

ISSN 2619-0605



# Вестник

Керченского государственного  
морского технологического  
университета

ВЫПУСК 3

2023

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.  
Шибаяев С.В.  
Булли Л.И.  
Кулиш А.В.  
Пашков А.Н.  
Тылик К.В.  
Сытник Н.А.  
Шляхов В.А.

#### **Технические науки**

Алексамян 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.  
Мнацаканян 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 № 7 от 22.09.2023 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. Шibaев Сергей Вадимович – д-р биол. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», заведующий кафедрой ихтиологии и экологии
9. Булли Любовь Ивановна – канд. биол. наук, ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», доцент кафедры водных биоресурсов и марикультуры
10. Кулиш Андрей Викторович – канд. биол. наук, ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», доцент кафедры водных биоресурсов и марикультуры
11. Пашков Андрей Николаевич – канд. биол. наук, Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («АзНИИРХ»), заместитель руководителя Краснодарского отделения
12. Тылик Константин Владимирович – канд. биол. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», декан факультета биоресурсов и природопользования
13. Сытник Наталья Александровна – канд. биол. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», заведующий кафедрой экологии моря
14. 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. Алексаян 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 общепромышленных 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 менеджмента и 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»

- Абрамчук А.В., Москул Г.А., Пашинова Н.Г.** К МОРФОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ РУССКОЙ БЫСТРЯНКИ (*ALBURNOIDES VIPUNSTATUS ROSSICUS* VER G, 1924) БАССЕЙНА КУБАНИ 8
- Брагина Т.М., Менг А.О.** ДИНАМИКА ЛИМИТОВ ДОБЫЧИ *ARTEMIA* SP. (CRUSTACEA, ANOSTRACA) В СОЛЕННЫХ ОЗЕРАХ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА (КОСТАНАЙСКАЯ ОБЛАСТЬ) И НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ О МОРМОРФОМЕТРИИ ВЫРАЩЕННЫХ ОСОБЕЙ 16
- Булли Л.И., Гурьева И.С., Николаева А.Н.** МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ЭМБРИОГЕНЕЗЕ КЕФАЛЕЙ (СЕМ. MUGILIDAE) 24
- Головко Г.В., Саенко Е.М.** ОПТИМИЗАЦИЯ ЕСТЕСТВЕННОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ РЕЗЕРВА МАКРОФИТОВ ВЕСЕЛОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА 35
- Кулиш А.В., Саенко Е.М.** РАЗМЕРНЫЙ СОСТАВ И ПЛОДОВИТОСТЬ ТРАВЯНОЙ КРЕВЕТКИ *PALAEMON ADSPERSUS* RATHKE, 1836 В КЕРЧЕНСКОМ ПРОЛИВЕ (АЗОВСКОЕ МОРЕ) 47

#### Научная специальность 1.5.15 «Экология»

- Кашутина И.А., Кашутин А.Н.** ВЛИЯНИЕ ПЕСКА И СТВОРОК ТИХООКЕАНСКОЙ МИДИИ *MYTILUS TROSSULUS* (BIVALVIA: MYTILIDAE) НА ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОЩАДЕЙ БУРОЙ ВОДОРΟΣЛИ *FUCUS DISTICHUS* SUBSP. *EVANESCENS* В АВАЧИНСКОЙ ГУБЕ (ЮГО-ВОСТОЧНАЯ КАМЧАТКА) 64
- Сытник Н.А.** ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НА АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ ГОРОДА КЕРЧЬ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ 79
- Тихонова Е.А., Бурдян Н.В., Дорошенко Ю.В., Бударова В.Ю.** МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИБРЕЖНОЙ АКВАТОРИИ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ КАРСКОГО МОРЯ ЛЕТОМ 2022 ГОДА 92

#### Научная специальность 4.3.3 «Пищевые системы»

- Агеев О.В., Яшонков А.А., Самойлова Н.В.** РАЗРАБОТКА РАСЧЕТНОЙ МЕТОДИКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ РЫБОМОЕЧНЫХ МАШИН 103
- Зотова И.А., Кураш М.А., Соколов С.А.** ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПАСКАЛИЗАЦИИ ЯБЛОЧНЫХ ВЫЖИМОК НА ВЫХОД И ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗВЛЕКАЕМОГО ПЕКТИНА 115
- Катанаева Ю.А.** ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КОНВЕКТИВНОЙ СУШКИ КОЖУРЫ ГРАНАТА 126
- Ким Э.Н., Тимчук Е.Г., Глебова Е.В., Лаптева Е.П., Заяц Е.А.** МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ КОПЧЕНОЙ РЫБНОЙ ПРОДУКЦИИ 135
- Sokolov S.A., Yashonkov A.A., Sevatorov N.N., Afenchenko D.S.** COMPUTER SIMULATION OF AERODYNAMICS IN THE PROCESSING CHAMBER DURING DRYING IN A CENTRIFUGAL FLUIDIZED BED 143

## **ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ**

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

**Асташева О.М.** ХЕРСОНСКАЯ ОБЛАСТЬ: СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ 156

**Glechikova T.O., Osipova M.A., Frolova S.N.** THE PECULIARITIES OF LEGAL REGULATION OF FSBEI ACTIVITY FINANCIAL SUPPORT PLANNING 163

**Мнацаканян А.Г., Мнацаканян Р.А., Томкович А.В.** ОБЛИГАЦИОННОЕ ФИНАНСИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОГО РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА 172

**Нехайчук Д.В., Верна В.В., Скараник С.С., Воробьева А.Н.** СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОГО ТУРИЗМА В РЕСПУБЛИКЕ КРЫМ 185

**Самонова Т.Г., Сушко Н.А.** АНАЛИЗ МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ УРОВНЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ 200

## **НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ**

**Бойко Е.А., Шестак О.И.** ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ТРАНСФОРМАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫМ КОМПЛЕКСОМ РОССИИ: 1917 – 2022 ГГ. 207

**Максимов А.Б., Гадеев А.В.** КОЭРЦИТИМЕТРИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И СООРУЖЕНИЙ 223

Абрамчук А.В., Москул Г.А., Пашинова Н.Г.

**К МОРФОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ РУССКОЙ БЫСТРЯНКИ  
(*ALBURNOIDES BIPUNCTATUS ROSSICUS* BERG, 1924) БАССЕЙНА КУБАНИ**

**Аннотация.** Приводятся биологическая, экологическая и морфологическая характеристики популяции русской быстрянки (*Alburnoides bipunctatus rossicus* Berg, 1924) рек бассейна Кубани. Русская быстрянка встречается практически во всех реках бассейна Кубани. Промыслового значения не имеет, но является важным компонентом трофических цепей в экосистеме. Русская быстрянка в реках бассейна Кубани характеризуется интенсивным линейно-массовым ростом. Морфологические признаки исследуемых рыб характеризуются относительной однородностью. Коэффициенты вариации меристических и пластических признаков быстрянки реки Псекупс (бассейн Кубани) ни по одному из 37 показателей не превышают 10 %, что указывает на слабую степень варьирования. Половой зрелости достигает на втором году жизни. Нерест проходит в весенний период (май – июнь), на каменисто-галечниковых перекатах. Индивидуальная абсолютная плодовитость самок в среднем составляет  $997,5 \pm 4,74$  икринок. Спектр питания русской быстрянки в реках бассейна Кубани состоит как из растительных, так и животных организмов разнообразных таксономических групп.

**Ключевые слова:** река, бассейн Кубани, русская быстрянка, биология, экология, морфология.

Abramchuk A.V., Moskul G.A., Pashinova N.G.

**ON THE MORPHOBIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE RUSSIAN  
BYSTRYANKA (*ALBURNOIDES BIPUNCTATUS ROSSICUS* BERG, 1924) OF THE  
KUBAN BASIN**

**Abstract.** The biological, ecological and morphological characteristics of the population of the Russian bystryanka (*Alburnoides bipunctatus rossicus* Berg, 1924) of the rivers of the Kuban basin are given. Russian bystryanka is found in almost all rivers of the Kuban basin. It has no commercial significance, but it is an important component of trophic chains in the ecosystem. The Russian bystryanka in the rivers of the Kuban basin is characterized by intensive linear mass growth. Morphological features of the studied fish are characterized by relative uniformity. The coefficients of variation of meristic and plastic signs of the rapid of the Psekups River (Kuban basin) do not exceed 10% for any of the 37 indicators, which indicates a weak degree of variation. It reaches puberty in the second year of life. Spawning takes place in the spring (May – June), on stony-pebble rifts. The individual absolute fertility of females averages  $997,5 \pm 4,74$  eggs. The range of nutrition of the Russian bystryanka in the rivers of the Kuban basin consists of both plant and animal organisms of various taxonomic groups.

**Keywords:** river, Kuban basin, Russian bystryanka, biology, ecology, morphology.

**Введение.** В водоемах России (бассейны Волги, Дона, Днепра, Кубани и др.) быстрянка представлена 4-мя подвидами: *A. bipunctatus bipunctatus* Bloch, (1782) – обыкновенная быстрянка, *A. bipunctatus eichwaldi* (Filippi, 1863) – восточная быстрянка, *A. bipunctatus fasciatus* (Nordmann, 1840) – южная быстрянка, *A. bipunctatus rossicus* Берг, 1924 – русская быстрянка [1]. Однако статус подвигов дискуссионен [2-7].

В реках бассейна Кубани русская быстрянка (*Alburnoides bipunctatus rossicus* Берг, 1924) распространена в среднем и верхнем участках Кубани и практически во всех ее притоках (Большой и Малый Зеленчуки, Уруп, Лаба, Белая, Пшиш, Псекупс, Афипс и др.), единичные экземпляры встречаются в Краснодарском, Усть-Джегутинском, Большом (Черкесском) и др. водохранилищах бассейна Кубани [4, 5, 8, 9].



Несмотря на обширный ареал обитания, морфология, биология и экология русской быстрянки в водоемах бассейна Кубани изучены недостаточно. Имеющиеся в литературных источниках данные [1, 5, 9, 10] указывают лишь на присутствие русской быстрянки в тех или иных водоемах и приводятся некоторые биологические данные, но они не раскрывают полную эколого-биологическую и морфологическую характеристику данного вида.

**Цель исследования** – изучение основных биологических, экологических и морфологических характеристик популяции русской быстрянки (*Alburnoides bipunctatus rossicus* Berg, 1924) водоемов бассейна Кубани.

**Материалы и методы исследования.** Ихтиологический материал по основным биологическим, экологическим и морфологическим показателям (рост, питание, размножение, плодовитость, меристические и пластические признаки и др.) популяции русской быстрянки водоемов бассейна Кубани собирали и обрабатывали по общепринятым методикам [11-13].

Для характеристики возрастной, размерно-массовой и половой структуры популяций рыб материал отбирали из контрольных уловов, проводимых в различных участках рек.

Собранный ихтиологический материал подвергали полному биологическому анализу: измеряли, взвешивали, отбирали пробы на плодовитость и питание, а также чешую для определения возраста.

Массу рыб определяли с помощью электронных весов с точностью до 0,01 г. Возраст определяли по чешуе [11].

Пробы на плодовитость быстрянки отбирали в преднерестовый период от самок с гонадами IV – V стадий зрелости. Гонады взвешивали. Навеску икры из различных участков гонад (в 0,01 г) раскладывали на предметное стекло и под микроскопом МБС-1 просчитывали икринки каждой генерации отдельно (рис. 2). После подсчета количества икринок в навесках вычисли абсолютную и относительную плодовитость.

Районы нерестилищ и сроки нереста рыб устанавливали по концентрации производителей на мелководьях, а также по наличию самок с гонадами IV–V, V и VI стадий зрелости. В период нереста на нерестилищах измеряли температуру воды и отбирали пробы зоопланктона.

Основными критериями для выяснения биологической характеристики нерестового стада и экологии размножения русской быстрянки служили вылов текущих самок и самцов, а также особей, близких к течучести (IV–V стадий зрелости), обнаружение нерестовых миграций производителей и кладок икры на нерестилищах, которые располагаются на каменисто-галечных перекатах на глубине 20–35 см. В местах концентрации наибольшего количества производителей в районах нерестилищ измеряли температуру воды, глубину, скорость течения и выясняли характер грунта. Устанавливали количественное соотношение самок и самцов на подходах к нерестилищам.

Для определения качественного и количественного состава пищи русской быстрянки, пробы отбирали в течение всего периода нагула рыб. Каждую особь измеряли, взвешивали с точностью до 0,01 г. и отбирали чешую для определения возраста. Пищевой ком взвешивали на электронных весах с точностью до 0,01 г.

Морфометрические измерения быстрянки проводили на свежих экземплярах рыб по 37 признакам, согласно схеме измерений карповых рыб [12].

Всего собрано и обработано 312 экземпляров разновозрастных групп: на линейно-массовый рост и возраст – 312 экз., в том числе из реки Псекупс на питание – 97 экз., на плодовитость – 42 экз., на морфологическую характеристику – 36 экз. Весь собранный материал подвергся статистической обработке [14].

**Результаты исследования и их обсуждение.** Русская быстрянка небольшая рыбка, достигающая 12-16 см. Голова маленькая, рот конечный, но рыло выдается над нижней челюстью. Чешуя серебристая, средней величины, тонкая, легко опадающая. Отверстия боковой линии сверху и снизу окаймлены черными точками, поэтому вдоль боковой линии тянется пунктирная двойная полоска. Выше боковой линии иногда имеется несколько рядов темных пятнышек. Широкая темная полоса тянется от верхнего края жаберной крышки до

основания хвостового плавника. Спина у нее буровато-зеленая, брюхо серебристо-белое, спинной и хвостовой плавники зеленовато-серые, а грудные, брюшные и анальный плавники с желтоватым оттенком у основания. В период нереста (май-июнь) окраска становится более яркой.

Данные по морфологической характеристике русской быстрянки водоемов бассейна Кубани в литературных источниках практически отсутствуют. При определении ее таксономического положения ранее приводились данные по небольшому количеству меристических признаков [1, 4, 5, 9, 10]. Пластические признаки русской быстрянки рек бассейна Кубани практически не были изучены. Для их исследования нами было отобрано 36 экз. разновозрастных (1+...5+) особей из реки Псекупс (бассейн Кубани). Морфологические показатели (меристические и пластические признаки в процентах от длины тела и головы) приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Морфологические признаки русской быстрянки (*Alburnoides bipunctatus rossicus* Berg, 1924) р. Псекупс (бассейн Кубани) (n=36)

Признак	min	max	M ± m	S <sub>x</sub>	C <sub>v</sub> , %
Масса рыбы, г	6,9	12,5	10,9±0,16	1,22	11,19
Общая длина рыбы (L), см	8,2	13,6	12,2±0,14	1,17	9,59
Длина тела без С (l), см	7,4	12,2	10,8±0,13	1,05	9,72
<i>Меристические признаки.</i>					
Чешуй в боковой линии	41	52	48,4±0,29	1,62	3,35
Чешуй над боковой линией	7	9	8,5±0,07	0,48	5,65
Чешуй под боковой линией	4	5	4,6±0,03	0,29	6,30
Число неветвистых лучей в Д	2	3	2,8±0,02	0,09	3,21
Число ветвистых лучей в Д	8	9	8,6±0,04	0,24	2,79
Число неветвистых лучей в А	2	3	2,7±0,03	0,08	2,96
Число ветвистых лучей в А	12	15	14,5±0,16	0,46	3,17
Число тычинок на 1-ой жаберной дуге	5	6	5,6±0,06	0,24	4,28
Число позвонков	40	42	41,5±0,09	0,65	1,57
<i>Пластические признаки в процентах к длине тела</i>					
od–Длина туловища	69,8	76,6	74,6±0,09	0,94	1,26
fd–Длина хвостового стебля	18,6	21,8	19,2±0,06	0,31	1,61
ao–Длина головы	22,1	26,5	25,1±0,14	0,82	3,27
lm–Высота головы у затылка	13,9	17,5	15,6±0,16	0,75	4,81
ap – Длина рыла	5,2	6,4	5,9±0,05	0,21	3,56
po – Заглазничный отдел головы	11,9	13,7	12,7±0,07	0,45	3,54
np – Диаметр глаза горизонтальный	5,8	6,9	6,3±0,04	0,19	3,02
sl – Ширина лба	5,8	7,2	6,4±0,12	0,28	4,37
gh – Наибольшая высота тела	22,5	27,6	25,8±0,09	0,96	3,72
ik – Наименьшая высота тела	7,6	9,6	8,5±0,13	0,54	6,35
aq – Антедорсальное расстояние	52,2	55,8	53,2±0,09	0,93	1,75
rd – Постдорсальное расстояние	35,6	38,7	37,2±0,04	0,89	2,39
vz – Расстояние Р-V	22,1	24,9	23,7±0,05	0,41	1,73
zy – Расстояние V-A	17,4	19,1	18,8±0,03	0,42	2,23
qs – Длина основания Д	9,6	12,1	11,4±0,07	0,45	3,95
tu – Высота Д	20,3	23,9	21,8±0,07	0,72	3,30
yy <sub>1</sub> – Длина основание А	19,7	22,5	21,8±0,06	0,74	3,39
ej – Высота А	11,3	15,2	13,6±0,07	0,42	3,09
vx – Длина Р	18,6	20,4	19,6±0,02	0,84	4,29
zz <sub>1</sub> – Длина V	13,1	15,8	14,1±0,01	0,53	3,76

Продолжение таблицы 1

Признак	min	max	$M \pm m$	$S_x$	$C_v, \%$
<i>Пластические признаки в процентах от длины головы</i>					
an – Длина рыла	24,5	26,8	25,2±0,02	0,58	2,30
po – Заглазничный отдел головы	45,6	47,5	46,4±0,08	0,96	2,07
np – Диаметр глаза горизонтальный	26,5	28,8	27,7±0,04	0,84	3,03
sl – Ширина лба	32,6	37,7	35,4±0,16	1,12	3,16
lm – Высота головы у затылка	69,4	75,6	73,5±0,13	1,52	2,07

Как видно из данных таблицы 1, коэффициенты вариации меристических и пластических признаков быстрянки реки Псекупс (бассейн Кубани) ни по одному из 37 показателей не превышают 10%. Согласно Г.Ф. Лакину (1990), 10 % варьирование считается слабым. Наибольшей степенью варьирования характеризуются такие показатели, как число чешуй над и под боковой линией ( $C_v = 5,65 \%$  и  $C_v = 6,30 \%$  соответственно), число тычинок на 1-ой жаберной дуге ( $C_v = 4,28 \%$ ), ширина лба ( $C_v = 4,37 \%$ ), наименьшая высота тела ( $C_v = 6,35\%$ ), высота головы у затылка ( $C_v = 4,81 \%$ ), длина грудного плавника Р ( $C_v = 4,29 \%$ ).

Таким образом, анализ данных статистической обработки русской быстрянки из реки Псекупс (бассейн Кубани) показал, что они не выходят за пределы вариаций признаков, характерных для данного подвида (*Alburnoides bipunctatus rossicus* Berg, 1924).

Русская быстрянка рек бассейна Кубани становится половозрелой на втором-третьем году жизни. Самцы созревают на год раньше самок, при длине 6,4 – 7,5 см, самки – на третьем году, при длине 7,8–10,2 см.

Нерестится быстрянка в мае-июне на каменисто-галечниковых перекатах, на глубине 20-35 см, при температуре воды 12,5–17,5°C. В нерестовом стаде преобладают 2-3-годовалые самцы и 3-5-годовалые самки. Нерест порционный. В яичниках самок отчетливо видны три порции икры и яйцеклетки генерации следующего года (рис. 1).

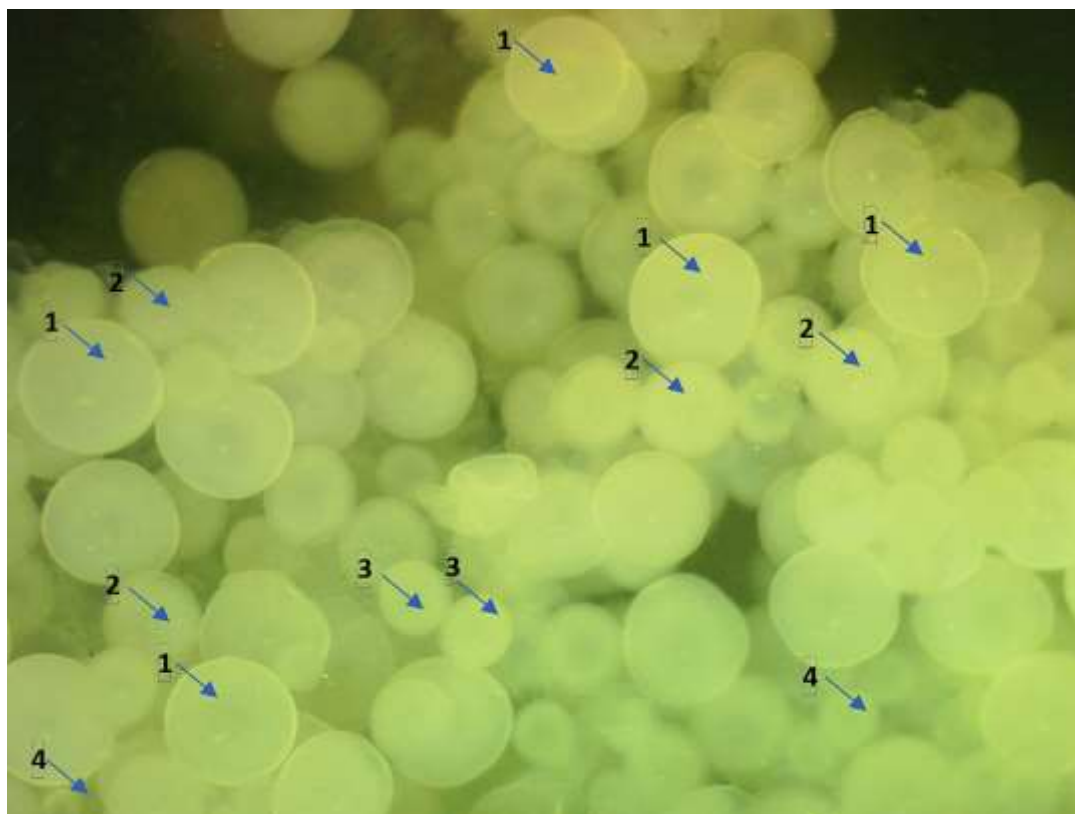


Рисунок 1 – Икра русской быстрянки  
1–4 – ооциты различных стадий развития

Икра желтоватого цвета, приклеивается к субстрату (камни и крупная галька). Диаметр икринок 1 генерации колеблется от 0,6 до 0,8 мм (в среднем  $0,78 \pm 0,18$ ), второй – от 0,4 до 0,5 мм (в среднем  $0,46 \pm 0,13$ ) и третьей генерации от 0,3 до 0,2 мм (в среднем  $0,27 \pm 0,14$ ).

Инкубационный период длится от 6 до 14 дней, при температуре воды  $12,5 - 14,5^\circ\text{C}$ , он составляет 10 – 12 дней, а при  $15 - 17,5^\circ\text{C}$  – 6 – 8 дней.

Индивидуальная абсолютная плодовитость, с учетом всех трех генераций, колеблется от 615 до 1375 икринок в среднем –  $997,5 \pm 4,74$ . С увеличением длины, массы и возраста рыб, абсолютная плодовитость быстрянки заметно увеличивается (табл. 2).

Таблица 2 – Плодовитость русской быстрянки (*Alburnoides bipunctatus rossicus* Berg, 1924) р. Псекупс (бассейн Кубани)

Возраст	Длина, см	Масса, г	Плодовитость, шт.					ИОП, икр./г	n
			Порции икры			M ± m	ИОП, икр./г		
	M ± m	M ± m	1-я	2-я	3-я				
2+	$9,9 \pm 0,02$	$8,8 \pm 0,07$	227-291	221-283	167-213	$692 \pm 6,3$	78,64	11	
3+	$11,5 \pm 0,03$	$10,4 \pm 0,02$	306-360	298-350	224-263	$918 \pm 5,9$	88,27	12	
4+	$12,4 \pm 0,06$	$11,9 \pm 0,02$	379-438	369-427	277-320	$1102 \pm 6,4$	92,61	10	
5+	$13,6 \pm 0,05$	$13,2 \pm 0,08$	459-509	446-495	335-371	$1278 \pm 5,2$	96,82	9	
Ср.	$11,7 \pm 0,11$	$11,1 \pm 0,10$	$371 \pm 9,98$	$361 \pm 9,69$	$271 \pm 7,20$	$997,5 \pm 4,7$	$89,1 \pm 1,12$	$\Sigma = 42$	

Примечание: ИОП – индивидуальная относительная плодовитость

Что касается индивидуальной относительной плодовитости, то она также увеличивается с возрастом рыбы и составляет в среднем  $89,1 \pm 1,12$  икр./г массы тела.

Растет русская быстрянка в реках бассейна Кубани достаточно интенсивно. Исследования показали, что её темпы линейного и массового роста сравнительно высокие, в каждом водоеме и в каждой возрастной группе имеются незначительные колебания, что объясняется различными условиями нагула.

Годовые приросты длины и массы тела, варьируют как по рекам бассейна Кубани, так и по возрастным группам (табл. 3). Наиболее интенсивный рост наблюдается у быстрянки из реки Псекупс.

Таблица 3 – Среднемноголетний рост русской быстрянки (*Alburnoides bipunctatus rossicus* Berg, 1924) рек бассейна Кубани

Водоем	Возраст							n
	0+	1+	2+	3+	4+	5+	6+	
	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m	
р. Большой Зеленчук	$5,4 \pm 0,02$	$7,2 \pm 0,04$	$9,2 \pm 0,06$	$10,0 \pm 0,07$	$10,8 \pm 0,04$	$11,2 \pm 0,04$	–	25
	$4,4 \pm 0,06$	$6,2 \pm 0,06$	$8,2 \pm 0,01$	$8,6 \pm 0,02$	$9,8 \pm 0,08$	$10,7 \pm 0,07$		
р. Уруп	$5,6 \pm 0,05$	$7,8 \pm 0,07$	$9,2 \pm 0,02$	$10,6 \pm 0,03$	$11,6 \pm 0,06$	$12,4 \pm 0,05$	–	32
	$4,6 \pm 0,03$	$6,8 \pm 0,02$	$8,4 \pm 0,07$	$9,4 \pm 0,02$	$10,4 \pm 0,02$	$11,6 \pm 0,08$		
р. Лаба	$6,2 \pm 0,02$	$8,3 \pm 0,04$	$9,2 \pm 0,06$	$11,0 \pm 0,07$	$12,2 \pm 0,04$	$13,2 \pm 0,04$	$14,3 \pm 0,04$	35
	$4,4 \pm 0,06$	$6,2 \pm 0,06$	$8,8 \pm 0,01$	$10,2 \pm 0,02$	$11,4 \pm 0,08$	$12,6 \pm 0,08$	$13,2 \pm 0,08$	
р. Белая	$5,6 \pm 0,02$	$7,6 \pm 0,07$	$8,6 \pm 0,08$	$10,4 \pm 0,06$	$11,6 \pm 0,07$	$12,2 \pm 0,03$	$12,8 \pm 0,03$	28
	$4,8 \pm 0,01$	$6,5 \pm 0,04$	$7,4 \pm 0,04$	$8,4 \pm 0,04$	$9,8 \pm 0,08$	$10,6 \pm 0,08$	$11,2 \pm 0,08$	
р. Псекупс	$6,0 \pm 0,03$	$8,2 \pm 0,02$	$9,8 \pm 0,05$	$11,4 \pm 0,02$	$12,2 \pm 0,04$	$13,4 \pm 0,09$	$14,6 \pm 0,09$	192
	$5,0 \pm 0,02$	$6,4 \pm 0,05$	$8,2 \pm 0,03$	$10,2 \pm 0,06$	$11,6 \pm 0,08$	$12,8 \pm 0,08$	$13,4 \pm 0,08$	
Средняя	$5,8 \pm 0,01$	$7,8 \pm 0,01$	$9,2 \pm 0,02$	$10,7 \pm 0,01$	$11,7 \pm 0,02$	$12,5 \pm 0,03$	$13,5 \pm 0,03$	$\Sigma = 312$
	$4,7 \pm 0,01$	$6,4 \pm 0,01$	$8,2 \pm 0,01$	$9,4 \pm 0,01$	$10,6 \pm 0,01$	$11,7 \pm 0,01$	$12,6 \pm 0,01$	
Годовой прирост	–	$2,0 \pm 0,04$	$1,4 \pm 0,04$	$1,5 \pm 0,03$	$1,0 \pm 0,05$	$0,8 \pm 0,06$	$1,0 \pm 0,06$	–
		$1,7 \pm 0,02$	$1,8 \pm 0,02$	$1,2 \pm 0,04$	$1,2 \pm 0,04$	$1,1 \pm 0,06$	$0,9 \pm 0,07$	

Примечание: над чертой – длина, см  
под чертой – масса, г

Как видно из данных таблицы 3, темп роста русской быстрянки из различных рек бассейна Кубани, практически не отличается. Русская быстрянка редко достигает длины 15 см, обычно 10–12 см и массы – 9–10 г. Продолжительность жизни русской быстрянки в водоемах бассейна Кубани составляет 4–6 лет.

Сведения о питании русской быстрянки в реках бассейна Кубани в литературных источниках практически отсутствуют. Наши исследования показывают, что её трофический спектр в основном состоит из зоопланктона, растительности (нитчатые водоросли), а также воздушных насекомых и икры рыб. Удельный вес каждого из них в пище изменяется в зависимости от возраста особей (рис. 2).

