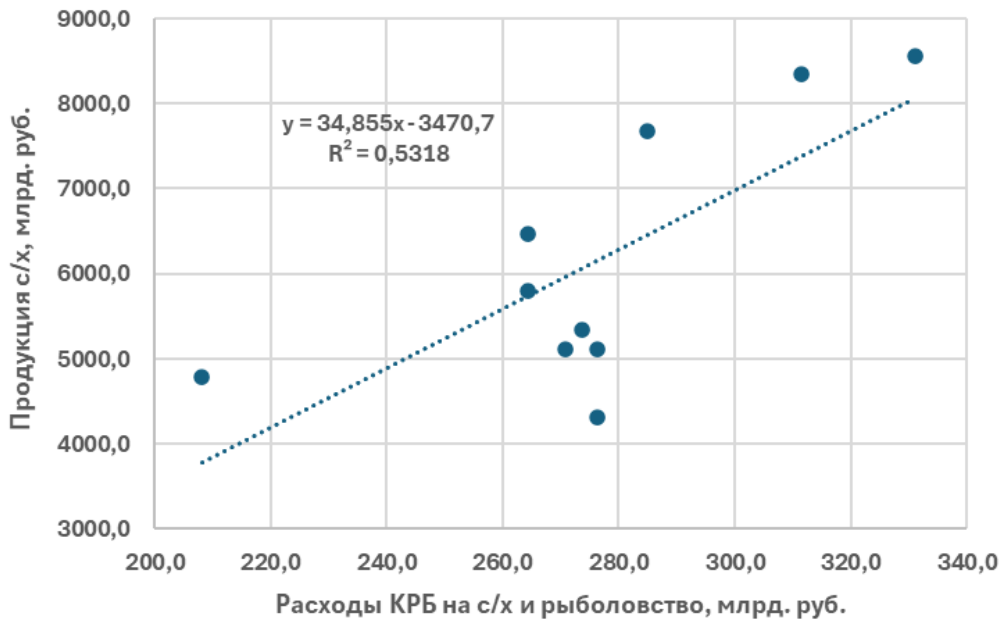


Рисунок 5 – Зависимость произведенного объема продукции с/х от выделяемых расходов из средств консолидированных региональных бюджетов за 2014–2023 гг.

Рассмотренная прямая финансовая поддержка сельскохозяйственного производства из бюджетной системы страны может быть условно оценена в размере около 10–15 % от всего комплекса расходов отрасли. Но эта поддержка имеет также стимулирующий характер, который привлекает вложения в сельское хозяйство частных бизнес-структур. Поэтому анализ финансового влияния государства имеет важное значение для развития отрасли.

Определенное влияние бюджетных расходов можно проанализировать на взаимосвязи расходов федерального бюджета РФ и продукции Росрыболовства. В таблице 2 представлена динамика расходов федерального бюджета на Росрыболовство как главного распорядителя федеральных бюджетных средств, объем добычи водных биоресурсов (ВБР) и выручки за 2015–2026 гг.

На рисунке 6 представлена инфографика динамики расходов федерального бюджета РФ на Росрыболовство как главного распорядителя бюджетных средств и объема добычи ВБР за 2015–2026 гг. Взаимосвязь ежегодной динамики добычи ВБР по годам анализируемого периода незначительна, коэффициент детерминации составляет всего 0,4478. Это говорит о большой вариации величины годовой добычи ВБР вне зависимости от выделяемых расходов федерального бюджета на развитие отрасли. Но в целом общая тенденция за 2015–2026 гг. показывает в среднем ежегодный рост объемов добычи ВБР в размере 38,455 тыс. т.

Изменение динамики расходов федерального бюджета на Росрыболовство во взаимосвязи с рассмотренным периодом времени характеризуется высоким коэффициентом детерминации – 0,7988. Каждый год в среднем предусматривает увеличение расходов федерального бюджета на Росрыболовство на 1590 млн руб. Сравнительно равномерный в среднем рост бюджетных расходов (по сравнению с ростом добычи ВБР) говорит о

значительном влиянии различных других факторов на изменение вылова рыбных ресурсов. Физический объем добычи ВБР колеблется по годам значительно выше, чем изменения бюджетного финансирования. Это говорит о существенном влиянии природно-климатических факторов на запасы ВБР.

Таблица 2 – Динамика расходов федерального бюджета на Росрыболовство как главного распорядителя бюджетных средств, объема добычи ВБР и выручки за 2015–2026 гг.

Годы	Расходы ФБ, млн руб.	Добыча ВБР, тыс. т	Выручка (нетто), млн руб.	Цена, тыс. руб./т	Индекс добычи ВБР	Индекс выручки	Эластичность
2015	15816,6	4492,5	214059	47,648			
2016	15026,2	4812,0	244461	50,802	1,07	1,14	1,07
2017	13751,6	4951,7	261821	52,875	1,03	1,07	1,04
2018	16182,7	5109,8	310945	60,853	1,03	1,19	1,15
2019	17927,3	4983,3	318843	63,982	0,98	1,03	1,05
2020	22298,5	4974,8	359860	72,337	1,00	1,13	1,13
2021	19497,2	5053,4	523421	103,578	1,02	1,45	1,43
2022	21185,5	4920,3	560060	113,826	0,97	1,07	1,10
2023	19714,2	5369,0	580000	108,028	1,09	1,04	0,95
2024	31171,4	5070,0					
2025	31207,0	5080,0					
2026	30594,0	5090,0					

Источник: составлено на основании данных Росстата и других официальных статистических источников.

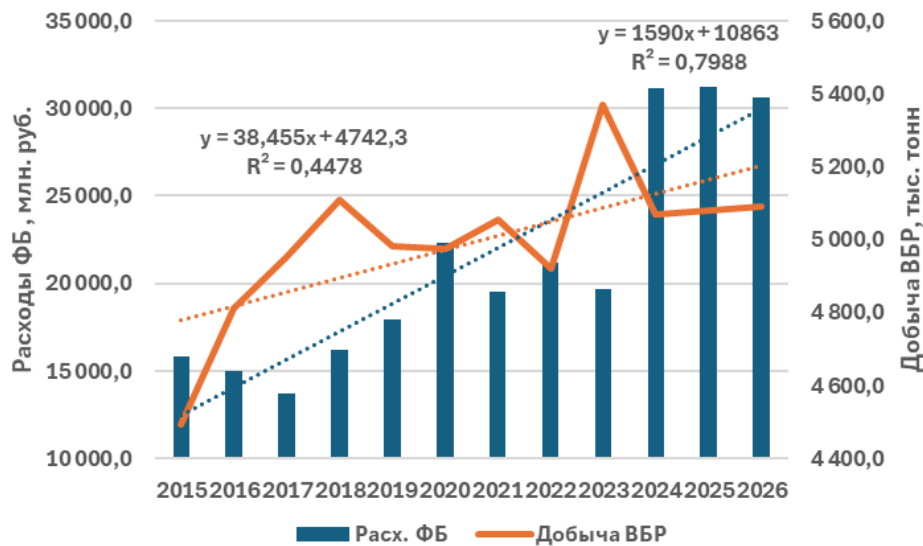


Рисунок 6 – Динамика расходов федерального бюджета РФ на Росрыболовство как главного распорядителя бюджетных средств и объема добычи ВБР за 2015–2026 гг.

Обобщая исследуемые зависимости, целесообразно выявить связь федеральных бюджетных расходов с объемом вылова ВБР. Установление закономерности может позволять осуществлять оценку эффективности использования ресурсов и прогнозировать необходимость объемов финансирования для достижения планируемых размеров вылова ВБР. На рисунке 7 приведена инфографика зависимости добычи ВБР от расходов федерального бюджета РФ на Росрыболовство как главного распорядителя бюджетных средств.



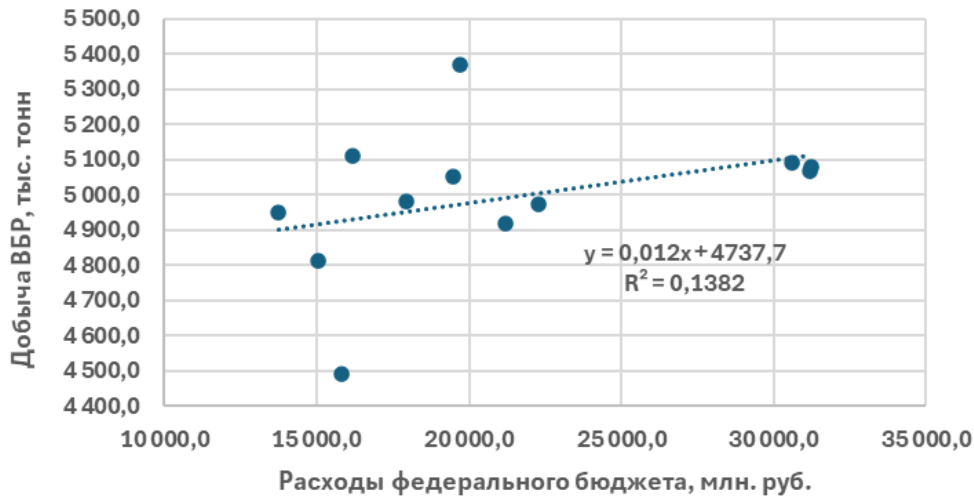


Рисунок 7 – Зависимость добычи ВБР от расходов федерального бюджета РФ на Росрыболовство за 2015-2026 гг.

Параметры линейной регрессии показывают, что вылов (добыча) ВБР практически не связан с выделяемыми Росрыболовству федеральными бюджетными ресурсами. Коэффициент детерминации составляет незначительную величину – 0,1382. Этот факт характеризует незначительное прямое влияние выделения расходов из федерального бюджета РФ на вылов ВБР предприятиями отрасли. Следует отметить, что кроме средств федерального бюджета на функционирование предприятий Росрыболовства и его сырьевой базы выделяют средства региональные и местные бюджеты. Значительные бюджетные средства на поддержку отрасли и ее сырьевой базы направляются из бюджетов различного уровня по государственным программам и проектам через других главных федеральных распорядителей бюджетных расходов. Несмотря на распыление бюджетных средств по различным ведомствам и программам для нужд рыбного хозяйства страны, в среднем за год проанализированного периода прямое вложение федеральных ресурсов в Росрыболовство в размере 1,0 млрд руб. приносило увеличение добычи ВБР предприятиями отрасли на 0,012 т.

Определенный интерес представляет исследование влияния добычи ВБР на выручку предприятий отрасли. На графике 8 построена регрессионная зависимость выручки (нетто) от добычи ВБР предприятий отрасли. Зависимость выручки от объема вылова имеет не очень яркую, слабо выраженную связь, коэффициент детерминации – 0,4284. В среднем за год регрессионного анализа исследуемых показателей каждая 1,0 тыс. т вылова приводили к увеличению выручки предприятий отрасли на 396,02 млн руб. Значительное влияние на динамику и связь показателей имела цена на продукцию предприятий отрасли. Средняя цена на продукцию отрасли в рублях за тонну с 2015 г. по 2023 г. выросла в 2,27 раза, что говорит о значительном увеличении стоимостных параметров работы предприятий Росрыболовства по сравнению с натуральными показателями. Рост вылова ВБР за этот же промежуток времени в тоннах увеличился всего в 1,2 раза. Натурально-стоимостные параметры изменялись неодинаково, что может говорить о необходимости рассмотрения эластичности соотношения приростных показателей – выручки к добыче.

На рисунке 9 представлена регрессионная динамика годовых индексов выручки отрасли, добычи ВБР и эластичности роста выручки к росту добычи. Обобщение прямолинейных регрессионных параметров показывает практическое отсутствие связи их индексов изменения с годами анализируемого периода (2016-2023 гг.), коэффициенты детерминации ничтожны. При этом эластичность выручки по добыче практически совпадает с динамикой индекса выручки, а индекс добычи имеет отрицательную тенденцию роста. В среднем индекс добычи ежегодно сокращался на 0,0019 пункта, что говорит в целом о незначительном сокращении прироста вылова ВБР за 2016–2023 гг.

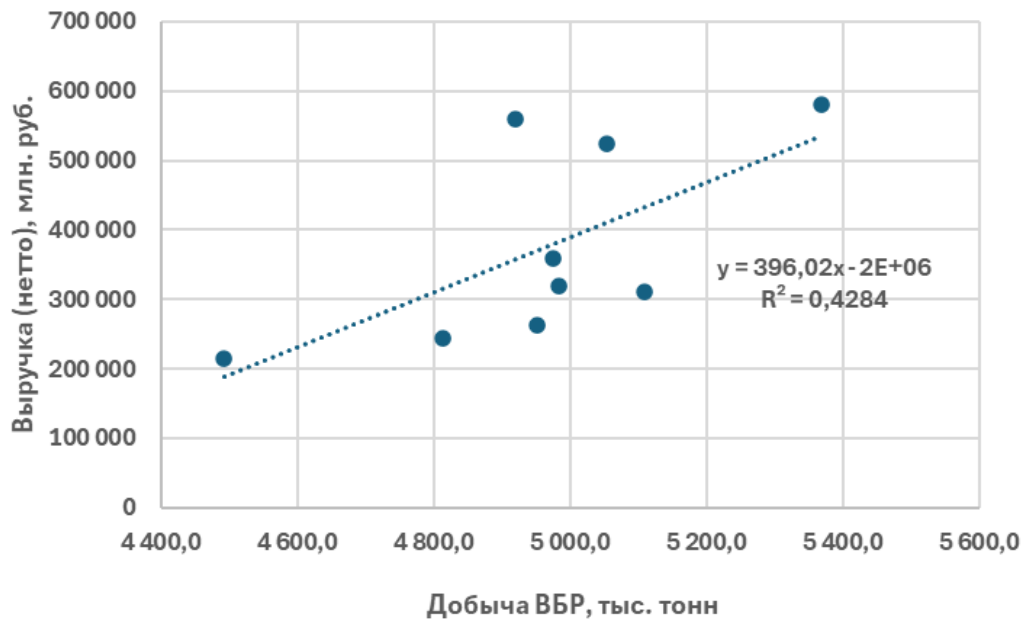


Рисунок 8 – Регрессионная зависимость выручки (нетто) от добычи ВБР предприятий отрасли за 2015–2023 гг.

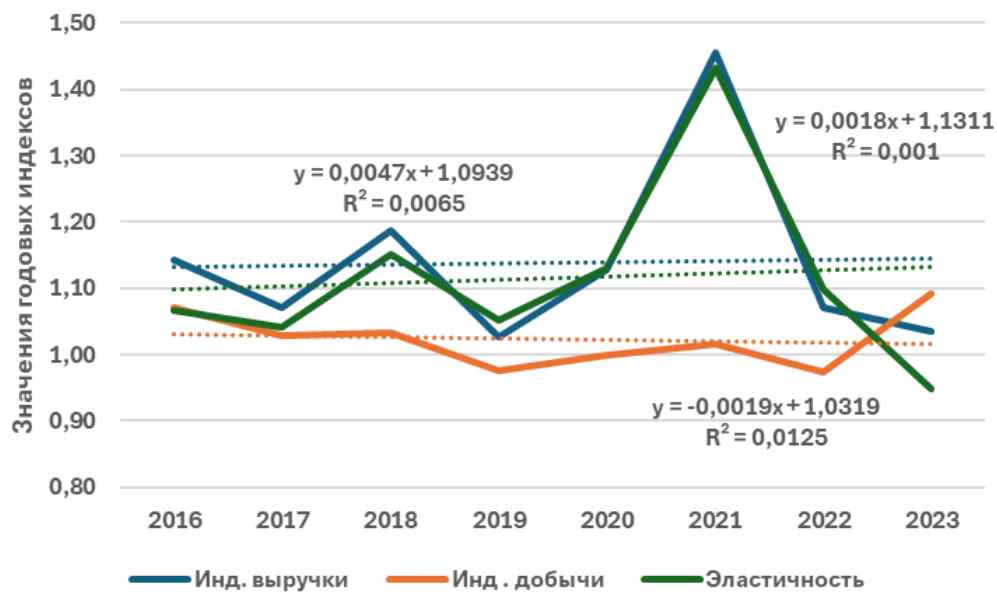


Рисунок 9 – Динамика годовых индексов выручки отрасли, добычи ВБР и эластичности роста выручки к росту добычи.