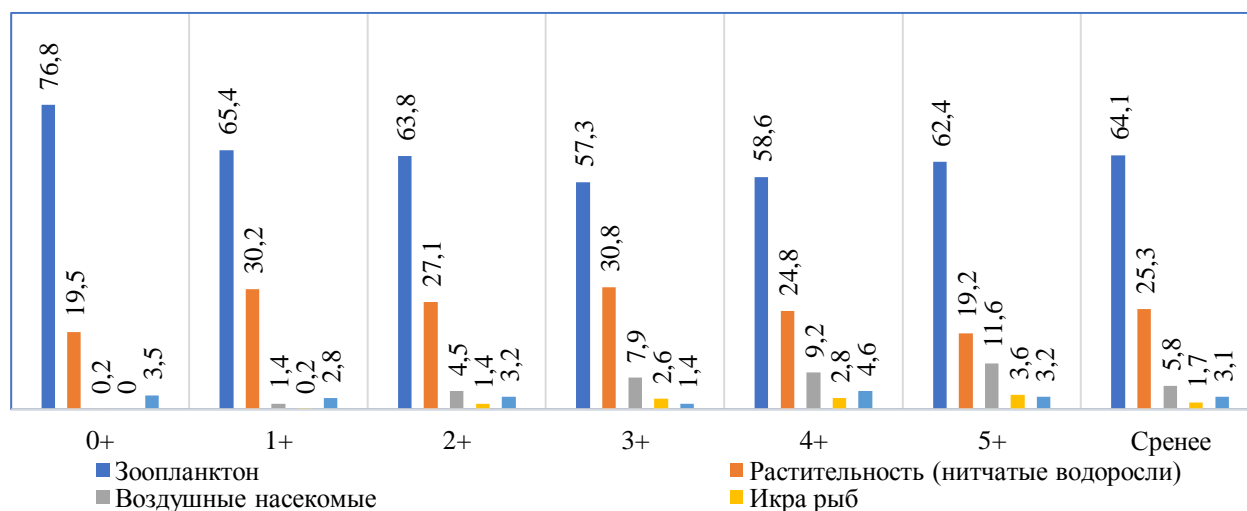


Рисунок 2 – Возрастные изменения качественного и количественного состава пищи русской быстрянки реки Псекупс, % по массе

Определенные изменения проявляются в характере питания быстрянки в зависимости от сезона года. Весной в пищевом рационе преобладают зоопланктонные организмы (48% по массе), а также большую роль в её питании играет икра различных видов рыб. Икра рыб появляется во время нереста рыбака, шемаи и других весеннее нерестующих видов. В это время (середина апреля – начало июня) икра в кишечнике встречалась практически у всех исследованных особей. Икринки просчитывались только, когда они были целыми. Сведения о питании быстрянки икрой рыб имеются так же в литературных источниках [15].

В летний период рацион питания быстрянки состоит в основном из нитчатых водорослей и воздушных насекомых, помимо которых встречаются зоопланктонные организмы (веслоногие и ветвистоусые рачки).

В осенний период интенсивность питания русской быстрянки ослабевает. В это время в её питании по-прежнему доминируют нитчатые водоросли и ракообразные (веслоногие рачки).

Индекс наполнения кишечника варьирует от 54,7 до 99,8, в среднем составляя  $79,8 \pm 0,48$  ‰. Коэффициент упитанности русской быстрянки колеблется по возрастным группам от 0,55 до 2,73, при среднем значении  $1,15 \pm 0,02$ .

**Выводы.** Проведенные исследования показали, что русская быстрянка встречается практически во всех реках бассейна Кубани. Промыслового значения не имеет, но является важным компонентом трофических цепей в экосистеме.

Русская быстрянка в реках бассейна Кубани характеризуется интенсивным линейно-массовым ростом. Половой зрелости достигает на втором году жизни. Нерест проходит в весенний период (май–июнь), на каменисто-галечниковых перекатах. Индивидуальная абсолютная плодовитость самок колеблется от  $692 \pm 6,3$  до  $1278 \pm 5,2$ , составляя в среднем  $997,5 \pm 4,74$  икринок.

Результаты исследования показали, что спектр питания русской быстрянки в реках бассейна Кубани состоит как из растительных, так и животных организмов разнообразных таксономических групп.

Считаем необходимым провести более детальные исследования для изучения таксономической принадлежности и установления статуса русской быстрянки в водоемах бассейна Кубани, используя помимо биолого-морфологических, молекулярно-генетические и биохимические методы.

Список использованной литературы.

1. *Берг Л.С.* Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран: в 3 ч. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1948-1949. Ч. 1-3. 1384 с.
2. Аннотированный каталог круглоротых и рыб континентальных вод России / под ред. Ю.С. Решетникова. М.: Наука, 1998. 218 с.
3. Атлас пресноводных рыб России: в 2 т. / под общ. ред. Ю. С. Решетникова. М.: Наука, 2002. Т. 1. 378 с.
4. *Абрамчук А.В., Иваненко А.М.* Ихтиофауна бассейна Кубани: учебное пособие. Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2018. 195 с.
5. *Москул Г.А.* Рыбы водоёмов бассейна Кубани: определитель. Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2021. 312 с.
6. *Bogutskaya N.G., Cod B.W.* A review of vertebral and finray counts in the genus *Alburnoides* (Teleostei: Cyprinidae) with a description of six new species // *Zoosystematica Rossica*. 2009. V. 18. № 1. P. 126-173.
7. *Sanda R., Mlikovsky J.* Authorship and type specimens of *Alburnoides kubanicus* (Teleostei: Cyprinidae) // *Zootaxa*. 2012. Vol. 3498. P. 87-88.
8. *Козлов В.И.* Экологическое прогнозирование ихтиофауны пресных вод. М.: ВНИИ морского рыбного хозяйства и океанографии, 1993. 252 с.
9. *Емтыль М.Х., Иваненко А.М.* Рыбы юго-запада России: учебное пособие. Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2002. 340 с.
10. *Троицкий С.К., Цуникова Е.П.* Рыбы бассейнов нижнего Дона и Кубани: руководство по определению видов. Ростов-н/Д: Ростовское книжное издательство, 1988. 112 с.
11. *Чугунова Н.И.* Руководство по изучению возраста и роста рыб. М.: Наука, 1959. 164 с.
12. *Правдин И.Ф.* Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) / под ред. П.А. Дрягина, В.В. Покровского. М.: Пищевая промышленность, 1966. 376 с.
13. Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях. М.: Наука, 1974. 251 с.
14. *Лакин Г.Ф.* Биометрия. М.: Наука, 1990. 347 с.
15. *Мусатова Г.Н.* Роль сорной рыбы на местах нереста кубанской севрюги // Труды рыбоводно-биологической лаборатории Азчергосрыбвода. 1957. Вып. 2. С. 143-151.

References:

1. Berg L.S. *Ryby presnyh vod SSSR i sopredel'nyh stran* [Fresh water fish of the USSR and neighboring countries]. Moscow, Leningrad, USSR Academy of Sciences Publ., 1948-1949, part 1-3, 1384 p. (In Russian).
2. Reshetnikov Yu.S. (ed.) *Annotirovannyj katalog kruglorotyh i ryb kontinental'nyh vod Rossii* [Annotated catalog of roundworms and fishes of the continental waters of Russia]. Moscow, Nauka Publ., 1998, 218 p. (In Russian).
3. Reshetnikov Yu.S. (ed.) *Atlas presnovodnyh ryb Rossii* [Atlas of freshwater fishes of Russia]. Moscow, Nauka Publ., 2002, vol. 1, 378 p. (In Russian).
4. Abramchuk A.V., Ivanenko A.M. *Ihtiofauna bassejna Kubani* [Ichthyofauna of the Kuban basin]. Krasnodar, Kuban State University Publ., 2018, 195 p. (In Russian).
5. Moskul G.A. *Ryby vodoyomov bassejna Kubani: opredelitel'* [Fishes of reservoirs of the Kuban basin: determinant]. Krasnodar, Kuban State University Publ., 2021, 312 p. (In Russian).
6. Bogutskaya N.G., Cod B.W. A review of vertebral and finray counts in the genus *Alburnoides* (Teleostei: Cyprinidae) with a description of six new species. *Zoosystematica Rossica*, 2009, vol. 18, no. 1, pp. 126-173. (In English).
7. Sanda R., Mlikovsky J. Authorship and type specimens of *Alburnoides kubanicus* (Teleostei: Cyprinidae). *Zootaxa*, 2012, vol. 3498, pp. 87-88. (In English).

8. Kozlov V.I. *Ekologicheskoe prognozirovanie ihtiofauny presnyh vod* [Ecological forecasting of freshwater ichthyofauna]. Moscow, Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography Publ., 1993, 252 p. (In Russian).
9. Emytl' M.H., Ivanenko A.M. *Ryby yugo-zapada Rossii* [Fish of the south-west of Russia]. Krasnodar, Kuban State University Publ., 2002, 340 p. (In Russian).
10. Troickij S.K., Cunikova E.P. *Ryby bassejnov nizhnego Dona i Kubani: rukovodstvo po opredeleniyu vidov* [Fish of the basins of the Lower Don and Kuban: a guide to the definition of species]. Rostov-on-Don, Rostovskoye knizhnoe izdatel'stvo Publ., 1988, 112 p. (In Russian).
11. Chugunova N.I. *Rukovodstvo po izucheniyu vozrasta i rosta ryb* [A guide to the study of the age and growth of fish]. Moscow, Nauka Publ., 1959, 164 p. (In Russian).
12. Pravdin I.F., Dryagin P.A. (ed.), Pokrovsky V.V. (ed.) *Rukovodstvo po izucheniyu ryb (preimushchestvenno presnovodnyh)* [Guidelines for the study of fish (mainly freshwater)]. Moscow, Pishchevaya promyshlennost' Publ., 1966, 376 p. (In Russian).
13. *Metodicheskoe posobie po izucheniyu pitaniya i pishchevyh otnoshenij ryb v estestvennyh usloviyah* [Methodological guide for the study of nutrition and food relations of fish in natural conditions]. Moscow, Nauka Publ., 1974, 251 p. (In Russian).
14. Lakin G.F. *Biometriya* [Biometrics]. Moscow, Nauka Publ., 1990, 347 p. (In Russian).
15. Musatova G.N. Rol' sornoj ryby na mestah neresta kubanskoj sevryugi [The role of weed fish in the spawning areas of the Kuban sevryuga]. *Trudy rybovodno-biologicheskoy laboratorii Azchergosrybvoda* [Proceedings of the fish-breeding and biological laboratory of Azchergosrybvod], 1957, no. 2, pp. 143-151. (In Russian).

Сведения об авторах / Information about authors

- Абрамчук  
Алексей Васильевич** канд. с.-х. наук, доцент, заведующий кафедрой водных биоресурсов и аквакультуры  
Кубанский государственный университет  
350040 Краснодарский край, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149  
apilab@yandex.ru
- Abramchuk  
Alexey Vasilyevich Ph.D. (Agricult.), Associate Professor, Professor of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture  
Kuban State University  
350040 Krasnodar Territory, Krasnodar, Stavropol'skaya str., 149  
apilab@yandex.ru
- Москул  
Георгий Алексеевич** д-р биол. наук, профессор, профессор кафедры водных биоресурсов и аквакультуры  
Кубанский государственный университет  
350040 Краснодарский край, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149  
gmoskul@bk.ru
- Moskul  
Georgy Alekseevich Dr. Sci (Biol.), Professor, Professor of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture  
Kuban State University  
350040 Krasnodar Territory, Krasnodar, Stavropol'skaya str., 149  
gmoskul@bk.ru
- Пашинова  
Наталья Георгиевна** канд. биол. наук, доцент, доцент кафедры водных биоресурсов и аквакультуры  
Кубанский государственный университет  
350040 Краснодарский край, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149  
pashinova@bk.ru
- Pashinova  
Natalia Georgievna Ph.D (Biol.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture  
Kuban State University  
350040 Krasnodar Territory, Krasnodar, Stavropol'skaya str., 149  
pashinova@bk.ru

УДК 595.323.1:639.2.055

DOI: 10.26296/2619-0605.2023.3.3.002

Брагина Т. М., Мэнг А. О.

**ДИНАМИКА ЛИМИТОВ ДОБЫЧИ *ARTEMIA SP.* (CRUSTACEA, ANOSTRACA)  
В СОЛЕННЫХ ОЗЕРАХ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА (КОСТАНАЙСКАЯ ОБЛАСТЬ)  
И НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ О МОРФОМЕТРИИ ВЫРАЩЕННЫХ ОСОБЕЙ**

**Аннотация.** Артемия *Artemia sp.* является ценным промысловым биологическим ресурсом для выращивания рыб и ракообразных в аквакультуре. В Северном Казахстане имеется большое количество гиперсоленых озер, потенциально пригодных для ее добычи и промышленного освоения. Однако сведений о биологических особенностях артемии и анализа данных по ее добыче в регионе немного. Целью работы является анализ выделенных лимитов в 2018–2022 гг. для промышленного вылова жаброногого рачка *Artemia sp.* в Северном Казахстане на примере Костанайской области и морфометрических показателей особей, выращенных в лабораторных условиях из цист, собранных из озер региона. На основании проведенных работ получены морфометрические данные половозрелых особей артемии по двум параметрам (длина и масса тела) и анализ лимитов ее добычи в Костанайской области.

**Ключевые слова:** артемия, промысел, лимиты, морфометрические показатели.

Bragina T. M., Meng A. O.

**DYNAMICS OF THE HARVESTING LIMITS FOR THE BRINE SHRIMP *ARTEMIA SP.*  
(CRUSTACEA, ANOSTRACA) IN THE SALINE LAKES OF NORTHERN KAZAKHSTAN  
(KOSTANAY REGION) AND SOME MORPHOMETRIC DATA ON THE INDIVIDUALS  
REARED IN CULTURE**

**Abstract.** *Artemia sp.* is a commercially valuable biological resource used in the cultivation of fish and crustaceans. Many hypersaline lakes in Northern Kazakhstan are prospectively suitable for *Artemia* harvesting for aquaculture purposes. However, the information on the biological characteristics of brine shrimps is scarce, and the changes in harvesting limits for the region are poorly analyzed. This article is aimed at the analysis of the limits for commercial exploitation of the branchiopod *Artemia sp.* in Northern Kazakhstan (based on the data collected in Kostanay Region) in 2018–2022 and examination of the morphometric characteristics of the specimens reared in laboratory conditions from the cysts harvested in the lakes of the region. Following the surveys conducted in Kostanay Region, the morphometric data of sexually mature *Artemia* individuals have been obtained for two parameters (body length and body weight), and the harvesting limits for this region have been analyzed.

**Keywords:** brine shrimp, harvesting, exploitation limits, morphometric parameters.

**Введение.** Артемия *Artemia sp.* (Crustacea, Anostraca), как обитатель гипергалинных водоемов, распространена по всему миру, за исключением Антарктиды [1, 2]. Этот жаброногий рачок является одним из уникальных и ценных для научного изучения представителей животного мира, обладающий самой совершенной осморегуляционной системой и пластичностью [3, 4], в том числе за счет способности к длительному нахождению в состоянии покоя [5, 6]. Для артемии характерно множество партеногенетических популяций с разной ploидностью, в связи с чем возникает много вопросов о видовой принадлежности [6]. В настоящее время выделяют до 7 видов артемий (*Artemia franciscana* Kellogg, 1906; *A. persimilis* Piccinelli and Prosdocimi, 1968; *A. salina* Linnaeus, 1758; *A. sinica* Cai, 1989; *A. species* Pilla and Beardmore, 1994; *A. tibetiana* Abatzopoulos, Zhang and Sorgeloos, 1998 и *A. urmiana* Günther, 1899), при этом особей из партеногенетических рас рекомендовано включать в группу *A. parthenogenetica* Bowen and Sterling, 1978 [7]. Тем не менее, в рыбоводстве артемию до сих пор часто называют *Artemia*



*salina*. Недостаточно сведений о биологических и экологических особенностях артемии в регионе, в том числе морфометрических показателей. В связи с этим расширение исследований и детальное изучение особенностей биологии *Artemia* sp. является актуальным.

В хозяйственном отношении наиболее востребованы цисты артемии, которые являются важным биологическим ресурсом в качестве стартового корма в морской и пресноводной аквакультуре рыб и ракообразных и превосходят по питательной ценности и сбалансированности состава любые искусственные корма [8]. В Костанайской области расположено значительное число водоемов, в которых разведаны промысловые запасы кормовых беспозвоночных. В Республике Казахстан ежегодно устанавливаются лимиты вылова водных биоресурсов, в том числе артемии, регулируемые Законом РК от 9 июля 2004 года «Об охране, воспроизводстве и использовании животного мира» (с дополнениями и изменениями). В то же время при анализе использования лимитов на вылов водных беспозвоночных, например, по вылову речного рака *Pontastacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823), была отмечена нестабильность использования ресурса в регионе вплоть до потери промыслового значения отдельных водоемов и значительного снижения разрешенного [9].

**Целью данной работы** является анализ динамики лимитов добычи цист артемии в соленых озерах Костанайской области и изучение развития и морфометрических показателей половозрелых особей (длина тела и масса), выращенных в искусственных условиях из цист местных водоемов.

**Материалы и методы исследования.** Анализ динамики лимитов на вылов артемии в Костанайской области проведен за период 2018-2022 гг. на основе ежегодно выделяемых лимитов вылова рыбы и других водных животных в рыбохозяйственных водоемах согласно законодательству Республики Казахстан в разрезе областей и водоемов.

Для изучения морфометрических показателей использовались два параметра - длина тела (в мм) и масса (в мг) половозрелых особей артемии (17 самок), которые были выращены в лабораторных условиях из свежих цист, собранных на озере Саз (район Бегимбета Майлина). Для выращивания рачков были созданы следующие условия: яйца артемии (цисты) были помещены в емкость с природной родниковой водой с добавлением поваренной соли (NaCl) (не йодированной) из расчета 25 г на 1 литр воды, температура воды поддерживалась на уровне 25-26°C, обеспечивался постоянный световой режим. В емкости были также помещены водоросли *Vallisneria spiralis* L., с 10-дневного возраста науплиусов проводили подкормку.

В процессе работы наблюдали за развитием артемии с контролем в режиме фотофиксации, используя бинокулярный микроскоп марки «Ломо» Микмед-5.

Все фотографии выполнены авторами.

Половозрелые особи артемии измерялись с помощью стандартных измерительных приборов. Для определения биомассы использовались электронные аналитические весы RADWAG AS 60/220/C/2 (цена деления 0,01/0,1 мг, класс точности по ГОСТ 53228-2008: I специальный). Материалы обработаны статистически с применением программы Microsoft Excel.

#### **Результаты исследований и их обсуждение**

Наблюдения за развитием артемий до половозрелого взрослого состояния велись в лабораторных условиях из цист, которые были собраны осенью 2022 года. Сборы проводились в Костанайской области на озере Саз (географические координаты 52.2078° с. ш., 62.8842° в. д. на высоте 185 м над уровнем моря, рис. 1).



Рисунок 1 – Карта-схема озера Саз. Костанайская область, 2023 год  
(источник: <https://yandex.ru/maps/>)

Из цист науплиусы вышли через 48 часов. Размеры тела науплиусов были в пределах  $0,5 \pm 0,004$  мм (рис. 2), что в целом соответствует литературным данным [3, 10].



Рисунок 2 – Науплиус *Artemia* spp. в первый день после вылупления.  
Костанайская область. 2022 год

Подкормка науплиусов была начата через десять дней после вылупления (при наличии водоросли *Vallisneria spiralis* L.). В качестве подкормки использовались пекарские дрожжи в

количестве 0,03 грамма на 1 л воды. На девятый день после вылупления рачков появились метанауплисы с длиной тела около 3 мм (рис. 3). На пятнадцатый день с момента вылупления науплиусов появились ювенильные особи (рис. 4). В этот период для них были характерны удлиненное брюшко и туловище, появление грудных ножек и развитие боковых сложных глаз. Размеры тела достигали 6,0 мм.



Рисунок 3 – Метанауплиусы *Artemia* spp.  
Костанайская область, 2022 год



Рисунок 4 – Ювенильная стадия развития  
*Artemia* spp. Костанайская область, 2022 год

На 25 день появились предвзрослые особи (рис. 5, 6). Размеры их тела достигли 8,0 мм. Этот этап характеризовался наличием зачаточных генитальных структур.



Рисунок 5 – Предвзрослые особи  
*Artemia* spp. 25 дней. Костанайская  
область. 2022 год



Рисунок 6 – Передний конец  
предвзрослой особи *Artemia* spp. 25 дней.  
Костанайская область. 2022 год

Максимальная длина тела выращенных в искусственных условиях половозрелых

взрослых особей ( $n = 17$  самок ♀♀) достигла 12,0 мм, минимальная – 10,1 мм. Средняя длина тела обследованных особей составила  $11,0 \pm 0,3$  мм (рис. 7). Вариабельность измерений низкая, так как коэффициент вариации (CV) равен 7,4 %, что указывает на сходство по длине измеренных особей. Показатель точности ( $p = 2,72$ ) и вычисленная достоверность ( $t_m = 36,6$ ) при сравнении с данными по таблице Стьюдента указывают на то, что полученные результаты достоверны при точности 0,95. Максимальная масса взрослой особи составила 12,2 мг, минимальная – 9,0 мг. Масса тела обследованных особей в среднем составила  $10,7 \pm 0,42$  мг. Коэффициент вариации 10,0 % указывает на сходство по биомассе измеренных особей. Показатель точности (3,92) и вычисленная достоверность (25,47) при сравнении с данными по таблице Стьюдента указывают на достоверность полученных результатов (при точности в 0,95).

Сравнение морфометрических показателей длины и массы тела половозрелых взрослых самок артемии с измерениями в других регионах показывает их близкие значения длины тела. Так, в пробах из соленых озер Западной Сибири половозрелые самки имели длину тела от 6,3 до 12,3 мм (в среднем по популяциям 8,47-9,85 мм). В то же время масса тела в соленых озерах Западной Сибири была ниже и в среднем составляла  $4,8 \pm 0,14$  мг [3]. Для Северо-Казахстанской области приведены данные, что в конце июля 2018 года популяция рачка в озере была представлена всеми возрастными стадиями развития, в условиях высокой солености (около 190 г/л) развивались самки длиной 8,98 мм [10].

Главным принципом рационального изъятия биологических ресурсов является сохранение естественного воспроизводства в популяциях. В Костанайской области на каждый водоем (соленые озера), изобилующий артемиями, выделяются лимиты добычи. Максимальные лимиты изъятия цист артемии для Костанайской области были установлены в 2019 году (146,1 тонн), несколько ниже в 2022 году (108,0 тонн), 2020 году (81,7 тонн), 2018 году (62,4 тонн). Минимальный разрешенный объем сбора цист артемии в области был в размере 9,5 тонн, что в разы меньше максимальных лимитов в изучаемый период (рис. 3).

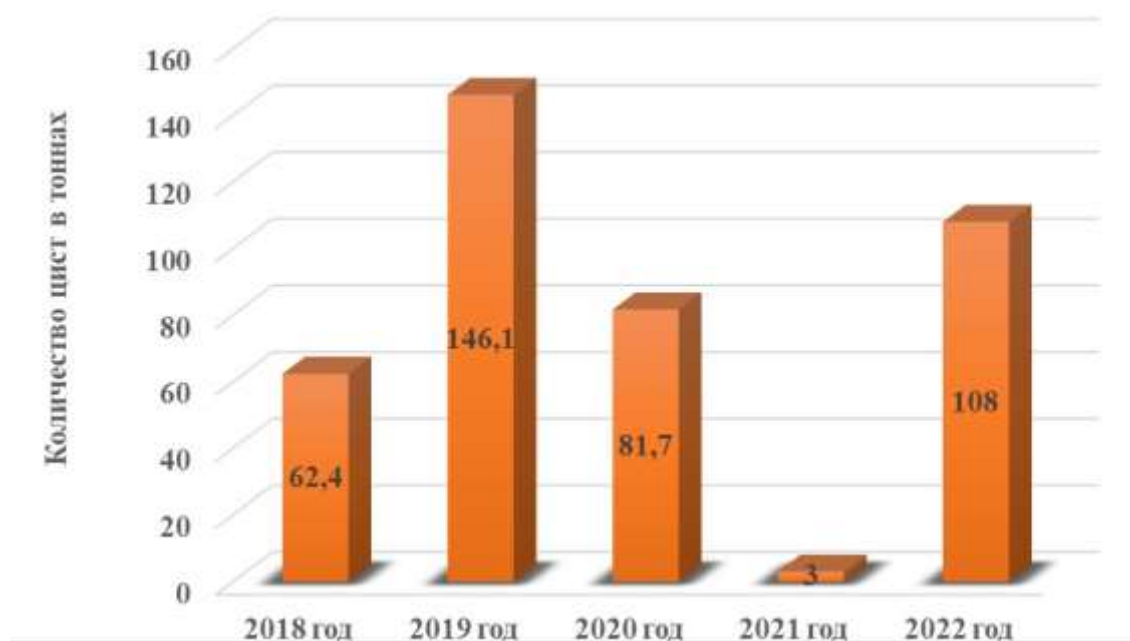


Рисунок 7 – Динамика лимитов изъятия цист артемии в Костанайской области (в тоннах) в 2018-2022 гг.

В исследуемый период число водоемов, разрешенных для изъятия цист артемии, варьировало от одного озера (озеро Карасор) с 15 февраля 2017 года по 15 февраля 2018 года, до пяти водоемов с 1 июля 2022 года по 1 июля 2023 года.

**Выводы.** На территории Костанайской области (Северный Казахстан, Тобол-Торгайский бассейн) насчитывается большое число гипергалинных водоемов, имеющих промысловое значение, в которых доминируют жаброногие рачки *Artemia* sp., что вызывает несомненный научный и коммерческий интерес. Род *Artemia* включает комплекс видов-двойников и надвидов, которые определяются по особенностям репродуктивной изоляции. Максимальная длина тела выращенных в искусственных условиях половозрелых особей из местного материала (цист) достигала 12,0 мм, минимальная – 10,1 мм. Средняя длина тела составила  $11,0 \pm 0,3$  мм. Максимальная масса взрослой половозрелой особи достигала 12,2 мг, минимальная – 9,0 мг. Масса тела выращенных в искусственных условиях особей в среднем составила  $10,7 \pm 0,42$  мг, что почти в два раза превышает показатели массы тела артемии из соленых водоемов Западной Сибири.

Анализ ежегодно выделяемых лимитов вылова рыбы и других водных животных в рыбохозяйственных водоемах, согласно законодательству Республики Казахстан, в разрезе областей и водоемов для промышленного вылова жаброногого рачка *Artemia* sp. лимитов в 2018-2022 гг. показал значительные колебания как по разрешенной массе изъятия, так и по числу рекомендованных водоемов. Максимальные лимиты изъятия цист артемии для Костанайской области были установлены в 2019 году (146,1 тонн), минимальный разрешенный объем сбора цист артемии в области наблюдался – 9,5 тонн, что в разы меньше максимальных лимитов в изучаемый период. Это, вероятно, связано с тем, что объем изъятия цист артемии мог быть превышен в предыдущие годы или в связи с устоявшимся длительным засушливым периодом. Может иметь значение также незаконный, несообщаемый и нерегулируемый промысел на отдельных водоемах. Число разрешенных водоемов в изучаемый период варьировало от одного озера (озеро Карасор) с 15 февраля 2017 года по 15 февраля 2018 года, до пяти водоемов с 1 июля 2022 года по 1 июля 2023 года.

Список использованной литературы:

1. *Persoone G., Sorgeloos P.* The Brine Shrimp *Artemia*. Universa Press, Wetteren, Belgium, 1980. № 3. P. 3-24.
2. *Van Stappen G., Lavens P., Sorgeloos P.* Introduction, biology and ecology of *Artemia* // Manual on the production and use of live food for aquaculture / FAO Fisheries Technical Paper. 1996. Vol. 361. P. 79-106.
3. *Litvinenko L.I., Litvinenko A.I., Boyko E.G.* Brine Shrimp *Artemia* in Western Siberia Lakes. Novosibirsk: Nauka, 2016. 295 p.
4. *Ануфриева Е.В., Шадрин Н.В.* Жизнь в экстремальной среде. Животные в экосистемах гиперсоленых вод / ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН». М.: Товарищество научных изданий КМК, 2023. 183 с.
5. *Hirston N.G., Fox J.A., Yamamichi M.* Dormancy and Diapause // Reference Module in Life Sciences. Amsterdam; London; New York; Tokyo: Elsevier, 2022. DOI: 10.1016/B978-0-12-822562-2.00075-X.
6. *Lantushenko A., Meger Ya., Gadzhi A., Anufriieva E., Shadrin N.* *Artemia* spp. (Crustacea, Anostraca) in Crimea: new molecular genetic results and new questions without answers // Water. 2022. Vol. 14. Iss. 17. Article no. 2617 (11 p.). DOI: 10.3390/w14172617.
7. *Lavens P., Sorgeloos P.* Manual on the production and use of live food for aquaculture // FAO Fisheries Technical Paper. 1996. № 361. 295 p.
8. *Anufriieva E.V.* How can saline and hypersaline lakes contribute to aquaculture development? A review // Journal of Oceanology and Limnology. 2018. Vol. 36. Iss. 6. P. 2002-2009. DOI: 10.1007/s00343-018-7306-3.
9. *Брагина Т.М., Бойко И.А.* Морфометрические показатели речного рака (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) озера Кулыколь Костанайской области // КМПИ Жаршысы (Вестник КГПИ). 2021. № 3 (63). С. 27-32.
10. *Вилков В.С., Кожевникова Л.Н., Галактионова Е.В., Шайкина Д.Н.* Биология *Artemia*

*salina* озер Северо-Казакстанской области (оз. Менгисер и оз. Становое) // Вестник СКГУ имени М. Козыбаева. 2020. № 2 (47). С. 20-26.