Таким образом, ценовой фактор имеет существенное значение для анализа динамики и содержания процессов формирования натурально-стоимостных пропорции предприятий Росрыболовства. Поэтому целесообразно рассмотреть влияние выручки на расходы федерального бюджета Росрыболовства. Такой динамический параметрический анализ позволит выявить соотношения связи выручки рыбохозяйственного комплекса и бюджетных расходов с целью возможного использования зависимостей для обоснования поддержки со стороны государства создаваемого продукта предприятиями рыбной отрасли. На рисунке 10 представлена инфографика зависимости расходов федерального бюджета от выручки предприятий Росрыболовства.

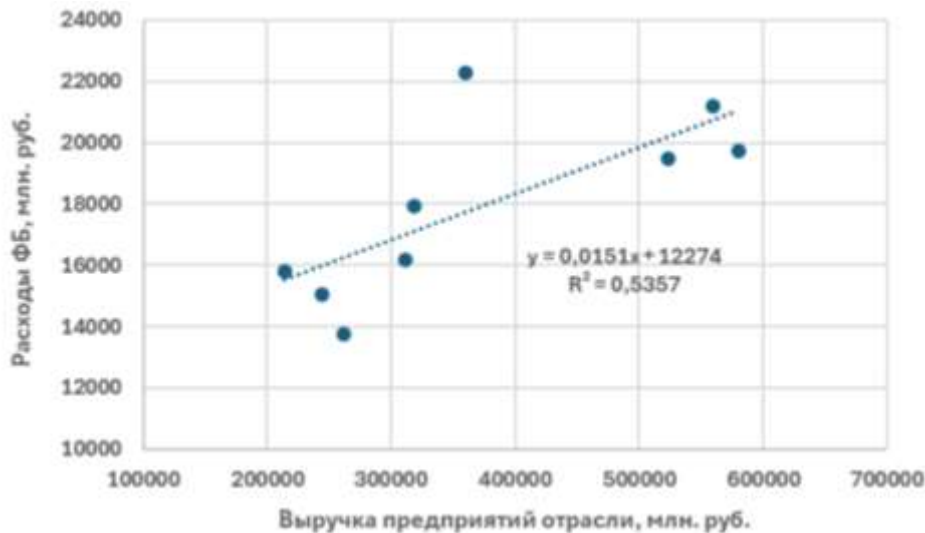


Рисунок 10 – Инфографика зависимости расходов федерального бюджета от выручки предприятий Росрыболовства.

Как показывают расчёты, прямые расходы федерального бюджета имеют качественный показатель уровня связи ниже среднего с выручкой предприятий отрасли (коэффициент детерминации 0,5357). В среднем получение выручки предприятиями отрасли требует дополнительного выделения из федерального бюджета 0,0151 млн руб. затрат на 1,0 млрд руб. выручки для финансирования Росрыболовства как главного получателя бюджетных средств. Такая (ниже средней) корреляционная связь бюджетных расходов РФ, которые проходят через Росрыболовство как главного распорядителя бюджетных средств, имеют довольно значительный вес для общей характеристики поддержки отрасли. Данная характеристика дополняется другими каналами финансовой поддержки рыбной отрасли через государственные программы, налоговые льготы, таможенные преференции и национальные проекты. Эта косвенная поддержка дополняет прямое финансирование, что способствует получению высокой финансовой эффективности функционирования рыбохозяйственного комплекса.

**Выводы.** Полученный прямолинейный макроэконометрический анализ позволил выявить численные зависимости государственной бюджетной поддержки и производства сельскохозяйственной продукции и добычи ВБР рыбной отрасли страны. Данные зависимости отразили различную степень влияния финансовой поддержки на результаты производства продукции сельского хозяйства и рыбной отрасли. Дальнейшее изучение эффективности государственной бюджетной поддержки сельского хозяйства и рыбохозяйственного комплекса для повышения качества анализа требует расширения и углубления экономико-математического статистического инструментария исследования изучаемых процессов.

#### Список использованной литературы:

1. О развитии сельского хозяйства: федеральный закон Российской Федерации № 264-ФЗ от 29.12.2006 г. (ред. от 25.12.2023 г.). URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_64930/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64930/) (дата обращения: 07.04.2024).
2. О совершенствовании механизмов государственной поддержки агропромышленного комплекса Российской Федерации. Парламентские слушания. URL: <http://council.gov.ru/activity/activities/parliamentary/89034/> (дата обращения: 07.04.2024).
3. Самарина В.П. Обзор методов государственной поддержки агропромышленного комплекса и перспективы сельскохозяйственного производства в условиях нового кризиса // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. № 2 (69). С. 81–102.

4. *Светлов Н.М., Янбых Р.Г., Логинова Д.А.* О неоднородности эффектов господдержки сельского хозяйства // Вопросы экономики. 2019. № 4. С. 59–73.
5. *Денисов В.И.* Ускорение развития аграрного сектора экономики России на основе повышения эффективности государственной поддержки сельских товаропроизводителей // Проблемы прогнозирования. 2019. № 1. С. 95–105.
6. *Аганбегян А.Г.* Сельское хозяйство – локомотив социально-экономического роста России // ЭКО. Всероссийский экономический журнал. 2017. № 5. С. 5–22.
7. *Неганова В.П., Дудник А.В.* Совершенствование государственной поддержки АПК региона // Экономика региона. 2018. Т. 14. Вып. 2. С. 651–662.
8. *Гатаулина Е.А., Узун В.Я.* Господдержка сельского хозяйства в условиях ВТО, санкций и антисанкций // ЭКО. Всероссийский экономический журнал. 2015. № 1. С. 115–123.
9. *Платонова Т.Е., Склюева О.Н.* Основные тенденции государственного регулирования АПК в свете применения технологий цифровой экономики: региональный аспект // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. 2019. № 1 (57). С. 12.
10. *Попова С.А.* Современная экономика сельского хозяйства: формирование нового облика // Вестник института мировых цивилизаций. 2020. Т. 11. № 2 (27). С. 117-127.
11. *Калинин А.М., Самохвалов В.А.* Эффективность финансовой поддержки сельского хозяйства: общая оценка и межбюджетный эффект // Проблемы прогнозирования. 2020. № 5. С. 142–152.
12. *Алексеев К.И., Новоселов Э.А. и др.* Государственная поддержка развития элементов инфраструктуры рыбохозяйственного комплекса на федеральном уровне // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2020. № 7 (64). С. 50–80.
13. *Кабир Л.С.* Государственная поддержка рыбохозяйственного комплекса: системность мер // Экономика и управление. 2014. № 5. С. 50–55.
14. *Демчук О.В.* Проблемы государственной поддержки и создание благоприятных условий функционирования предприятий рыбохозяйственного комплекса РФ // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2023. № 4. С. 243–251.
15. *Волкогон В.А., Кузин В.И.* Стратегическое управление в рыбной отрасли: учебное пособие / под общей ред. Л.И. Сергеева. М.: Юрайт, 2021. 327 с.
16. *Колончин К.В., Бетин О.И.* Рыбохозяйственный комплекс: экономика и развитие: монография. М.: ВНИРО, 2022. 368 с.

References:

1. Russian Federation. The Federal Law of the Russian Federation № 264-FZ of December 29, 2006 (as amended on December 25, 2023), *O razvitii sel'skogo khozyaystva* [On the Development of Agriculture]. (In Russian). Available at: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_64930/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64930/) (accessed 7.04.2024).
2. *O sovershenstvovanii mekhanizmov gosudarstvennoy podderzhki agropromyshlennogo kompleksa Rossiyskoy Federatsii. Parlamentskiye slushaniya* [On improving the mechanisms of state support for the agro-industrial complex of the Russian Federation. Parliamentary hearings]. (In Russian). Available at: <http://council.gov.ru/activity/activities/parliamentary/89034/> (accessed 7.04.2024).
3. *Samarina V.P.* *Obzor metodov gosudarstvennoy podderzhki agropromyshlennogo kompleksa i perspektivy sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva v usloviyakh novogo krizisa* [Review of methods of state support for the agro-industrial complex and prospects for agricultural production in the conditions of a new crisis]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Voronezh State Agrarian University], 2021, no. 2 (69), pp. 81-102. (In Russian).
4. *Svetlov N.M., Yanbykh R.G., Loginova D.A.* *O neodnorodnosti effektivov gospodderzhki sel'skogo khozyaystva* [On the heterogeneity of the effects of state support for agriculture].

- Voprosy ekonomiki* [Questions of Economics], 2019, no. 4, pp. 59–73. (In Russian).
5. Denisov V.I. Uskoreniye razvitiya agrarnogo sektora ekonomiki Rossii na osnove povysheniya effektivnosti gosudarstvennoy podderzhki sel'skikh tovaroproizvoditeley [Accelerating the development of the agricultural sector of the Russian economy based on increasing the efficiency of state support for rural producers]. *Problemy prognozirovaniya* [Problems of Forecasting], 2019, no. 1, pp. 95–105. (In Russian).
  6. Aganbegyan A.G. Sel'skoye khozyaystvo – lokomotiv sotsial'no-ekonomicheskogo rosta Rossii [Agriculture is the locomotive of Russia's socio-economic growth]. *EKO. Vserossiyskiy ekonomicheskoy zhurnal* [ECO. All-Russian Economic Journal], 2017, no. 5, pp. 5–22. (In Russian).
  7. Neganova V.P., Dudnik A.V. Sovershenstvovaniye gosudarstvennoy podderzhki APK regiona [Improving state support for the agro-industrial complex of the region]. *Ekonomika regiona* [Economics of the Region], 2018, vol. 14, no. 2, pp. 651–662. (In Russian).
  8. Gataulina Ye.A., Uzun V.YA. Gospodderzhka sel'skogo khozyaystva v usloviyakh VTO, sanktsiy i antisanktsiy [State support for agriculture in the context of the WTO, sanctions and anti-sanctions]. *EKO. Vserossiyskiy ekonomicheskoy zhurnal* [EKO. All-Russian Economic Journal], 2015, no. 1, pp. 115–123. (In Russian).
  9. Platonova T.Ye., Sklyuyeva O.N. Osnovnyye tendentsii gosudarstvennogo regulirovaniya APK v svete primeneniya tekhnologiy tsifrovoy ekonomiki: regional'nyy aspekt [Main trends in state regulation of the agro-industrial complex in the light of the use of digital economy technologies: regional aspect]. *Regional'naya ekonomika i upravleniye: elektronnyy nauchnyy zhurnal* [Regional Economics and Management: Electronic Scientific Journal], 2019, no. 1 (57), pp. 12. (In Russian).
  10. Popova S.A. Sovremennaya ekonomika sel'skogo khozyaystva: formirovaniye novogo oblika [Modern agricultural economics: the formation of a new image]. *Vestnik instituta mirovykh tsivilizatsiy* [Bulletin of the Institute of World Civilizations], 2020, vol. 11, no. 2 (27), pp. 117–127. (In Russian).
  11. Kalinin A.M., Samokhvalov V.A. Effektivnost' finansovoy podderzhki sel'skogo khozyaystva: obshchaya otsenka i mezhibyudzhethnyy effekt [Efficiency of financial support for agriculture: overall assessment and inter-budgetary effect]. *Problemy prognozirovaniya* [Forecasting Problems], 2020, no. 5, pp. 142–152. (In Russian).
  12. Alekseyev K.I., Novoselov E.A. et al. Gosudarstvennaya podderzhka razvitiya elementov infrastruktury rybokhozyaystvennogo kompleksa na federal'nom urovne [State support for the development of infrastructure elements of the fishery complex at the federal level]. *Ekonomika, trud, upravleniye v sel'skom khozyaystve* [Economics, Labor, Management in Agriculture], 2020, no. 7 (64), pp. 50–80. (In Russian).
  13. Kabir L.S. Gosudarstvennaya podderzhka rybokhozyaystvennogo kompleksa: sistemnost' mer [State support for the fishery complex: systematic measures]. *Ekonomika i upravleniye* [Economics and Management], 2014, no. 5, pp. 50–55. (In Russian).
  14. Demchuk O.V. Problemy gosudarstvennoy podderzhki i sozdaniye blagopriyatnykh usloviy funktsionirovaniya predpriyatiy rybokhozyaystvennogo kompleksa RF [Problems of state support and the creation of favorable conditions for the functioning of enterprises of the fishery complex of the Russian Federation]. *Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kerch State Maritime Technological University], 2023, no. 4, pp. 243–251. (In Russian).
  15. Volkogon V.A., Kuzin V.I., Sergeev L.I. (ed.) *Strategicheskoye upravleniye v rybnoy otrasli* [Strategic management in the fishing industry]. Moscow, Yurayt Publ., 2021, 327 p. (In Russian).
  16. Kolonchin K.V., Betin O.I. *Rybokhozyaystvennyy kompleks: ekonomika i razvitiye* [Fishery complex: economics and development: monograph]. Moscow, VNIRO Publ., 2022, 368 p. (In Russian).

Сведения об авторах / Information about authors

**Сергеев  
Дмитрий  
Леонидович**

канд. экон. наук, доцент кафедры государственного и муниципального управления  
Западный филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации  
236016, г. Калининград, ул. Артиллерийская, 62, к. 202  
sergeevd@mail.ru

Sergeev  
Dmitry Leonidovich

Ph.D. (Econ.), Associate Professor of the Department of Public and Municipal Administration  
Western branch of the Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation  
236016, Kaliningrad, Artillery str., 62, room 202  
sergeevd@mail.ru

**Сергеев  
Леонид Иванович**

д-р экон. наук, профессор, Заслуженный экономист Российской Федерации, заведующий кафедрой экономической теории и инструментальных методов  
Калининградский государственный технический университет  
236039, Калининград, Малый переулок, 32, каб. 201  
doc\_sergeevli@mail.ru

Sergeyev  
Leonid Ivanovich

Dr. Sci. (Econ.), Professor, Honored Economist of the Russian Federation, Head of the Department of Economic Theory and Instrumental Methods  
Kaliningrad State Technical University  
236039, Kaliningrad, Maly lane, 32, off. 201.  
doc\_sergeevli@mail.ru

УДК 65.011

Скоробогатова В.В., Шельчук Е.А.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ BIG DATA ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕНЕДЖМЕНТА В СОВРЕМЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ

**Аннотация.** В данной статье рассматривается использование Big Data (больших данных) в области повышения эффективности менеджмента в современных организациях. Big Data обладает огромным потенциалом для оптимизации бизнес-процессов и улучшения стратегического управления. Одним из основных преимуществ Big Data в бизнесе является возможность анализа огромных объемов информации, данных из различных источников, что позволяет организации выявить скрытые закономерности, тенденции, варианты принятия решений, которые могут быть не замечены при обычном анализе. Применение больших данных позволяет компаниям принимать более обоснованные и объективные управленческие решения на основе анализируемых больших объемов данных. Big Data является одним из ключевых и прогрессирующих направлений в области информационных технологий, для повышения эффективности менеджмента.

**Ключевые слова:** Big Data, большие данные, анализ данных, эффективность менеджмента, бизнес-аналитика, принятие решений, стратегическое планирование, управление рисками.

Skorobogatova V.V., Shelchuk E.A.