References:

1. Persoone G., Sorgeloos P. *The Brine Shrimp Artemia*. Universa Press, Wetteren, Belgium, 1980, no. 3, pp. 3-24. (In English).
2. Van Stappen G., Lavens P., Sorgeloos P. Introduction, biology and ecology of Artemia. *Manual on the production and use of live food for aquaculture – FAO Fisheries Technical Paper*, 1996, vol. 361, pp. 79-106. (In English).
3. Litvinenko L.I., Litvinenko A.I., Boyko E.G. *Brine Shrimp Artemia in Western Siberia Lakes*. Novosibirsk, Nauka Publ., 2016, 295 p. (In English).
4. Anufriieva E.V., Shadrin N.V. Zhizn' v ekstremal'noy srede. Zhivotnye v ekosistemakh gipersolenykh vod [Life in Extreme Environments. Animals in the Ecosystems of Hypersaline Waters]. *Institut biologii yuzhnykh morey im. A. O. Kovalevskogo RAN* [A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas, RAS]. Moscow, KMK Scientific Press Publ., 2023, 183 p. (In Russian).
5. Hairston N.G., Fox J.A., Yamamichi M. Dormancy and Diapause. *Reference Module in Life Sciences*. Amsterdam; London; New York; Tokyo, Elsevier, 2022. (In English). DOI: 10.1016/B978-0-12-822562-2.00075-X.
6. Lantushenko A., Meger Ya., Gadzhi A., Anufriieva E., Shadrin N. Artemia spp. (Crustacea, Anostraca) in Crimea: new molecular genetic results and new questions without answers. *Water*, 2022, vol. 14, iss. 17, article no. 2617 (11 p.). DOI: 10.3390/w14172617.
7. Lavens P., Sorgeloos P. Manual on the production and use of live food for aquaculture. *FAO Fisheries Technical Paper*, 1996, vol. 361, 295 p. (In English).
8. Anufriieva E. V. How can saline and hypersaline lakes contribute to aquaculture development? A review // *Journal of Oceanology and Limnology*. 2018. Vol. 36, iss. 6. P. 2002–2009. (In English). DOI: 10.1007/s00343-018-7306-3.
9. Bragina T.M., Boiko I.A. Morfometricheskie pokazateli rechnogo raka (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) озера Kulykol' Kostanayskoy oblasti [Morphometric parameters of crayfish (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) of the Kulykol Lake of the Kostanay region]. *KMPI Zharshysy (Vestnik KGPI)* [Publishings of Kostanay State Pedagogical Institute], 2021, no. 3 (63), pp. 27-32. (In Russian).
10. Vilkov V.S., Kozhevnikova L.N., Galaktionova E.V., Shaikina D.N. *Biologiya Artemia salina* озер Северо-Казакстанской области (оз. Менгисер и оз. Становое) [Biology Artemia salina Lake North Kazakhstan areas (Lake Mengiser and Lake Stanovoye) Mengiser and Lake Stanovoye)]. *Vestnik SKGU imeni M. Kozybaeva* [Vestnik of M. Kozybayev North Kazakhstan University], 2020, no. 2 (47), pp. 20-26. (In Russian).

Сведения об авторах / Information about authors

<b>Брагина Татьяна Михайловна</b>	д-р биол. наук, профессор, гл. научный сотрудник Центра водных биологических ресурсов Азово-Черноморский филиал ВНИРО («АзНИИРХ») 344002, Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21в, к. 212 профессор кафедры естественно-научных дисциплин Костанайский региональный университет им. А. Байтурсынова 110000, Республика Казахстан, Костанай, ул. Байтурсынова, 47 tm_bragina@mail.ru
Bragina Tatyana Michailovna	Dr. Sci. (Biol), Professor, Chef Science Researcher of the Center of Biological Resources Azov-Black Sea Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (“AzNIIRKH”)

344002 Rostov-on-Don, Beregovaya str., 21v, of. 212  
Professor of the Department of Natural Science Disciplines  
Kostanay Regional University named after A. Baitursynov  
110000 Kazakhstan, Kostanay, Baytursynov str., 47  
tm\_bragina@mail.ru

**Менг**

**Анастасия Олеговна**

бакалавр биологии

Костанайский региональный университет им. А. Байтурсынова  
110000, Республика Казахстан, г. Костанай, ул. Байтурсынова, 47

Meng

Anastasiya Olegovna

Bachelor of Biology

Kostanay Regional University named after A. Baitursynov  
110000 Kazakhstan, Kostanay, Baytursynov str., 47

Булли Л.И., Гурьева И.С., Николаева А.Н.

### МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ЭМБРИОГЕНЕЗЕ КЕФАЛЕЙ (СЕМ. MUGILIDAE)

**Аннотация.** В работе обобщены многолетние материалы по морфологическому и общему биохимическому анализу развивающейся в оптимальных условиях икры кефалей. Показано, что изменения состава икры в ходе эмбрионального развития связаны в основном с процессами осморегуляции и метаболизма. В течение набухания оплодотворенной икринки, образования бластодиска и первых стадий дробления расходуется гликоген, затем на энергетические траты в основном расходуются липиды. После завершения эпиболии отмечается увеличение содержания липидов в развивающейся икринке кефалей за счет расходования белка и углеводов. По-видимому, все обменные процессы в течение эмбрионального развития кефалей взаимосвязаны и направлены на оптимизацию роста и развития организма в пелагиале. Использование в качестве основных источников энергии гликогена и липидов в начале эмбриогенеза, а затем белков, экстрактивных веществ и, вероятно, вновь синтезированного гликогена обеспечивает накопление липидов в количестве, позволяющем икре и предличинкам кефали сохранять положительную плавучесть в течение эмбрионального развития.

**Ключевые слова:** Азово-Черноморский бассейн, кефали, сухая масса икры, эмбриогенез, энергетические траты, содержания липидов, плавучесть икры.

Bulli L.I., Guryeva I.S., Nikolaeva A.N.

### MORPHOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL-BIOCHEMICAL CHANGES IN THE EMBRYOGENESIS OF MULLET OF THE FAMILY MUGILIDAE

**Abstract.** The paper summarizes long-term materials on morphological and general biochemical analysis of mullet caviar developing under optimal conditions. It is shown that changes in the composition of caviar during embryonic development are mainly associated with the processes of osmoregulation and metabolism. During the swelling of a fertilized egg, the formation of a blastodisk and the first stages of crushing, glycogen is consumed, then lipids are mainly consumed for energy expenditure. After the completion of the epiboly, an increase in the lipid content in the developing eggs of mullets begins due to the expenditure of protein and carbohydrates. Apparently, all metabolic processes during the embryonic development of mullets are interconnected and are aimed at optimizing and adapting the growth and development of the organism in the pedagogical. The use of glycogen and lipids as the main energy sources at the beginning of embryogenesis, and then proteins, extractives and, probably, newly synthesized glycogen, ensures the accumulation of lipids in an amount that allows the eggs and mullet pre-larvae to maintain positive buoyancy during embryonic development.

**Keywords:** Azov-Black Sea basin, mullets, dry weight of caviar, embryogenesis, energy expenditure, lipid content, buoyancy of caviar.

**Введение.** Развитие работ по разведению рыб сталкивается с рядом проблем и тормозится отчасти из-за отсутствия достаточной информации по биологии и физиологии отдельных видов. Несмотря на имеющуюся обширную библиографию по биологии и значительные успехи в аквакультуре, ряд вопросов экологии нереста и развития в раннем онтогенезе некоторых видов требуют дальнейших исследований. Как отмечено в монографии А.П. Макеевой «Эмбриология рыб»: «разнообразие условий развития и путей исторического становления разных систематических групп обусловили появление в раннем онтогенезе рыб большого разнообразия эколого-морфологических особенностей, имеющих адаптивное значение» [1].



В Азово-Черноморском бассейне такой группой рыб являются представители семейства Mugilidae. В центре ареала у большинства видов этого семейства нерест и развитие происходят в океанической солености при 34-37 ‰. Икра кефалей пелагическая, эмбриогенез завершается благополучно только в воде, плотность которой способна удерживать икринки в пелагиале.

До работ Ю.П. Зайцева [2] о биологии размножения этих ценных промысловых рыб было известно очень мало. Автором впервые было показано, что благодаря крупной жировой капле икра лобана способна развиваться в Черном море у самой поверхности, в нейстоне.

Укрупнение жировой капли и повышение обводнения желтка зрелого яйца азово-черноморских кефалей обеспечивают снижение удельного веса и положительную плавучесть их икре в черноморской воде соленостью 17-18 ‰, которая значительно ниже, чем в основном ареале распространения видов [3].

Азово-Черноморский бассейн является северной границей ареала распространения большей части видов кефалей, где их численность подвержена резким колебаниям из-за неблагоприятных внешних условий в ранние периоды их жизненного цикла, приводящих к формированию поколений различной мощности [4, 5].

В связи с этим исследования биологических особенностей раннего онтогенеза отдельных видов и адаптационных механизмов их репродуктивной системы и все еще остаются актуальными и представляют большой интерес, как для определения эффективности нереста естественных популяций, так и для решения ряда проблем при искусственном разведении.

Ранее было показано, что процент оплодотворения икры и выживаемость личинок кефалей зависит не только от условий среды, но и от степени завершенности трофоплазматического роста ооцитов, а также от запаса и сбалансированности состава питательных веществ в зрелых овулировавших ооцитах. Были выявлены тесные корреляционные связи между качеством предличинок и показателями зрелого яйца, таких как содержание сухого обезжиренного вещества, липидов, сухой массы [6, 7].

Учитывая важную роль питательных веществ яйца для будущего потомства, представляет большой интерес рассмотреть особенности их преобразований в раннем онтогенезе.

**Цель исследования** – изучение особенностей динамики расходования запасов икры кефалей в течение эмбрионального развития, от оплодотворения до вылупления предличинки.

**Материалы и методы исследования.** Эксперименты по инкубации икры проводились в оптимальных для каждого вида температурных и соленостных условиях, которые были определены в более ранних работах [3, 8, 9].

Зрелую икру кефалей лобана *Mugil cephalus* L. (1758), сингиля *Liza aurata* Risso (1810) и пиленгаса *Planiliza haematocheila* Temminck & Schlegel (1845) получали в условиях искусственного воспроизводства, применяя метод гормональной стимуляции созревания рыб. Производителей с завершенной IV стадией зрелости гонад отбирали из уловов в Керченском проливе во время их нерестовых миграций в Черное море.

После осеменения икры на стадии 8-16 бластомеров определяли количество икринок с нормальным дроблением. На этапах дробления, гастрюляции, органогенеза, стадии начала сердцебиения и подвижного состояния эмбриона измеряли диаметр жировой капли, общий диаметр икринки и диаметр собственно яйца, определяли размер перивителлинового пространства. Для этого отбирали пробы по 10-15 икринок и проводили измерения с помощью бинокля при увеличении (об. х ок.) 7x8.

При анализе полученных результатов использовали показатели только по икре отличного рыбоводного качества: с оплодотворяемостью более 70 %, высокими показателями нормально развивающихся эмбрионов (от 80 % до 100 %) и дружным (синхронным) вылуплением предличинок.

В работе проанализировано изменение морфологических показателей и общего

химического состава овулировавшей и развивающейся икры 27 самок.

Для определения средней массы икринки подсчитывали количество их в навеске, взвешенной на аналитических весах. Содержание влаги в икринках определяли высушиванием навески 0,5-1,5 г при температуре 65 °С до постоянной массы. По массе высушенной этой же навески и числу в ней икринок определяли сухую массу одной икринки.

Для оценивания содержания (% сырой массы) обезжиренного сухого вещества (ОСВ), липидов и экстрактивных веществ икру экстрагировали хлороформ-метанолом 2:1, а затем анализировали как описано В.И. Лапиным и Е.Г. Черновой [10].

О динамике содержания белка в течение эмбрионального развития кефалей (от оплодотворения до вылупления) судили по содержанию обезжиренного сухого вещества (ОСВ), так как известно, что между содержанием ОСВ и количеством сырого протеина у рыб существует тесная прямолинейная связь [11].

Плотность закладки икры на инкубацию оставляла 70-100 шт/л. Икру лобана и пиленгаса инкубировали в воде соленостью 16-18 ‰, сингиля – 18-20 ‰.

В период инкубации содержание растворенного кислорода поддерживалось не ниже 80% насыщения, освещение – 400-500 лк, рН – 7,8-8,3. При температуре 18-21 °С продолжительность развития икры сингиля составляла 53-58 часов, икры пиленгаса – 48-52 часа при температуре 20-22 °С, лобана – 48-50 часов при 21-23 °С.

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

Икра кефалей пелагическая, прозрачная с одной крупной жировой каплей. Диаметр овулировавших яиц варьируют в следующих пределах: 663,1-713,0 мкм у лобана, 714,4-883,6 мкм у сингиля и 763,8-926,8 мкм у пиленгаса. Средний диаметр овулировавшей икры, отобранной для настоящего исследования, составил, соответственно,  $657,8 \pm 3,4$ ;  $759,5 \pm 5,1$  и  $832,6 \pm 4,6$  мкм, жировой капли –  $313,7 \pm 2,8$ ;  $331,6 \pm 3,2$  и  $419,3 \pm 3,3$  мкм.

В ходе анализа данных было отмечено, что у всех видов кефалей диаметр оплодотворенной икры в процессе набухания увеличивается примерно на 20-30 мкм, что составляет около 3 % от размера овулировавшего яйца (рис. 1).

После оплодотворения и набухания в икринках образуется перивителлиновое пространство, величина которого на этапе гастрюляции достигает своего максимума до  $43,5 \pm 0,3$  мкм у лобана,  $29,4 \pm 0,3$  у сингиля и  $31,2 \pm 0,2$  мкм у пиленгаса.

Процесс набухания икры кефалей сопровождается, с одной стороны, некоторым увеличением диаметра икринки за счет поступления морской воды, с другой – уменьшением собственно яйца.

Кефалей можно отнести к видам, у которых после осеменения икры происходит некоторое уменьшение размеров собственно яйца – желтка. Подобная картина наблюдается у лососевых, сельдевых, а также у миноги, морских ежей и некоторых наземных позвоночных [12]. В то же время, у отдельных видов рыб, объем собственно яйца при набухании не изменяется [13, 14]. По мнению А.И. Зотина [12] особенность образования перивителлинового пространства зависит от экологии вида и от осмотических свойств среды.

Благодаря образовавшейся перивителлиновой жидкости зародыш получает возможность вращаться под влиянием силы тяжести. При этом жировая капля пелагической икры кефалей находится всегда сверху и в течение всего периода эмбрионального развития выполняет гидростатическую функцию.

В оплодотворенной икре размер жировой капли несколько увеличивается. По-видимому, это вызвано слиянием мелкодиспергированных в желтке жировых капелек. Подобное явление происходит и в оплодотворенных яйцах осетровых [15].

На отдельных этапах развития зародыша объем жировой капли может меняться, снижаясь на этапе гастрюляции и в течение стадии подвижного состояния эмбриона и повышаясь на этапе органогенеза в среднем до 3 %.

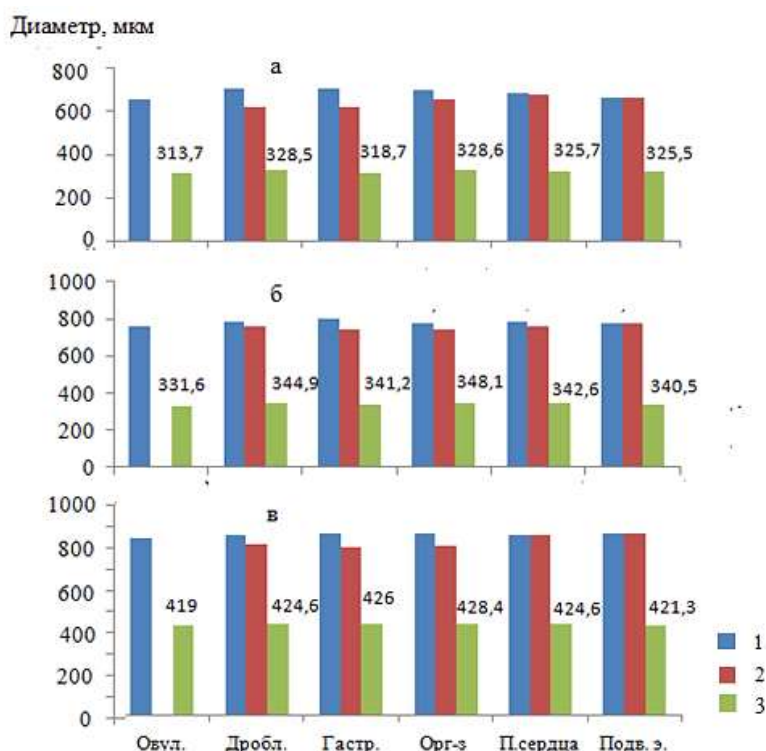


Рисунок 1 – Динамика морфологических показателей развивающейся икры кефалей: лобана (а), сингилия (б) и пиленгаса (в): 1 – диаметр икринки, 2 – диаметр собственно яйца, 3 – диаметр жировой капли (Овул. – овулировавший ооцит, этапы развития: Дробл. – дробление, Гастр. – гастрюляция, Орг-з – органогенез; стадии: П.сердца – начало пульсация сердца, Подв. э. – подвижное состояние эмбриона)

После набухания сырая масса икринки увеличивается на 12-19 %, сухая масса также увеличивается, по-видимому, за счет поступления вместе с морской водой минеральных солей, затем ее величина изменяется на отдельных этапах развития, по-видимому, в соответствии с ростом зародыша и интенсивностью энергетических трат (рис. 2). В начале этапа гастрюляции эти показатели достигают максимальных значений, и после обрастания желтка перидермой отмечается их снижение.

Изменение содержания влаги и сырой массы икры кефалей в течение второй половины развития, вероятно, зависит от проницаемости оболочки и осмотических процессов, обусловленных, по всей видимости, экологическими условиями нереста каждого вида. Похожие процессы В.И. Лапин и В.Е. Мацук [13, 14] отмечали у тресковых рыб. По их мнению, это связано с образованием осмотических активных веществ для регуляции осмотического давления в собственно яйце и перестройками запасенных в икринке веществ. У многих видов рыб в течение эмбрионального развития, с начала бластулы до завершения эпиболии, основная доля продуктов распада запасенных в желтке органических веществ не выводится из собственно яйца. Как правило, только после завершения эпиболии происходит постепенная потеря органических веществ яйца за счет выведения шлаков.

У кефалей некоторое повышение сухой массы икры может происходить на этапе органогенеза. На завершающих стадиях подвижного состояния эмбриона сухая масса икринки уменьшается в среднем на 10-11 % относительно её количества в овулировавшем яйце.

Для более полного понимания процессов, происходящих в эмбриогенезе кефалей, проанализировано изменение физиолого-биохимических показателей в развивающейся икре трех самок сингилия, характеризующейся наиболее высоким рыбоводно-биологическим качеством и высокой жизнеспособностью потомства.

Как известно, гликоген является основным энергетическим источником в организме теплокровных животных, но в икре рыб его содержание незначительно и расходуется почти полностью во время образования бластодиска (около 50 %) и на первых стадиях дробления. Основными источниками энергии в организме рыб являются липиды и белки.

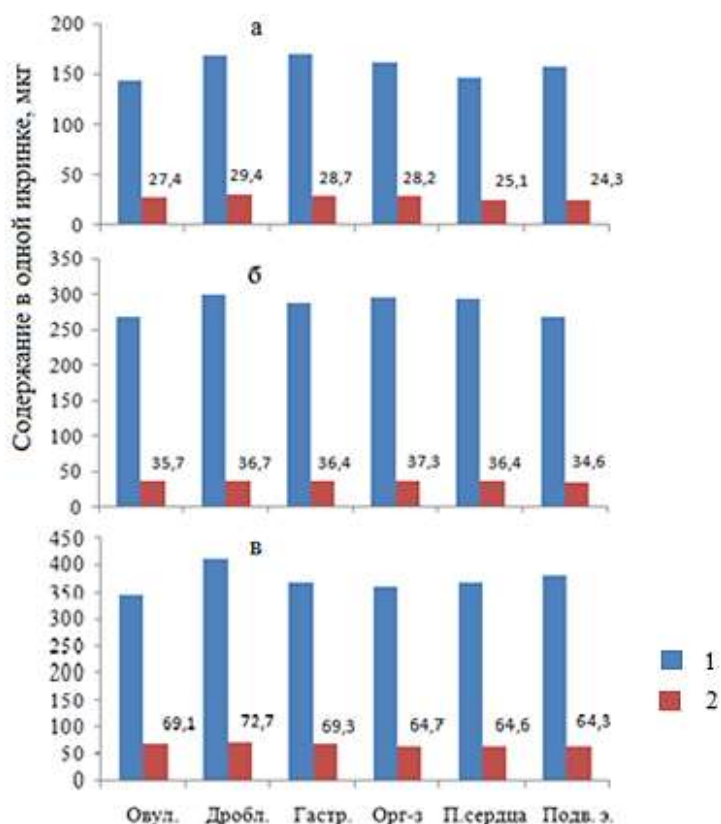


Рисунок 2 – Изменение сырой (1), сухой (2) массы и содержания влаги в икре кефалей: а – лобана, б – сингиля, в – пиленгаса, в течение эмбрионального развития: (Овул. – овулировавший ооцит, этапы развития: Дробл. – дробление, Гастр. – гастрюляция, Орг-з – органогенез; стадии: П. сердца – пульсация сердца, Подв. э. – подвижное состояние эмбриона)

В оплодотворенной икринке сингиля уже на первых стадиях дробления содержание общих липидов может снижаться на 10-12 % относительно их содержания в зрелом яйце (рис. 3, а). Как видно на рисунке, во время набухания увеличивается содержание сухого обезжиренного вещества (СОВ) и экстрактивных веществ, увеличивается также и сухая масса икры (рис. 3, б).

По-видимому, увеличение СОВ в процессе образования бластодиска и набухания икры происходит в основном за счет минеральных солей, поступающих в икринку с морской водой [13], а увеличение экстрактивных веществ – за счет накопления безазотистых продуктов в ходе окисления гликогена и, вероятно, некоторых фракций липидов.

С началом дробления бластодиска, продолжается увеличение СОВ, вероятно, вследствие начала синтеза молекул белка. Это подтверждается повышением содержания РНК в яйце во время дробления, а также перед гастрюляцией у морского ежа, выявленное более ранними исследованиями [16].

С увеличением числа бластомеров, очевидно, интенсифицируется расход углевода на энергетические потребности зародыша, и образовавшийся запас молекул АТФ может использоваться для синтеза некоторых фракций липидов, что, по-видимому, и вызывает повышение общих липидов на стадии морулы крупных клеток (рис. 3, а). Затем, на стадии морулы мелких клеток происходит снижение липидов (по-видимому, в ходе энергетических трат) и увеличение содержания белка, о чем свидетельствует снижение фракции

экстрактивных веществ. Возможно, для синтеза молекул белка на этой стадии, как и на предыдущих стадиях дробления, может использоваться азотистая часть экстрактивных веществ, в том числе свободные аминокислоты, образовавшиеся в процессе гидратации желтка на последних фазах созревания яйцеклетки [17].

Во время бластуляции сухая масса икринки уменьшилась на 20 % относительно показателя набухшей икры. Как видно (рис. 3), ее уменьшение происходило в результате снижения содержания липидов и СОВ на энергетические потребности.

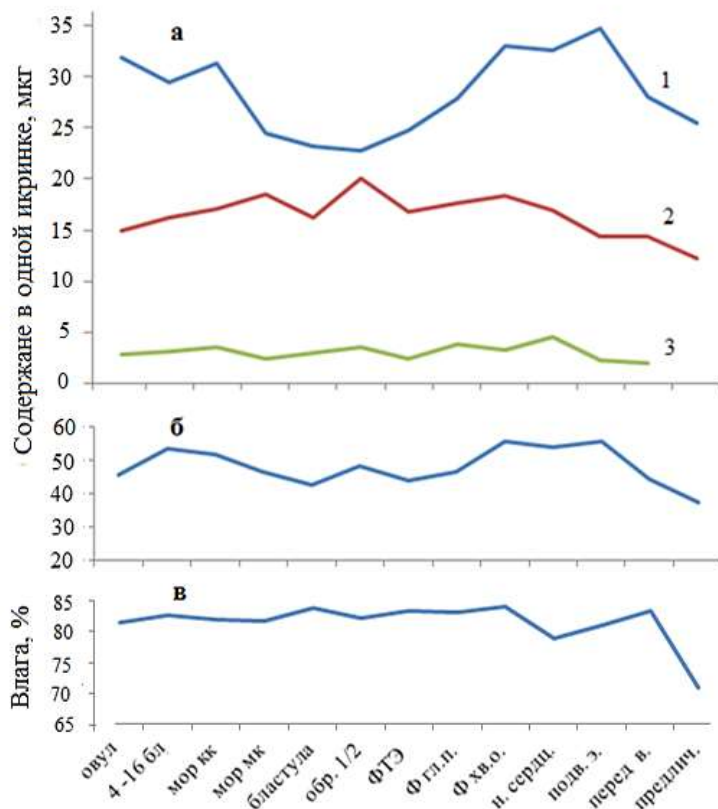


Рисунок 3 – Изменение физиолого-биохимического состава икры сингиля в процессе эмбрионального развития: а – содержания общих липидов (1), сухого обезжиренного вещества (2) и экстрактивных веществ (3); б – сухая масса икринки; в – влага (овул. – овулировавший ооцит, 4-16 бл – 4-16 бластомеров, мор кк – морула крупных клеток, мор мк – морула мелких клеток, обр. 1/2 – обрастание желтка на половину, ФТЭ – формирование тела эмбриона, Ф гл.п. – формирование глазных пузырей, Ф хв.о. – формирование хвостового отдела, н. сердц. – начало пульсации сердца, Подв. э. – подвижное состояние эмбриона, перед в. – перед вылуплением, предлич. – предличинка)

В течение гастрюляции липиды продолжали снижаться, и на стадии обрастания желтка на 1/2 их содержание составляло около 72 % от количества общих липидов в овулировавшей икринке. В то же время, содержание СОВ увеличилось в среднем на 35 % (рис. 3 а; рис. 4). Однако после завершения эпиболии начинался рост липидов, по-видимому, за счет использования энергии и продуктов метаболизма при окислении белков и углеводов.

Как видно на рисунках 3 и 4, во время органогенеза, на стадиях формирования глазных пузырей (Ф гл. п.) и формирования хвостового отдела (Ф.хв.о.) зародыша одновременно с увеличением липидов отмечается рост СОВ. Можно предположить, что (на стадии Ф.хв.о. и перед вылуплением) их увеличение на указанных стадиях, происходило за счет синтеза белков, поскольку наблюдалось снижение экстрактивных веществ. На следующих стадиях развития эмбриона содержание белка постепенно уменьшалось, и у предличинок после

вылупления его количество оказалось в среднем на 18 % меньше, чем в зрелом ооците (с учетом потери яйцевых оболочек).

Как следует из полученных данных, в течение развития от завершения обрастания желтка до подвижного состояния эмбриона, содержание общих липидов может увеличиваться более чем на 50-52 %, что на 8,8 % больше их содержания в овулировавшем яйце (см. рис. 3, рис. 4). Затем в течение стадии подвижного состояния эмбриона и перед вылуплением происходят интенсивные их траты. У предличинок после вылупления и потери оболочек содержание липидов составляло около 80 % от содержания в зрелом овулировавшем яйце.

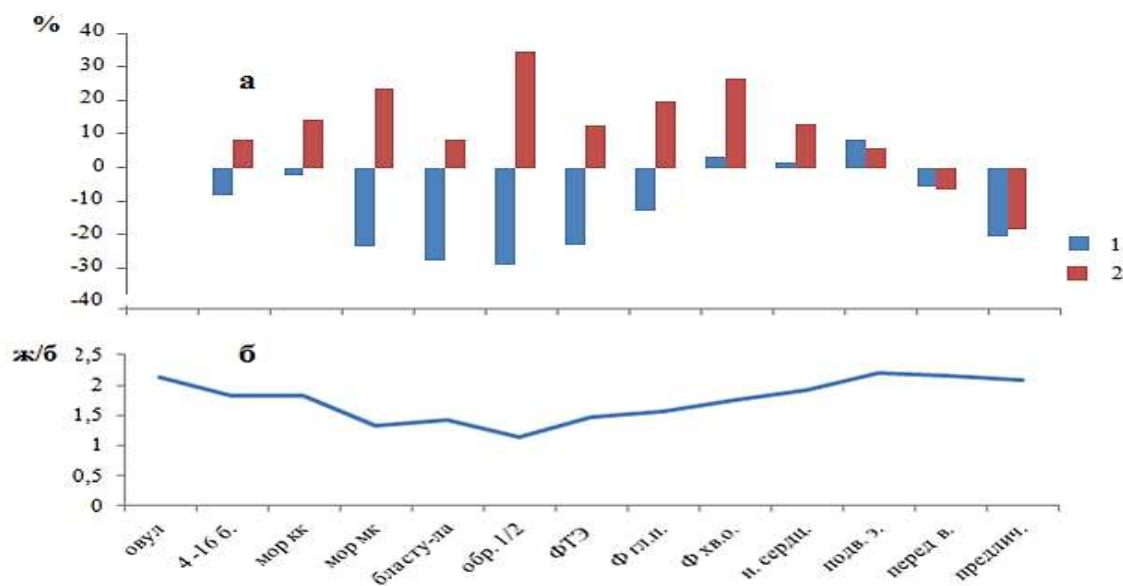


Рисунок 4 – Динамика расходования и накопления липидов (1) и сухого обезжиренного вещества (2) относительно содержания в зрелом ооците (а) и изменение соотношения «жир/белок» (б) в течение эмбрионального развития сингиля (овул. – овулировавший ооцит, 4-16 бл – 4-16 бластомеров, мор кк – морула крупных клеток, мор мк – морула мелких клеток, обр. 1/2 – обрастание желтка на половину, ФТЭ – формирование тела эмбриона, Ф гл.п. – формирование глазных пузырей, Ф хв.о. – формирование хвостового отдела, н. сердц. – начало пульсации сердца, Подв. э. – подвижное состояние эмбриона, перед в. – перед вылуплением, предлич. – предличинка)

Изменения обмена веществ в эмбриогенезе отмечаются и у других видов рыб. У лососевых, например, перед вылуплением, требующим дополнительных затрат энергии, ускоряется расходование углеводов, и несколько увеличивается содержание липидов, видимо, за счет синтеза из продуктов распада белков [18]. В эмбриогенезе осетровых рыб также отмечено использование для энергетических целей запасенных в икре белков [19].