## USING BIG DATA TO IMPROVE MANAGEMENT EFFICIENCY IN MODERN ORGANIZATIONS

**Abstract.** This article discusses the use of Big Data in the field of improving management efficiency in modern organizations. Big Data has huge potential for optimizing business processes and improving strategic management. One of the main advantages of Big Data in business is the ability to analyze huge amounts of information, data from various sources, which allows an organization to identify hidden patterns, trends, and decision-making options that may not be noticed during normal analysis. The use of big data allows companies to make more informed and objective management decisions based on the analyzed large amounts of data. Big Data is one of the key and progressive direction in the field of information technology to improve management efficiency.

**Keywords:** Big Data, big data, data analysis, management effectiveness, business analytics, decision-making, strategic planning, risk management.

**Введение.** В современном мире объем информации, генерируемой организациями, неуклонно возрастает. Это приводит к появлению нового феномена – Big Data (далее – большие данные). Большие данные – это огромные массивы разнородных данных, которые невозможно обработать с помощью традиционных методов. Основной задачей данной статьи является анализ применения больших данных современными организациями для повышения эффективности управления, а также выделение преимущественных показателей использования «больших данных» на конкретных примерах. Далее будут предложены актуальные рекомендации для совершенствования использования больших данных российскими компаниями.

**Цель исследования.** Проанализировать преимущества использования больших данных в менеджменте, а также изучить реальные примеры применения.

**Материалы и методы исследования.** На сегодняшний день, в эпоху цифровизации бизнес-процессов, внедрение технологий в менеджмент-процесс является критически важным в экономической научно-практической среде коммерческих и некоммерческих организаций. Использование Big Data становится необходимым решением по модернизации цифровых технологий в менеджменте на сегодняшний день, которые используются на предприятия любого масштаба и с разнородными видами деятельности.



Подробные аспекты применения технологий цифровизации в менеджмент-процессе представлены в экономических публикациях таких авторов, как Харламов А.В., Астанина Д.А., Осипов К.А., Калязина Е.Г. [1-4]. Тем не менее, обозначенная проблема требует дальнейшего тщательного изучения, так как разработка и внедрение данных масштабных цифровых решений находится на первоначальной стадии использования бизнес-организациями.

В исследовании были использованы методы сравнения, аналогии, наблюдения, обобщения, структурный и системный анализ, монографический метод в изучении информационных источников.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Большие данные – один из главных и масштабных информационных ресурсов на сегодняшний день. Данный термин используется в том случае, когда с объемом данных пользовательский компьютер и офисные программы не в силах справиться. С использованием анализа больших данных, бизнес получает возможность принимать управленческие решения по развитию компаний и завоевывать особое конкурентное преимущество. Основными источниками больших данных являются (рис. 1): поисковики, социальные сети, блоги, а также данные компаний, в особенности из сфер телекоммуникаций, сервисов доставки, такси, стриминговых сервисов, сервисов услуг. Большие данные также генерируются с помощью статистических данных, таких как медицинские, городские, метеорологические, географические [5].

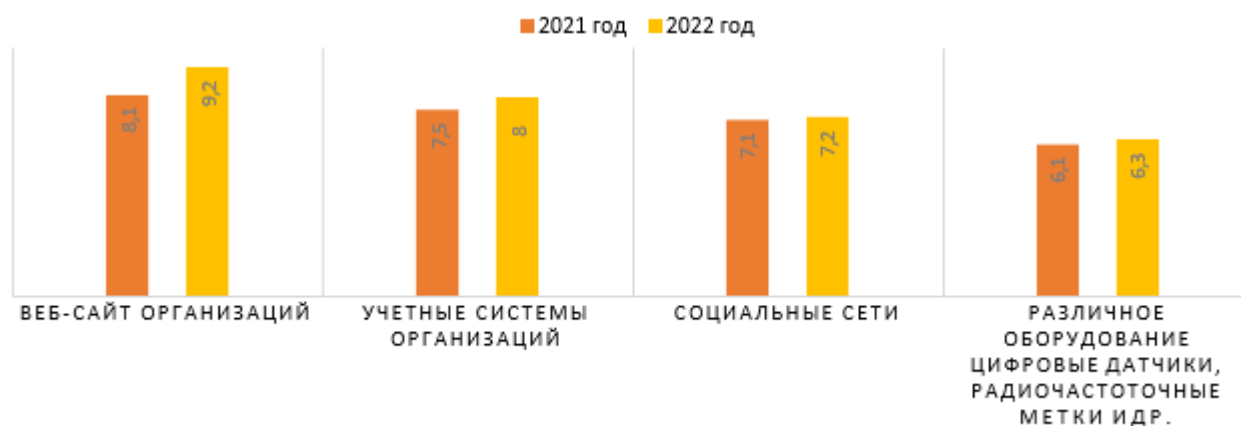


Рисунок 1 – Источники больших данных

Большие данные используют в том случае, когда:

- средний дневной объем данных превышает 100 Гб;
- поступаемый объем данных становится проблемным;
- с данными не справляется один компьютер и сотрудник;
- данные невозможно обрабатывать с помощью Excel и схожих программ из-за объема;
- для пользования данными необходимо использовать свыше одного инструмента для обработки [6].

Организации, на данном этапе развития бизнеса, на протяжении многих лет активно собирают, хранят, обрабатывают и применяют материалы об образе действий своих пользователей, а также контрагентов, о текущем состоянии рынка, а также о собственной предпринимательской деятельности. В отличие от зарубежного, российский бизнес не так активно использует возможность применения больших данных. На съезде Российского союза промышленников и предпринимателей 16 марта 2023 года, президент Российской Федерации призвал к повсеместной модернизации цифровых решений и технологий, в том числе больших данных, ведь для принятия ключевых решений на высоком уровне сегодня, следует активно использовать аналитику большого массива данных.

Области применения технологии Big Data представлены на рисунке 2. Наибольшая значимость технологии сбора информации, обработки и анализа активно наблюдается в

секторе финансов, а именно, удельный вес использования отраслевыми компаниями Big Data решения в своей деятельности для эффективной борьбы с информационным мошенничеством, оценки кредитоспособности (дебиторов), также для принятия управленческих решений в отношении рисков и собственных активов, составляет 35,5 % [5].



Рисунок 2 – Области применения Big Data

Рынок огромных массивов данных привлекает все большее внимание предпринимательских и государственных структур, в том числе и по всему миру. Большие объемы накопленной в течении длительного периода времени информации обеспечивают качественную оценочную и аналитическую работу. Глобальный рынок больших данных вышел на уровень активного роста. При управлении данными возникает множество проблем, такие как: ручной сбор и сортировка информации, нехватка места для хранения больших объемов информации, физическая ошибка или человеческий фактор, которые могут увеличить шанс получения неточных данных, привести к сбою при поиске, хранении, сортировке и обработке данных.

Благодаря данному глобальному цифровому нововведению, у множества предпринимательских структур появляется все больше возможностей, которые позволяют им преобразовывать, обслуживать, обрабатывать и извлекать критически важную бизнес-информацию в больших объемах [7].

В России есть компании, которые ценят качество сбора и анализа информации из огромного количества источников, и инвестируют денежные средства в исследуемый инструмент-большие данные.

Компании-гиганты, такие как СберБанк, МТС, Тинькофф банк, Яндекс уже создали и применяют большие данные для управления решениями и рисками, однако таких компаний немного, и в среднем бизнесе большие данные пока не прижились на сегодняшний день.

Реальным примером их практического применения могут послужить каталоги данных в Тинькофф банке. Главная ценность рассматриваемого проекта – это экономия времени аналитиков при поиске и сборе данных. Собственный каталог данных – Data Detective – предоставляет возможность оперативно извлекать информацию, которую банк собирал со своих платформ на протяжении минимум 15 лет. По опыту других компаний, аналитики стабильно тратят до половины своего времени лишь на поиск информации, потому что она находится в различных источниках и в разных, не всегда подходящих форматах. Каталог Тинькофф самостоятельно собирает информацию из необходимых источников, согласно тематике поиска, и предоставляет аналитикам в удобном и подходящем формате. Данный каталог помогает Тинькофф быстрее запускать свои продукты и своевременно принимать важные управленческие решения на основе собранных данных.

СберБанк также является активным пользователем технологии больших данных,

однако они не создавали своего собственного решения, а приобрели у компании-разработчика DataLab приложение для специалистов по обработке данных. Благодаря такому нововведению, Сбер расширил свои возможности анализа разнородных данных, и успешно справляется с управлением, как внутри компании, так и во внешней среде.

Для работы с большим массивом данных, как уже выяснилось ранее, нет необходимости выстраивать свою собственную инфраструктуру и использовать на ее обслуживание и обеспечение денежные средства. Актуальным примером также является российская социальная платформа «ВКонтакте», которая взяла в аренду созданную ранее технологию в «облаке» – VK Cloud Solution, которая позволяет хранить, обрабатывать и анализировать данные, используя, в том числе, машинное обучение и инструменты визуализации. При этом, денежные средства расходуются только за используемые вычислительные мощности.

Для компании Яндекс данные – это фундамент организации, ключевой момент в деятельности компании. Именно поэтому Яндекс создали Clickhouse (Кликхаус) – систему управления базами данных, которая помогает сохранить гигантские объемы данных без агрегации, и оперативно получать отчеты в различных разрезах. Система Яндекса хранит в себе также профили клиентов, например, какая реклама уже была показана данному клиенту, какую информацию пользователь пытался найти, и на основе запросов, подбирается полезный и подходящий набор информации, а именно – контента, индивидуального каждому клиенту. Данное решение действительно оправдало себя, в том числе на мировом рынке. Кликхаус помогает быстро «вытащить» необходимые объемы данных, при этом совершенно не нагружая саму систему и сотрудников [8].

Использование технологии больших данных влечёт за собой преимущественно положительные качества. Во-первых, большие данные помогают компании оперативно решать, как внутренние, так и внешние проблемы, и принимать более обоснованные управленческие решения для своего бизнеса, так как информация поступает регулярно, что делает ее актуальной. Во-вторых, большие данные являются подходящим инструментом для мониторинга всего состояния предприятия. Все это дает возможность прогнозировать внешнюю рыночную ситуацию, структурирует и классифицирует разнородные типы, форматы данных, находя неявные зависимости; определяет более эффективные инструменты маркетинга, менеджмента и оптимизации продаж, позволяет сегментировать необходимую целевую аудиторию, помогает подобрать максимально подходящий способ для управления рисками, позволяет совершенствовать товарную продукцию и услуги, согласно предпочтениям пользователей и контрагентов, информация о которых была собрана с помощью технологии больших данных. И конечно, все это позволяет экономить денежные средства компаний.

Минусы, к сожалению, также имеют место. В первую очередь, для работы с большими объемами данных онлайн, необходимы подходящие вычислительные мощности компании, а такие ресурсы обходятся недешево и пока приемлемы по цене лишь крупным корпорациям. Во-вторых, сбор, хранение и обработка больших данных неразрывно связаны с повышенным уровнем уязвимости для кибератак, взломов и всевозможных утечек информации. Также сбор больших данных связан с проблемой приватности, так как не каждый пользователь хочет, чтобы его действия отслеживались и передавались третьим лицам.

В нынешнее время, с учетом автоматизации и развития технологий, большие данные успешно применяются в менеджмент-процессах компаний в следующих ситуациях.

1. Поиск кадров (сотрудников организации) – подбор кандидатов, которые больше всего подходят и отвечают требованиям компании, в большом объеме, анализируя и классифицируя их по различным признакам, благодаря наличию базы данных: профили в социальных сетях, характеристика о себе, об образовании, фотографии, комментарии, резюме, комментарии коллег, отзывы от учебного заведения и прошлых работодателей.

2. Внутренние коммуникации, такие как электронная почта, номера телефонов, встречи в календарях, переписка с коллегами в чатах и мессенджерах также могут быть

проанализированы.

3. При формировании графика работы появляется возможность выявить уровень загруженности сотрудников на основе данных, которые были получены за прошлые периоды времени, и составить оптимальные предложения для каждой рабочей смены.

4. Поиск признаков усталости, переработки или эмоционального выгорания сотрудников на работе.

5. Определение необходимого и эффективного бюджета, благодаря распределению сотрудников на льготные категории и анализа корпоративного социального пакета.

6. Анализ текущей клиентской базы, который позволяет понять, кем является целевая аудитория, с какими сложностями сталкивается целевая аудитория при покупке товаров или услуг, а также, какие продукты чаще выбирают и по каким причинам. Это позволит изучить и принять стратегические и тактические бизнес-решения, разработать маркетинговые стратегии, автоматизировать формирование персональных рекомендаций.

7. Стратегическое планирование, подбор информации, которая поможет подготовиться к потенциальным угрозам и рискам [9].

Для того, чтобы начать использовать технологию больших данных, необходимо:

1) поставить основополагающую задачу: понять, зачем и каким образом следует управлять большими данными, какую пользу намерены получить;

2) провести аудит: разобрать, классифицировать информационные базы, выявить, какие именно данные в них хранятся, какими инструментами уже приходилось пользоваться, есть ли схема всех информационных потоков в компании; провести организационно-технический аудит того, что происходит с данными, для чего можно воспользоваться концепцией DataMesh-помощник структурирования информации;

3) после проведения аудита в случае, если были выявлены проблемные места (зачастую это разрозненное хранение данных), необходимо выстроить единое структурное хранилище, в котором будут храниться данные в подходящих местах, в нужном формате, с атрибутами;

4) подготовить инфраструктуру для работы с большими данными: это может включать в себя обновление или расширение существующей ИТ-инфраструктуры, отделение вычислительных ресурсов для анализа данных, обучение и подготовку сотрудников;

5) необходимо нанять специалистов по работе с большими данными, которые помогут в реализации стратегии больших данных, и выполнить поставленные задачи по созданию информационной базы. Это могут быть ИТ-специалисты, разработчики компьютерных программ, аналитики данных;

б) запустить и протестировать систему больших данных, проверить работоспособность, точность и корректность в подборе информации, эффективность и соответствие поставленным целям компании.

Следует непрерывно совершенствовать систему больших данных и адаптировать ее под изменяющиеся потребности компании, внимательно отслеживать результаты и вносить коррективы в стратегию, если это необходимо. В иных случаях, подойдет вариант заимствования внедрения готовых решений. Из зарубежных вариантов это могут быть Informatica, Ataccama, Collibra, отечественные варианты: Unidata, Datareon [10].

Система больших данных является достаточно гибкой и поддается совершенствованию, поэтому, проведя исследование, был выявлен вариант улучшения решения «большие данные», а точнее – возможное нововведение: это система предиктивного анализа с внедрением искусственного интеллекта в технологию «большие данные» для бизнес-менеджмента, прогнозирования и управления рисками. Система будет использовать данные из различных источников, таких как внутренние данные (финансовые показатели, данные о продажах, данные о производстве, данные о клиентах и сотрудниках), внешние данные (макроэкономические показатели, данные о конкурентах, о рынке). Искусственный интеллект будет обучен на основе внешних и внутренних данных компании, для выявления закономерностей и определения факторов, которые могут повлечь за собой риски для бизнеса. Искусственный интеллект будет способен прогнозировать снижение затрат,

повышение затрат, ухудшение качества продукции, сбои в работе оборудования, утечки данных, уход сотрудников (анализ причин), изменения в законодательстве, экономические кризисы, снижение конкурентоспособности. Сможет рекомендовать превентивные меры для снижения рисков, стратегии реагирования на риски и оптимальные решения для управления рисками. Например, если искусственный интеллект прогнозирует снижение спроса на продукцию компании, то он оперативно порекомендует дополнить, улучшить ассортимент продукции, провести маркетинговую кампанию, оптимизировать производство.

С помощью искусственного интеллекта большими данными сможет управлять минимальное количество сотрудников, что снизит затраты компании, которые могли пойти на обучение персонала.

**Выводы.** Феномен «большие данные» определенно имеет место в современном мире технологий и бизнес-процессов. В сфере бизнес-менеджмента это уникальный помощник при обработке существенно большого количества данных в организациях.