У кефалей в течение периода органогенеза происходит накопление (прирост) общих липидов, что имеет большое значение для сохранения положительной плавучести и обеспечения предличинок энергетическими запасами для дальнейшего развития.

Запас липидов и, соответственно, размер жировой капли, помимо обеспечения энергетических потребностей зародыша, выполняют не менее важную гидростатическую роль. Как видно на рисунке 4 б, в течение всего периода развития, несмотря на значительное снижение липидов на этапе гастрюляции, отношение ж/б в икре и у предличинок оставалось выше единицы. В начале эмбриогенеза, как правило, икра несколько заглубляется в связи с увеличением плотности яйца, а к концу развития плавучесть их повышается, и это связано с увеличением количества липидов. Так, на этапе дробления плотность икры лобана составляет 1,003686–1,283075 г/см<sup>3</sup> у разных самок, а на стадии подвижного состояния эмбриона – 0,842436–1,010639 г/см<sup>3</sup> [3].

Изменение плавучести в эмбриогенезе кефалей – важное приспособление, обеспечивающее наиболее благоприятные условия освещенности, температуры и содержания растворенного кислорода в воде для развития зародыша. Кроме того, повышение плавучести в конце развития зародыша способствует своевременному переходу предличинок на экзогенное питание.

**Выводы.** Таким образом, по-видимому, в развивающейся икре кефалей уже на ранних стадиях развития могут успешно происходить обменные интеграционные процессы – взаимопревращение жиров, белков и углеводов, свойственные живым организмам. Белок становится важным энергетическим компонентом в яйцах при снижении липидов ниже определенного уровня. Этот процесс, по всей видимости, является ключевым при обеспечении потребностей развивающегося зародыша, как в продуктах пластического обмена, так и в необходимом количестве энергии. По-видимому, для этих целей белки, углеводы и липиды яйца используются поочередно (за исключением критических стадий, требующих значительных трат энергии) и в зависимости от количества накопленных в яйце азотистых или безазотистых экстрактивных веществ – продуктов диссимиляции веществ, включавшихся в энергетический обмен на предшествующих стадиях развития.

Использование в качестве источников энергии углеводов и липидов в начале развития, а затем белков и включение их в интеграционные процессы по восстановлению липидов, способствует сохранению положительной плавучести икры в течение всего периода развития от оплодотворения до вылупления, а также способствует запасанию липидов для дальнейшего благополучного развития предличинок.

#### Список использованной литературы:

1. *Макеева А.П.* Эмбриология рыб. М.: Изд-во МГУ, 1992. 216 с.
2. *Зайцев Ю.П.* О распределении и биологии ранних стадий развития кефалей (Mugilidae) в Черном море // Вопросы ихтиологии. 1964. Т. 4. Вып. 3 (32). С. 512-522.
3. *Куликова Н.И., Макухина Л.И.* О некоторых факторах, определяющих плавучесть икры черноморского лобана *Mugil cephalus* L. // Культивирование кефалей в Азово-Черноморском бассейне. М.: ВНИРО, 1991. С. 30-37.
4. *Алеев Ю.Г.* О некоторых закономерностях роста рыб // Вопросы ихтиологии. 1966. Вып. 6. С. 75-95.
5. *Павловская Р.М.* Урожайность поколений пелагофильных летнерестящихся рыб Черного моря и определяющие ее факторы // Вопросы ихтиологии. 1975. Т. 15. Вып. 4 (93). С. 636-645.
6. *Булли Л.И.* О биологическом качестве икры кефалей Азово-Черноморского бассейна // Вестник КГМТУ. 2020. № 1. С. 8-21.
7. *Булли Л.И., Мазалова Н.Ф.* Влияние физиолого-биохимических показателей зрелой икры кефалей на эмбриональное и личиночное развитие // Вестник КГМТУ. 2021. № 2. 20-31.
8. *Маслова О.Н.* Совместное влияние температуры и солености на эмбриональное развитие кефали (*Mugil cephalus* L.) Культивирование морских организмов. М.: ВНИРО, 1985 а. С. 88-97.
9. *Демьянова Н.И.* Морфо-экологические особенности раннего онтогенеза черноморской кефали сингиля *Liza aurata* (Risso) при выращивании в замкнутых системах водоснабжения: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.10 / Наталья Ивановна Демьянова. М, 1989. 24 с.
10. *Латин В.И., Чернова Е.Г.* О методике экстракции жира из сырых тканей рыб // Вопросы ихтиологии. 1970. Т. 10. Вып. 4. С. 753-756.
11. *Шульман Г.Е., Кокос Л.М.* Содержание обезжиренного сухого вещества в теле некоторых черноморских рыб // Вопросы ихтиологии. 1971. Т. 11. Вып. 2 (67). С. 339-344.
12. *Зотин А.И.* Физиология водного обмена у зародышей рыб и круглоротых. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 319 с.

13. Лапин В.И., Мацук В.Е. Утилизация желтка и изменение биохимического состава икры наваги *Eleginus navaga* (Pallas) в процессе эмбрионального развития // Вопросы ихтиологии. 1979. Т. 19. Вып. 2 (115). С. 341-346.
14. Лапин В.И., Мацук В.Е. Динамика общего химического состава развивающейся пелагической икры сайки *Boreogadus saida* (Lepetchin) и трески *Gadus morhua marisalbi* Derjugin Белого моря // Вопросы ихтиологии. 1981. Т. 21. Вып. 3. С. 482-488.
15. Гинзбург А.С. Оплодотворение у рыб и проблемы полиспермии. М.: Наука, 1968. 358 с.
16. Браше Ж. Биохимическая эмбриология. М.: Иностранная литература, 1961. 327 с.
17. Craik J.C.A., Harvey S.M. Biochemical changes occurring during final maturation of eggs of some and freshwater teleosts // J. Fish. Biol. 1984. V. 26. P. 599-510.
18. Шатуновский М.И. Экологические закономерности обмена веществ морских рыб. М.: Наука, 1980. 283 с.
19. Кривобок М.Н., Тарковская О.И. Некоторые особенности обмена веществ у осетра и севрюги на ранних стадиях развития // Вопросы ихтиологии. 1970. Т. 10. Вып. 3 (62). С. 469-474.

References:

1. Makeeva A.P. *Embriologiya ryb*. [Embryology of fish]. Moscow, MSU Publ., 1992, 216 p. (In Russian).
2. Zajcev Yu.P. O raspredelenii i biologii rannih stadij razvitiya kefalej (Mugilidae) v Chernom more [On the distribution and biology of the early stages of development of mullets (Mugilidae) in the Black Sea]. *Voprosy ihtiologii* [Questions of ichthyology], 1964, vol. 4, no. 3 (32), pp. 512-522. (In Russian).
3. Kulikova N.I., Makuhina L.I. O nekotoryh faktorah, opredelyayushchih plavuchest' ikry chernomorskogo lobana *Mugil cephalus* L. [On some factors determining the buoyancy of caviar of the Black Sea lobe *Mugil cephalus* L.]. *Kul'tivirovanie kefalej v Azovo-Chernomorskom bassejne* [Cultivation of mullets in the Azov-Black Sea basin]. Moscow, VNIRO Publ., 1991, pp. 30-37. (In Russian).
4. Aleev Yu.G. O nekotoryh zakonomernostyah rosta ryb [On some regularities of fish growth]. *Voprosy ihtiologii* [Questions of ichthyology], 1966, vol. 6, pp. 75-95. (In Russian).
5. Pavlovskaya R.M. Urozhajnost' pokolenij pelagofil'nyh letnenerestyashchihsya ryb Chernogo morya i opredelyayushchie ee faktory [The productivity of generations of pelagophilic summer-spawning fish of the Black Sea and its determining factors]. *Voprosy ihtiologii* [Questions of ichthyology], 1975, vol. 15, no. 4 (93), pp. 636-645. (In Russian).
6. Bulli L.I. O biologicheskom kachestve ikry kefalej Azovo-Chernomorskogo bassejna [About the biological quality of mullet caviar of the Azov-Black Sea basin]. *Vestnik KGMTU* [Bulletin of KSMTU], 2020, no. 1, pp. 8-21. (In Russian).
7. Bulli L.I., Mazalova N.F. Vliyanie fiziologo-biohimicheskikh pokazatelej zreloj ikry kefalej na embrional'noe i lichinochnoe razvitie [The influence of physiological and biochemical parameters of mature mullet eggs on embryonic and larval development]. *Vestnik KGMTU* [Bulletin of KSMTU], 2021, no. 2, pp. 20-31. (In Russian).
8. Maslova O.N. Sovmestnoe vliyanie temperatury i solenosti na embrional'noe razvitie kefali (*Mugil cephalus* L.) [The combined effect of temperature and salinity on the embryonic development of mullet (*Mugil cephalus* L.)]. *Kul'tivirovanie morskikh organizmov* [Cultivation of marine organisms]. Moscow, VNIRO Publ., 1985 a, pp. 88-97. (In Russian).
9. Dem'yanova N.I. *Morfo-ekologicheskie osobennosti rannego ontogeneza chernomorskoj kefali singilya Liza aurata* (Risso) pri vyrashchivanii v zamknytyh sistemah vodosnabzheniya. *Avtoref. diss. ... kand. biol. nauk* [Morpho-ecological features of the early ontogenesis of the Black Sea mullet singil *Liza aurata* (Risso) when grown in closed water supply systems. Cand. biol. sci. diss. abstr.]. Moscow, 1989, 24 p. (In Russian).
10. Lapin V.I., Chernova E.G. O metodike ekstrakcii zhira iz syryh tkanej ryb [On the method of fat extraction from raw fish tissues]. *Voprosy ihtiologii* [Questions of ichthyology], 1970, vol.



- 10, no. 4, pp. 753-756. (In Russian).
11. Shul'man G.E., Kokoz L.M. Soderzhanie obezzhirennoho suhogo veshchestva v tele nekotoryh chernomorskih ryb [The content of fat-free dry matter in the body of some Black Sea fish]. *Voprosy ihtiologii* [Questions of ichthyology], 1971, vol. 11, no. 2 (67), pp. 339-344. (In Russian).
  12. Zotin A.I. *Fiziologiya vodnogo obmena u zarodyshej ryb i kruglorotyh* [Physiology of water metabolism in fish embryos and roundworms]. Moscow, USSR Academy of Sciences Publ., 1961, 319 p. (In Russian).
  13. Lapin V.I., Macuk V.E. Utilizaciya zheltka i izmenenie biohimicheskogo sostava ikry navagi *Eleginus navaga* (Pallas) v pcesse embrional'nogo razvitiya [Utilization of yolk and changes in the biochemical composition of caviar of navaga *Eleganus navaga* (Pallas) in the process of embryonic development]. *Voprosy ihtiologii* [Questions of ichthyology], 1979, vol. 19, no. 2 (115), pp. 341-346. (In Russian).
  14. Lapin V.I., Macuk V.E. Dinamika obshchego himicheskogo sostava razvivayushchejsya pelagicheskoy ikry sajki *Boreogadus saida* (Lepechin) i treski *Gadus morhua marisalbi* Derjugin Belogo morya [Dynamics of the general chemical composition of the developing pelagic caviar of saika *Boreogadus saida* (Lepechin) and cod *Gadus morhua marisalbi* Derjugin of the White Sea]. *Voprosy ihtiologii* [Questions of ichthyology], 1981, vol. 21, no. 3, pp. 482-488. (In Russian).
  15. Ginzburg A.S. *Oplodotvorenje u ryb i problemy polispermii* [Fertilization in fish and the problems of polyspermia]. Moscow, Nauka Publ., 1968, 358 p. (In Russian).
  16. Brashe Zh. *Biohimicheskaya embriologiya* [Biochemical embryology], Moscow, Inostrannaya literatura Publ., 1961, 327 p. (In Russian).
  17. Craik J.C.A., Harvey S.M. Biochemical changes occurring during final maturation of eggs of some and freshwater teleosts. *J. Fish. Biol.*, 1984, vol. 26, pp. 599-510. (In English).
  18. Shatunovskij M.I. *Ekologicheskie zakonomernosti obmena veshchestv morskih ryb* [Ecological regularities of marine fish metabolism]. Moscow, Nauka Publ., 1980, 283 p. (In Russian).
  19. Krivobok M.N., Tarkovskaya O.I. Nekotorye osobennosti obmena veshchestv u osetra i sevryugi na rannih stadiyah razvitiya [Some features of metabolism in sturgeon and sevryuga in the early stages of development] *Voprosy ihtiologii* [Questions of ichthyology], 1970, vol. 10, no. 3 (62), pp. 469-474. (In Russian).

Сведения об авторах / Information about authors

<b>Булли Любовь Ивановна</b>	канд. биол. наук, доцент кафедры технологии продуктов питания Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 l_bulli@mail.ru
Bulli Lyubov Ivanovna	Ph.D. (Biol.), Associate Professor of the Department of technology food Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82 l_bulli@mail.ru
<b>Гурьева Ирина Сергеевна</b>	магистрант 2-го курса направления подготовки «Экология и природопользование» Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 guri3vair@yandex.ru

Gurieva Irina Sergeevna	master's student of the 2nd year of the training direction "Ecology and Nature management" Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82 guri3vair@yandex.ru
<b>Николаева Анастасия Николаевна</b>	студент 3-го курса направления подготовки «Экология и природопользование» Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82
Nikolaeva Anastasia Nikolaevna	student of the 2nd year of the training direction "Ecology and Nature management" Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82

Головко Г.В., Саенко Е.М.

### ОПТИМИЗАЦИЯ ЕСТЕСТВЕННОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ РЕЗЕРВА МАКРОФИТОВ ВЕСЕЛОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

**Аннотация.** Анализ развития фитоценозов Веселовского водохранилища в историческом аспекте показал высокую плотность зарастания его акватории погруженной растительностью в современный период и уровня удельной биомассы макрофитов, что свидетельствует о значительном нарушении экологического баланса всей экосистемы водоема и определяет условия эффективного воспроизводства фитофильных рыб, ухудшая их. В связи с этим возникла необходимость регулирования степени зарастаемости водоема. Целью исследований была количественная оценка видового состава рыб-макрофитофагов Веселовского водохранилища, расчет объема потребляемых ими макрофитов, оценка трофического резерва макрофитов для вселения белого амура. Для этой цели был определен объем потребляемой биомассы макрофитофагами – красноперкой, таранью и вселенным белым амуром. Произведен расчет величины трофического ресурса макрофитов (1440 тыс. т) и количества макрофитов, потребляемых этими популяциями в настоящее время, составляющий 0,64 % от общего ресурса. Рассчитан объем ежегодной потенциальной рыбопродуктивности за счет использования макрофитов при ежегодном зарыблении 2,7 млн молоди амура, который на 10-й год составит 1029 т, при этом потенциальная годовая рыбопродуктивность макрофитофагов при современном уровне развития макрофитов может составить 14400 т.

**Ключевые слова:** Веселовское водохранилище, степень зарастаемости макрофитами, рыбы-макрофитофаги, резерв макрофитов, зарыбление, повышение рыбопродуктивности.

Golovko G.V., Saenko E.M.

### OPTIMIZATION OF THE NATURAL CONSUMPTION OF THE MACROPHYTE RESERVE OF THE VESELOVSKAYA RESERVOIR

**Abstract.** An analysis of the development of phytocenoses of the Veselovsky reservoir in the historical aspect showed a high density of overgrowth of its water area with submerged vegetation in the modern period and the level of specific biomass of macrophytes, which indicates a significant violation of the ecological balance of the entire ecosystem of the reservoir and determines the conditions for the effective reproduction of phytophilic fish, worsening them. In this regard, it became necessary to regulate the degree of overgrowth of the reservoir. The aim of the research was to quantify the species composition of macrophytophage fish of the Veselovsky reservoir, calculate the volume of macrophytes consumed by them, and assess the trophic reserve of macrophytes for the introduction of grass carp. For this purpose, the amount of biomass consumed by macrophytophages – rudd, ram and infested grass carp – was determined. The value of the trophic resource of macrophytes (1440 thousand tons) and the number of macrophytes consumed by these populations at the present time, which is 0.64 % of the total resource, were calculated. The volume of annual potential fish productivity was calculated due to the use of macrophytes with the annual stocking of 2.7 million juvenile grass carp, which for the 10th year will be 1029 tons, while the potential annual fish productivity of macrophytophages at the current level of development of macrophytes can be 14400 tons.

**Keywords:** Veselovskoe reservoir, degree of overgrowing with macrophytes, macrophytophage fish, reserve of macrophytes, stocking with fish, increasing fish productivity.

**Введение.** Веселовское водохранилище расположено в благоприятных почвенно-климатических условиях Ростовской области, обладает богатой кормовой базой и является водоемом типично условного типа, имеет извилистое русло с сильно изрезанными берегами

с многочисленными разветвленными заливами с большим числом мелководий, составляющих около 30 % акваторий, в разной степени покрытых водной растительностью. Средняя глубина водоема составляет 4,0 м, площадь зеркала – 300 км<sup>2</sup>. Водоем не имеет значительных колебаний уровня воды, соленость воды (2021-2022 гг.) находится на стабильном уровне, составляя 1,2-2,4 г/дм<sup>3</sup>.

В Веселовском водохранилище, обитает более 30 видов рыб. Основными аборигенными промысловыми видами являются серебряный карась, тарань, лещ, судак; второстепенное значение в промысловом запасе имеют густера, красноперка, окунь, линь, сом, щука, берш. Кроме того, в целях повышения рыбопродуктивности водохранилища ведется пастбищное рыбоводство, для чего осуществляется вселение растительноядных рыб дальневосточного комплекса (толстолобики и амур белый) и сазан. Из всех видов рыб потребителями макрофитов Веселовского водохранилища являются красноперка, тарань и белый амур.

**Цель исследования** являлось изучение питания рыб-макрофитофагов для оценки объемов, потребленных ими макрофитов, а также расчет имеющегося резерва макрофитов и объема вселения особей белого амура в целях снижения зарастаемости водоема и повышения рыбопродуктивности водохранилища.

**Материалы и методы исследования.** Для оценки резерва макрофитов Веселовского водохранилища, являющихся кормовыми объектами белого амура, красноперки и тарани использованы материалы гидробиологических и ихтиологических съемок, выполненных в летний и осенний периоды 2017-2022 гг., а также литературные данные. Количественные и качественные показатели развития водной растительности в современный период подробно изложены в [1].

Состояние популяций белого амура, красноперки и тарани, их воспроизводства и нагула популяций послужили данные ихтиологических исследований в течение последних 5 лет (2018-2022 гг.) с использованием стандартных методик сбора и анализа полевых материалов [2]. Данные об объемах зарыбления белого амура Веселовского водохранилища рыбопроизводными предприятиями в 2012-2022 гг., были представлены Азово-Черноморским территориальным управлением Росрыболовства.

Сбор ихтиологического материала осуществляли с апреля по декабрь закидными неводами (данные мониторинга промысла рыболовецких бригад с использованием закидных неводов) ячеей 36-40 мм длиной 1000 м, ставными сетями ячеей 30-100 мм, длиной не более 75 м, мальковой волокушей. Оценка состояния и условий обитания, включали оценку трофических ресурсов и ареалы обитания. В расчетах использованы количественные данные развития мягкой погруженной растительности Веселовского водохранилища [1]. При проведении расчетов было принято, что кормовой коэффициент макрофитов для белого амура равен 60, при этом допустимое потребление составит не более 60 % продукции погруженной водной растительности. Расчет величины запасов проводился по уравнению Баранова согласно [2]. Видовая принадлежность рыб приведена в соответствии с «Атласом пресноводных рыб России» [3]; определение возраста рыб проводили по общепринятой методике [4].

Исследование питания рыб осуществляли согласно [5]. Спектры питания для красноперки и тарани приведены по данным авторов, белого амура – по литературным данным. В лабораторных условиях вскрывали ножницами кишечники, помещали весь пищевой комок на тарированную чашку Петри, взвешивали на технических весах (Электронные прецизионные весы Acculab VICON, VIC-410d2) с точностью до 0,01 г, затем определяли состав пищевого комка, степень перевариваемости пищевых объектов. Под бинокулярной лупой (МСП-1) определяли систематическую принадлежности пищевых организмов. Для исследования питания было обследовано 117 экз. тарани и 128 экз. красноперки.

Статистическую обработку данных осуществляли биометрическими методами [6] с использованием программного пакета Excel.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Рыбохозяйственное значение Веселовского водохранилища первоначально рассматривалось как побочный эффект строительства Маньчжских водохранилищ, но со временем этот аспект его использования стал основным. В середине 60-х годов отмечался максимальный вылов, затем началось снижение запасов и уловов. В начальный период существования (1935-1941 гг.) среднегодовой вылов достигал 1800 т, а удельная рыбопродуктивность – 160 кг/га [7]. С целью повышения рыбопродуктивности в начале 60-х годов прошлого столетия Веселовское водохранилище начали зарыблять растительноядными рыбами – представителями дальневосточного комплекса: белым и пестрым толстолобиками (их гибридом) и белым амуром. Ежегодное зарыбление позволило получить дополнительные уловы до 213 т в год. В период 1995-2000 гг. уловы имели минимальное значение, не превышая 290 т. В 2017-2022 т. общий промысловый запас рыб превышал 2 тыс. т и варьировал в пределах 2017-2612 т, в то время как объемы вылова находились в пределах 330-718 т.

Ихтиофауна Веселовского водохранилища в современный период представляет более 30 видов. Основными объектами промысла являются аборигенные виды, такие как густера, лещ, тарань, серебряный карась, судак. Как объекты пастбищного рыбоводства молодь и двухлетки сазана, белого амура вселяются в водохранилище неравномерно в объемах значительно ниже необходимых и нерегулярно. Это способствует обогащению видового состава ихтиофауны и периодическому увеличению рыбопродуктивности водохранилища за счет недоиспользованных биоресурсов.

В последние годы отмечается интенсификация развития макрофитов. До 2017 г. при промысле использование неводных орудий лова осуществлялось без особых затруднений. Начиная с 2017 г., погруженная растительность Веселовского водохранилища распространилась на большей части акватории и стала занимать глубоководные зоны. В осенний период из-за обилия погруженной растительности рыбакам из рыболовецких бригад приходилось выбирать свободные от макрофитов участки для заметов невода. Однако даже при этих условиях отмечалось их скручивание из-за обилия погруженной растительности и приходилось освобождать сетное полотно от макрофитов (рис. 1).

По результатам наших исследований и литературным данным [1] в разных биотопах фитомасса макрофитов в 2004-2021 гг. находилась в пределах 1,0-8,0 кг/м<sup>2</sup>. Средняя фитомасса макрофитов варьировала от 38 до 60 т/га с тенденцией увеличения в последние годы. Отмечается увеличение площади акватории с высокой степенью зарастаемости макрофитами, особенно это заметно в августе-октябре, когда акватория водохранилища, занятая погруженной растительностью составляет 75-100 %. Экологическое состояние любой водной экосистемы достаточно точно характеризуют различные показатели макрофитов, в частности, экологическая структура и пространственное распределение их зарослей и биомасса. Как недостаточное, так и чрезмерное развитие водной растительности может свидетельствовать о нарушении природного экологического баланса всей экосистемы водоёма. Наиболее благоприятным фактором для формирования хорошего качества воды является зарастание акватории до 30-40 % [8].

Важным условием эффективного воспроизводства аборигенных фитофильных видов рыб (тарань, судак, сазан, лещ, щука, окунь) является состояние нерестилищ, связанное с количественным и качественным составом макрофитов. Чрезмерное зарастание водоемов водной растительностью ухудшает состояние нерестилищ и нерестовых миграционных путей, приводит к сокращению площади нерестилищ и нагула промысловых видов рыб. В период 2010-2020 гг. биомасса погруженной водной растительности Веселовского водохранилища местами увеличилась до 80 т/га, в среднем составляя 60 т/га (таблица 1).

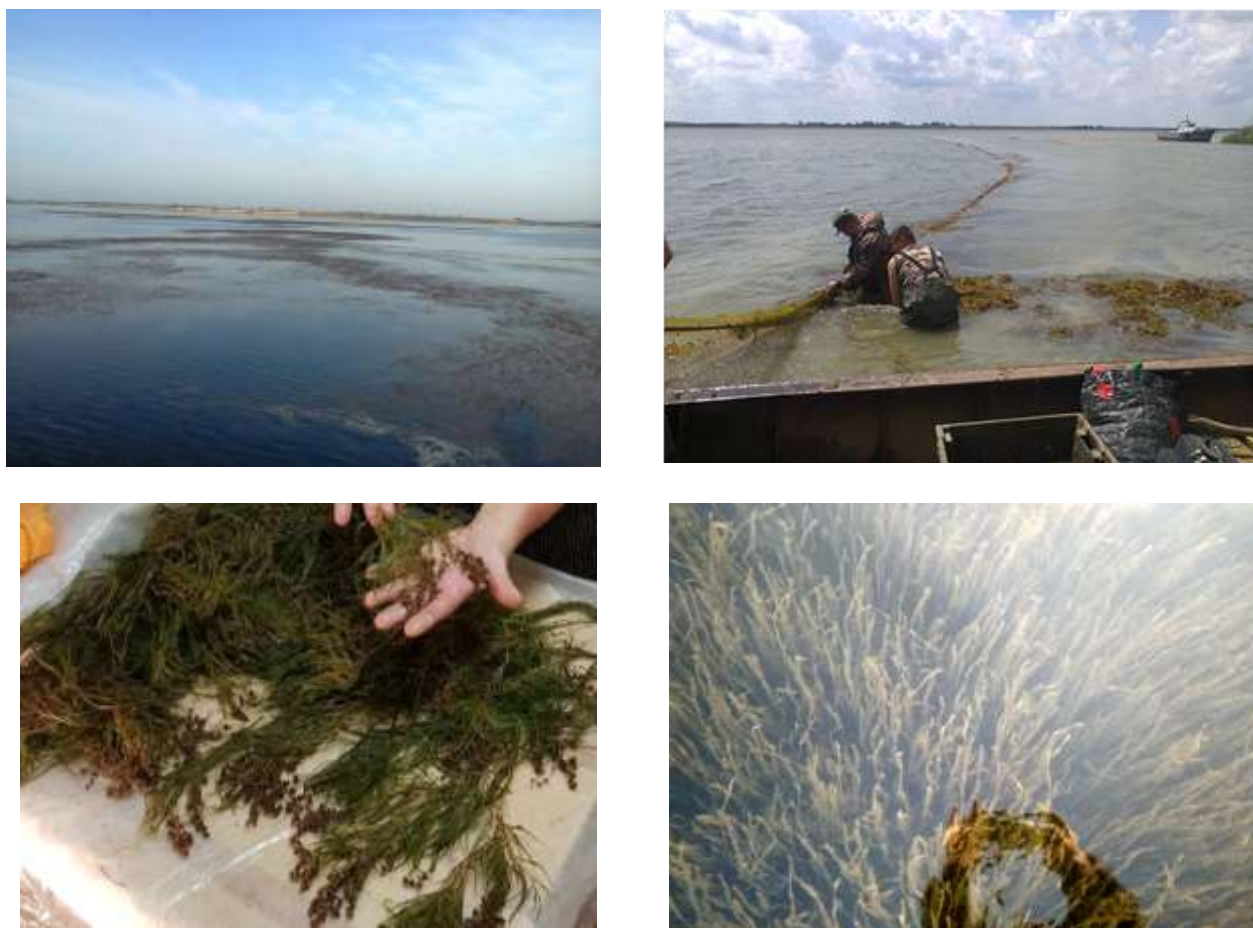


Рисунок 1 – Состояние макрофитов Веселовского водохранилища в 2019-2022 гг.

Таблица 1 – Показатели развития макрофитов Веселовского водохранилища

Доминирующие виды и показатели развития макрофитов	Год		
	2004 [9]	2016 [10]	2017-2021 [1]
Биомасса рдестов, кг/м <sup>2</sup>	3,76	Н.д.	$\frac{4,7}{1,0-7,2}$
Биомасса валлиснерии, кг/м <sup>2</sup>	$\frac{5,6}{4,9-6,4}$	Н.д.	$\frac{4,7}{3,1-6,2}$
Биомасса урути, кг/м <sup>2</sup>	3, 5	Н.д.	$\frac{1,3}{0,1-3,8}$
Средняя фитомасса погруженной растительности, кг/м <sup>2</sup>	4,7	$\frac{3,8}{2,2-5,4}$	$\frac{6,0}{2,1-8,0}$
Средняя фитомасса жесткой растительности, кг/м <sup>2</sup>	1,1	2,7	4,1
Степень зарастания акватории, %	30	Н.д.	75-100

Известно, что количественный и качественный состав макрофитов определяет условия эффективного воспроизводства фитофильных рыб (тарань, судак, сазан, лещ, щука, окунь). Так, для нерестилищ судака продуктивность фитомассы не должна превышать 10–15 т/га в сыром весе, а для тарани – 30 т/га [11]. По результатам проведенных исследований в последние годы фитомасса макрофитов превышает эту оптимальную величину в два и более раз, составляя 60 и более т/га. Все это свидетельствует о нарушении природного экологического баланса всей экосистемы водоёма и препятствует промыслу.

Помимо негативного влияния избытка макрофитов на состояние нерестилищ фитофильных видов рыб обилие макрофитов подавляет развития фитопланктона, как

кормового ресурса для большого количества вселенных в последние годы толстолобиков: суммарно в Веселовское водохранилище в 2015-2021 гг. было зарыблено более 9 млн экз. Кроме того, эти рыбы нагуливаются в водной толще, свободной от погруженной растительности.

С другой стороны, этот факт также имеет положительные аспекты: массовое развитие макрофитов препятствует доминированию цианобактерий в составе фитопланктона и является резервом повышения рыбопродуктивности водохранилища за счет получения дополнительной ихтиомассы в виде белого амура, являясь его кормовым ресурсом.

На наш взгляд, наиболее приемлемым способом изменения экологического состояния Веселовского водохранилища является биологическая мелиорация – то есть вселение белого амура, как эффективного биомелиоратора, потребляющего практически все виды водной флоры. К «излюбленным» растениям амура относятся рдесты, элодея, роголистник, уруть и др. При оптимальных кормовых и температурных условиях белый амур потребляет до 30-70 кг растительности на 1 кг прироста массы тела.

Среди представителей ихтиофауны исследованного водоема только три вида являются потребителями макрофитов. Среди них два аборигенных вида – красноперка *Scardinius erythrophthalmus* (Linnaeus, 1756) и тарань *Rutilus rutilus* Heckeli (Nordmann, 1840), а также вселенец – амур белый *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes, 1844).

Тарань (*Rutilus rutilus* Heckeli Nordmann, 1840) встречается во всех орудиях лова: сетных, неводных, в уловах мальковой волокушей, и при лове на удочку рыболов-любителей. Численность промысловой части популяции на начало 2022 г. составляет 1831,7 тыс. экз., промысловая биомасса – 432,5 т. Средний прирост одной особи из промыслового стада тарани за год составляет 0,10 кг. В кишечных трактах тарани растительная пища отмечается не всегда. В некоторые годы (2015 и 2019 гг.) и сезоны (сентябрь 2018 и 2020 гг.) растительные объекты в составе пищевого комка не отмечались вовсе. В другие периоды, например, в мае и сентябре 2016 г. – у незначительного количества (20 %), а в 2018 г. в апреле – у 22,0 % особей тарани в кишечных трактах отмечалась погруженная растительность (рис. 2). В среднем только у 10,9 % из числа исследованных особей тарани в составе пищевого комка присутствовала растительность, причем доля ее незначительна и составляла 10 % пищевого комка.

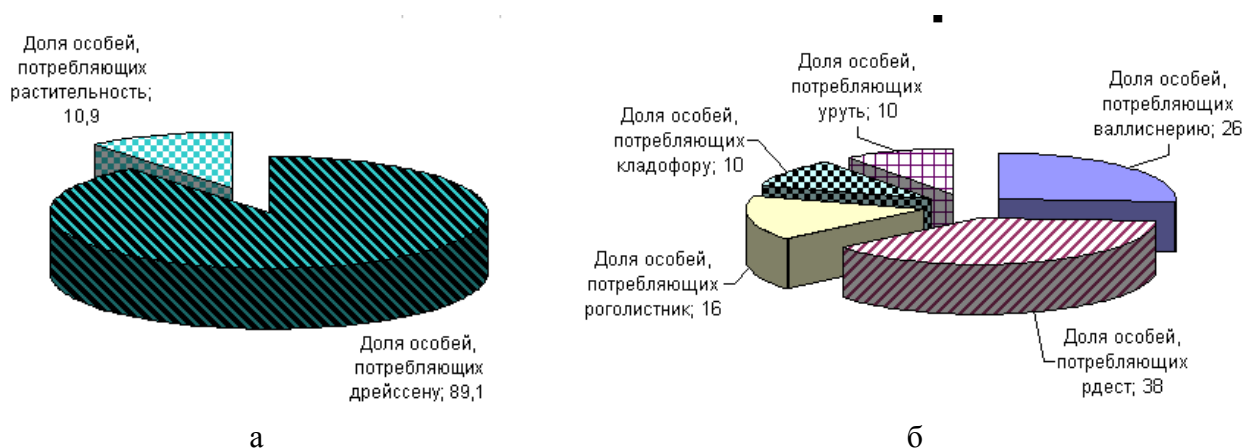


Рисунок 2 – Процентное распределение особей тарани (а) и красноперки (б), потребляющих разные пищевые компоненты

В таблице 2 приведены характеристики популяции тарани, необходимые для расчета продукции макрофитов на ее ежегодный прирост.

Общая численность популяции тарани, потенциально потребляющей в качестве кормовых объектов макрофиты, составляет 1381,1 тыс. экз. Однако, поскольку только у 10,9 % от числа исследованных особей тарани в составе пищевого комка отмечена растительность и ее доля в среднем составляет 10 %, количество тарани, потребляющей

макрофиты всегда и исключительно использующей только макрофиты составляет 15,05 тыс. экз. При среднем индивидуальном приросте 0,10 кг общий ежегодный прирост ихтиомассы тарани за счет макрофитов составит 1,5 т. При КК равном 60 единиц таранью будет потреблено 90,3 т.

Таблица 2 – Структура популяции тарани Веселовского водохранилища, 2022 г.

Показатели	Возраст, годовики					
	2	3	4	5	6	7
Численность, тыс. экз.	535,3	335,4	391,9	65,5	34,6	18,4
Индивидуальная масса, кг	0,13	0,21	0,31	0,42	0,48	0,58
Прирост, кг	0,13	0,08	0,10	0,11	0,06	0,10

Красноперка Веселовского водохранилища при осуществлении научных сетных ловов встречается в значительных количествах: её доля по численности варьирует от 17,5 до 18,0 %. В водохранилище сложились благоприятные условия для ее естественного размножения: в уловах мальковой волокуши доля красноперки среди промысловых видов рыб составляет от 13,6 % (2019 г.), 14,9 % (2018 г.) до 21,3 % (2020 г.). Этот факт позволяет надеяться на рост ее популяции и, так как красноперка является потребителем макрофитов, на усиление мелиоративного эффекта.

Основой питания красноперки в Веселовском водохранилище являются разные виды рдестов, составляющие в среднем 38,0 % пищевого комка. Субдоминирует в пищевом комке валлиснерия (26,0 %), этот вид макрофитов, преобладает в пищевом комке у 26,7 % обследованных особей красноперки. Доля урути и кладофоры составляет по 10 %, роголистника – 16 % пищевого комка.

Средний прирост особи из промыслового стада красноперки за год составляет 0,13 кг.

В таблице 3 приводятся показатели популяции красноперки, необходимые для расчета потребляемой биомассы макрофитов на ежегодный прирост.

Таблица 3 – Структура популяции красноперки Веселовского водохранилища, 2022 г.

Показатели	Возраст, годовики						
	1	2	3	4	5	6	7
Численность, тыс. экз.	119,2	55,7	194,0	32,3	0,4	0,4	3,0
Индивидуальная масса, кг	0,03	0,13	0,21	0,31	0,42	0,59	0,78
Прирост, кг	0,03	0,10	0,08	0,10	0,11	0,17	0,19

Общая численность популяции красноперки составила 405,63 тыс. экз.; при среднем приросте одной особи 0,13 кг общий прирост ихтиомассы всей популяции красноперки за один год составит 52,69 т. Фитомасса потребленных макрофитов для наращивания красноперкой этого количества ихтиомассы составит 3161,4 т.

Третьим видом, потребляющим макрофиты Веселовского водохранилища, является белый амур. Этому виду многие ученые отводят особую роль, как эффективному биомелиоратору, потребляющему практически все виды водной флоры [12-13]. Белый амур в возрасте 1,0-1,5 месяцев полностью переходит на питание высшими растениями. К «излюбленным» растениям амура относятся рдесты, элодея, роголистник, ряски, уруть и др. При оптимальных кормовых и температурных условиях белый амур потребляет до 30-70 кг растительности на 1 кг прироста массы тела.

Белый амур по своей видовой специфике соответствует всем требованиям, предъявляемым к рыбам-мелиораторам: широкий спектр питания, избыточное потребление растений, трофическая пластичность, устойчивость к дефициту кислорода и частым обловам, зимостойкость, быстрый рост, высокие товарные и вкусовые качества. Белые амуры в итоге их трофической деятельности оказывают мощное воздействие на заросли высших водных



растений и вовлекают в больших масштабах этот вид первичной продукции в трофодинамические циклы водоемов, что и служит основанием для их широкого мелиоративного использования в водоемах различного хозяйственного назначения. Кроме того, вселение в интенсивно зарастающие водоемы белого амура – непосредственного потребителя высших растений создает предпосылки для значительного увеличения рыбопродукции с единицы их площади за счет прямой утилизации водной растительности [14].

Белый амур питается водными растениями, как высшими водными растениями, так и подводной растительностью, но могут также питаться детритом, насекомыми и другими беспозвоночными, способны потреблять наземную растительность при выращивании в прудах. В возрасте 30 суток молодь белого амура начинает потреблять водную растительность – ряску. В трехлетнем возрасте рацион белого амура составляет водная растительность: энтероморфа кишечница, рдесты, ряска, рогоз, осока, тростник. При недостатке растительности в весенний период особи белого амура потребляют планктонные формы водных насекомых, а в летний и осенний период переходят на детрит водоемов. В период изобильного питания водной растительностью в кишечниках встречаются разные виды водных насекомых, предположительно попавшие вместе с растительностью [15].

Манычские водохранилища начали зарыблять растительноядными рыбами, в том числе и белым амуром с целью повышения их рыбопродуктивности путем утилизации не востребуемых кормовых ресурсов с 1964 г. В 2009-2010 г. ФГУП «АзНИИРХ» была проведена оценка состояния кормовых запасов Веселовского водохранилища и подготовлено рыбоводно-биологическое обоснование по оптимальным объемам его зарыбления сеголетками и двухлетками белого амура, составивших для сеголетков 2700 тыс. экз., для двухлетков – 133 тыс. экз. В настоящее время зарыбление Веселовского водохранилища белым амуром осуществляется нерегулярно и в количествах, не соответствующих разработанным ФГУП «АзНИИРХ» нормативам (рис. 3). При рекомендованном объеме зарыбления 2700 тыс. экз. сеголетков зарыблялось от 5,9 тыс. экз. (2017 г.) до 1168 тыс. экз. (2018 г.), когда был достигнут максимум объема зарыбления.

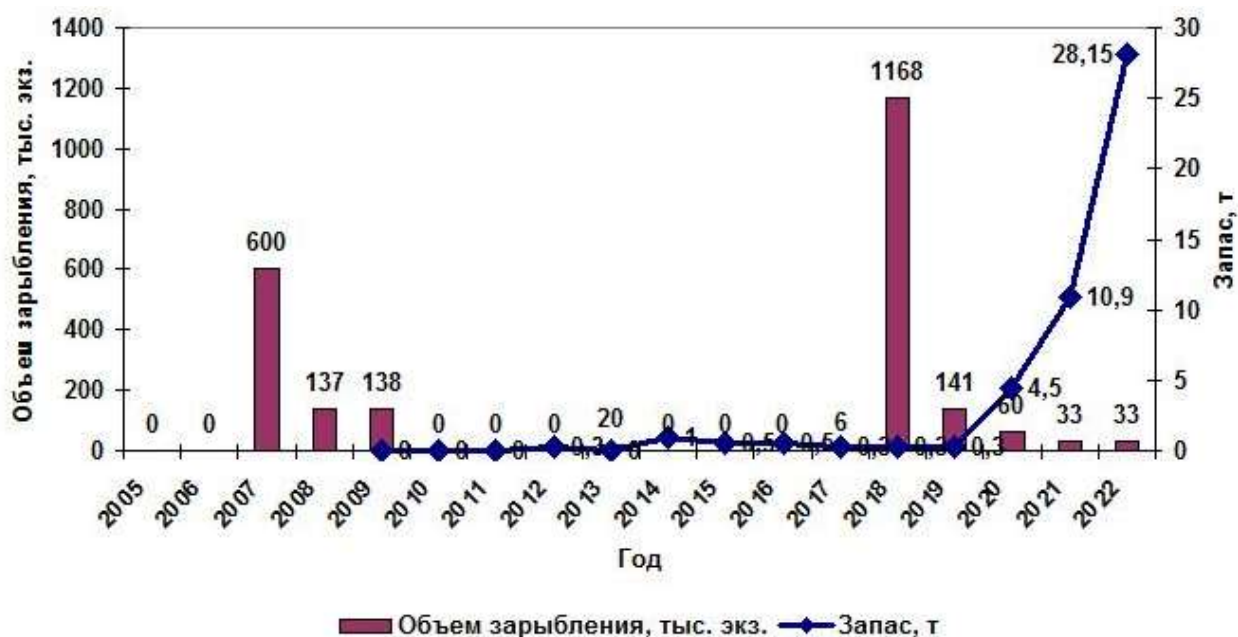


Рисунок 3 – Динамика объемов зарыбления и промыслового запаса белого амура Веселовского водохранилища

В климатических условиях Ростовской области белый амур имеет высокий темп роста: длины 50 см достигает в трехлетнем возрасте (2+), 60 см – в возрасте 3 года, 70 см – в четырехлетнем возрасте (3+) и имеет соответствующую массу (рис. 4).

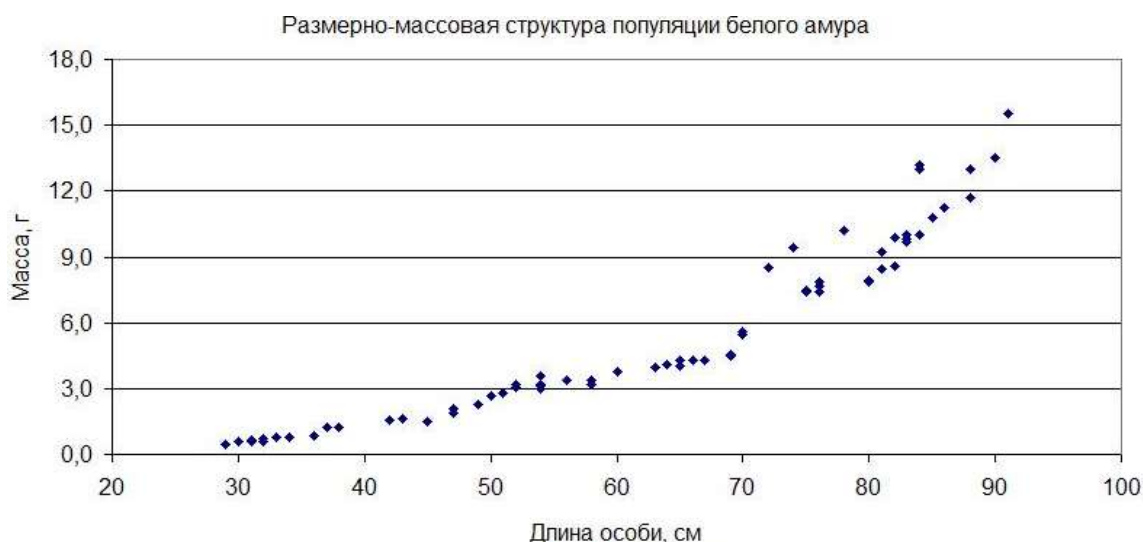


Рисунок 4 – Размерно-массовая структура популяции белого амура водохранилищ Манычского каскада

Промысловое стадо белого амура в современный период малочисленно и формируется в последние годы за счёт низких объемов и нерегулярных вселений молоди. Из-за малочисленности поколений и нестабильности запасов, размерно-весовая и возрастная структура промысловых популяций белого амура подвержена флуктуациям. На начало 2022 г. структура стада белого амура была представлена шестью возрастными группами, особями поколений 2013, 2017-2021 гг. (таблица 4).

Таблица 4 – Структура популяции белого амура Веселовского водохранилища в 2022 г. согласно объемам зарыбления, фиксируемых статистикой

Показатели	Возраст, годовики					
	2	3	4	5	9	13
Возраст, год	2021	2020	2019	2018	2017	2013
Численность, тыс. экз.	16,6	4,8	8,0	34,3	0,1	0,05
Индивидуальная масса, кг	0,22	0,82	2,84	4,27	5,92	11,83
Прирост	0,22	0,6	2,02	1,43	1,65	5,91

Средний прирост особей всех возрастных групп белого амура составляет 1,54 кг в год. При общей численности популяции в 63,85 тыс. экз. общий прирост ихтиомассы за один год составит 98,33 т. Для наращивания такой ихтиомассы белый амур потребляет 5899,7 т фитомассы макрофитов.

Расчеты показали, что годовое потребление ихтиомассы макрофитов всеми видами макрофитофагов Веселовского водохранилища составляет 9151,4 т (таблица 5).

Таблица 5 – Ихтиомасса макрофитофагов и объем потребления макрофитов рыбами Веселовского водохранилища в 2022 г.

Вид	Численность, тыс. экз.	Прирост 1 особи за год, кг	Годовой прирост популяции, т	Объем потребления макрофитов на прирост популяций, т
Тарань	15,05*	0,10	1,51	90,3
Красноперка	405,00	0,13	52,69	3161,4
Белый амур	63,85	1,54	98,33	5899,7
Всего	484,2	-	152,52	9151,4

Примечание: \* – Особи, потребляющие макрофиты

В настоящий период годовой прирост общей ихтиомассы рыб-макрофитофагов (популяции белого амура, тарани и красноперки) составляет 152,52 т.

Таким образом, в настоящее время в водохранилище биоресурс, изобильно представленный макрофитами востребован частично (0,46 % от общего резерва) красноперкой, таранью и вселенным белым амуром. Но этого недостаточно для решения проблемы избыточной зарастаемости водохранилища. Требуется дополнительное зарыбление белого амура, как биомелиоратора, что позволит сбалансировать биоценозы, осуществить реконструкцию промысловой ихтиофауны, значительно повысить рыбопродуктивный потенциал водохранилища.

В настоящее время, исходя из этих фактов, предлагается зарыбление в объеме 2,7 млн сеголетков или 133 тыс. экз. двухлетков, возможно применение сочетания этих возрастных групп. На наш взгляд, возможно использовать двукратное зарыбление, включая осенний и весенний период, добавив к сеголеткам другие возрастные группы – годовиков, двухгодовиков и, возможно, трехгодовиков.

Таблица 6 – Расчет потенциальной рыбопродуктивности Веселовского водохранилища при использовании погруженной растительности в современный период

Показатели	Погруженная растительность
Занимаемая часть акватории, %	80
Занимаемая площадь акватории, га	24000
Трофический ресурс макрофитов, кг/м <sup>2</sup>	6,0
Трофический ресурс макрофитов, т/водоем	1440000
КК	60
Потребление не более, %	60
Годовая рыбопродуктивность макрофитофагов, т	14400
Рыбопродуктивность, т/га	0,6
Объем использования макрофитов, т	9151,4
Современное использование резерва макрофитов, %	0,64

Если условно принять, что средняя биомасса погруженных макрофитов составляет 6,0 кг/м<sup>2</sup>, а прибрежно-водная – 4,2 кг, то первые годы возможно осуществлять зарыбление водохранилища по расчетам, осуществленным В.Д. Дахно (2009) при разработке рыбоводно-биологического обоснования на зарыбление Веселовского водохранилища растительными рыбами и сазаном с целью повышения его рыбопродуктивности [13] в количестве 2,7 млн экз. сеголетков. При этом суммарная ежегодная продукция всех поколений белого амура на 10 год после начала регулярного зарыбления и ежегодном промысловом изъятии 30 % от запаса составит 1029 т.

Регулярное зарыбление белого амура в предложенных объемах приостановит дальнейшее зарастание, а через несколько лет применение плотностей зарыбления согласно реальной приемной емкости позволит регулировать степень зарастания более продуктивно и эффективно. Данное мелиоративное мероприятие будет способствовать сохранению нерестилищ фитофильных рыб, оптимизирует развитие фитопланктона как кормовой базы для вселенных толстолобиков и значительно увеличит рыбопродуктивность водохранилища за счет использования макрофитов белым амуром.

**Выводы.** Проведенные исследования показали, что:

- в последние годы в Веселовском водохранилище наблюдается стабильно высокая удельная биомасса макрофитов при значительной степени зарастаемости акватории до 75-100 % в осенний период, превышая оптимальные величины количественного развития как нерестилищ фитофильных видов рыб в 2 и более раз;
- рыбами макрофитофагами Веселовского водохранилища являются популяции красноперки, тарани и вселенного белого амура, которые в настоящее время потребляют за

вегетационный период всего 20,6 % имеющегося резерва продукции макрофитов;

- зарыбление водохранилища белым амуром осуществляется нерегулярно и в недостаточных для биологической мелиорации количествах;

- потенциальная рыбопродуктивность Веселовского водохранилища при использовании макрофитов в качестве трофического резерва в современный период составляет 19680 т ежегодно и основана зарастаемостью 80 % акватории погруженной водной растительностью с высокими показателями биомассы, в среднем составляющей в осенний период 8,2 кг/м<sup>2</sup>;

- для использования резервных трофических возможностей макрофитов Веселовского водохранилища необходима ежегодная регулярная интродукция белого амура, как биомелиоратора и перспективного объекта аквакультуры в минимальном количестве 2,7 млн экз. сеголетков белого амура, что обусловлено ограниченными возможностями воспроизводственных мероприятий Ростовской области;

- на 10-й год регулярного зарыбления в указанном объеме при изъятии 30 % запаса ежегодный прирост ихтиомассы белого амура будет составлять 1029 т.

- проводить тщательный мониторинг зарыблений, состояния популяций белого амура и развития макрофитов Веселовского водохранилища с тем, чтобы корректировать объемы зарыбления белым амуром в будущем.

- добиваться неукоснительного соблюдения норм зарыбления белым амуром Веселовского водохранилища.

Исполнение данных рекомендаций и мероприятий приведет к снижению зарастаемости акватории Веселовского водохранилища, восстановлению нерестилищ фитофильных рыб и высокого рыбохозяйственного статуса Веселовского водохранилища

#### Список использованной литературы:

1. Головки Г.В., Саенко Е.М. Динамика развития макрофитов Веселовского водохранилища и их современное состояние как резерва повышения рыбопродуктивности // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2022. Вып. 4. С. 22-40.
2. Методические указания по оценке численности рыб в пресноводных водоемах. М.: ВНИИПРХ, 1986. 50 с.
3. Атлас пресноводных рыб России. М.: Наука, 2003. Т. 2. 353 с.
4. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищевая промышленность, 1966. 375 с.
5. Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях. М.: Наука, 1974. 254 с.
6. Плохинский Н.А. Биометрия. М.: Изд-во МГУ, 1970. 265 с.
7. Витковский А.З. Современное состояние ихтиофауны водохранилищ Манычского каскада: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16 / Александр Зигмундович Витковский. Ставрополь, 2000. 24 с.
8. Власов Б.П. Использование высших водных растений для оценки и контроля за состоянием водной среды: Методические рекомендации. Мн.: БГУ, 2002, 84 с.
9. Маныч-Чограй: история и современность (Предварительные исследования) – глава 5 – Громов В.В. Водная растительность / Отв. ред. Г.Г. Матишов. Ростов-н/Д: Эверест, 2005. С. 57-64.
10. Саенко Е.М., Кузнецов С.А. Состояние ихтиофауны Веселовского водохранилища // III Международная конф. «Биологическое разнообразие азиатских степей». Казахстан – Констанай: КГПИ, 2017. С. 159-164.
11. Цуникова Е.П. Водоемы Восточного Приазовья – рыбохозяйственное значение и оптимизация их использования. Ростов-н/Д.: Медиополис, 2006. 225 с
12. Кудерский Л.А. Растительные рыбы как объект товарного выращивания в озерах и водохранилищах // Проблемы воспроизводства растительных рыб, их роль в аквакультуре: матер. докл. Междунар. науч.-практ. конф. 2000, С. 91-93.

13. Стрельченко О.В. Эффективность борьбы с зарастаемостью макрофитами водоема-охладителя ростовской атомной электростанции путем его зарыбления белым амуром *Stenopharyngodon idella* (Valenciennes, 1844) // Водные биоресурсы и среда обитания. 2018. Т. 1. № 3-4. С. 112-116.
14. Воронова Г.П., Куцко Л.А., Пантелей С.Н. О технологических приемах выращивания белого амура в поликультуре рыб с использованием зеленых кормов наземной растительности // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. Вып. 27 / Под общ. ред. В.Г. Костоусова. Мн., 2011. С.50-58.
15. Горюнова В.Н. Питание белого амура в водоемах дельты Волги // Труды КаспНИИРХ. 1971. Т. 26. С. 237-240.

References:

1. Golovko G.V., Saenko E.M. Dinamika razvitiya makrofitov Veselovskogo vodokhranilishcha i ikh sovremennoe sostoyanie kak rezerva povysheniya ryboproduktivnosti [The dynamics of the development of macrophytes of the Veselovsky reservoir and their current state as a reserve for increasing fish productivity]. *Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kerch State Marine Technological University], 2022, no. 4, pp. 22-40 (In Russian).
2. *Metodicheskie ukazaniya po otsenke chislennosti ryb v presnovodnykh vodoemakh* [Methodological guidelines for assessing the number of fish in freshwater reservoirs]. Moscow, VNIIPRH Publ., 1986. 50 p. (In Russian).
3. *Atlas presnovodnykh ryb Rossii* [Atlas of freshwater fish of Russia]. Moscow, Nauka Publ., 2003, vol. 2, 353 p. (In Russian).
4. Pravdin I.F. *Rukovodstvo po izucheniyu ryb* [Guide to the study of fish]. Moscow, Pishchevaya promyshlennost' Publ., 1966, 375 p. (In Russian).
5. *Metodicheskoe posobie po izucheniyu pitaniya i pishchevykh otnosheniy ryb v estestvennykh usloviyakh* [Methodological guide for the study of nutrition and food relations of fish in natural conditions]. Moscow, Nauka Publ., 1974, 254 p. (In Russian).
6. Plokhinskiy N.A. *Biometriya* [Biometrics]. Moscow, MSU Publ., 1970, 265 p. (In Russian).
7. Vitkovskiy A.Z. *Sovremennoe sostoyanie ikhtiofauny vodokhranilishch Manychskogo kaskada. Avtoref. diss. ... kand. biol. nauk* [The current state of the ichthyofauna of the reservoirs of the Manych cascade. Cand. biol. sci. diss. abstr.]. Stavropol', 2000, 24 p. (In Russian)
8. Vlasov B.P. *Ispol'zovanie vysshikh vodnykh rasteniy dlya otsenki i kontrolya za sostoyaniem vodnoy sredy: Metodicheskie rekomendatsii* [The use of higher aquatic plants for the assessment and control of the state of the aquatic environment: Methodological recommendations]. Minsk, BSU Publ., 2002, 84 p. (In Russian).
9. Matishov G.G. (ed.), Gromov V.V. *Manych-Chogray: istoriya i sovremennost' (Predvaritel'nye issledovaniya) – glava 5 – Vodnaya rastitel'nost'* [Manych-Chograi: History and modernity (Preliminary studies) – Chapter 5 – Aquatic vegetation]. Rostov-on-Don, Everest Publ., 2005, pp. 57-64. (In Russian).
10. Saenko E.M., Kuznetsov S.A. *Sostoyanie ikhtiofauny Veselovskogo vodokhranilishcha* [The state of the ichthyofauna of the Veselovsky reservoir]. *3 Mezhdunarodnaya konferenciya «Biologicheskoe raznoobrazie aziatskikh stepey»* [3rd International Conference “Biological diversity of the Asian steppes”]. Kazakhstan, Konstanay, KGPI Publ., 2017, pp. 159-164. (In Russian).
11. Tsunikova E.P. *Vodoemy Vostochnogo Priazov'ya – rybokhozyaystvennoe znachenie i optimizatsiya ikh ispol'zovaniya* [Reservoirs of the Eastern Azov region – fishery significance and optimization of their use]. Rostov-on-Don, Mediapolis, 2006, 225 p. (In Russian).
12. Kuderskiy L.A. *Rastitel'noyadnye ryby kak ob'ekt tovarnogo vyrashchivaniya v ozerakh i vodokhranilishchakh* [Herbivorous fish as an object of commercial cultivation in lakes and reservoirs]. *Materialy dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferencii «Problemy vosproizvodstva rastitel'noyadnykh ryb, ikh rol' v akvakul'ture»* [Materials of the

- reports of the International Scientific and Practical Conference “Problems of reproduction of herbivorous fish, their role in aquaculture”), 2000, pp. 91-93. (In Russian).
13. Strel'chenko O.V. Effektivnost' bor'by s zarastaemost'yu makrofitami vodoema-okhladitelya rostovskoy atomnoy elektrostantsii putem ego zaryblyeniya belym amurom *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes, 1844) [The effectiveness of combating overgrowth by macrophytes of the cooling reservoir of the Rostov nuclear power plant by stocking it with white cupid *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes, 1844)]. *Vodnye bioresursy i sreda obitaniya* [Aquatic Bioresource & Environment], 2018, vol. 1, no. 3-4, pp. 112-116. (In Russian).
  14. Voronova G.P., Kutsko L.A., Panteley S.N. O tekhnologicheskikh priemakh vyrashchivaniya belogo amura v polikul'ture ryb s ispol'zovaniem zelenykh kormov nazemnoy rastitel'nosti [About technological methods of growing white amur in fish polyculture using green feeds of terrestrial vegetation]. *Sbornik nauchnykh trudov «Voprosy rybnogo khozyaystva Belarusi»*. Vyp. 27 [Collection of scientific works “Issues of fisheries in Belarus”. Issue 27]. Minsk, 2011, pp. 50-58. (In Russian).
  15. Goryunova V.N. Pitanie belogo amura v vodoemakh del'ty Volgi [Feeding of the white Amur in the reservoirs of the Volga delta]. *Trudy KaspNIIRKh* [The works of Kaspnirkh], 1971, vol. 26, pp. 237-240. (In Russian).