В ближайшем будущем система больших данных должна стать главным инструментом для анализа информации и дальнейшего принятия управленческих решений, начиная со среднего бизнеса, заканчивая внедрением технологии в системы управления государств и международных организаций. Большие данные имеют огромный потенциал для дальнейшего развития в сфере бизнес-технологий и в финансовом секторе. Государству и предпринимателям стоит уделить предельное внимание к данному решению, так как это кардинально может изменить эффективность и качество управления.

Для государства это: снижение уровня коррупции, за счёт повышения прозрачности данных, государственных закупок, глубокий контроль за целевым использованием бюджетных средств, предотвращение хищений. Повышение качества жизни населения, за счет: оптимизации системы здравоохранения, повышения уровня образования, развитие инфраструктуры, сокращение уровня безработицы. Обеспечение высокого уровня безопасности: профилактика и анализ преступлений.

Big Data уже стала ликвидным товаром и их роль в экономическом секторе будет только возрастать. Организации с их помощью трансформируют свои бизнес-процессы, адаптируя к меняющимся внешним и внутренним факторам, персонализируют обслуживание и курируют свою текущую деятельность.

#### Список использованной литературы:

1. Харламов А.В., Осипов К.А. Использование цифровых возможностей для работы с информацией в современном риск-менеджменте // Экономика и управление. 2022. Т. 28. № 9. С. 871–877.
2. Астанина Д. А., Завьялова П.С. Применение технологий Big Data в менеджменте // Актуальные проблемы авиации и космонавтики: сборник материалов VIII Международной научно-практической конференции. 2022. Т. 3. С. 81–83.
3. Осипов К.А. Использование технологий Big Data в формировании системы управления рисками предпринимательских структур // Теория и практика сервиса: экономика, социальная сфера, технологии. 2019. № 2 (40). С. 27–32.
4. Калязина Е.Г. Цифровой менеджмент в управлении проектами // Креативная экономика. 2021. Т. 15. № 12. С. 4747–4766.
5. Александрова Т.В. Цифровизация как современный тренд развития менеджмента организаций // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. 2019. Т. 13. № 3. С. 137–140.
6. Шушунова Т.Н., Вакуленко В.Ф., Фролова А.В. Современные тренды и перспективы развития менеджмента в условиях цифровой трансформации // Инновации и инвестиции. 2020. № 7. С. 96–99.
7. Калязина Е.Г. Методологические основы цифрового менеджмента // Лидерство и менеджмент. 2023. Т. 10. № 4. С. 1125–1142.
8. Дивиза Н.А., Уманец В.А., Логунов Н.С. Внедрение цифровых технологий в социально-

экономическую жизнь общества // Вестник КГМТУ. 2023. № 2. С. 200–207.

9. Харламов А.В. Риски и экономическая безопасность предприятий // Ученые записки Института управления и экономики, 2001. № 3. С. 89–92.
10. Байкалова В.И. Особенности управления изменениями на предприятии при внедрении технологий больших массивов данных (Big Data) // Научный форум: Экономика и менеджмент: сборник статей по материалам XVII международной научно-практической конференции. 2018. Т. 5 (17). С. 126–134.

References:

1. Kharlamov A.V., Osipov K.A. Ispolzovanie tsifrovyykh vozmozhnostey dlya raboty s informatsiyey v sovremennom risk-menedzhmente [Using digital capabilities to work with information in modern risk management]. *Ekonomika i upravlenie* [Economics and Management], 2022, vol. 28, no. 9, pp. 871–877. (In Russian).
2. Astanina D. A., Zavyalova P.S. Primenenie tekhnologiy Big Data v menedzhmente [Application of Big Data technologies in management]. *Sbornik materialov 8 Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferencii «Aktual'nye problemy aviatsii i kosmonavtiki»* [Collection of materials of the 8 International Scientific and Practical Conference “Actual problems of aviation and cosmonautics”], 2022, vol. 3, pp. 81–83. (In Russian).
3. Osipov K.A. Ispolzovanie tekhnologii Big Data v formirovaniy sistemy upravleniya riskami predprinimatelskikh struktur [The use of Big Data technologies in the formation of a risk management system for business structures]. *Teoriya i praktika servisa: ekonomika, sotsialnaya sfera, tekhnologii* [Theory and practice of the service: economics, social sphere, technology], 2019, no. 2 (40), pp. 27–32. (In Russian).
4. Kalyazina E.G. Tsifrovoy menedzhment v upravlenii proektami [Digital management in project management]. *Kreativnaya ekonomika* [Creative economy], 2021, vol. 15, no. 12, pp. 4747–4766. (In Russian).
5. Aleksandrova T.V. Tsifrovizatsiya kak sovremennyy trend razvitiya menedzhmenta organizatsiy [Digitalization as a modern trend in the development of management organizations]. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika i menedzhment* [Bulletin of the South Ural State University. Series: Economics and Management], 2019, vol. 13, no. 3, pp. 137–140. (In Russian).
6. Shushunova T.N., Vakulenko V.F., Frolova A.V. Sovremennyye trendy i perspektivy razvitiya menedzhmenta v usloviyakh tsifrovoy transformatsii [Modern trends and prospects of management development in the context of digital transformation]. *Innovatsii i investitsii* [Innovation and investment], 2020, no. 7, pp. 96–99. (In Russian).
7. Kalyazina E.G. Metodologicheskie osnovy tsifrovogo menedzhmenta [Methodological foundations of digital management]. *Liderstvo i menedzhment* [Leadership and Management], vol. 10, no. 4, pp. 1125–1142. (In Russian).
8. Diviza N.A., Umanets V.A., Logunov N.S. Vnedrenie cifrovyykh tekhnologiy v social'no-ekonomicheskuyu zhizn' obshchestva [Introduction of digital technologies into the socioeconomic life of society]. *Vestnik KGMTU* [Bulletin of KSMTU], 2023, no. 2, pp. 200–207. (In Russian).
9. Kharlamov A.V. Riski i ekonomicheskaya bezopasnost predpriyatiy [Risks and economic security of enterprises]. *Uchenye zapiski Instituta upravleniya i ekonomiki* [Scientific notes of the Institute of Management and Economics], 2001, no. 3, pp. 89–92. (In Russian).
10. Baykalova V.I. Osobennosti upravleniya izmeneniyami na predpriyatii pri vnedrenii tekhnologiy bolshikh massivov dannykh (Big Data) [Features of change management in the enterprise during the implementation of big Data technologies]. *Nauchnyy forum: Ekonomika i menedzhment* [Scientific Forum: Economics and Management], 2018, vol. 5 (17), pp. 126–134. (In Russian).

Сведения об авторах/ Information about authors

<b>Скоробогатова Виктория Викторовна</b>	канд. экон. наук, доцент, заведующий кафедрой экономики и гуманитарных дисциплин Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 kafedra.konomika19@mail.ru
Skorobogatova Victoria Viktorovna	Ph.D. (Econ.), Associate Professor, Head at the Department of Economics and Humanities Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82 kafedra.ekonomika19@mail.ru
<b>Шельчук Елена Алексеевна</b>	студент 3-го курса направления подготовки «Экономика» профиля «Бухгалтерский учёт, анализ и аудит» Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 shelchuke@mail.ru
Shelchuk Elena Alekseevna	student of the 3rd year of the training direction “Economics” in training profile “Accounting, analysis and audit” Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82 shelchuke@mail.ru



УДК 338

Сушко Н.А.  
**ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ  
ПРЕДПРИЯТИЯ**

**Аннотация.** Объекты экономической безопасности предприятия представлены в виде комплексной системно-комплементарной модели. Выделены свойства указанной модели. Охарактеризованы ресурсно-функциональные составляющие экономической безопасности предприятия с акцентом на их целевое назначение и вероятный риск экономической безопасности предприятия. Перечислены ресурсно-функциональные составляющие системы экономической безопасности предприятия. Раскрыто понятие и представлена сущность определения «защита от угроз». Перечислены процессные составляющие системы экономической безопасности предприятия. Приведена характеристика процессных составляющих системы экономической безопасности предприятия с выделением их целевого назначения и вероятного риска экономической безопасности предприятия. Рассмотрены составляющие внутренних и внешних трансформационных процессов. Предложена структурно-логическая схема обеспечения экономической безопасности предприятия на разных уровнях управления. Выделены этапы управления предприятия на стратегическом и тактическом уровнях.

**Ключевые слова:** экономическая безопасность, система, модель, комплекс, составляющие, обеспечение.

Sushko N.A.  
**PROBLEMS OF ENSURING THE ECONOMIC SECURITY OF THE ENTERPRISE**

**Abstract.** The objects of economic security of the enterprise are presented in the form of an integrated system-complementary model. The properties of the specified model are highlighted. The resource-functional components of the economic security of the enterprise are characterized with an emphasis on their intended purpose and the probable risk of the economic security of the enterprise. The resource and functional components of the enterprise's economic security system are listed. The definition is given and the essence of protection against threats is revealed. The process components of the enterprise's economic security system are listed. The characteristics of the process components of the economic security system of the enterprise are given, highlighting their intended purpose and the likely risk of economic security of the enterprise. The components of internal and external transformation processes are considered. A structural and logical scheme for ensuring the economic security of an enterprise at different levels of management is proposed. The stages of enterprise management at the strategic and tactical levels are highlighted.

**Keywords:** economic security, system, model, complex, components, provision.

**Введение.** Обеспечение экономических интересов хозяйствующих субъектов до настоящего времени мало освещалось в литературе, хотя данная проблема остается весьма актуальной. В условиях совершенствования принципов рыночной экономики, усиления влияния частного предпринимательства одной из важных задач экономической науки является обеспечение экономической безопасности предприятия.

Совершенствование системы экономической «безопасности предприятий требует научного подхода к принятию управленческих решений, подходящих методов и инструментов для анализа системы управления рисками на предприятиях. Поэтому в современных условиях хозяйствования совершенствование системы экономической безопасности предприятия является приоритетом для функционирования предприятий любой формы организации, которая включает в себя не только угрозы возникновения кризисных ситуаций, но и поддержание устойчивого и эффективного развития, а также

формирование экономически безопасного пути развития предприятия.

В нынешних обстоятельствах хозяйственной деятельности система экономической безопасности предприятия является ценностью для функционирования предприятий любой организационно-правовой формы, включающая в себя не только опасности появления кризисных ситуаций, но и поддержание устойчивого и эффективного развития, а также развитие безопасных экономических путей развития предприятия» [9].

Заинтересованность к проблемам системы экономической безопасности предприятий в Российской Федерации увеличивается на фоне усиления конкуренции в мировой экономике и возникновении новых политических рисков, которые усугубляются экономическими проблемами в государстве.

**Целью исследования** является рассмотрение проблем обеспечения экономической безопасности предприятия.

**Материалы и методы исследования.** В статье использованы труды ученых, изучающих различные аспекты экономической безопасности предприятия, ее составляющие и особенности управления.

Вопросы обеспечения экономической безопасности предприятия находятся в сфере научных исследований современной проблематики инновационного развития. Исследования в этом направлении осуществляли как отечественные, так и зарубежные ученые, в частности: Eshna Verma [1], Hayes Adam [2], Белорус Л. А., Сушко Н. А. [3], Гришин К. Е., Хайдаров А. И. [4], Ермаков В. Е., Куликов А.Е., Иванова Т.И. [5], Запорожцева Л.А., Юрьев В.М. [6], Киселева И.А., Симонович Н.Е., Косенко И.С. [7], Кузнецова Е.И. [8], Никулин Р. Ю. [9], Уманец В. А., Дивиза Н. А. [10] и др.

Разработанный механизм управления финансовыми рисками основан на применении коэффициентного метода, предполагающего расчет различных относительных показателей, характеризующих индикатор состояния дебиторской задолженности предприятия.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Запорожцева Л.А., Юрьев В.М. утверждают, что «главная концепция предприятия заключается в обеспечении эффективного функционирования с целью получения стабильного дохода и реализации корпоративных интересов» [6]. В современных условиях объективно возникает потребность в защите его бизнес-процессов от рисков и угроз, связанных с потерей вероятных возможностей и недополучением выгоды, и система экономической безопасности предприятия играет в решении данной проблемы решающую роль. Реализация корпоративных планов и достижение корпоративных целей осуществляется за счет эффективного управления бизнес-процессами предприятия и деятельностью, которая не связана с коммерческими интересами и является социально значимой (социальная, экологическая, образовательная). «Исходя из утверждения, что каждый конкретный процесс деятельности, отличающийся от других процессов на данном предприятии, имеет угрозы и риски по типовым направлениям (финансовые, информационные, кадровые, ресурсные и др.), а совокупность различных по характеру процессов дополняет общую характеристику внутренней экономической среды» [6], авторами предлагается использовать комплексный комплементарный подход к определению объектов экономической безопасности предприятия».

По вышеупомянутому из общей совокупности составляющих экономической безопасности предприятия Киселева И.А., Симонович Н.Е., Косенко И.С. выделяют «процессные сложности и комплекс ресурсно-функциональных составляющих, который соответствует целям идентификации вероятных рисков, угроз и опасностей любой процессной составляющей экономической безопасности предприятия» [7].

На рисунке 1 представлена комплексная системно-комплементарная модель структуры объектов экономической безопасности предприятия.

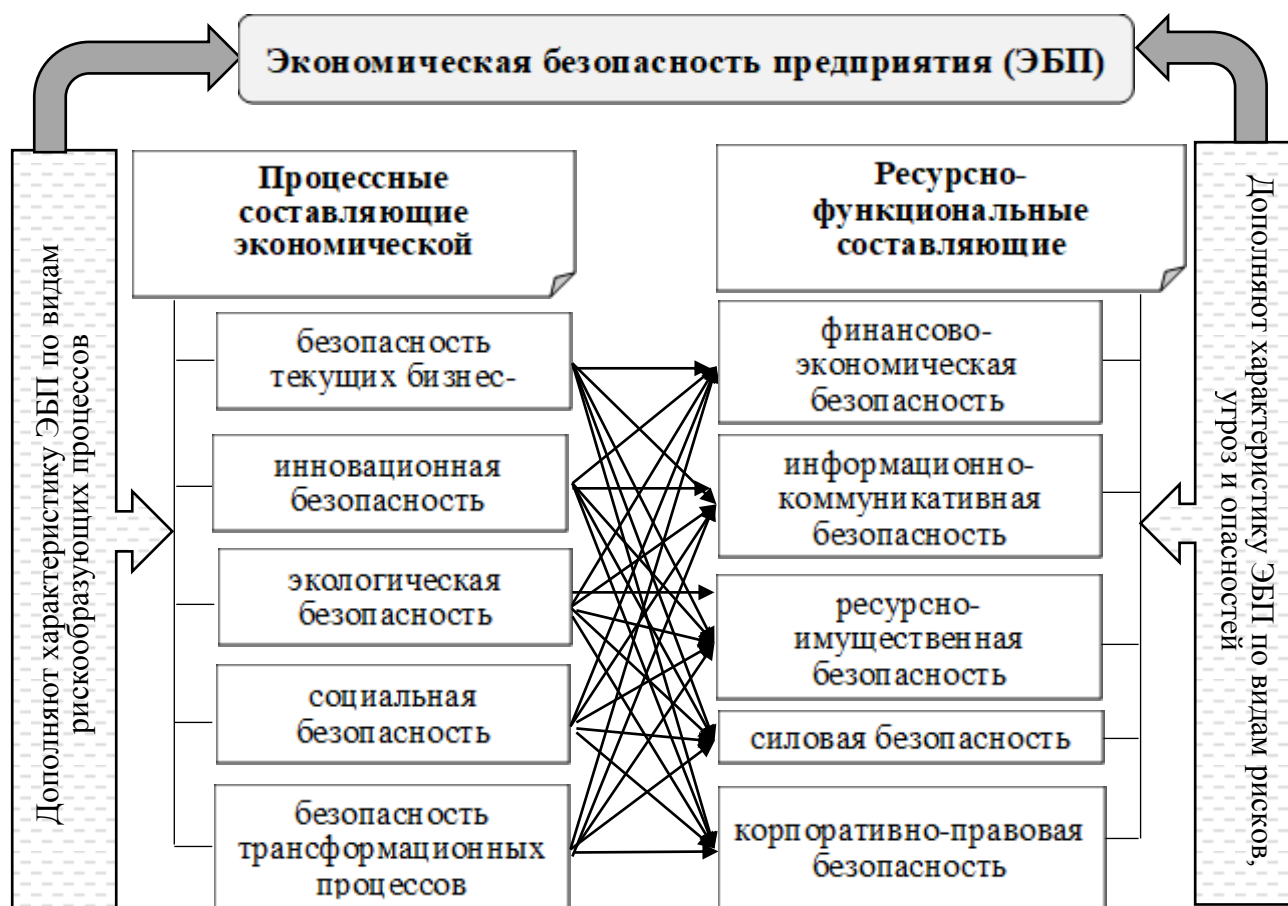


Рисунок 1 – Комплексная системно-комплементарная модель структуры объектов экономической безопасности предприятия

Таким образом, предложенная модель идентифицирует угрозы, возникающие в системе экономической безопасности предприятия как по каждому элементу комплекса ресурсно-функциональных составляющих в рамках конкретной процессной составляющей или предприятия в целом, так и по каждому значимому процессу.

Белорус Л.А., Сушко Н.А. выделяют характерные свойства «комплексной системно-комплементарной модели структуры объектов экономической безопасности предприятия» [3]:

1. Процессные составляющие дополняют характеристику экономической безопасности предприятия по видам рискообразующих процессов.
2. Ресурсно-функциональные составляющие дополняют характеристику экономической безопасности предприятия по видам рисков, угроз и опасностей.
3. Комплекс ресурсно-функциональных составляющих раскрывает содержание процессных составляющих.

В таблице 1 приведена характеристика комплекса ресурсно-функциональных составляющих экономической безопасности предприятия с учетом их целевого назначения и вероятных рисков.

Комплекс ресурсно-функциональных составляющих включает:

- 1) финансово-экономическую безопасность;
- 2) ресурсно-имущественную безопасность;
- 3) информационно-коммуникативную безопасность;
- 4) интеллектуально-технологическую безопасность;
- 5) корпоративно-правовую безопасность (безопасность корпоративных интересов);
- 6) силовую безопасность.

Таблица 1 – Характеристика комплекса ресурсно-функциональных составляющих экономической безопасности предприятий [7]

Составляющие комплекса	Целевое назначение	Вероятные риски экономической безопасности предприятия
1. Финансово-экономическая безопасность	Защита от угроз потери финансовой устойчивости предприятия и ухудшению его финансового состояния	- недостаток собственных оборотных средств для обеспечения бизнес-процессов; - рост непредвиденных расходов; - зависимость от внешних источников финансирования; - потеря кредитоспособности; - снижение уровня деловой активности; - вероятность банкротства
2. Ресурсно-имущественная безопасность	Защита от угроз потери и снижение качественного уровня ресурсного потенциала предприятия (технического (основных фондов), материально- ресурсного, кадрового потенциала)	- рейдерство; - разрушение, порча или обесценение активов (основных фондов, запасов); - рост непредвиденных расходов; - нехватка квалифицированного персонала
3. Информационно-коммуникативная безопасность	Защита от опасности разглашения коммерческой тайны и разрушение коммерческих коммуникаций	- кража инновационных технологий; - разрушение коммуникативных бизнес-связей; - нанесение вреда имиджу бизнеса или предприятию в целом; - рост непредвиденных расходов, уменьшение вероятных доходов
4. Интеллектуально-технологическая безопасность	Защита от угроз потери качества технологий бизнес-процессов (производства, логистики, сбыта, управления) и потери их конкурентоспособности	- потеря прав на интеллектуальную собственность; - снижение качества готовой продукции (работ, услуг) и ее конкурентоспособности; - рост непредвиденных расходов, уменьшение вероятных доходов; - вероятность снижения конкурентоспособности бизнеса
5. Корпоративно-правовая безопасность	Защита от угроз и опасностей корпоративным интересам предприятия	- утрата или ограничение прав собственности; - потеря вероятных возможностей; - потеря выгоды; - причинения вреда корпоративному имиджу
6. Силовая безопасность	Физическая защита от имущественных угроз и угроз в отношении жизни и здоровья персонала-участников бизнес-процессов предприятия	- рейдерство; - кража или нанесение ущерба корпоративному имуществу; - угрозы жизни и здоровью участников бизнес-процессов

Из таблицы 1 видно, что угрозы со стороны основного капитала могут негативно воздействовать на ресурсно-имущественную безопасность. Это сопряжено с процессами обновления основных фондов на предприятии, физического и морального износа

оборудования. загрузки производственных мощностей, производительности оборудования.

Система экономической безопасности – комплексный механизм, способный прогнозировать вероятность рисков бизнес-процессов и трансформационных сдвигов, оперативно защитить от реальных угроз и бороться с их деструктивными последствиями.

Исходя из этого, содержание категории «защита от угроз» включает, по нашему мнению [10]:

- прогнозирование вероятности экономических рисков и угроз;
- прогнозирование уровня их опасности;
- разработка и внедрение профилактических мер;
- своевременное выявление и локализацию реальных угроз; текущую оценку уровня их опасности; оперативное введение мер их нейтрализации;
- оценку состояния экономической системы предприятия под влиянием деструктивных последствий фактических опасностей и угроз; разработку и внедрение мер их нивелирования.

Составляющие экономической безопасности по процессам (процессные составляющие), которые представлены в таблице 2, включают:

- 1) безопасность текущих бизнес-процессов: производства, логистики, коммерции;
- 2) инновационную безопасность;
- 3) инвестиционную безопасность;
- 4) экологическую безопасность;
- 5) социальную безопасность;
- 6) безопасность трансформационных процессов (преобразований).

Таблица 2 – Характеристика процессных составляющих системы экономической безопасности предприятия

Составляющие по процессам	Целевое назначение	Вероятные риски экономической безопасности предприятия
1	2	3
1. Безопасность текущих бизнес-процессов	Защита текущих бизнес-процессов (производство, логистика, коммерция (сбыт продукции)) от угроз потери рентабельности и конкурентоспособности	- препятствия функционированию (ограничения, приостановки, прекращения, ликвидация); - потеря потенциальных возможностей; - потеря выгоды; - потеря конкурентоспособности
2. Инновационная безопасность	Защита от вероятных угроз инновационной деятельности	- вероятность роста непредсказуемых расходов; - потеря потенциальных возможностей; - потеря выгоды
3. Инвестиционная безопасность	Защита от вероятных угроз инвестиционной деятельности	- потеря средств и имущества; - потеря (ограничения) прав собственности; - потеря потенциальных возможностей; - потеря выгоды
4. Экологическая безопасность	Защита от экологических угроз внешней среды и собственной деятельности	- вероятность роста непредсказуемых расходов; - потеря имущества; - ограничение или прекращение деятельности; - нанесение ущерба имиджу предприятия

Продолжение таблицы 2

1	2	3
5. Социальная безопасность	Защита от угроз социально-культурного характера	-вероятность роста непредвиденных расходов; - снижение качества кадрового потенциала; - вероятность организации забастовок; - нанесение ущерба имиджу предприятия
6. Безопасность трансформационных процессов	Защита от вероятных угроз эндогенных и экзогенных трансформационных преобразований	-потеря имущества; - потеря (ограничение) прав; - потеря вероятных возможностей; - потеря выгоды; - потеря конфиденциальности; - нанесение ущерба имиджу предприятия

Выделение в отдельную группу безопасности трансформационных процессов (преобразований) является существенным для предприятий, испытывающих существенное влияние реформ национальной экономики и процессов глобальной экономики, изменений рыночной среды. Под внутренними трансформационными процессами понимаем [8, с. 186]:

- интеграционные трансформации (в том числе санкционные ограничения);
- трансформации формы собственности (приватизацию);
- трансформацию прав (реорганизацию);
- трансформацию ресурсов (реструктуризацию);
- трансформацию технологий (реинжиниринг);
- цифровые трансформации (цифровизацию).

В состав внешних трансформаций относим [5]:

- трансформации института собственности;
- трансформации инвестиционно-инновационной стратегии;
- трансформации денежно-кредитной системы;
- трансформации системы налогообложения.

Целевое назначение составляющих экономической безопасности предприятия – защита от внутренних и внешних угроз.

Для обеспечения экономической безопасности предприятия важным является поддержание ее финансовой, кадровой, технико-технологической, информационной и других составляющих. Это может быть реализовано в процессе управления предприятием в части инвестиционной деятельности путем выбора инвестиционного проекта, который обеспечивает минимальный инвестиционный риск вложения или привлечения денежных средств для обновления основного капитала. Такое управление должно осуществляться на стратегическом, тактическом и оперативном уровнях управления (рисунок 2). В частности, на стратегическом уровне проводится прохождение четырех этапов: определение показателей и пределов допустимых значений (I этап); контроль достижения выбранных значений (II этап); выбор корректирующих мер на основании мониторинга внутренних и внешних рисков факторов, оценки уровня опасности, что позволяет принять решение о корректировке (III этап); мероприятия по эффективности управления рисками (IV этап).

На тактическом уровне управления предусмотрено прохождение трех этапов:

- 1) контроль достижения выбранных значений (именно здесь определяются методы управления инвестиционными рисками);

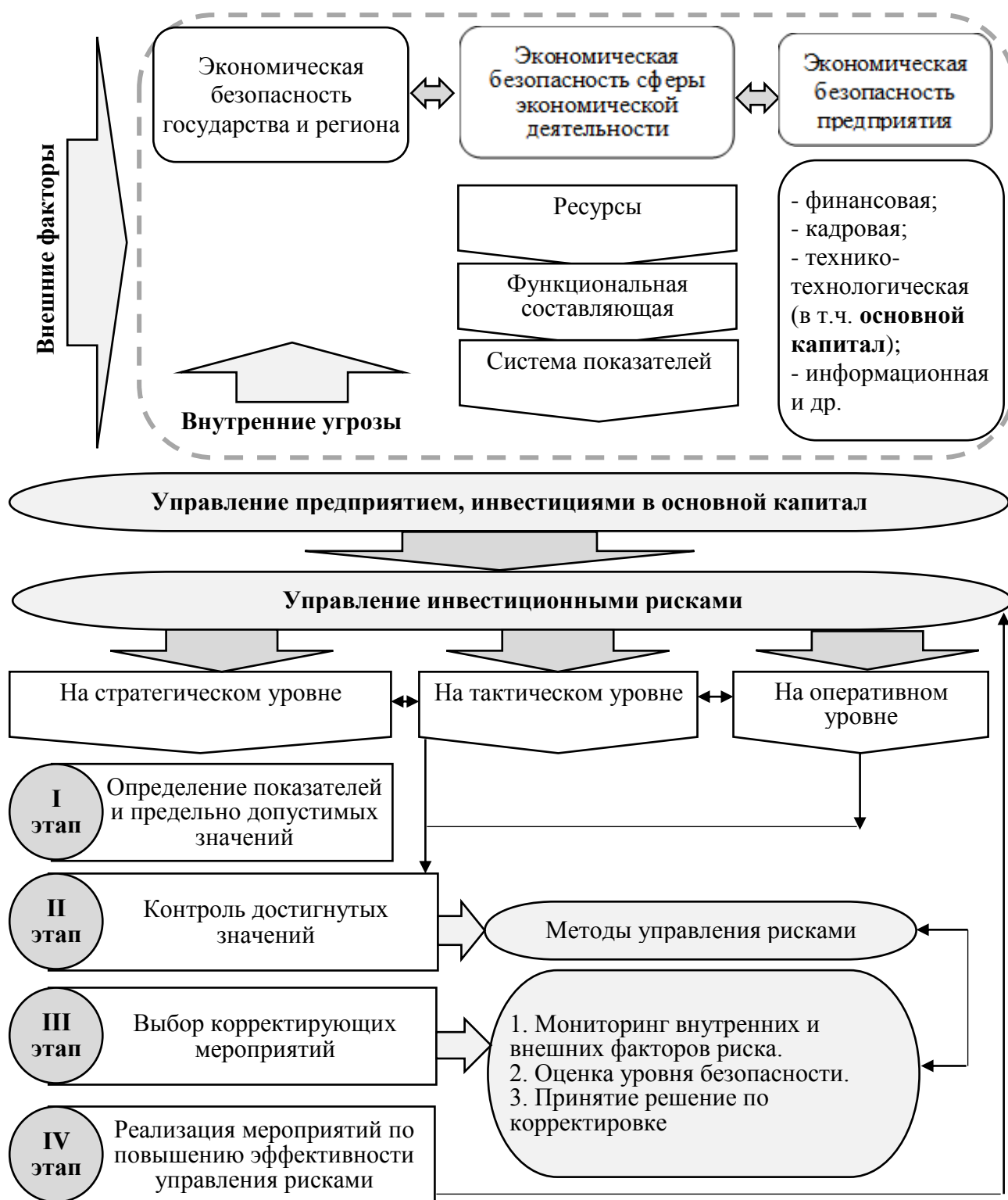


Рисунок 2 – Структурно-логическая схема обеспечения экономической безопасности предприятия на разных уровнях управления

- 2) выбор корректирующих мероприятий на основании мониторинга внутренних и внешних угроз, оценки уровня опасности, что позволяет принять решение о корректировке;
- 3) мероприятия, направленные на максимально эффективное управление рисками.

На оперативном уровне по результатам контроля достижения выбранных значений Гришин К.Е., Хайдаров А.И. предлагают применять «корректирующие меры, позволяющие реализовать меры по эффективности управления инвестиционными рисками» [4].

**Выводы.** Экономическая безопасность представляет собой комплексное понятие, отражающее возможность и способность предприятия защитить все сферы его деятельности



от различных угроз, внутренних и внешних, что позволит обеспечить стабильное долгосрочное функционирование хозяйствующего субъекта.

Разработанная модель обеспечения экономической безопасности позволяет получать информацию по всем существенным рискообразующим процессами в деятельности предприятия и одновременно иметь данные о состоянии базовых элементов вероятных угроз.

Список использованной литературы:

1. *Eshna Verma*. What Is Financial Risks and Its Types? Everything You Need to Know // *Simplilearn*. 2023. № 1. URL: <https://www.simplilearn.com/financial-risk-and-types-rar131-article> (дата обращения: 15.06.2024).
2. *Hayes Adam*. Understanding Financial Risk, Plus Tools to Control It Updated // *Investopedia*. 2023. № 8. URL: <https://www.investopedia.com/terms/f/financialrisk.asp> (дата обращения: 15.06.2024).
3. *Белорус Л.А., Сушко Н.А.* Разработка методики оценки системы экономической безопасности предприятия // *Вестник Керченского государственного морского технологического университета*. 2022. № 4. С. 441-452.
4. *Гришин К.Е., Хайдаров А.И.* О некоторых аспектах исследования понятия «экономическая безопасность» // *Universum: экономика и юриспруденция*. 2024. № 2 (112). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-nekotoryh-aspektah-issledovaniya-ponyatiya-ekonomicheskaya-bezopasnost> (дата обращения: 15.06.2024).
5. *Ермаков В.Е., Куликов А.Е., Иванова Т.И.* Понятие «экономическая безопасность» как научная категория // *Форум молодых ученых*. 2019. № 10 (38). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ponyatie-ekonomicheskaya-bezopasnost-kak-nauchnaya-kategoriya> (дата обращения: 15.06.2024).
6. *Запорожцева Л.А., Юрьев В.М.* Ключевые направления повышения уровня стратегической экономической безопасности предприятия // *Вестник Санкт-Петербургского университета МВД России*. 2021. № 1. С. 1-6.
7. *Киселева И.А., Симонович Н.Е., Косенко И.С.* Экономическая безопасность предприятия: особенности, виды, критерии оценки // *Вестник ВГУИТ*. 2018. № 2 (76). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskaya-bezopasnost-predpriyatiya-osobennosti-vidy-kriterii-otsenki> (дата обращения: 15.06.2024).
8. *Кузнецова Е.И.* Экономическая безопасность: учебник и практикум для вузов. М.: Юрайт, 2021. 336 с.
9. *Никулин Р.Ю.* Классификация угроз экономической безопасности предприятия // *Стратегии бизнеса*. 2022. № 7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klassifikatsiya-ugroz-ekonomicheskoy-bezopasnosti-predpriyatiya-2> (дата обращения: 15.06.2024).
10. *Уманец В.А., Дивиза Н.А.* Направления обеспечения экономической безопасности хозяйствующего субъекта // *Вестник Керченского государственного морского технологического университета*. 2022. № 4. С. 534-546.