Сведения об авторах / Information about authors

<b>Головко Галина Викторовна</b>	ведущий научный сотрудник лаборатории биоресурсов внутренних водных объектов Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» 344002, Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21в golovkogv-golovko@yandex.ru
Golovko Galina Viktorovna	Leading Researcher, Laboratory of Inland Water Bioresources Azovo-Chernomorsk Branch of FGBNU “VNIRO” 344002, Rostov-on-Don, Beregovaya str., 21v golovkogv-golovko@yandex.ru
<b>Саенко Елена Михайловна</b>	заведующий лабораторией биоресурсов внутренних водных объектов Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» 344002, Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21в lbvvo@azniirkh.ru
Saenko Elena Mikhailovna	Head of the Laboratory of Bioresources of Inland Water Bodies Azovo-Chernomorsk Branch of FGBNU “VNIRO” 344002, Rostov-on-Don, Beregovaya str., 21v lbvvo@azniirkh.ru

УДК 595.36

DOI: 10.26296/2619-0605.2023.3.3.005

Кулиш А.В., Саенко Е.М.

**РАЗМЕРНЫЙ СОСТАВ И ПЛОДОВИТОСТЬ ТРАВЯНОЙ КРЕВЕТКИ *PALAEMON ADSPERSUS* RATHKE, 1836 В КЕРЧЕНСКОМ ПРОЛИВЕ (АЗОВСКОЕ МОРЕ)**

**Аннотация.** Статья посвящена изучению структуры группировки отнерестившихся самок одного из промысловых объектов Азово-Черноморского бассейна – травяной креветки *Palaemon adspersus*. Материалом для исследований послужили сборы креветки (отнерестившихся самок) из Керченского пролива (Азовское море). Установлены пределы вариации общей (3,6-7,2 см) и промысловой (2,6-5,6 см) длин яйценосных самок при абсолютной реализованной плодовитости от 500 до 2560 штук яиц в кладке. Рассчитаны значения плодовитости по всем размерным кластерам промысловой длины тела самок с интервалом 0,1 см. Выполнен анализ изменения численности развивающихся яиц в «реконструированной» кладке и рассчитан ориентировочный процент выхода молоди при её выклеве. Представлен сравнительный анализ размерного состава и плодовитости травяной креветки в различных частях её ареала.

**Ключевые слова:** *Palaemon adspersus*, Керченский пролив, отнерестившиеся самки, размерный состав, реализованная плодовитость.

Koulish A.V., Saenko E.M.

**SIZE COMPOSITION AND FECUNDITY OF THE BALTIC PRAWN *PALAEMON ADSPERSUS* RATHKE, 1837 IN THE KERCH STRAIT (SEA OF AZOV)**

**Abstract.** The structure of the assemblage of the Baltic prawn (*Palaemon adspersus*) females that already spawned, the species important for commercial catch, has been studied. The material for the research was samples of prawn (females that already spawned) from the Kerch Strait (Sea of Azov). The limits of variation of the total (3.6-7.2 cm) and commercial (2.6-5.6 cm) length of egg-bearing females with absolute realized fecundity from 500 to 2560 eggs in a clutch were determined. Fecundity values were calculated for all length groups of the marketable size females with an interval of 0.1 cm. The analysis of changes in the number of developing eggs in the “reconstructed” clutch was performed and the approximate percentage of the yield of juveniles at its hatching was calculated. A comparative analysis of the size composition and fecundity of the Baltic prawn in various parts of its range is presented.

**Keywords:** *Palaemon adspersus*, Kerch Strait, females that already spawned, size composition, realized fecundity

**Введение.** Травяная креветка *Palaemon adspersus* Rathke, 1836 относится к семейству Palaemonidae, инфраотряду настоящие креветки (Caridea) и отряду десятиногие ракообразные (Decapoda).

В Черном и в особенности в Азовском море *P. adspersus* является обычным и наиболее массовым видом креветок. Достигая длины 7.5 см и обладая диетическими свойствами мяса, имеет промысловое значение.

Именно середина XX-го столетия стала периодом, когда необходимость расширения изучения биологии черноморских креветок *Leander adspersus* (= *P. adspersus*) и *Leander squilla* (= *P. elegans*) в регионе была вызвана не только заполнением “вакуума” знаний об этой группе гидробионтов, но и возникшей потребностью обоснования рационального промышленного использования их запасов.

Первые известные исследования, связанные с изучением репродуктивной биологии обитающих в Азово-Черноморском рыбохозяйственном бассейне креветок *L. adspersus*, были выполнены по Северо-Восточной части Черного моря в 1930-1933 годах А.К. Макаровым и А.Е. Пилявской [1], результаты которых были опубликованы лишь в 1951 году [2].

Впоследствии, после Великой Отечественной войны выходят работы С.М. Ляхова [3, 4] и З.А. Виноградовой [5], посвященные изучению индивидуальной плодовитости десятиногих ракообразных (Decapoda) Черного моря, включая и *L. adspersus*. К этому же периоду относится специальное исследование плодовитости креветок рода *Leander* (= *Palaemon*) в лиманах Северо-Западного Причерноморья, выполненное Е.Е. Кривошей [6].

В последующем, с 2010 года научный интерес к травяной креветке снова возрастает. Это было связано с возобновлением промышленного регулируемого вылова креветок рода *Palaemon* в Черном и Азовском морях Украиной и Россией. К указанному периоду относятся работа Е.А. Замятиной [7], а также обзорная статья А.Р. Болтачева с соавторами [8]. Однако информация о отнерестившихся самках травяной креветки *P. adspersus*, изложенная в указанных двух работах, крайне ограничена. Следует также отметить статью Е.М. Саенко и Е.А. Марушко о промысловых видах креветок в Азовском море, вышедшую в 2018 году [9].

Наиболее значимыми в сравнительном аспекте работами, освещающими биологические характеристики группировки отнерестившихся самок травяной креветки в других районах, являются публикации по Средиземному морю у берегов Испании [10, 11], в южной части Черного моря у берегов Турции [12, 13], в Адриатическом море у берегов Хорватии [14], в Каспийском море у берегов Ирана [15, 16], в Северном море у берегов Швеции [17], а также в Балтийском море у берегов Польши [18].

В настоящее время травяная креветка *P. adspersus* является основным объектом промысла из числа десятиногих ракообразных (в прилове травяной креветки в незначительном количестве встречается другой вид данного рода – каменная креветка *Palaemon elegans* Rathke, 1836, входя в пятерку лидеров по объему промысла в Азово-Черноморском морском бассейне среди промысловых беспозвоночных.

Районом наших исследований был выбран Керченский пролив, акватория которого в настоящее время является одним из основных районов добычи промысловых видов креветок *P. adspersus* и *P. elegans*. Видовое разнообразие креветок рода *Palaemon* в Керченском проливе, а также их размерно-массовый состав исследовались ранее авторами настоящей статьи [19]. При этом установлено, что в сообществе креветок рода *Palaemon* Керченского пролива доминирует травяная креветка, доля особей которой в общей численности составляет 67-99 % уловов. Из чего следует указать, что изучение травяной креветки в проливе позволит получить исчерпывающие данные об элементах её репродуктивной биологии. А это, в свою очередь, необходимо для совершенствования методологии прогнозирования перспектив и расчета запасов этого ценного объекта.

**Целью исследования**, выполненного авторами, является изучение размерно-вещного состава и абсолютной реализованной плодовитости группировки травяной креветки *P. adspersus* в одном из основных районов её промысла – Керченском проливе.

**Материалы и методы исследования.** В качестве материала для проведения исследования использовалась выборка травяной креветки *P. adspersus*, отобранная в июне 2019 года в акватории юго-западной части Керченского пролива (рис. 1).

Сбор материала осуществлялся в акватории Камыш-Бурунской бухты (45°16'53.20" N 36°25'09.12" E), а также у мыса Малый (45°10'00.30" N 36°24'50.64" E). Креветки отлавливались на прибрежных участках верхней сублиторали в биотопах zostеры (*Zostera* sp.) с песчано-илистыми грунтами на глубинах от 0 до 1,5 метра. Вылов креветок проводился с помощью гидробиологического сачка с входным отверстием 60×40 см, изготовленного из капронового сита с шагом ячеей 1 мм. Из улова отбирались только самки *P. adspersus*, имеющие на плеоподах развивающиеся яйца. Всего было отобрано 147 особей. На месте лова материал фиксировался в 4%-ом растворе формальдегида.

В лаборатории для каждой особи с точностью до 0,1 см выполнялись промеры общей длины тела ( $L_t$  – расстояние от начала рострума до конца тельсона), промысловой длины ( $L_p$  – расстояние от вертикали каудального края заглазничной орбиты карапакса до конца тельсона) и длины карапакса ( $L_k$  – расстояние от вертикали каудального края заглазничной орбиты до вертикали каудального края карапакса в его латеральной части). Для каждой



особи на лабораторных весах AXIS A-250/0,01 с точностью до 0,01 г определялась индивидуальная масса до и после снятия кладки яиц ( $M_1$  – масса самки с яйцами и  $M_0$  – масса самки без яиц).

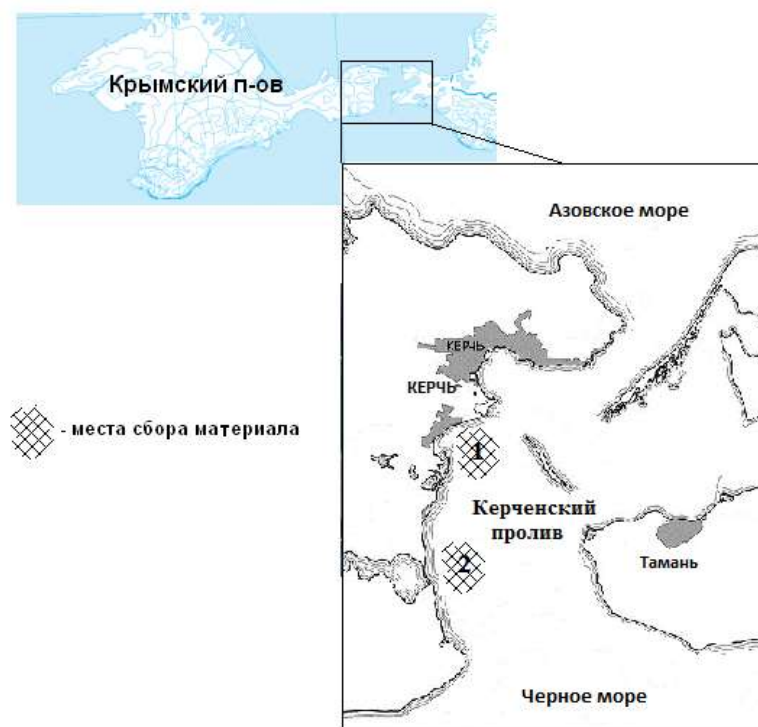


Рисунок 1 – Места сбора материала *Palaemon adspersus* (1-2 – район работ)

В последующем у каждой самки *P. adspersus* с абдомена и брюшных ножек (плеопод) пинцетом снималась вся кладка яиц. Яйца размещались в камере Богорова. При помощи бинокулярного стереомикроскопа SZM-45T2 подсчитывалось количество яиц, а также под различным увеличением просматривалось морфологическое строение находящихся в яйцах эмбрионов. Для каждой кладки устанавливалась стадия её развития согласно выделенным С.С. Зинабадиновой и др. эмбриональным маркерам [20, 21].

При этом в каждой кладке осуществлялся учет аномально развивающихся эмбрионов, по результатам которого рассчитывался процент нормально развивающихся яиц.

Для обработки базы полученных промеров использовался стандартный пакет компьютерной программы Microsoft Excel 2016, а также пакет статистической программы SPSS Statistics V.22.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Размерно-весовой состав отнерестившихся самок. Анализ полученных данных морфометрических и весовых промеров самок травяной креветки *P. adspersus*, имевших на плеоподах кладку яиц, свидетельствует о сложной размерно-возрастной структуре нерестового стада (табл. 1).

Участвовавшие в воспроизводстве самки имели различную длину, изменяющуюся для части особей в достаточно широких пределах. Так промысловая длина ( $L_p$ ), как наиболее пригодный к практическому использованию в оценке популяции параметр, варьировала от 2.6 до 5.6 см, при массе особей от 0.33 до 3.90 г соответственно. Общая длина ( $L_t$ ) не всегда может быть корректно измерена. Причиной указанного является значительная вариация длины рострума, размах которой обусловлен его естественной деформацией при линьке и следствием механических повреждений. Так, например, нами отмечено, что у травяной креветки из Керченского пролива доля особей, имеющих естественные деформации рострума, значительно меньше, чем у особей данного вида из Каркинитского залива (Черное море).

Таблица 1 – Размерно-весовые показатели нерестовых самок *P. adspersus* в Керченском проливе (n – 147)

Показатель	Длина общая (Lt), см	Длина промысловая (Lp), см	Длина карапакса (Lk), см	Индивидуальная масса ( $M_0$ ), г
Среднее значение (M)	5,761	4,587	1,739	2,2732
Стандартная ошибка (m)	0,0950	0,0796	0,0774	0,0983
Минимальное значение (Min)	3,6	2,6	0,7	0,33
Максимальное значение (Max)	7,2	5,6	3,2	3,90
Размах значений (Lim)	3,6	3,0	2,5	3,57

Полученный ряд промеров промысловой длины яйценосных самок *P. adspersus* свидетельствует о том, что продуцирование зрелых яиц впервые у единичных особей данного вида креветок возможно при достижении ими промысловой длины 2,6 см (рис. 2). При этом самки, участвующие в воспроизводстве, имеют Lp от 3,6 до 6,8 см. Доля самок с длиной более 7.0 см малочисленна вследствие короткого жизненного цикла, свойственного данному виду, а также имеющей место промысловой смертности. При этом модальная группа отнерестившихся самок в Керченском проливе имеет промысловую длину равную 4,6-5,6 см.

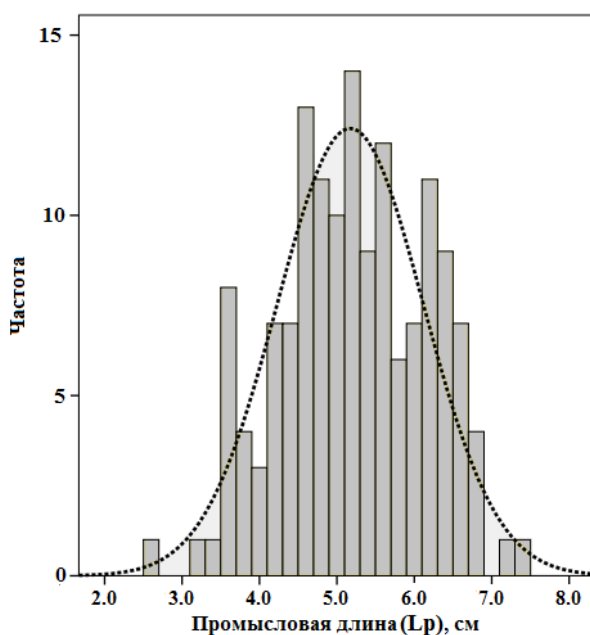


Рисунок 2 – Распределение значений промысловой длины в выборке *P. adspersus* из Керченского пролива

Наличие в выборке из репродуктивного стада из Керченского пролива ряда разноразмерных групп самок с выраженными пиками частот (рис. 2) позволяет предположить об участии в нересте на протяжении сезона трех возрастных групп – предположительно годовиков, двухгодовиков и трехгодовиков. Отсутствие у креветок четких регистрирующих возраст морфологических структур не позволяет однозначно подтвердить наши сведения. Однако единственным методом, который может дать какую-либо информацию о возрастной структуре, является анализ размерной структуры популяции с последующим выделением размерных кластеров для каждой возрастной группы.

При попарном сравнении значений индивидуальной массы и промысловой длины установлена зависимость, описываемая степенной функцией с высоким уровнем достоверности ( $R^2 = 0,7578$ ) (рис. 3).

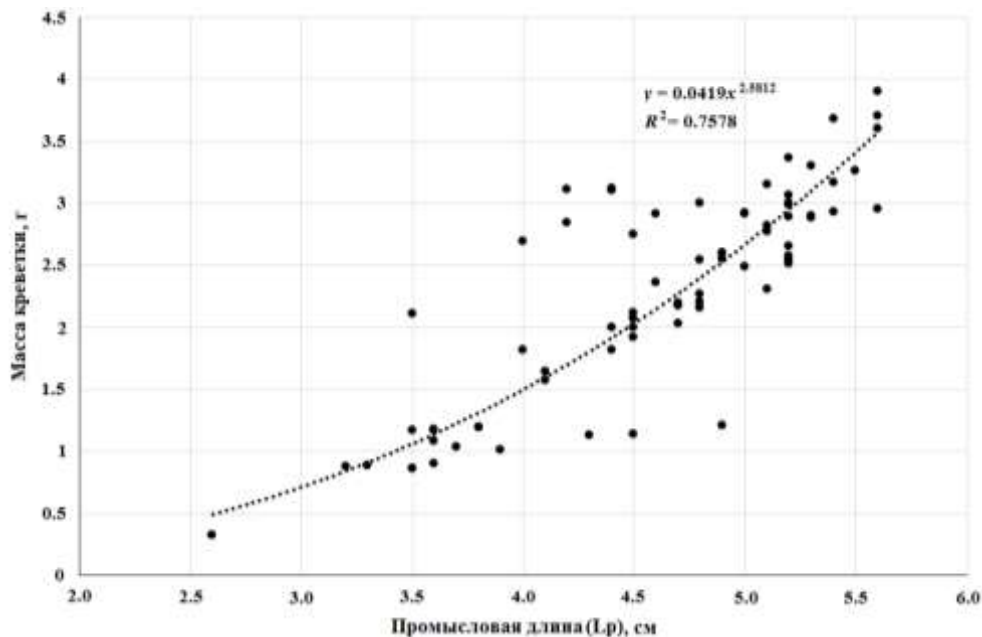


Рисунок 3 – Изменение массы самок *P. adspersus* в зависимости от их промысловой длины

Следует указать о том, что рост крупных самок в длину с возрастом замедляется, а индивидуальная масса, напротив, возрастает интенсивней. Это происходит за счет увеличения ширины и высоты головогруды, а также абдомена.

Абсолютная реализованная плодовитость (АРП). Полученные данные о количестве яиц в кладках (АРП) самок травяной креветки *P. adspersus* свидетельствуют о значительном варьировании признака – от 500 до 2560 шт. при среднем значении –  $1264,80 \pm 55,210$ .

При группировании значений плодовитости по частоте их встречаемости в исследованной выборке самок (рис. 4) возможно указать, что доля самок, имеющих в кладке от 500 до 900 яиц, характеризуется высокими показателями частот и составляет 25 % от всей выборки.

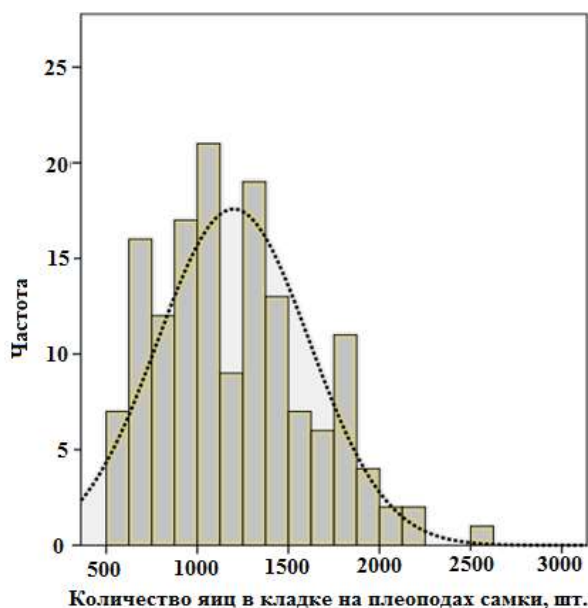


Рисунок 4 – Распределение значений количества яиц в кладках у самок *P. adspersus* из Керченского пролива

Модальная группа яйценосных самок, имеющая наибольшие частоты и численность, несет на плеоподах абдомена от 900 до 1500 яиц (50 % выборки). Доля самок с большим

количеством яиц (1500–2560 шт.) составляет 25 %. Данной группе травяных креветок свойственен наибольший диапазон вариации плодовитости и наименьшие частоты.

Для установления зависимости между длиной тела самок травяных креветок и количеством яиц в их кладках выполнено попарное сравнение указанных показателей. При этом для анализа использовались значения как общей, так и промысловой длины тела (рис. 5).

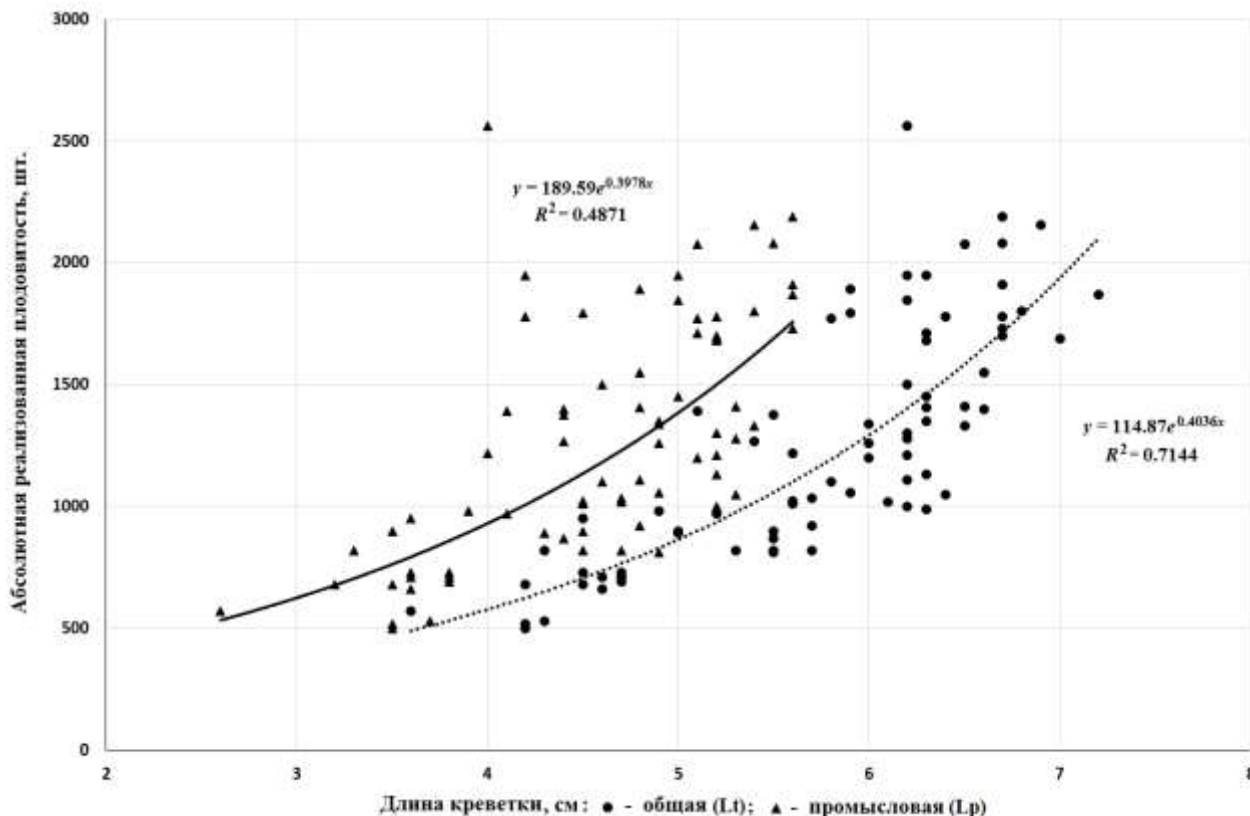


Рисунок 5 – Изменение абсолютной реализованной плодовитости самок *P. adspersus* в зависимости от длины тела

Обе зависимости описываются экспоненциальной функцией, но имеют различную степень достоверности. Так, коэффициент аппроксимации функции связи промысловой длины и абсолютной реализованной плодовитости малозначим ( $R^2 = 0,4871$ ) и, напротив, значим для связи общей длины и плодовитости ( $R^2 = 0,7444$ ). Указанные значения коэффициента достоверности аппроксимации функций по исследуемым зависимостям не вполне удовлетворяют требованиям статистической обработки биологических данных. Это обусловлено имеющей место вариацией количества яиц в кладках (АРП) самок с одинаковой длиной тела, иногда отличаясь на порядок и связано как с изменением количества развивающихся яиц за период их инкубации самкой (лизиса неоплодотворенных яиц, гибели эмбрионов), так и их количеством в кладке на начало эмбрионального развития.

Абсолютная реализованная плодовитость травяной креветки увеличивается с ростом общей длины её тела. Причем плодовитость возрастает более интенсивно у крупных особей.

Сгруппировав значения численности яиц в кладках самок, имеющих одинаковую общую длину с интервалом в 0,1 см и вычислив их средние значения, установлена положительная корреляционная зависимость по Пирсону ( $r = 0,785$ ;  $p < 0,01$ ), описываемая линейной функцией ( $R^2 = 0,5747$ ) (рис. 6).

В последующем полученный диапазон значений общей длины креветок *P. adspersus* (3,2-7,3 см) был разделен на 5 размерных кластеров по одному сантиметру каждый.

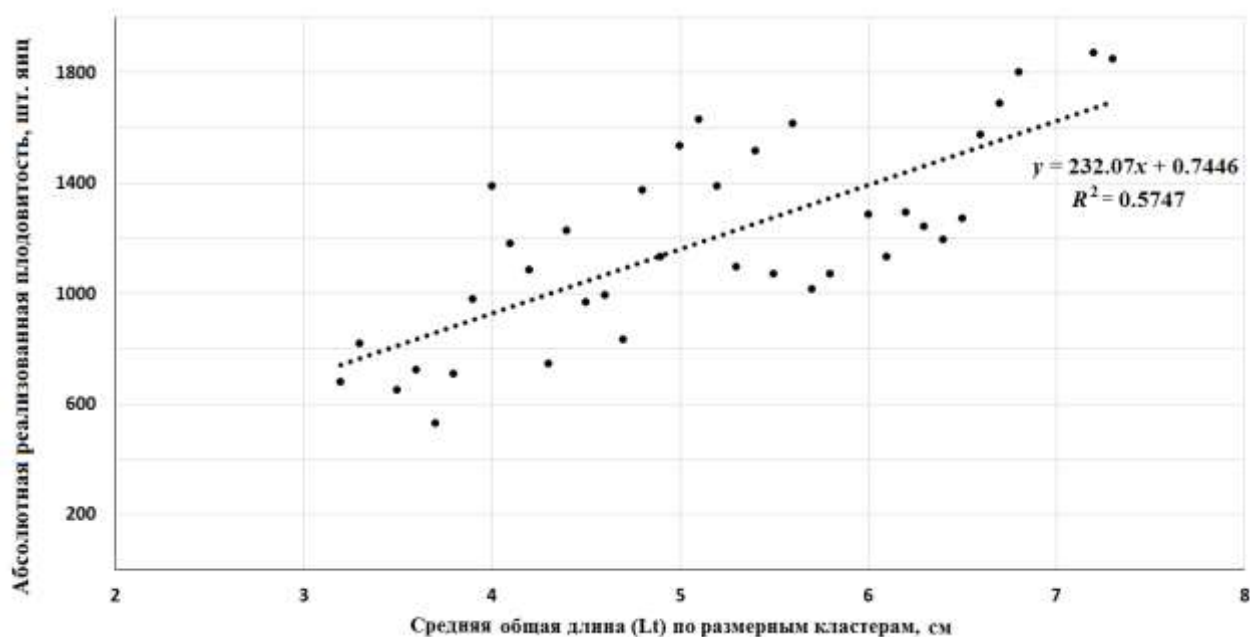


Рисунок 6 – Изменение абсолютной реализованной плодовитости самок *P. adspersus* в зависимости от средних значений их общей длины по группам с шагом 0.1 см

Используя значения количества яиц в кладках самок в каждом из выделенных кластеров путем вычислений, получили расчетную среднюю индивидуальную реализованную плодовитость (табл. 2).