References:

1. *Eshna Verma*. What Is Financial Risks and Its Types? Everything You Need to Know. *Simplilearn*, 2023, no. 1. (In English). Available at: <https://www.simplilearn.com/financial-risk-and-types-rar131-article> (accessed 15.06.2024).
2. *Hayes Adam*. Understanding Financial Risk, Plus Tools to Control It Updated. *Investopedia*, 2023, no. 8. (In English). Available at: <https://www.investopedia.com/terms/f/financialrisk.asp> (accessed 15.06.2024).
3. *Belorus L.A., Sushko N.A.* Razrabotka metodiki otsenki sistemy ekonomicheskoy bezopasnosti predpriyatiya [Development of a methodology for assessing the economic security system of an enterprise]. *Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kerch State Marine Technological University], 2022, no. 4, pp. 441-452. (In Russian).

4. Grishin K.Ye., Khaydarov A.I. O nekotorykh aspektakh issledovaniya ponyatiya «ekonomicheskaya bezopasnost'» [On some aspects of the study of the concept of “economic security”]. *Universum: ekonomika i yurisprudentsiya* [Universum: Economics and Jurisprudence], 2024, no. 2 (112). (In Russian). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-nekotoryh-aspektah-issledovaniya-ponyatiya-ekonomicheskaya-bezopasnost> (accessed 15.06.2024).
5. Yermakov V.Ye., Kulikov A.Ye., Ivanova T.I. Ponyatiye «ekonomicheskaya bezopasnost'» kak nauchnaya kategoriya [The concept of “economic security” as a scientific category]. *Forum molodykh uchenykh* [Forum of Young Scientists], 2019, no. 10 (38). (In Russian). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/ponyatie-ekonomicheskaya-bezopasnost-kak-nauchnaya-kategoriya> (accessed 15.06.2024).
6. Zaporozhtseva L.A., Yur'yev V.M. Klyuchevyye napravleniya povysheniya urovnya strategicheskoy ekonomicheskoy bezopasnosti predpriyatiya [Key directions for increasing the level of strategic economic security of an enterprise]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta MVD Rossii* [Bulletin of St. Petersburg University of the Ministry of Internal Affairs of Russia], 2021, no. 1, pp. 1-6. (In Russian).
7. Kiseleva I.A., Simonovich N.Ye., Kosenko I.S. Ekonomicheskaya bezopasnost' predpriyatiya: osobennosti, vidy, kriterii otsenki [Economic security of an enterprise: features, types, evaluation criteria]. *Vestnik VGUIT* [Bulletin VGUIT], 2018, no. 2 (76). (In Russian). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskaya-bezopasnost-predpriyatiya-osobennosti-vidy-kriterii-otsenki> (accessed 15.06.2024).
8. Kuznetsova Ye.I. *Ekonomicheskaya bezopasnost'* [Economic security]. Moscow, Yurayt Publ., 2021, 336 p. (In Russian).
9. Nikulin R.YU. Klassifikatsiya ugroz ekonomicheskoy bezopasnosti predpriyatiya [Classification of threats to the economic security of an enterprise]. *Strategii biznesa* [Business Strategies], 2022, no. 7. (In Russian). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/klassifikatsiya-ugroz-ekonomicheskoy-bezopasnosti-predpriyatiya-2> (accessed 15.06.2024).
10. Umanets V.A., Diviza N.A. Napravleniya obespecheniya ekonomicheskoy bezopasnosti khozyaystvuyushchego sub"yekta [Directions for ensuring the economic security of an economic entity]. *Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kerch State Marine Technological University], 2022, no 4, pp. 534-546. (In Russian).

Сведения об авторе / Information about author

<b>Сушко</b>	канд. экон. наук, доцент кафедры экономики и гуманитарных дисциплин
<b>Надежда</b>	
<b>Александровна</b>	Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 nadejdasushko@yandex.ru
Sushko	Ph.D. (Econ.), Associate Professor of the Department of Economics and Humanities
Nadezhda	
Alexandrovna	Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str.,82 nadejdasushko@yandex.ru

УДК 351.862.6; 658

Яркина Н.Н., Олексенко О.С.

### СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СУБЪЕКТОВ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА

**Аннотация.** В качестве предмета исследования рассматривается системный подход к обеспечению экономической безопасности субъектов предпринимательства. Актуальность темы исследования предопределена перманентными вызовами и угрозами бизнесу, нейтрализация и снижение уровня которых требуют развития теоретико-прикладных основ обеспечения экономической безопасности субъектов предпринимательства. Системный подход актуализирован как основной методический подход в рамках методологии обеспечения экономической безопасности бизнеса. Выделены концептуальный и функциональный подходы к системе обеспечения экономической безопасности субъектов предпринимательства. Разработана и описана ее структурно-логическая схема с позиций концептуального подхода. Детализирован элементный состав механизма обеспечения экономической безопасности субъектов предпринимательства. Представлен элементный состав системы обеспечения экономической безопасности с позиций функционального подхода. Показана связь элементов концептуального и функционального подходов к обеспечению экономической безопасности предприятия и акцентирован их синергетический эффект.

**Ключевые слова:** экономическая безопасность субъектов предпринимательства, обеспечение экономической безопасности, системный подход.

Yarkina N.N., Oleksenko O.S.

### A SYSTEMATIC APPROACH TO ENSURING THE ECONOMIC SECURITY OF BUSINESS ENTITIES

**Abstract.** The subject of the study is a systematic approach to ensuring the economic security of business entities. The relevance of the research topic is predetermined by permanent challenges and threats to business, the neutralization and reduction of which require the development of theoretical and applied foundations for ensuring the economic security of business entities. The systematic approach is updated as the main methodical approach within the framework of the methodology for ensuring the economic security of business. The conceptual and functional approaches to the system of ensuring the economic security of business entities are highlighted. Its structural and logical scheme has been developed and described from the standpoint of a conceptual approach. The elemental composition of the mechanism for ensuring the economic security of business entities is detailed. The elemental composition of the economic security system is presented from the standpoint of a functional approach. The connection between the elements of conceptual and functional approaches to ensuring the economic security of an enterprise is shown and their synergetic effect is emphasized.

**Keywords:** economic security of business entities, ensuring economic security, a systematic approach.

**Введение.** Экономическая безопасность – категория, неотъемлемая от предпринимательства, как неотъемлемы от него понятия «угрозы», «неопределенность», «риск». Она является принципиальным условием эффективности предпринимательской деятельности и отражает такое состояние хозяйствующего субъекта, при котором обеспечиваются возможности стабильно функционировать, успешно противостоять внешним и внутренним вызовам и угрозам, своевременно адаптироваться к изменчивости окружающего мира, устойчиво развиваться.

Проблема обеспечения экономической безопасности хозяйственных систем любого уровня иерархии (от мирового до локального) – одна из ключевых проблем, стоящих перед

современным обществом, причем, обеспечение экономической безопасности предпринимательских структур, является залогом соответствующей безопасности как первичных ячеек общества (домохозяйств), так и национальной экономики в целом. Обусловленная проблема не теряет и не потеряет свой актуальности в силу роста агрессивности окружающей среды хозяйствования и стремительных изменений в ней, связанных с рыночными трансформациями, научно-технологическим прогрессом, регрессом в области ресурсообеспечения, негативными изменениями экологического характера и т.д.

Поиск и развитие научных подходов к обеспечению экономической безопасности субъектов предпринимательства (далее – ЭБСП) является важнейшим направлением исследовательской деятельности.

Акцентирование системного подхода как основного методического подхода к обеспечению ЭБСП обусловлено спецификой объекта исследования – «экономическая безопасность субъектов предпринимательства», его многоэлементным составом и функциональными различиями отдельных элементных групп системы обеспечения ЭБСП.

**Цель исследования** состоит в развитии теоретических основ обеспечения ЭБСП. В качестве предмета исследования рассматривается системный подход к обеспечению ЭБСП.

**Материалы и методы исследования.** В основу исследования легли научные публикации по проблеме экономической безопасности предприятия (как формы реализации предпринимательства), и ее обеспечения.

Анализ современных источников обозначил широкий спектр направлений научных исследований в обусловленной области. В частности:

- продолжается изучение сути понятия «экономическая безопасность предприятия» и обоснование необходимости ее реализации на предпринимательском уровне [1];

- экономическая безопасность хозяйственных систем, включая предприятия, рассматривается в контексте устойчивого развития, как основного тренда современной экономики [2];

- исследуется и развивается методологический базис управления экономической безопасностью предприятий исходя из требований обеспечения устойчивости их развития [3];

- рассматриваются научно-прикладные аспекты обеспечения экономической безопасности предприятий [4–6];

- понятие «система обеспечения экономической безопасности предприятия» выделяется в контексте внутреннего организационного устройства, целью которого является поддержание стабильного и эффективного функционирования субъектов предпринимательства [7–9];

- особое внимание уделяется вопросам предпринимательского риска и его взаимообусловленности с экономической безопасностью предприятий [10–12].

Методический инструментарий исследования охватывал систему общелогических и теоретических методов научного познания, включая изучение и критический анализ первоисточников, постановку проблемы, анализ и синтез, конкретизацию и систематизацию, а также системный метод, определяющий суть предмета исследования.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Системный подход является одним из основных методических подходов к исследованию экономических явлений и процессов и управлению ими, включая управление процессом обеспечения ЭБСП. В его основе лежит рассмотрение объекта исследования как системы, т. е. целостного комплекса взаимосвязанных элементов.

Система обеспечения ЭБСП (или система ЭБСП) представляет собой совокупность взаимосвязанных компонентов как концептуального, так и функционального характера.

Концептуальный подход к системе ЭБСП предполагает выделение соответствующих субъектов и объектов, целей и задач, функций и механизма (рис. 1).

Субъект (как совокупность конкретных субъектов) обеспечения экономической безопасности предприятия определяется множеством факторов, включая специфику и характеристики внутренней среды хозяйствования и непосредственно объекта обеспечения

экономической безопасности, а также внешние по отношению к предприятию условия и обстоятельства ведения бизнеса.



Рисунок 1 – Структурно-логическая схема системы обеспечения ЭБСП (концептуальный подход)

К внутренним субъектам обеспечения ЭБСП относятся специализированные субъекты (служба экономической безопасности, охрана и др.), частично специализированные субъекты (юридический отдел, аудиторский отдел и др.), подразделения и персонал предприятия, выполняющие в рамках своих компетенций функции по обеспечению экономической безопасности.

К внешним субъектам обеспечения ЭБСП относятся законодательные органы, исполнительные органы власти, судебные органы, правоохранительные органы, государственные институты, научно-образовательные учреждения.

Определяя объект обеспечения ЭБСП в целом как стабильное функционирование и устойчивое развитие, выделяются его конкретные составляющие, такие как: отдельные направления деятельности (маркетинговая, производственная, снабженческая, сбытовая, инновационная, инвестиционная, финансовая, управленческая); ресурсы (материально-технические, трудовые, интеллектуальные, финансовые); звенья организационной структуры управления; хозяйственные связи и отношения, возникающие как между субъектом предпринимательства и другими экономическими субъектами, так и внутри субъекта предпринимательства.

Функции, выполняемые субъектом обеспечения экономической безопасности бизнеса (они же функции системы обеспечения экономической безопасности), делятся на превентивные (связанные с предупреждением и ослаблением угроз), защитные (связанные с обеспечением защищенности деятельности и персонала предприятия) и восстановительные (связанные ликвидацией последствий причиненного ущерба).

К базовым целям системы обеспечения ЭБСП относятся минимизация внешних и внутренних угроз экономическому состоянию субъекта предпринимательства, обеспечение

защищенности его деятельности и стабильности функционирования, что, в итоге, способствует достижению целевых установок бизнеса.

К задачам системы обеспечения ЭБСП относят «выявление реальных и прогнозирование потенциальных опасностей и угроз; поиск способов их предотвращения, ослабления или ликвидации последствий их воздействия; поиск ресурсов, необходимых для обеспечения безопасности субъекта предпринимательства; организацию взаимодействия с контролирующими органами в целях предотвращения правонарушений, направленных против субъекта предпринимательства; создание собственной, соответствующей специфике работы службы безопасности; постоянное совершенствование системы обеспечения экономической безопасности» [13].

Механизм обеспечения ЭБСП – это внутренняя подсистема системы обеспечения экономической безопасности предприятия, направленная на реализацию ее целей, опирающаяся на те же базовые принципы построения, выполняющая обеспечивающие безопасность функции посредством определенных методов с помощью соответствующих инструментальных средств воздействия (рис. 2).



Рисунок 2 – Элементный состав механизма обеспечения ЭБСП (концептуальный подход)

Функциональный подход к системе обеспечения ЭБСП предполагает выделение ее функциональных составляющих, представляющих собой конкретные направления (виды) деятельности по обеспечению стабильного функционирования и устойчивого развития

бизнеса в рамках выполнения обусловленных функций обеспечения его экономической безопасности.

Функциональные составляющие системы обеспечения ЭБСП, существенно отличающиеся друг от друга по своему содержанию, характеристикам субъектов и объектов обеспечения, устанавливаемым целям и задачам, набору функциональных критериев, способам и средствам обеспечения, подробно описаны во многих научных публикациях и учебных изданиях, в частности [14, 15], в которых, как правило, выделены «финансовая, интеллектуальная и кадровая, технико-технологическая, политико-правовая, информационная, экологическая и силовая составляющие системы обеспечения экономической безопасности предприятия» (рис. 3).



Рисунок 3 – Элементный состав системы обеспечения ЭБСП (функциональный подход)

Каждая из выделенных функциональных составляющих системы экономической безопасности субъектов предпринимательства выполняет конкретную функцию относительно конкретных объектов, силами конкретных субъектов, использующих конкретные методы и инструментальные средства воздействия для достижения конкретных целей, решая конкретные задачи, в совокупности составляющие конкретный блок элементов системы ЭБСП, выделяемых в рамках функционального подхода.

**Выводы.** Развитие научно-прикладных основ обеспечения ЭБСП требует как поиска и разработки новых подходов к решению обусловленной проблемы, так и систематизации и соинтегрирования существующих.

Выделенные в рамках проведенного исследования концептуальный и функциональный подходы к сущностной характеристике системы обеспечения ЭБСП взаимодополняют друг друга, обеспечивая совместный синергетический эффект.

#### Список использованной литературы:

1. *Nəşibov A.C. Müəssisənin İQTİSADİ təhlükəsizliyi: mahiyyəti, onun reallaşma zəruriliyi və İlkın şərtləri // Tikintinin iqtisadiyyatı və menecment. 2023. № 3. С. 58–66. DOI: 10.58225/tim.2023-3-58-66.*
2. *Aleksandrov G.A., Vyakina I.V., Skvortsova G.G. Economic security as a condition for*



- sustainable development of countries, regions and enterprises // E3S Web of Conferences: International Scientific Siberian Transport Forum – TransSiberia 2023 (16–19 мая 2023 года). Novosibirsk: EDP Sciences, 2023. Vol. 402. № 13032. DOI: 10.1051/e3sconf/202340213032.
3. *Сосновська О.О.* Методологічний базис управління економічною безпекою підприємства // Проблемы экономики (Харьков). 2020. № 1 (43). С. 190–196. DOI: 10.32983/2222-0712-2020-1-190-196.
  4. *Акбашева А.А., Психоматов Х.М., Дзахмишева И.Ш.* Теоретические компоненты обеспечения экономической безопасности предприятия // Управленческий учет. 2020. № 6. С. 4–11.
  5. *Власов М.П., Бобошко А.А.* Бизнес-модели в обеспечении экономической безопасности предприятия // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2020. Т. 10. Вып. 8А. С. 209–219. DOI: 10.34670/AR.2020.18.84.021.
  6. *Сушко Н.А.* Разработка механизма обеспечения экономической безопасности рыбохозяйственного предприятия // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2021. № 2. С. 322–332. DOI: 10.47404/2619-0605\_2021\_2\_322.
  7. *Королюк Е.В., Солонина С.В.* Система обеспечения экономической безопасности предприятия // Kant. 2019. № 2 (31). С. 341–345.
  8. *Чистова М.В., Демина Н.В., Гергова А.А.* Понятие и составляющие системы обеспечения экономической безопасности предприятия // Актуальные проблемы международных отношений в условиях формирования мультиполярного мира: сборник научных статей 10-й Международной научно-практической конференции. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2021. С. 429–432.
  9. *Компаниец Е.В.* Комплексная система обеспечения экономической безопасности коммерческого предприятия // Вестник ВИЭПП. 2023. № 1. С. 160–165.
  10. *Камчатова Е.Ю.* Обеспечение экономической безопасности предприятий с использованием инструментов риск-менеджмента // Экономика и социум: современные модели развития. 2018. Т. 8. № 3 (21). С. 5–13.
  11. *Яркина Н.Н., Яркин А.Е.* Методологические аспекты управления предпринимательским риском в системе экономической безопасности предприятия // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2020. № 3. С. 152–167. DOI: 10.47404/2619-0605\_2020\_3\_152.
  12. *Жигунова А.В., Логвинова И.В.* Актуализация паспорта риска предприятия как инструмента обеспечения экономической безопасности // Журнал прикладных исследований. 2023. № 3. С. 51–56. DOI: 10.47576/2949-1878\_2023\_3\_51.
  13. *Сергеева И.А., Сергеев А.Ю.* Комплексная система обеспечения экономической безопасности предприятия: учебное пособие. Пенза: ПГУ, 2017. 124 с.
  14. *Резкин П.Е., Белорусова Н.Л.* Сущность и составляющие экономической безопасности организации // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия D: Экономические и юридические науки. 2013. № 5. С. 47–55.
  15. *Климова Е. З., Павлова И. А.* Сущность и функциональные составляющие экономической безопасности организации // Инновационные аспекты развития науки и техники: сборник статей XII Международной научно-практической конференции. Саратов: ИП Емельянов Н.В., 2021. С. 112–117.

#### References:

1. Nəsibov A.C. Müəssisənin İQTİSADI təhlükəsizliyi: məhluyətli, onun reallaşma zəruriliyi və İlk İn şərtləri. Tikintinin iqtisadiyyatı və menecment, 2023, no. 3, pp. 58–66. (In Azerbaijani). DOI: 10.58225/tim.2023-3-58-66.
2. Aleksandrov G.A., Vyakina I.V., Skvortsova G.G. Economic Security as a Condition for Sustainable Development of Countries, Regions and Enterprises. E3S Web of Conferences: International Scientific Siberian Transport Forum – TransSiberia 2023 (May 16–19, 2023),

- Novosibirsk, EDP Sciences Publ., 2023, vol. 402, no. 13032. (In English). DOI: 10.1051/e3sconf/202340213032.
3. Sosnovska O.O. Metodologichnij bazis upravlinnya ekonomichnoyu bezpekyu pidpriyemstva [The Methodological Basis of Management of Enterprise Economic Resilience]. *Problemy ekonomiki (Har'kov)* [The Problems of Economy (Kharkiv)], 2020, no. 1 (43), pp. 190–196. (In Ukrainian). DOI: 10.32983/2222-0712-2020-1-190-196.
  4. Akbasheva A.A., Psikhomakhov H.M., Dzakhmishcheva I.Sh. Teoreticheskie komponenty obespecheniya ekonomicheskoy bezopasnosti predpriyatiya [Theoretical components of providing the economic enterprise security]. *Upravlencheskiy uchet* [Management Accounting], 2020, no. 6, pp. 4–11. (In Russian).
  5. Vlasov M.P., Boboshko A.A. Biznes-modeli v obespechenii ekonomicheskoy bezopasnosti predpriyatiya [Business models in ensuring economic security of an enterprise]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 2020, vol. 10, no. 8A, pp. 209–219. (In Russian). DOI: 10.34670/AR.2020.18.84.021.
  6. Sushko N.A. Razrabotka mekhanizma obespecheniya ekonomicheskoy bezopasnosti rybohozyajstvennogo predpriyatiya [Development of a mechanism for ensuring the economic security of a fishing enterprise]. *Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kerch State Marine Technological University], 2021, no. 2, pp. 322–332. (In Russian). DOI: 10.47404/2619-0605\_2021\_2\_322.
  7. Korolyuk E.V., Solonina S.V. Sistema obespecheniya ekonomicheskoy bezopasnosti predpriyatiya [The system of ensuring the economic security of the enterprise]. *Kant* [Kant], 2019, no. 2 (31), pp. 341–345. (In Russian).
  8. Chistova M.V., Demina N.V., Gergova A.A. Ponyatie i sostavlyayushchie sistemy obespecheniya ekonomicheskoy bezopasnosti predpriyatiya [Concept and components of a security system economic security of the enterprise]. *Sbornik nauchnykh statej 10 Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Aktual'nye problemy mezhdunarodnykh otnoshenij v usloviyah formirovaniya mul'tipolyarnogo mira»* [Collection of scientific articles of the 10th International Scientific and Practical Conference “Current Problems of International Relations in the Context of the Formation of a Multipolar World”], Kursk, South-Western State University Publ., 2021, pp. 429–432. (In Russian).
  9. Companyets E.V. Kompleksnaya sistema obespecheniya ekonomicheskoy bezopasnosti kommercheskogo predpriyatiya [Integrated system for ensuring the economic security of a commercial enterprise]. *Vestnik VIEPP* [Bulletin of VIEPL], 2023, no. 1, pp. 160–165. (In Russian).
  10. Kamchatova E.Yu. Obespechenie ekonomicheskoy bezopasnosti predpriyatij s ispol'zovaniem instrumentov risk-menedzhmenta [Ensuring the economic security of enterprises using risk management tools]. *Ekonomika i socium: sovremennye modeli razvitiya* [Economics & Society: Contemporary Models of Development], 2018, vol. 8, no. 3 (21), pp. 5–13. (In Russian).
  11. Yarkina N.N., Yarkin A.Ye. Metodologicheskie aspekty upravleniya predprinimatel'skim riskom v sisteme ekonomicheskoy bezopasnosti predpriyatiya [Methodological aspects of enterprise risk management in the system of economic security of an enterprise]. *Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kerch State Marine Technological University], 2020, no. 3, pp. 152–167. (In Russian). DOI: 10.47404/2619-0605\_2020\_3\_152.
  12. Zhigunova A.V., Logvinova I.V. Aktualizaciya pasporta riska predpriyatiya kak instrumenta obespecheniya ekonomicheskoy bezopasnosti [Updating the enterprise risk passport as a tool for ensuring economic security]. *Zhurnal prikladnykh issledovanij* [Journal of Applied Research], 2023, no. 3, pp. 51–56. (In Russian). DOI: 10.47576/2949-1878\_2023\_3\_51.
  13. Sergeeva I.A., Sergeev A.Yu. *Kompleksnaya sistema obespecheniya ekonomicheskoy bezopasnosti predpriyatiya* [Integrated System for Ensuring the Economic Security of an Enterprise]. Penza, PSU Publ., 2017, 124 p. (In Russian).
  14. Rezkina P.E., Belorusova N.L. Sushchnost' i sostavlyayushchie ekonomicheskoy bezopasnosti

organizacii [Essence and components of the economic security of an organization]. *Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya D. Ekonomicheskie i juridicheskie nauki* [Bulletin of Polotsk State University. Series D: Economic and Legal Sciences], 2013, no. 5, pp. 47–55. (In Russian).

15. Klimova E.Z., Pavlova I.A. Sushchnost' i funktsional'nye sostavlyayushchie ekonomicheskoy bezopasnosti organizacii [The essence and functional components of the economic security of the organization]. *Sbornik statej 12 Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Innovacionnye aspekty razvitiya nauki i tekhniki»* [Collection of articles of the 12th International Scientific and Practical Conference “Innovative Aspects of the Development of Science and Technology”], Saratov, Emelyanov N.V. Publ., 2021, pp. 112–117. (In Russian).

Сведения об авторах / Information about authors

<b>Яркина Наталья Николаевна</b>	д-р экон. наук, профессор кафедры экономики и гуманитарных дисциплин Керченский государственный морской технологический университет 298306, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 nata-yarkina@yandex.ru
Yarkina Natalya Nikolaevna	Dr. Sci. (Econ.), Professor at the Department of Economics and Humanities Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82 nata-yarkina@yandex.ru
<b>Олексенко Олег Сергеевич</b>	магистрант 1-го курса направления подготовки «Экономика» Керченский государственный морской технологический университет 298306, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82
Oleksenko Oleg Sergeevich	undergraduate of the 1st year of the training direction “Economics” Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82

УДК 669.017:539.43

Максимов А.Б.

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗРУШЕНИЯ НА МОДЕЛЬНОМ МАТЕРИАЛЕ С ГРАДИЕНТОМ ПРОЧНОСТИ ПО ТОЛЩИНЕ

**Аннотация.** По литературным данным установлено, что разрушение бумаги происходит по законам линейной механике разрушения твердых тел. В данной работе на бумажных образцах моделировано разрушение твердых тел с областями различной прочности. Смоделировано разрушение толстолистового проката с градиентом прочности по толщине. Это позволило установить некоторые закономерности разрушения градиентного материала. Экспериментально установлено, что разрушение начинается в более прочной области и распространяется в сторону наименьшей прочности. То есть разрушение идет против градиента прочности. В более общей форме можно сказать, что разрушение начинается в том слое, где пластичность материала достигнет предельной величины. Потеря запаса пластичности твердого тела связывается с началом образования шейки при растяжении. В качестве критерия запаса пластичности материала может служить максимальная величина равномерного удлинения. Получено аналитическое выражение связывающее величину скальвающего напряжения с параметрами упрочненных слоев металла при растяжении.

**Ключевые слова:** модельный материал, напряжение течения, материал с градиентом прочности, напряжение страгивания трещины, равномерная деформация.

Maksimov A.B.

## THE STUDY OF FRACTURE ON A MODEL MATERIAL WITH A STRENGTH GRADIENT IN THICKNESS

**Abstract.** According to the literature data, it is established that the destruction of paper occurs according to the laws of linear mechanics of the destruction of solids. In this paper, the destruction of solids with areas of varying strength is modeled on paper samples. The destruction of thick-rolled products with a strength gradient in thickness is modeled. This allowed us to establish some patterns of destruction of the gradient material. It has been experimentally established that the fracture begins in a more durable area and spreads towards the lowest strength. That is, the destruction goes against the strength gradient. In a more general form, it can be said that destruction begins in the layer where the plasticity of the material reaches its maximum value. The loss of the reserve of plasticity of a solid is associated with the onset of neck formation during stretching. The maximum value of uniform elongation can serve as a criterion for the reserve of plasticity of a material. An analytical expression is obtained linking the magnitude of the chipping stress with the parameters of the hardened metal layers under tension.

**Keywords:** model material, flow stress, material with strength gradient, crack stress, uniform deformation.

**Введение.** В работах [1, 2], показано, что разрушение бумаги происходит по вязкому и хрупкому механизмам и может быть описано линейной механикой разрушения, как для твердого тела. Целлюлозно-бумажная продукция относится к капиллярно-пористой упруговязкой среде. В ней могут присутствовать трещины в исходном состоянии или образоваться в процессе деформационного воздействия. Экспериментально установлено, что при одноосном растяжении бумажно-картонного материала на кривой растяжения проявляются области: упругой деформации, начала течения, пластической деформации, предразрушения, разрушения. Такое чередование областей характерно и для малоуглеродистой и низколегированной сталей [3, 4]. Это позволяет моделировать разрушение стали при испытании образцов из бумаги и использовать ее в качестве модельного материала. В работе [5] на таком материале моделировали распространение

трещин в трубах из термически армированного материала. Одной из разновидностей термически армированного материала является листовая сталь с градиентом прочности по толщине [6]. Такая сталь обладает рядом уникальных свойств [6–8]. Так, например, при пластическом изгибе на определенный угол загиба большее усилие затрачивается, если градиент прочности по толщине образца совпадает с направлением силы изгиба. При прохождении пули через сталь с градиентом прочности по толщине, длина пулевого канала меньше при совпадении градиента прочности и направления движения пули, нежели наоборот. Сопротивление, распространению пули меньше, если градиент прочности совпадает с направлением движения пули (таблица 1).

Таблица 1 – Глубина проникновения пули в заготовке [7]

Вид термической обработки	Глубина проникновения пули *, $h, \times 10^{-3} \text{ м}$	Объем повреждения * $V, \times 10^{-6} \text{ м}^3$	$V/h, *$ $\times 10^{-6} \text{ м}^2$
Нормализация	13,2	1,02	77,3
Закалка с отпуском	9,0	1,19	132,3
Одностороннее охлаждение	8,5	0,87	102,4
	9,4	0,92	98,0

\*числитель: градиент прочности совпадает с направлением движения пули; знаменатель: градиент прочности противоположен направлению движения пули.

**Целью** настоящей работы является исследование разрушения твердого тела на модельном материале.

**Материал и методика исследований.** Моделирование разрушения твердого тела проводили на ватмане плотностью  $160 \times 10^{-6} \text{ кг/м}^2$ . Из ватмана вырезали образцы размером  $200 \times 180 \times 10^{-3} \text{ м}$ . Для получения областей разной прочности достигали нанесением на ватман пентафталевого лака. Образец делился по ширине на три равные части размером  $200 \times 60 \times 10^{-3} \text{ м}$ . Одну часть образца обрабатывали лаком с двух сторон, вторую – с одной стороны в, третью оставляли чистой без обработки. Для сравнения изготавливали полностью чистые образцы, полностью обработанные лаком с одной стороны и полностью обработанные лаком с двух сторон. Испытание образцов происходило на разрывной машине FM-500 до разрушения с фиксацией нагрузки разрыва.

Напряжения разрыва подсчитывали по формуле:

$$\sigma = \frac{P}{L}, \quad (1)$$

где  $P$  – нагрузка разрыва, Н,

$L$  – ширина рабочей части образца ( $60 \times 10^{-3} \text{ м}$ ).

Образцы размером  $5 \times 50 \times 10^{-3} \text{ м}$  подвергали растяжению на разрывной машине с определением разрушающей силы.

Так как толщина листа намного меньше ширины и длины, то считаем лист плоским телом, то есть толщину листа не учитываем.

Исходную трещину на образцах наносили с краю лезвием на длину  $5 \times 10^{-3} \text{ м}$ .

Расчет одностороннего ускоренного охлаждения стальной неограниченной пластины при нестационарном режиме охлаждения при коэффициенте теплоотдачи  $3,4 \text{ кВт/м}^2\text{°С}$  выполнен в программной математической среде Mathcad с использованием справочных таблиц [9].