Таблица 2 – Расчетная абсолютная реализованная плодовитость (РАРП) самок травяной креветки по её размерным кластерам

Размерный кластер	Общая длина (Lt), см	Диапазон изменчивости кладки яиц, шт.	Расчетная средняя плодовитость (РАРП), шт.
1	3,2-( < 4,0)	500-980	710
2	4,0-( < 5,0)	500-1793	1068
3	5,0-( < 6,0)	780-2188	1350
4	6,0-( < 7,0)	910-1800	1324
5	7,0-7,3	1850-1870*	1860*

Примечание: \* - для данного размерного кластера учтено 2 самки.

Для кластера №5 учтено 2 экземпляра яйценосных креветок. Кроме того, в указанных расчетах не использовались данные по самке *P. adspersus* с промысловой длиной 4.0 см, имевшей 2560 яиц в кладке на плеоподах.

Динамика абсолютной реализованной плодовитости самок в кладках яиц.

Одной из задач нашего исследования являлась попытка охарактеризовать изменения численности яиц в кладках самок травяной креветки, происходящие в период эмбрионального развития – от момента прикрепления оплодотворенных яиц к плеоподам до стадии выклева из них свободных эмбрионов. В качестве базовой группы были выбраны яйценосные самки, имеющие общую длину в диапазоне от 5,5 до 7,0 см ( $Lim = 1,5$  см), яйца которых находились на различных стадиях эмбрионального развития. Рассчитав средние значения количества яиц в кладках и распределив их в порядке возрастания стадии эмбрионального развития получили следующий убывающий количественный ряд:

Стадия эмбриогенеза	1	2	3	4	5	6	7
Среднее количество яиц, шт.	1833	1949	1675	2141	1453	1752	1200

Взаимосвязь, характеризующая изменения количества яиц в реконструированной кладке по стадиям эмбрионального развития, описывается экспоненциальной функцией (рис. 7). Отмечена высокая изменчивость индивидуальных показателей абсолютной реализованной плодовитости (АРП), что является следствием различным характером её динамики в процессе раннего эмбриогенеза.

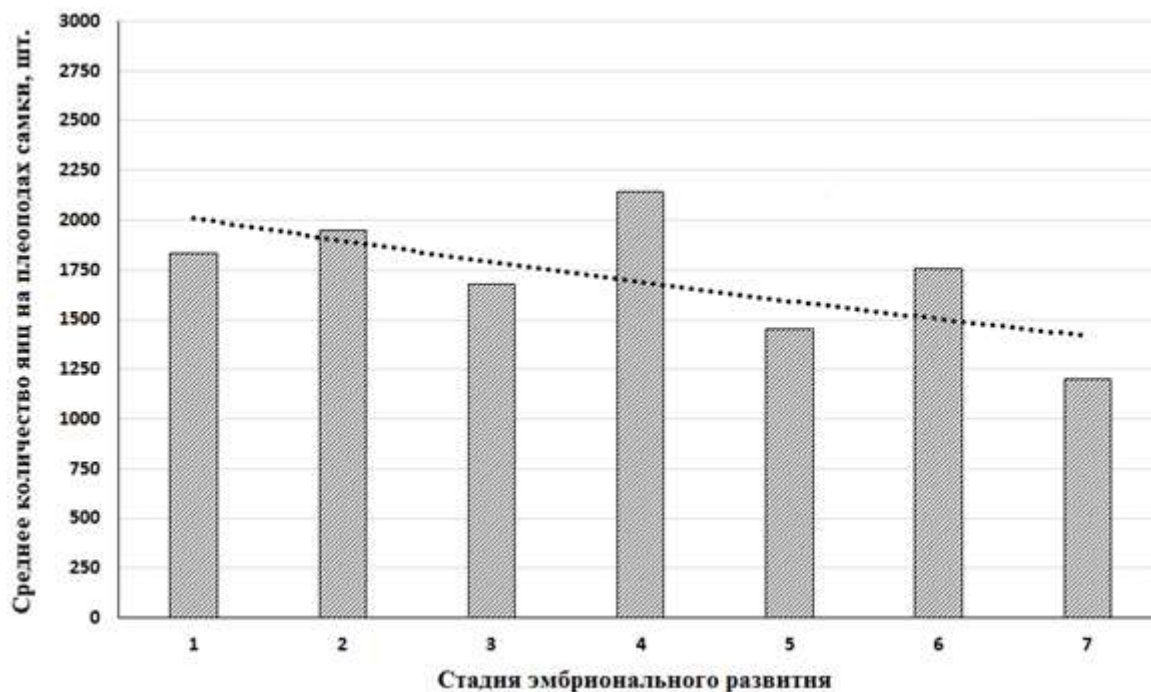


Рисунок 7 – Динамика среднего количества яиц *P. adspersus* в кладке за период её эмбрионального развития

Располагая расчетными средними величинами АРП по стадиям развития яиц самок *P. adspersus*, был вычислен предполагаемый выход личинок из одной кладки яиц после их выклева. При его расчете за начальную отправную точку в раннем эмбриогенезе использовали среднее значение общего количества яиц в кладках самок, находящихся на первой стадии развития (1833 шт.). Аналогичный показатель для седьмой стадии эмбрионального развития можно считать предполагаемым количеством будущих свободных эмбрионов (1200 шт.). Тем самым, приняв начальное количество яиц за 100 %, расчетный выход молоди из одной кладки самки *P. adspersus* составит 66,4 %.

Травяная креветка *P. adspersus* широко распространена в умеренных и субтропических водах, омывающих европейский континент. Встречается во всех морях Средиземноморского бассейна, включая Черное и Азовское моря. Обитает в Атлантике вдоль её восточных берегов – от Марокко на юге до Норвегии на севере (не выше 60° с.ш.). В 30-х годах XX-го столетия была завезена из Азово-Черноморского бассейна в Каспийское и Аральское моря, где с успехом акклиматизировалась. Но, впоследствии, в Аральском море этот вид вымер. Из Северного моря в конце XX столетия через датские проливы проникла в западную и южную часть Балтийского моря.

По данным из литературных источников размерный состав яйценосных самок *P. adspersus*, а также их плодовитость в пределах ареала вида, были различными (табл. 3). К сожалению, данные о плодовитости и характеристике яиц в доступных источниках отрывочны и не всегда могут в целом характеризовать исследуемые популяции. Недостаточным для ряда работ является ограниченность информации, связанной с используемыми исследователями методами сбора материала (например, из крупноячейных орудий лова), от вида которого зависит полнота размерного ряда яйценосных самок.

Таблица 3 – Длина, масса и плодовитость яйценосных самок креветки *Palaemon adspersus*

Район работ	Длина общая (Lt), мм		Абсолютная реализованная плодовитость (АПИ), шт. яиц		Индивидуальная масса, г		Источник информации
	Min – Max (Lim)	$M \pm m$	Min – Max (Lim)	$M \pm m$	Min – Max (Lim)	$M \pm m$	
<b>Азовское море (Керченский пролив)</b>	<b>36.0 – 72.0 (36.0)</b>	<b>57.61 ± 9.50</b>	<b>500 – 2560 (2060)</b>	<b>1264.80 ± 55.210</b>	<b>0.33 – 3.90 (3.57)</b>	<b>2.2732 ± 0.0983</b>	<b>данные авторов</b>
Черное море (Каркинитский залив)	48.0-63.4 (15.4)	-	549-2281 (1732)	1391 ± 513	-	-	Болтачев и др., 2017
Черное море (Каркинитский и Джарылгачский заливы)	30.0 – 66.0 (36.0)	-	160 – 3603 (3443)	-	0.275 – 4.250	-	Макаров, Пилявская, 1951
Черное море (акватория Карадага)	-	59.0	618 – 2013 (1395)	1206	-	1.5	Ляхов, 1947
Черное море (акватория Карадага)	-	-	-	2400	-	-	Ляхов, 1951
Черное море (акватория Карадага)	47.0 – 82.0 (35.0)	-	750 – 3364 (2614)	-	1.96 – 3.96 (2.0)	-	Виноградова, 1951
Азовское море (Керченский пролив)	47.0 – 76.0 (29.0)	-	430 – 2160 (1730)	1192	-	-	Саенко, Марушко, 2018
Черное море (Сухой и Дофиневский лиманы, 22‰)	45.0 – 75.0 (30.0)	50.0	270 – 2820 (2550)	1395	-	-	Кривошей, 1960
Черное море (Хаджибейский лиман, 34 - 37‰)	55.0 – 65.0 (10.0)	-	2500 – 6250 (3750)	3975	-	-	Кривошей, 1960
Черное море (Sinop Peninsula, Турция)	51.0- 72.0 (21.0)	60.0 ± 10.0	758 – 3710 (2952)	1963 ± 144	1.258-4.870 (3.612)	2.423 ± 0.135	Bülgin, Samsun, 2006
Черное море (Sinop Peninsula, Турция)	41.0-82.0 (41.0)	-	-	-	-	-	Bilgin et al., 2009
Средиземное море (Alfacs Bay, Ebro delta, Испания)	38.0 -70.7 (32.7)	-	-	-	-	-	Guerao, Ribera, 1995
Адриатическое море (Parila lagoon, Хорватия)	40.0-65.5** (25.5)	-	900-2245* (1345)	1540.61 ± 345	0.11-1.26* (1.15)	-	Glamuzina et al., 2014.
Средиземное море у Балеарских островов (Fornells Bay, Испания)	30.5-49.0 (18.5)	-	-	-	-	-	Manent, Abella-Gutiérrez 2006
Каспийское море (юго-западная часть, Иран)	-	48.3	349 – 1146 (797)	630	-	2.463	Tehranifard et al., 2014
Каспийское море (Guilan Province, Иран)	37.0-59.3 (22.3)	51.95±3.1	-	1994.5±506.6	1.002-4.145 (3.143)	2.742±0.58	Abdolmalaki et al., 2005
Северное море (Kilviken Bay, Fiskebackskil, Швеция)	-	-	523-1923** (1400)	-	0.63-4.71** (4.08)	-	Berglund, 1984
Балтийское море (Gulf of Gdan'sk, Польша)	40.0 – 59.0 (19.0)	-	-	-	-	-	Lapinska, Szaniawska 2006

Примечания: \* - данные получены путем расчетов по значениям графика в статье Glamuzina et al. (2014);  
 \*\* - данные получены путем расчетов по линии тренда графика в статье Berglund (1984);  
 “ - ” - данные отсутствуют.

Ряд районов распространения *P. adspersus* вовсе не изучен. Тем не менее, анализ доступных сведений и их сравнение с данными по Керченскому проливу полученными нами позволяют все же выделить ряд характерных сходств и особенностей.

Общая длина самок репродуктивного стада *P. adspersus* в целом варьировала от 30,0 до 82,0 мм, при усредненных значениях в модальной группе по ареалу – 40,0-70,0 мм. Существенных особенностей в вариации значений длины яйценосных самок в пределах ареала не отмечено. Самки с одинаковыми минимальными размерами впервые вынашивающие кладки яиц отмечены в различных климатических зонах нативного ареала – от 30,0 мм в северо-западной части Черного моря [2] и 30,5 мм в западной части Средиземного моря [11]. Наибольшие самки (до 82,0 мм) отмечены в Черном море у берегов Крыма [5] и Малой Азии [13]. В частях ареала недавно освоенных данным видом креветки минимальные длины яйценосных самок несколько больше (40,0 мм на юге Балтийского [18] и 37,0 мм Каспийского морей [15], а максимальные ниже (59,0 мм в Балтийском [18]) и 59,3 мм в Каспийском [15]) морях. Это может быть связано с особенностью температурного режима в водоемах, и, соответственно, более поздними сроками наступления половой зрелости.

Среднее значение общей длины отнерестившихся самок *P. adspersus*, обитающих в Черном, Азовском и Каспийском морях изменялись незначительно.

Анализ данных индивидуальной массы яйценосных самок в пределах ареала позволяет указать на возрастание массы впервые участвующих в нересте особей с юга на север. Так, минимальная масса самок на севере Адриатического моря составляла 0,11 г [14], в северо-западной части Черного моря – 0,275 г [2], в южной части Азовского моря – 0,33 г (данные авторов), а в юго-восточной части Северного моря уже 0,63 г [17]. Максимальная масса самок по ареалу напротив практически одинакова – до 4,87 г в Черном [12], 4,71 г в Северном [17], 4,145 г в Каспийском [15] морях. Сходны и средние значения массы самок в Азовском (2,27 г) (данные авторов), в Черном (2,423 г) [12], а также в Каспийском (2,46 и 2,74 г) [15, 16] морях.

Абсолютная реализованная плодовитость *P. adspersus* во всех частях ареала характеризуется высокой изменчивостью (размах вариации признака по районам составляет от 797 до 3443 яйца). Это обусловлено рядом объективных и субъективных причин. К первым возможно отнести факторы, связанные с размерами самок участвующими в нересте и сроками наступления их половой зрелости. Данное может послужить основанием для установления межпопуляционных различий. Вторая группа факторов (абиотических и биотических), значительно снижающая объективность полевых данных, вызывает непредсказуемые изменения численности яиц в кладке самки, происходящей в период их вынашивания. При этом их перечень, а также степень их влияния во времени всегда различны. По нашему мнению, наиболее правильным было бы оценивать абсолютную реализованную плодовитость самок в популяциях по кладкам находящихся на первой стадии развития, то есть в максимально близкое время после прикрепления яиц к плеоподам. Но указанное условие при проведении полевых исследований не всегда может быть выполнено.

Сравнительный анализ позволяет указать, что наиболее высокая плодовитость свойственна популяциям *P. adspersus* обитающим в Черном (соответственно до 3603 в его северо-западной части [2], 3364 у южного берега Крыма [5], 2820 в умеренно соленых лиманах [6] и 3710 яиц у берегов Турции [12] и Азовском (2560 яиц) (данные авторов) морях. Это свидетельствует о существовании в данном бассейне комплекса определенных факторов, способствовавших изменению репродуктивного потенциала данного вида в сторону повышения абсолютной реализованной плодовитости.

Так, особый интерес вызывают данные [6] об очень большой плодовитости травяной креветки в Хаджибейском лимане (до 6250 яиц) превышающей аналогичный показатель в открытой части Черного моря почти в два раза [6]. По мнению Кривошей, это может быть связано с адаптацией организма к экстремальным условиям обитания, установленные у ряда других гидробионтов приморских соленых лиманов [22, 23]. Хаджибейский лиман



выделяется среди водоемов данной группы. Высокие температуры воздуха и изолированность от Черного моря обуславливают высокую его соленость (34-37 ‰). А его мелководность, в свою очередь, способствует резким изменениям температуры.

Аналогичным примером существования изолированной популяции является креветка *Palaemon elegans*, вид близкий к объекту нашего исследования, обитающая в озере Чурбашское (Крымский п-ов). В отличие от Хаджибейского лимана данный водоем имеет небольшую площадь, сравнительно мелководен и периодически распресняется (соленость воды одновременно по отдельным его участкам может варьировать от 4 до 28 ‰). Вследствие приспособления к новым условиям отдельные биологические характеристики креветки *P. elegans* в озере существенно изменились [19, 24, 25]. Так общая длина креветки в озере в 1,85 раза меньше ( $2,24 \pm 0,01$  см) чем в водоеме-доноре – Керченском проливе Азовского моря ( $4,15 \pm 0,07$  см), а абсолютная реализованная плодовитость (150,35 ± 10,92 яиц) меньше в 8,77 раз чем ( $1318,45 \pm 41,21$  яиц). При этом, плотность популяции креветки в Чурбашском озере больше чем в Азовском или в Черном море, превышая её в несколько раз. Это может свидетельствовать о превалировании в репродуктивной стратегии данной популяции фактора численности самок над их реализованной плодовитостью.

Плодовитость самок *P. adspersus* увеличивается по мере роста тела. Но характер изменения этих показателей у креветок, обитающих в различных частях её ареала, различен (рис. 8).

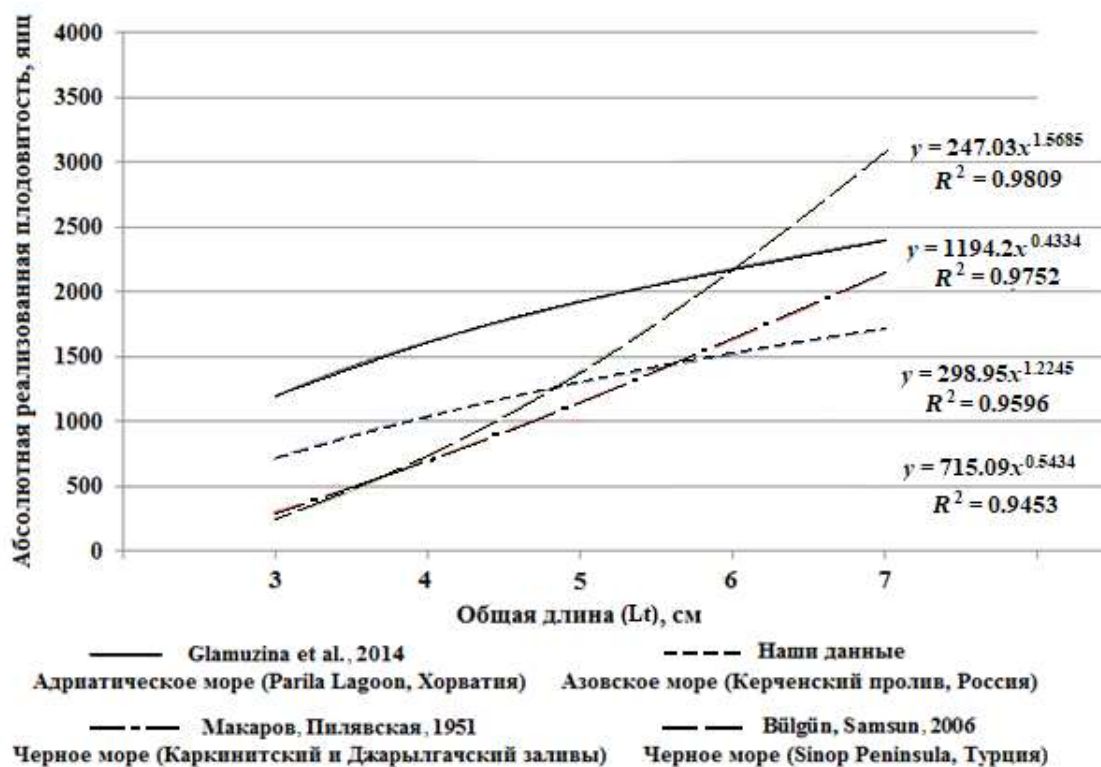


Рисунок 8 – Изменение абсолютной реализованной плодовитости самок *P. adspersus* в зависимости от общей длины тела по ареалу

При сравнении значений плодовитости *P. adspersus* обитающей в Адриатическом [14], Азовском (данные авторов), западной [2] и южной [12] части Черного морей, рассчитанным по представленным в научных публикациях зависимостям (функциям), установлено, что изменения абсолютной реализованной плодовитости самок травяной креветки по мере их роста в Черном море (по данным из его северо-восточной и южной частей) отличается от зависимостей, наблюдаемых в Азовском и Адриатическом морях. Обе популяции креветки объединяет практически равная плодовитость самок общей длиной 30,0 мм, и её резкое последующее увеличение по мере роста длины тела. Плодовитость самок у берегов Турции

возрастает намного интенсивнее, чем у самок из северо-восточной части Черного моря, достигая наибольших известных значений для популяций *P. adspersus* обитающих в открытых морских акваториях.

Самок травяной креветки из Азовского и Адриатического морей объединяет менее интенсивное возрастание абсолютной реализованной плодовитости (пологая линия тренда). Плодовитость самок имеющих равную длину различна, и выше у особей, обитающих в южных широтах (Адриатическое море). При этом для обеих популяций свойственен начальный подъем, сменяющийся заметным снижением роста значения показателя.

Характер изменений абсолютной реализованной плодовитости самок, обитающих в трех различных районах ареала, в зависимости от их индивидуальной массы имел свои особенности (рис. 9). Самкам из популяций *P. adspersus* в Азовском и Северном морях свойственно плавное увеличение плодовитости с ростом индивидуальной массы их тела. И напротив, плодовитость самок из Адриатического моря интенсивно увеличивается после их созревания и начала участия в размножении, но впоследствии, по мере роста индивидуальной массы, количество яиц в кладке уже возрастает незначительно.

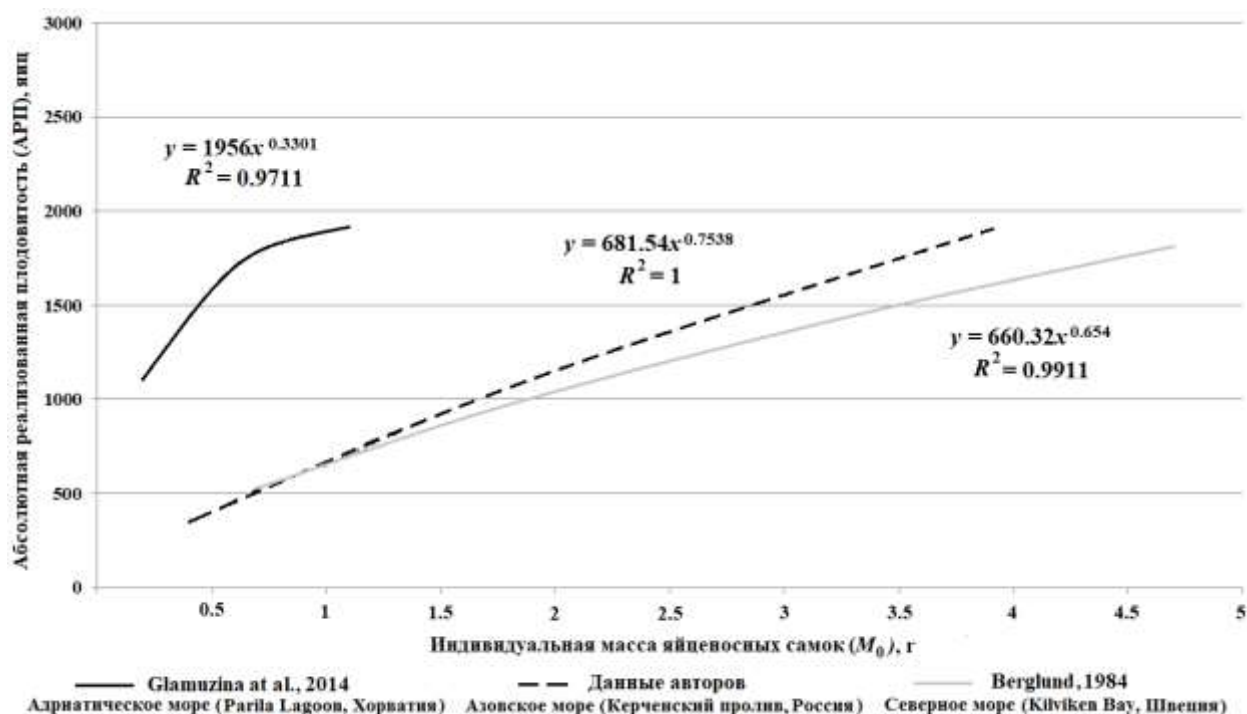


Рисунок 9 – Изменение абсолютной реализованной плодовитости самок *P. adspersus* в зависимости от их индивидуальной массы по ареалу

Креветка *P. adspersus* является эврибионтным видом, обладает высокой пластичностью и широкими возможностями к адаптации. Именно изменчивость репродукционного потенциала, как основного элемента репродукционной стратегии, обеспечивает данному виду возможность к расселению и обитанию в широком диапазоне экологических условий.

Однако, данные литературных источников, сравнение с которыми выполнено авторами, как правило отражают лишь отдельную сторону воспроизводства вида, а в большей части динамично расширяющегося ареала репродуктивные функции *P. adspersus* попросту не изучены. В связи с чем проведенное исследование даже в рамках Азово-Черноморского бассейна не может быть исчерпывающим и, следовательно, должно быть продолжено с привлечением новых данных по всей области распространения травяной креветки.

**Выводы.** Группировка отнерестившихся самок травяной креветки *P. adspersus* в условиях Керченского пролива включает особей, имеющих следующие длины тела: общую ( $L_t$ ) в пределах 3,6-7,2 см, промысловую ( $L_p$ ) – от 2,6 до 5,6 см.

Абсолютная реализованная плодовитость (АРП) самок креветок *P. adspersus* варьирует от 500 до 2560 шт. яиц. Расчетная плодовитость травяной креветки по размерным кластерам промысловой длины составляет: до 4,0 см – 710 шт. яиц; от 4,0 до 5,0 см – 1068 шт.; от 5,0 до 6,0 см – 1350 шт.; от 6,0 до 7,0 см – 1324 шт.; свыше 7,0 см – 1860 шт.

Расчетный выход молоди в кладках самок травяной креветки от первоначально отложенной на плеоподы икры, в Керченском проливе, составляет 66,4 %.

Список использованной литературы:

1. Макаров А.К., Пулявская А.Е. Биология, промысел и использование черноморской креветки *Leander adspersus* // Рукопись. Фонды УкрНИРО. 1934.
2. Макаров А.К., Пулявская А.Е. Материалы по биологии черноморской креветки *Leander adspersus* Rathke // Труды Карадагской биологической станции. 1951. Вып. 11. С. 92-109.
3. Ляхов С.М. К индивидуальной плодовитости черноморских Decapoda // Природа. 1947. № 3. С. 64-65.
4. Ляхов С.М. Материалы по биологии черноморской креветки *Leander squilla* // Труды Карадагской биологической станции. 1951. Вып. 11. С. 110-127.
5. Виноградова З.А. Материалы о плодовитости десятиногих раков (Decapoda) Черного моря // Труды Карадагской биологической станции. 1951. Вып. 11. С. 69-91.
6. Кривошей Е.Є. Індивідуальна плодючість креветок *Leander squilla* (L.) і *Leander adspersus* (Rathke) з деяких лиманів Північно-Західного Причорномор'я // Наукові записки Одеської біол. станції. 1960. Вип. 2. С. 107-109.
7. Замятина Е.А. Индивидуальная плодовитость травяной креветки (*Palaemon adspersus* Rathke, 1837) в разных районах Черноморского бассейна // Труды ЮгНИРО. 2012. Т. 50. С. 123-128.
8. 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.
9. Саенко Е.М., Марушко Е.А. Состояние популяций промысловых видов креветок в Азовском море в современный период // Современные научные исследования: Актуальные вопросы, достижения и инновации: сборник статей IV Международной научно-практической конференции в 2 ч. Ч. 1. Пенза: МЦНС Наука и Просвещение. 2018. С. 39-42.
10. Guerao G., Ribera C. Growth and reproductive ecology of *Palaemon adspersus* (Decapoda, Palaemonidae) in the western Mediterranean // Ophelia. 1995. Vol. 43 (3). P. 205-213.
11. Manent P., Abella-Gutiérrez J. Population biology of *Palaemon adspersus* Rathke, 1837 (Decapoda, Caridea) in Fornells Bay, Balearic Islands, Western Mediterranean // Crustaceana. 2006. Vol. 79 (11). P. 1297-1308.
12. Bülgün S., Samsun O. Fecundity and Egg Size of Three Shrimp Species, *Crangon crangon*, *Palaemon adspersus*, and *Palaemon elegans* (Crustacea: Decapoda: Caridea), off Sinop Peninsula (Turkey) in the Black Sea // Turk. J. Zool. 2006. Vol. 30. P. 413-421.
13. Bilgin S., Samsun O., Ozen O. Seasonal growth and reproduction biology of the Baltic prawn, *Palaemon adspersus* (Decapoda: Palaemonidae), in the southern Black Sea // Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. 2009. Vol. 89 (3). P. 509-519.
14. Glamuzina L., Conides A., Prusina I. et al. Population structure, growth, mortality and fecundity of *Palaemon adspersus* (Rathke 1837; Decapoda: Palaemonidae) in the Parila Lagoon (Croatia, SE Adriatic Sea) with Notes on the Population Management // Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2014. Vol. 14. P. 677-687.
15. Abdolmalaki Sh., Emadi H., Ahmadi M.R., Valinassab T. Spawning season, fecundity and Lm 50 % of the Caspian Sea prawn (*Palaemon adspersus*) in the coastal waters of Guilan Province // Iranian Scientific Fisheries Journal. 2005. Vol. 14 (2). P. 59-72.
16. Tehranifard A., Tagheipour Sh., Farshchi M. A survey of some morphometric and reproductive tratis of *Palameon elegans* and *Palameon adspersus* Ratkhe 1837 in South west of Caspian

- Sea // 18th national and 6th International Congress of Biology in Iran "Ecology and the Environment Conference". 2014. P. 11.
17. Berglund A. Reproductive adaptations in two Palaemon prawn species with differing habitat requirements // Marine ecology – Progress series. 1984. Vol. 17. P. 77-83.
  18. Lapinska E., Szaniawska A. Environmental preferences of *Crangon crangon* (Linnaeus, 1758), *Palaemon adspersus* Rathke, 1837, and *Palaemon elegans* Rathke, 1837 in the littoral zone of the Gulf of Gdan'sk // Crustaceana. 2006. Vol. 79 (6). P. 649-662.
  19. Кулиш А.В., Саенко Е.М., Марушко Е.А., Левинцова Д.М. Видовое разнообразие, размерно-весовой состав и распределение креветок рода *Palaemon* Weber, 1795 (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) в Керченском проливе (Азовское море) // Водные биоресурсы и аквакультура Юга России: материалы Всерос. науч.-практ. конф. Краснодар. 2018. С. 138-142.
  20. Зинабадинова С.С., Кулиш А.В., Сухаренко Е.В. Изучение раннего онтогенеза креветки травяной (*Palaemon adspersus* Rathke, 1837) // Труды Карадагской научной станции им. Г.И. Вяземского – Природного заповедника РАН. 2019. Вып. 4 (12). С. 84-92.
  21. Зинабадинова С.С., Кулиш А.В., Сухаренко Е.В. Об аннотированной шкале эмбрионального развития креветки травяной (*Palaemon adspersus* Rathke, 1837) // Актуальные проблемы техники, технологии и образования: сборник тезисов докладов участников пула научно-практических конференций. Керчь. 2020. С. 241-242.
  22. Пузанов И.И. О некоторых изменениях морских организмов, попавших в соленые лиманы // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1954. Т. 59 (4). С. 23-31.
  23. Замбрибори Ф.С. Влияние условий жизни на возраст, рост и размножение камбалы-гlossы (*Pleuronectes flesus luscus* Pall.) Хаджибейского лимана // Доклады АН СССР. 1956. Т. СІХ. № 5. С. 1041-1045.
  24. Кулиш А.В., Левинцова Д.М. К вопросу о состоянии популяции каменной креветки *Palaemon elegans* (Rathke, 1837) озера Чурбашское // Окружающая среда и человек. Современные проблемы генетики, селекции и биотехнологии: материалы международной научной конференции и молодежной научной конференции памяти члена-корреспондента РАН Д.Г. Матишова. Ростов н/Д.: ЮНЦ РАН. 2016. С. 369-372.
  25. Левинцова Д.М., Кулиш А.В. Состояние популяции каменной креветки (*Palaemon elegans* Rathke, 1837) озера Чурбашское // Вестник КГМТУ. 2018. Вып. 2. С. 27-38.