**Результаты исследования и их обсуждение.** Экспериментально установлено, что разрушение образцов размером  $200 \times 60 \times 10^{-3} \text{ м}$  из необработанного ватмана происходит

при нагрузке 300 Н (первый вариант), обработанных лаком с одной стороны – 400 Н (второй вариант), с двух сторон – 450 Н (третий вариант). Образцы, обработанные на три области с различными механическими свойствами, имитировали толстолистовой прокат с градиентом прочности по толщине [6].

Испытания образцов с градиентом прочности показали, что наибольшая сила разрыва получается на образцах, в которых трещина нанесена на части образца обработанные лаком с двух сторон (950 Н). На образцах с нанесенной трещиной на необработанной области разрывная сила достигает 500 Н. Таким образом, в первом варианте разрушающая сила больше, чем во втором. Разрушение образца под действием приложенной силы происходит за счет распространения трещины от места надреза к противоположенной стороне. При нанесенном надрезе уже имеется готовая трещина, которая при действии приложенной силы, превышающей предел прочности материала, начинает перемещаться. Так как бумага является моделью хрупкого тела, то сила равная прочности материала равна силе страгивания трещины. По формуле (1) рассчитаем напряжение страгивания трещины в данных случаях: первый вариант  $\sigma_{стр1} = 5 \times 10^{-3}$ Нм, второй вариант  $\sigma_{стр2} = 5,9 \times 10^{-3}$ Нм, третий вариант  $\sigma_{стр3} = 7,5 \times 10^{-3}$ Нм. Таким образом, наименьшее напряжение страгивания трещины соответствует первому варианту, когда бумага чистая. Наибольшее напряжение страгивания трещины соответствует, когда бумага покрыта лаком с двух сторон.

Для образцов имеющие три зоны прочности разрушение начинается с зоны наибольшей прочности. Это объясняется следующим. Зоны упрочнения расположены параллельно приложенной внешней силы. Захваты, растягивающие образец в процессе деформации, остаются параллельны друг другу. При одноосном растяжении стального образца должно выполняться условие неизменности формы поперечного сечения или принцип Бернулли. Это соответствует одинаковой продольной деформации для всех зон разной прочности. Схема диаграммы растяжения зон с наибольшей и наименьшей прочностью показано на рисунке 1.

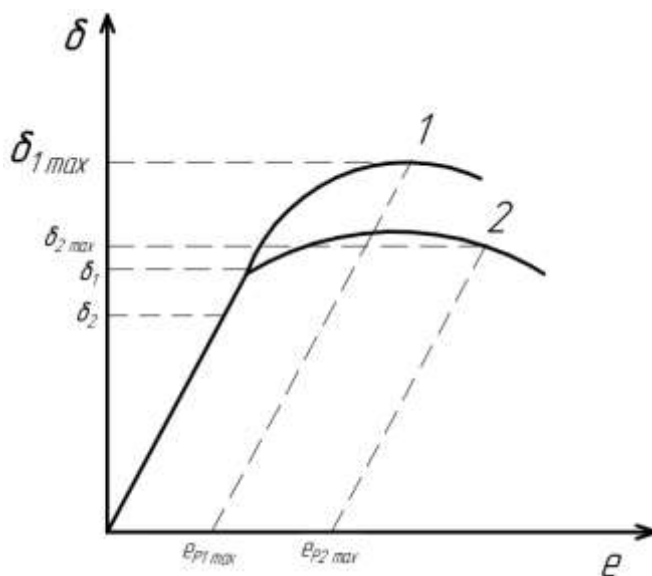


Рисунок 1 – Схема растяжения слоев наиболее прочного (1) и наименее прочного (2)

При достижении напряжения  $\delta_{1max}$ , соответствующего максимальной равномерной деформации  $\epsilon_{1pmax}$  наиболее упрочненной зоны образца начинается процесс разрушения. То есть образование трещины и ее перемещение поперек образца. Для наименее упрочненной зоны (исходного материала) максимальное напряжение при растяжении соответствует  $\delta_{2max}$ , а наибольшее равномерное удлинение равно  $\epsilon_{2pmax}$ . Промежуточные кривые упрочнения лежат между линиями 1 и 2.

Применительно к металлу схему на рисунке 1 можно интерпретировать следующим образом. С началом деформирования по всему сечению образца при достижении текучести

начинается пластическое течение. Так как упрочненные зоны имеют более высокий предел текучести, то пластическое течение будет начинаться в менее упрочненных зонах. Считая, что сечение образца не изменяется и остается плоским, в соответствии с гипотезой Бернулли, то пластическая деформация по сечению одинаковая. Для наиболее упрочненного слоя временное сопротивление разрыву будет больше, а величина максимального равномерного удлинения будет меньше. Менее упрочненные зоны характеризуются меньшим значением временного сопротивления разрыву, но большим равномерным удлинением. Поэтому начало разрушения будет соответствовать, когда наиболее упрочненная зона достигнет своего значения временного сопротивления разрушения. При этом величина равномерного относительного удлинения достигнет своего максимального значения. В этом случае образуется магистральная трещина. Вследствие этого происходит разрушение образца.

Наибольшее равномерное удлинение характеризует максимальную величину пластической деформации металла дислокационным путем [9]. После этого в том объеме металла, где исчерпан запас пластичности, происходит образование шейки. Образование шейки свидетельствует о дальнейшей невозможности накапливать внутреннюю энергию. Поэтому по теории флуктуаций энергии выбирается место с наибольшей внутренней энергией, в этом месте происходит деформация за счет формоизменения. При этом изменение дислокационной структуры минимальное.

Рассчитаем максимальное напряжение при растяжении для образца с градиентом прочности по толщине. Примем, что максимальное напряжение будет аддитивно складываться из напряжений упрочнения каждого слоя шириной  $\Delta a$ . Считаем, что взаимодействие слоев отсутствует.

С учетом упрочнения металла напряжение течения каждого слоя описывается степенным уравнением [10]:

$$S_i = \sigma_T + A_i \varepsilon_i^n, \quad (2)$$

где  $S_i$  – напряжение течения для  $i$ -слоя образца, в зависимости от деформации,  
 $\sigma_T$  – напряжение течения,  
 $A_i$  – постоянный коэффициент для  $i$ -слоя как функция расстояния по толщине,  
 $\varepsilon_i$  – деформация при растяжении,  
 $n$  – показатель, приблизительно равный 0,5.  
Тогда напряжение течения образца будет равно:

$$S = \int_0^a S_i dx = \int_0^a (\sigma_T + A_i \varepsilon_i^n) dx, \quad (3)$$

где  $a$  – толщина образца.

Напряжение страгивания трещины определится, если в уравнение (3) подставить  $\varepsilon_i = \varepsilon_p$ . Тогда напряжение страгивания трещины или напряжение разрушения образца ( $S_{\text{разр}}$ ) можно вычислить по формуле:

$$S_{\text{разр}} = \int_0^a (\sigma_T + A_i \varepsilon_p^n) dx, \quad (4)$$

На сталях спектр микроструктур по толщине можно получить односторонним ускоренным охлаждением пластины. На рисунке 2 представлено расчетное изменение температуры охлаждения пластины во времени в зависимости от расстояния от ускоренно охлаждаемой стороны. Из теплотехнического расчета определим скорость охлаждения слоев пластины в разных температурных интервалах. На ускоренно охлаждаемой поверхности переохлаждение аустенита проходит со скоростью 120 °C/с до температуры 650 °C. При этом выделяется феррит и начинается образование верхнего бейнита. Это происходит до температуры 450 °C, когда диффузия углерода резко замедляется, а железа и других



легирующих элементов слабо выражена. В температурном интервале (650–450) °С происходит образование верхнего бейнита. Исходя из этого, можно теоретически рассчитать при каких параметрах ускоренного одностороннего охлаждения можно достигнуть получения заданных микроструктур. Параметрами ускоренного охлаждения являются коэффициент теплоотдачи и плотность орошения давлением подаваемой воды. Получение заданных структур определит комплекс механических свойств стали.

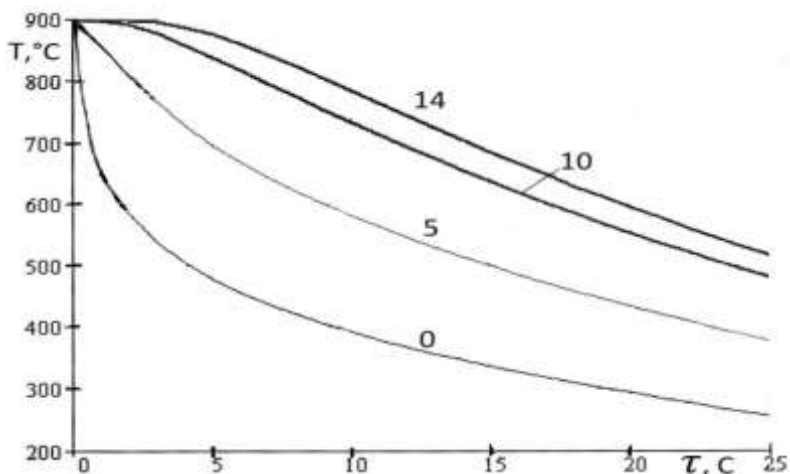


Рисунок 2 – Расчетное распределение температуры охлаждения пластины во времени по толщине (числа у кривых – расстояние от ускоренно охлаждаемой поверхности, мм)

Наиболее оптимальный комплекс механических свойств низколегированных сталей получается при зернистой морфологии верхнего бейнита. Образование зернистого бейнита характерно для сталей с содержанием углерода не более 0,25 %. Образование зернистого бейнита происходит при слабой диффузии железа и пониженной углерода.

Для определения предела текучести зернистого бейнита можно использовать уравнение Петча-Холла:

$$\sigma_T = \sigma_0 + K_y d^{1/2}, \quad (5)$$

где  $\sigma_T$  – предел текучести стали;

$\sigma_0$  – сопротивление сил Пауэрса-Набарро;

$K_y$  – коэффициент сопротивления границ бейнитных реек;

$d^{1/2}$  – длина пробега дислокаций.

**Выводы.** На основании проведенных экспериментов по растяжению модельного материала с градиентом прочности по ширине, установлено, что разрушение начинается в наиболее прочной области. Предложено объяснение этой закономерности. Направление разрушения противоположно градиенту прочности металла. Получено аналитическое выражение связывающее напряжение срагивания трещины и параметрами упрочненных слоев металла при растяжении. Применение одностороннего ускоренного охлаждения позволяет расчетным путем подобрать значения параметров охлаждения, обеспечивающие получение заданной морфологической структуры и оптимального комплекса механических свойств.

Список использованных источников:

1. Комаров В.И., Носкова Е.С., Дьякова Е.В. Использование теоретических аспектов нелинейной механики разрушения для анализа вязкоупругого поведения структуры

- бумаги и картона при приложении растягивающей нагрузки // Лесной журнал. 2009. № 2. С. 104–110.
2. Комаров В.И. Деформация и разрушение волокнистых целлюлозно-бумажных материалов. Архангельск: АГТУ, 2002. 440 с.
  3. Кроха В.А. Кривые упрочнения металлов при холодной деформации. М.: Машиностроение, 1968. 131 с.
  4. Финкель В.М. Физические основы торможения разрушения. М.: Metallurgiya, 1977. 60 с.
  5. Максимов А.Б. Распространение трещин в трубах из неоднородного материала // Известия вузов. Черная металлургия. 2013. № 7. С. 53–56.
  6. Максимов А.Б., Ерохина И.С. Свойства стального толстолистого проката с градиентом механических свойств по толщине // Вестник современных технологий. 2018. № 3 (11). С. 46–50.
  7. Maksimov A.B., Pronina J.G. Study of Bending of Plate Steel with a Through-the-Thickness Gradient of Strength Properties // Steel in Translation. 2022. Vol. 52. № 1. P. 5–10.
  8. Максимов А.Б., Ерохина И.С. Свойства толстолистого проката с градиентом прочности по толщине // Материаловедение. 2020. № 7. С. 15–19.
  9. Юренев В.Н., Лебедев П.Д. Теплотехнический справочник. М.: Энергия, 1976. Т. 2. 896 с.
  10. Максимов А.Б., Гадеев А.В. Коэффициентный мониторинг стальных конструкций и сооружений // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2023. № 3. С. 223–231.
  11. Фридман А.В. Механические свойства металлов. Деформация и разрушение. М.: Машиностроение, 1972. 472 с.

#### References:

1. Komarov V.I., Noskova E.S., D'yakova E.V. Ispol'zovanie teoreticheskix aspektov nelinejnoj mexaniki razrusheniya dlya analiza vyazkouprugogo povedeniya struktury bumagi i kartona pri prilozhenii rastyagivayushhej nagruzki [Using theoretical aspects of nonlinear fracture mechanics to analyze the viscoelastic behavior of the paper and cardboard structure when applying a tensile load]. *Lesnoj zhurnal* [Forest Magazine], 2009, no. 2, pp. 104–110. (In Russian).
2. Komarov V.I. *Deformaciya i razrushenie voloknisty`x cellyulozno-bumazhny`x materialov* [Deformation and destruction of fibrous pulp and paper materials]. Arkhangelsk, AGTU Publ., 2002, 440 p. (In Russian).
3. Krokha V.A. *Krivy`e uprochneniya metallov pri holodnoj deformacii* [Curves of metal hardening during cold deformation]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1968, 131 p. (In Russian).
4. Finkel` V.M. *Fizicheskie osnovy` tormozheniya razrusheniya* [The physical foundations of deceleration of destruction]. Moscow, Metallurgiya Publ., 1977, 60 p. (In Russian).
5. Maksimov A.B. Rasprostraneniye treshchin v trubax iz neodnorodnogo materiala [The spread of cracks in pipes made of heterogeneous material]. *Izvestiya vuzov. Chernaya metallurgiya* [News of universities. Ferrous metallurgy], 2013, no. 7, pp. 53–56. (In Russian).
6. Maksimov A.B., Erokhina I.S. Svoystva stal'nogo tolstolistovogo prokata s gradientom mexanicheskix svoystv po tolshhine [Properties of rolled steel with a gradient of mechanical properties in thickness]. *Vestnik sovremenny`x texnologij* [Bulletin of Modern technologies], 2018, no. 3 (11), pp. 46–50. (In Russian).
7. Maksimov A.B., Pronina J.G. Study of Bending of Plate Steel with a Through-the-Thickness Gradient of Strength Properties. *Steel in Translation*, 2022, vol. 52, no. 1, pp. 5–10. (In English).
8. Maksimov A.B., Erokhina I.S. Svoystva tolstolistovogo prokata s gradientom prochnosti po tolshhine [Properties of thick-rolled products with a strength gradient in thickness]. *Materialovedenie* [Materials science], 2020, no. 7, pp. 15–19. (In English).

9. Yurenev V.N., Lebedev P.D. *Teplotekhnicheskij spravochnik* [Thermal engineering reference book]. Moscow, Energiya Publ., 1976, vol. 2, 896 p. (In Russian).
10. Maksimov A.B., Gadeev A.V. Koe`rcitimetriceskij monitoring stal`ny`x konstrukci isooruzhenij [Coercive monitoring of steel structures and structures]. *Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo texnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kerch State Marine Technological University.], 2023, no. 3, pp. 223–231. (In Russian).
11. Fridman A.V. *Mexanicheskie svojstva metallov. Deformaciya i razrushenie* [Mechanical properties of metals. Deformation and destruction]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1972, 472 p. (In Russian).

Сведения об авторе / Information about author

<b>Максимов Александр Борисович</b>	канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры Машины и аппараты пищевых производств Керченский государственный морской технологический университет 298309, Россия, г. Керчь, КГМТУ, ул. Орджоникидзе, 82 aleksandrmks@yandex.ru
Maksimov Alexander Borisovich	Ph.D. (Engin.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Food Production Machines and Apparatuses Kerch State Maritime Technological University 298309, Russia, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82 aleksandrmks@yandex.ru