#### References:

1. Makarov A.K., Pilyavskaya A.E. Biologiya, promysel i ispolzovanie chernomorskoj krevetki *Leander adspersus* [Biology, fishing and use of the Black Sea shrimp *Leander adspersus*]. *Rukopis. Fondy UkrNIRO* [Manuscript. UkrNIRO funds]. 1934. (In Russian).
2. Makarov A.K., Pilyavskaya A.E. Materialy po biologii chernomorskoj krevetki *Leander adspersus* Rathke [Materials on the biology of the Black Sea shrimp *Leander adspersus* Rathke]. *Trudy Karadagskoj biologicheskoy stancii* [Proceedings of the Karadag Biological Station], 1951, vol. 11, pp. 92-109. (In Russian).
3. Lyahov S.M. K individualnoj plodovitosti chernomorskih Decapoda [On individual fertility of Black Sea Decapoda]. *Priroda* [Nature], 1947, no. 3, pp. 64-65. (In Russian).
4. Lyahov S.M. Materialy po biologii chernomorskoj krevetki *Leander squilla* [Materials on the biology of the Black Sea shrimp *Leander squilla*]. *Trudy Karadagskoj biologicheskoy stancii* [Proceedings of the Karadag Biological Station], 1951, no. 11, pp. 110-127. (In Russian).
5. Vinogradova Z.A. Materialy o plodovitosti desyatinogih rakov (Decapoda) Chernogo morya [Materials on the fertility of decapod crayfish (Decapoda) of the Black Sea]. *Trudy Karadagskoj biologicheskoy stancii* [Proceedings of the Karadag Biological Station], 1951, no. 11, pp. 69-91. (In Russian).
6. Krivoshej E.Ye. Individualna plodyuchist krevetok *Leander squilla* (L.) i *Leander adspersus* (Rathke) z deyakih limaniv Pivnichno-Zahidnogo Prichernomor'ya [Individual fecundity of shrimps *Leander squilla* (L.) and *Leander adspersus* (Rathke) from some estuaries of the North-

- Western Black Sea region]. *Naukovi zapiski Odeskoyi biol. stanciyi* [Scientific Notes of Odesa Biol. Station], 1960, no. 2, pp. 107-109. (In Russian).
7. Zamyatina E.A. Individualnaya plodovitost travyanoj krevetki (*Palaemon adspersus* Rathke, 1837) v raznyh rajonah Chernomorskogo bassejna [Individual fertility of grass shrimp (*Palaemon adspersus* Rathke, 1837) in different areas of the Black Sea basin]. *Trudy YugNIRO* [Proceedings of YugNIRO], 2012, vol. 50, pp. 123-128. (In Russian).
  8. Boltachev A.R., Statkevich S.V., Karpova E.P., Hutorenko I.V. Chernomorskaya travyanaya krevetka *Palaemon adspersus* (Decapoda, Palaemonidae): biologiya, promysel, problem [Black Sea grass shrimp *Palaemon adspersus* (Decapoda, Palaemonidae): biology, fishing, problems]. *Voprosy rybolovstva* [Fisheries Issues], 2017, vol. 18, no. 3, pp. 313-327. (In Russian).
  9. Saenko E.M., Marushko E.A. Sostoyanie populyacij promyslovykh vidov krevetok v Azovskom more v sovremennyj period [The state of populations of commercial shrimp species in the Sea of Azov in the modern period]. *Sbornik statej 4 Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Sovremennye nauchnye issledovaniya: Aktualnye voprosy, dostizheniya i innovacii»* [Collection of articles of the 4 International Scientific and Practical Conference “Modern Scientific Research: Current Issues, Achievements and Innovations”]. Penza, MCNS Nauka i Prosveshenie Publ., 2018, pp. 39-42. (In Russian).
  10. Guerao G., Ribera C. Growth and reproductive ecology of *Palaemon adspersus* (Decapoda, Palaemonidae) in the western Mediterranean. *Ophelia*, 1995, vol. 43 (3), pp. 205-213. (In English).
  11. Manent P., Abella-Gutiérrez J. Population biology of *Palaemon adspersus* Rathke, 1837 (Decapoda, Caridea) in Fornells Bay, Balearic Islands, Western Mediterranean. *Crustaceana*, 2006, vol. 79 (11), pp. 1297-1308. (In English).
  12. Bülgün S., Samsun O. Fecundity and Egg Size of Three Shrimp Species, *Crangon crangon*, *Palaemon adspersus*, and *Palaemon elegans* (Crustacea: Decapoda: Caridea), off Sinop Peninsula (Turkey) in the Black Sea. *Turk. J. Zool.*, 2006, vol. 30, pp. 413-421. (In English).
  13. Bilgin S., Samsun O., Ozen O. Seasonal growth and reproduction biology of the Baltic prawn, *Palaemon adspersus* (Decapoda: Palaemonidae), in the southern Black Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 2009, vol. 89 (3), pp. 509-519. (In English).
  14. Glamuzina L., Conides A., Prusina I. et al. Population structure, growth, mortality and fecundity of *Palaemon adspersus* (Rathke 1837; Decapoda: *Palaemonidae*) in the Parila Lagoon (Croatia, SE Adriatic Sea) with Notes on the Population Management. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2014, vol. 14, pp. 677-687. (In English).
  15. Abdolmalaki Sh., Emadi H., Ahmadi M.R., Valinassab T. Spawning season, fecundity and Lm 50 % of the Caspian Sea prawn (*Palaemon adspersus*) in the coastal waters of Guilan Province. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 2005, vol. 14 (2), pp. 59-72. (in Arabic).
  16. Tehranifard A., Tagheipour Sh., Farshchi M. A survey of some morphometric and reproductive traits of *Palameon elegans* and *Palameon adspersus* Rathke 1837 in South west of Caspian Sea. *Proceedings of the 18th national and 6th International Congress of Biology in Iran “Ecology and the Environment Conference”*, 2014, P. 11. (In English).
  17. Berglund A. Reproductive adaptations in two *Palaemon* prawn species with differing habitat requirements. *Marine ecology – Progress series*, 1984, vol. 17, pp. 77-83. (In English).
  18. Łapinska E., Szaniawska A. Environmental preferences of *Crangon crangon* (Linnaeus, 1758), *Palaemon adspersus* Rathke, 1837, and *Palaemon elegans* Rathke, 1837 in the littoral zone of the Gulf of Gdan’sk. *Crustaceana*, 2006, vol. 79 (6), pp. 649-662. (In English).
  19. Koulishev A.V., Saenko E.M., Marushko E.A., Levincova D.M. Vidovoe raznoobrazie, razmerno-vesovoj sostav i raspredelenie krevetok roda *Palaemon* Weber, 1795 (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) v Kerchenskom prolive (Azovskoe more) [Species diversity, size-weight composition and distribution of shrimp of the genus *Palaemon* Weber, 1795 (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) in the Kerch Strait (Sea of Azov)]. *Materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. «Vodnye bioresursy i akvakultura Yuga Rossii»* [Materials of the All-Russian Federation. scientific-practical conf. “Aquatic Bioresources and Aquaculture of the South of Russia”].

- Krasnodar, 2018, pp. 138-142. (In Russian).
20. Zinabadinova S.S., Koulish A.V., Suharenko E.V. Izuchenie rannego ontogeneza krevetki travyanoy (Palaemon adspersus Rathke, 1837) [Study of the early ontogenesis of grass shrimp (Palaemon adspersus Rathke, 1837)]. *Trudy Karadagskoj nauchnoj stancii im. T.I. Vyazemskogo – Prirodnogo zapovednika RAN* [Proceedings of the Karadag Scientific Station Named After. T.I. Vyazemsky – Nature Reserve RAS], 2019, vol. 4 (12), pp. 84-92. (In Russian).
  21. Zinabadinova S.S., Koulish A.V., Suharenko E.V. Ob annotirovannoj shkale embrionalnogo razvitiya krevetki travyanoy (Palaemon adspersus Rathke, 1837) [On the annotated scale of embryonic development of grass shrimp (Palaemon adspersus Rathke, 1837)]. *Sbornik tezisov dokladov uchastnikov pula nauchno-prakticheskikh konferencij «Aktualnye problemy tehniki, tehnologii i obrazovaniya»* [Collection of abstracts of reports from participants in a pool of scientific and practical conferences “Current Problems of Techniques, Technologies and Education”]. Kerch, 2020, pp. 241-242. (In Russian).
  22. Puzanov I.I. O nekotoryh izmeneniyah morskikh organizmov, popavshih v solenye limany [About some changes in marine organisms trapped in salty estuaries]. *Byull. MOIP. Otd. biol.* [Bulletin. MOIP. Dept. Biol.], 1954, vol. 59 (4), pp. 23-31. (In Russian).
  23. Zambriborsh F.S. Vliyanie uslovij zhizni na vozrast, rost i razmnozhenie kambaly-glossy (Pleuronectes flesus luscus Pall.) Hadzhibejского лимана [The influence of living conditions on the age, growth and reproduction of the glossy flounder (Pleuronectes flesus luscus Pall.) of the Khadzhibey Estuary]. *Doklady AN SSSR* [Reports of the USSR Academy of Sciences], 1956, vol. 109, no. 5, pp. 1041-1045. (In Russian).
  24. Koulish A.V., Levinova D.M. K voprosu o sostoyanii populyacii kamЕННОЙ krevetki Palaemon elegans (Rathke, 1837) озера Churbashskoe [On the question of the state of the population of the rock shrimp Palaemon elegans (Rathke, 1837) of Lake Churbashskoye]. *Materialy mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii i molodezhnoj nauchnoj konferencii pamyati chlena-korrespondenta RAN D.G. Matishova «Okruzhayushaya sreda i chelovek. Sovremennye problemy genetiki, selekcii i biotekhnologii»* [Materials of the international scientific conference and youth scientific conference in memory of Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences D.G. Matishova “Environment and People. Modern Problems of Genetics, Selection and Biotechnology”], Rostov-on-Don, YuNC RAN Publ., 2016, pp. 369-372. (In Russian).
  25. Levinova D.M., Koulish A.V. Sostoyanie populyacii kamЕННОЙ krevetki (Palaemon elegans Rathke, 1837) озера Churbashskoe [State of the rock shrimp population (Palaemon elegans Rathke, 1837) of Lake Churbash]. *Vestnik KGMTU* [Bulletin of KSMTU], 2018, vol. 2, pp. 27-38. (In Russian).

Сведения об авторах / Information about authors

**Кулиш  
Андрей Викторович**

канд. биол. наук, доцент кафедры водных биоресурсов и  
марикультуры, старший научный сотрудник,  
Керченский государственный морской технологический  
университет  
Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского – природный  
заповедник РАН – филиал ФИЦ ИнБЮМ  
298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 123  
andreykulish1972@mail.ru

**Koulish  
Andrey Viktorovich**

Ph.D. (Biol.), Associate Professor at the Department of Aquatic Bio-  
resources and Mariculture  
Kerch State Maritime Technological University  
T.I. Vyazemsky Karadag Scientific Station – Nature Reserve of the  
RAS – Branch of A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern  
Seas of RAS  
298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 123  
andreykulish1972@mail.ru

**Саенко  
Елена Михайловна** канд. биол. наук, доцент, заведующий лабораторией биоресурсов  
внутренних водных объектов  
Азово-Черноморский филиал ВНИРО («АзНИИРХ»)  
344002, Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21в, к. 219

Saenko  
Elena Mikhailovna Ph.D. (Biol.), Associate Professor, Head of the Laboratory of  
Bioresources of Inland Water Bodies  
Azov-Black Sea Branch of the Russian Federal Research Institute of  
Fisheries and Oceanography (“AzNIIRKH”)  
344002, Rostov-on-Don, Beregovaya str., 21v, of. 219

УДК 57.043+624.131.1

DOI: 10.26296/2619-0605.2023.3.3.006

Кашутина И.А., Кашутин А.Н.

**ВЛИЯНИЕ ПЕСКА И СТОРОК ТИХООКЕАНСКОЙ МИДИИ MYTILUS TROSSULUS (BIVALVIA: MYTILIDAE) НА ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОЩАДЕЙ БУРОЙ ВОДОРОСЛИ FUCUS DISTICHUS SUBSP. EVANESCENS В АВАЧИНСКОЙ ГУБЕ (ЮГО-ВОСТОЧНАЯ КАМЧАТКА)**

**Аннотация.** В данной статье рассматривается размыв и перенос донных отложений песка с разрушенными разноразмерными створками тихоокеанских моллюсков *Mytilus trossulus* при турбулентном режиме приливо-отливных течений вод литоральной зоне восточного побережья Авачинской губы. В работе использованы наблюдения, проводимые авторами в 2022 г. в бухтах Моховая, Сероглазка, Петропавловский ковш и Завойко. Основным климатическим фактором рассматриваемых районов, определяющих плотность поселения и распространение фукуса, является направление и скорость ветра. В холодный период года наибольшую повторяемость (31 %) имеет ветер северного направления со средней скоростью 10,8 м/с. В летние месяцы года господствует ветер юго-восточного, южного направлений с повторяемостью 31 % и средней скоростью 4,3-4,7 м/с. Собранный материал во время полевых работ дал возможность не только понять распределение песка с примесями фрагментов створок мидий по гранулометрическому составу в зоне литорали, но и показал, что многократное их воздействие на бурую водоросль *F. distichus* subsp. *evanescens* способствует изменению их плотности поселений.

**Ключевые слова:** восточное побережье Авачинской губы, литораль, турбулентный режим течений, скорость ветра, песок, фрагменты створок *Mytilus* (*Mytilus*) *trossulus* A.A. Gould, *Fucus distichus* subsp. *evanescens*.

Kashutina I.A., Kashutin A.N.

**INFLUENCE OF SAND AND VALVES OF THE PACIFIC MUSSEL MYTILUS TROSSULUS (BIVALVIA: MYTILIDAE) ON CHANGES IN THE AREA OF THE BROWN ALGAE FUCUS DISTICHUS SUBSP. EVANESCENS IN AVACHA BAY (SOUTH-EASTERN KAMCHATKA)**

**Abstract.** This article discusses the erosion and transport of bottom sediments of sand with destroyed valves of different sizes of the Pacific mollusks *Mytilus trossulus*, under the turbulent regime of tidal water currents in the littoral zone of the eastern coast of Avacha Bay. The paper uses observations made by the authors in 2022 in Mokhovaya, Seroglazka, Petropavlovsky kovsh and Zavoyko bays. The main climatic factor in the areas under consideration, which determines the density of the settlement and the distribution of fucus, is the direction and speed of the wind. In the cold period of the year, the highest frequency (31 %) is the north wind with an average speed of 10.8 m/s. In the summer months of the year, the wind of the southeast, south directions prevails with a frequency of 31 % and an average speed of 4.3-4.7 m/s. The material collected during the field work made it possible not only to understand the distribution of sand with admixtures of mussel valve fragments by particle size distribution in the littoral zone, but also showed that their repeated impact on the brown alga *F. distichus* subsp. *evanescens* contributes to a change in their population density.

**Keywords:** east coast of Avacha Bay, littoral, turbulent regime of currents, wind speed, sand, fragments of valves *Mytilus* (*Mytilus*) *trossulus* A.A. Gould, *Fucus distichus* subsp. *evanescens*.

**Введение.** Авачинская губа представляет собой глубокоизометричный (20×20 км) морской водоём, соединенный узким (3 км) проходом с океаном – горлом губы. Данный водоём почти целиком расположен на юго-восточном окончании гребнеобразной впадины долины р. Авача. побережье губы (по периметру 110 км) изрезано множеством удобных



бухт, полуостровов, мысов, подводных и надводных скал. Берега в большинстве скалистые, либо крутосклонные, за исключением северо-западной и западной части, где в дельте рек Авача и Паратунка они низменные, песчаные или пологосклонные, как в районе бухты Крашенинникова. Морское дно преимущественно песчаное, в центральной части илистое (алеurit, пелит). Имеются многочисленные песчаные отмели, самая большая из которых занимает все западное побережье бухты. Другая обширная отмель расположена к востоку от бух. Богатыревка, у входа в губу. Литораль губы по своему составу не однородна. В количественном отношении 45,2 % составляют песок, галечник и хаотично разбросанные валуны, а около 34,0 % приходится на валуно-глыбовые россыпи с подстилающим их песком, галькой и щебнем. Приливы бывают два раза в сутки, достигая высоты 1,75 м. Температура воды у поверхности летом 6-13 °С. Сплошной ледяной покров образуется редко, обычно он взламывается ветром или судами.

Климатические особенности юго-восточной Камчатки определяются главным образом ее географическим положением по отношению к азиатскому материку и близостью Тихого океана. Наибольшее влияние на состояние погоды оказывают процессы циркуляции, которые связаны взаимодействием морских и континентальных арктических воздушных масс, с циклонической деятельностью, обусловленной влиянием Алеутского минимума и процессами Охотской ветви арктического фронта, а также рельефом и морскими течениями. Отопляющее влияние океана зимой обуславливает в районе положительную среднегодовую температуру воздуха (+0,5 °С) и небольшую амплитуду среднемесячной температуры (21,6°С). Продолжительность безморозного периода – 91 день. Исследуемая территория относится к зоне избыточного увлажнения, осадки здесь значительно больше испарения. Годовая сумма осадков составляет в среднем 1800 мм.

Штормовая погода приходится на осенне-зимний период. Высота волн при этом редко превышает 1,5-2 м, но этого бывает достаточно, чтобы нанести непоправимый ущерб на мелководных участках литорали бурой водоросли *Fucus distichus* subsp. *evanescens* (Phaeophyceae, Fucales).

На поверхности бухты скорость течений при полной воде достигает 0,33 м/с, снижаясь до 0,11 м/с при малой воде. Придонные течения в губе преимущественно турбулентные и могут достигать 0,14-0,16 м/с, влияя на распределение солёности, содержание кислорода, биогенных веществ, цвет, прозрачность, биологическую продуктивность. Также они активно участвуют в накоплении загрязняющих веществ, в прибрежных районах. Движение воды в зоне литорали постоянно меняется по скорости и направлению, а его сила зависит от интенсивности волнения, уклона донного профиля, наличия донных валунов и т.п. В северной части губы водные массы образуют завихрение по часовой стрелке.

Придонный слой Авачинской губы обладает рядом специфических особенностей. В частности, в непосредственной близости от дна скорость приливного течения, как правило, увеличивается с ростом высоты, а вертикальные градиенты скорости всегда убывают.

Населенные пункты расположены на северном берегу Авачинской губы – г. Петропавловск-Камчатский, с населением до 180 тыс. человек и на южном – пгт. Вилючинский, с населением около 22 тыс. человек. Промышленное производство, транспорт, а также военные корабли, рыбопромысловые и транспортные суда, талые воды с сельскохозяйственных угодий и селевые потоки с вулканов являются основными загрязнителями акватории губы. Поэтому в конце второй половины XX-го века перед учеными ярко высветилась задача сохранения и рационального использования биологического разнообразия прибрежных зон бухты.

В настоящее время неотъемлемой частью исследований является не только изучение биологии развития водоросли. Выяснение факторов, регулирующих изменение численности фукуса, – одна из важнейших биологических проблем, и она ещё далеко не полностью решена. Необходимо отметить, что до 2016 г. таких исследований в столь важной зоне литорали губы никем не проводилось. Только в работах (Кашутин и др., 2018; Кашутина и др., 2023) впервые было показано влияние припайного льда и песка на уменьшение

площадей *F. distichus*.

Анализ собранного материала в 2022 г. позволяет также утверждать, что площадь поселения фукуса в Авачинской губе, подвергается изменениям из-за воздействия водопесчаной эмульсии с разрушенными створками тихоокеанских моллюсков *Mytilus trossulus*.

**Материалы и методы исследования.** Для изучения изменений площадей поселений фукуса под влиянием песка и раковин тихоокеанской двустворчатой мидии *Mytilus trossulus* в 2022 г. были выбраны в бухтах Моховая, Сероглазка, Петропавловский ковш и Завойко (восточное побережье Авачинской губы) четыре участка с различным гидродинамическим воздействием (рис. 1).



Рисунок 1 – Районы исследований выборок песка с примесями разрушенных раковин двустворчатых моллюсков *Mytilus trossulus* на восточном побережье Авачинской губы: 1 – бух. Моховая; 2 – бух. Сероглазка; 3 – бух. Петропавловский ковш; 4 – бух. Завойко

Вертикальное распределение песка имеет сезонные особенности, вызванные различными причинами. Поэтому нами определялся только гранулометрический состав песчаных фракций методом ситового анализа. Для анализа бралось 100 г сухого материала.

При определении модуля крупности фракций песка исследуемых побережий бухт использовался классификатор терригенных осадков (табл. 1).

Таблица 1 – Классификатор терригенных осадков по гранулометрическому составу [3]

Класс	Название осадков		Размер обломков (мм)	Название породы	
	Неокатанные обломки	Окатанные обломки		Неокатанные обломки	Окатанные обломки
Грубообломочные (псефиты) > 2 мм	Глыбы	Валуны	> 200	Брекчии	Конгломераты
	Щебень	Галька	10-200		
	Дресва	Гравий	2-10	Дресвяники	Гравелиты
Среднеобломочные (псаммиты, пески) 0,05-2 мм	Грубозернистые		1-2	Грубозернистые песчаники	
	Крупнозернистые		0,5-1	Крупнозернистые песчаники	
	Среднезернистые		0,15-0,5	Среднезернистые песчаники	
	Мелкозернистые		0,05-0,15	Мелкозернистые песчаники	
Мелкообломочные (алевриты)	Алевриты		0,005-0,05	Алевролиты	
Глинистые (пелиты)	Глины		< 0,005	Аргиллиты, глинистые сланцы	
	Глинистые минералы		< 0,02		

Для понимания распространения разрушенных раковин двустворчатых моллюсков *Mytilus trossulus* на выбранных полигонах проводились их выборки по глубинам (рис. 2).



Рисунок 2 – Песок с примесями разрушенных раковин двустворчатых моллюсков *Mytilus trossulus*: 1 – бух. Моховая; 2 – бух. Сероглазка; 3 – бух. Петропавловский ковш; 4 – бух. Завойко

Сбор материала проводился в летне-осенний период. На каждом полигоне отбирали по десять проб с фрагментами раковин, семь из которых были взяты на литорали, а три – на глубине. При этом они брались (с помощью рамки площадью 50×50 см) на расстоянии не более 200-300 м друг от друга. В дальнейшем их просеивали через стандартные сита, взвешивали и пересчитывали.

Модуль крупности (далее –  $M_{кр}$ ) створок мидий определяли с помощью стереомикроскопа Olympus CZ40. Подводные фотосъёмки проводились фотокамерой Nikon (COOLPIX S3100). Водолазное обследование вдоль береговой черты на наличие створок тихоокеанских моллюсков *Mytilus trossulus* в выше указанных бухтах осуществлялось с лодки. Скорость придонных течений измерялась с помощью гидрометрической модернизированной вертушки ГР-21м.

Скорость массового движения крупного песка (1,0-0,5 мм) определялась по формуле:

$$v = n \cdot \sqrt{dg}, \quad (1)$$

где  $n$  – коэффициент пропорциональности;  
 $d$  – диаметр частиц;  
 $g$  – ускорение свободного падения.

При определении срывающей скорости крупных частиц песка (1,0-0,5 мм) в условиях

горизонтального дна прибрежной зоны пользовались формулой:

$$v_n = 1.75 \cdot \sqrt{dg}, \quad (2)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения;  
 $d$  – диаметр частиц.

Зависимость критической (срывающей) скорости от плотности частиц песка, их размеров и периода волны находилась по формуле:

$$v_c = 41.4 \cdot \rho^{2/3} \cdot d \cdot 4^{1/3} \cdot \tau^{1/4}, \quad (3)$$

где  $\rho$  – плотность частиц в воде;  
 $d$  – диаметр частицы;  
 $\tau$  – период волны.

Для определения начального массового перемещения песка указанной фракции применяли уравнение:

$$v_n = 0.88 \cdot (v_\tau - v_m), \quad (4)$$

где  $v_n$  – скорость массового переноса песка указанной фракции (0,1-0,25 мм);  
 $v_\tau$  – скорость течения;  
 $v_m$  – скорость начала массового переноса песка.

Скорость погружения  $U$  обломка изометричной формы с поперечным размером  $d$  и избыточной плотностью  $\Delta\rho$  в водной среде с вязкостью  $\mu$  теоретически описывается законом Стокса:

$$V = \frac{g \cdot \Delta\rho \cdot d^2}{18\mu}, \quad (5)$$

где  $g$  – ускорение силы тяжести.

Из этого выражения следует, что скорость погружения песка в воде определяется квадратичной зависимостью от его размера.

С геометрической точки зрения створка тихоокеанской мидии *Mytilus trossulus* характеризуется формой крыла с хорошо обтекаемой выпуклой поверхностью (рис. 3). Под крылом понимается тело, у которого при движении подъемная сила превышает лобовое сопротивление. В нашем случае, створка имеет среднюю площадь 8,63 см<sup>2</sup>, массу 1,42 г, и определяется неравномерной толщиной (от 0,005 до 0,0124 см) по всей площади. Если створка расположена под некоторым углом – углом атаки – к натекающему потоку воды, то за счёт разности давлений и касательных напряжений на него действует сила сопротивления. Так как в створке отсутствует симметрия, сила сопротивления образует некоторый угол с вектором скорости потока жидкости (рис. 3).

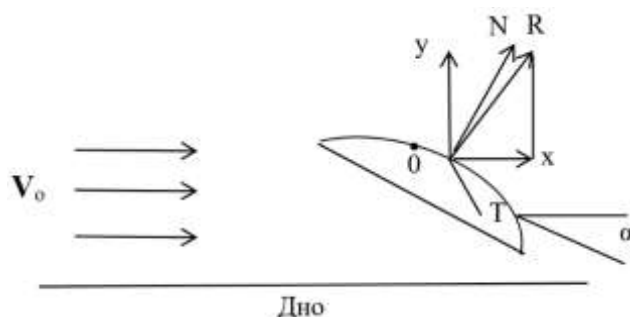


Рисунок 3 – Составляющие силы сопротивления, действующие на створку мидии

Разложим силу сопротивления на две составляющие: лобовое сопротивление и подъёмную силу, касательную и нормальную силы. В соответствии с теорией размерности указанные гидродинамические силы могут быть представлены в виде:

$$X = C_x \cdot \frac{\rho v_0^2}{2} \cdot S, \quad (6)$$

$$Y = C_y \cdot \frac{\rho v_0^2}{2} \cdot S, \quad (7)$$

$$T = C_t \cdot \frac{\rho v_0^2}{2} \cdot S, \quad (8)$$

$$N = C_n \cdot \frac{\rho v_0^2}{2} \cdot S, \quad (9)$$

где  $C_x$  – коэффициент лобового сопротивления створки;

$C_y$  – коэффициент подъёмной силы створки;

$C_t$  – коэффициент касательной силы створки;

$C_n$  – коэффициент нормальной силы створки.

Безразмерные коэффициенты гидродинамических сил связаны между собой:

$$C_x = C_n \cdot \sin\alpha + C_t \cdot \cos\alpha, \quad (10)$$

$$C_y = C_n \cdot \sin\alpha + C_t \cdot \cos\alpha. \quad (11)$$

Положение центра давления створки характеризует коэффициент центра давления:

$$C_d = \frac{d}{b}, \quad (12)$$

где  $C_d$  – коэффициент центра давления створки;

$d$  – расстояние между передней точкой створки и его центром давления.

Гидродинамический момент створки относительно точки (O):

$$M_0 = C_{m_0} \cdot \frac{\rho \cdot v_0^2}{2} \cdot S_b, \quad (13)$$

где  $C_{m_0}$  – коэффициент момента створки.

Последующее изучение полученной линейки гранулометрического состава песка с примесями разрушенных раковин мидий позволяло судить о их влиянии на изменение плотности поселений фукуса.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Морской берег – это полоска плоскости литосферы, в границах которой волны постоянно перемещают мельчайшие частицы взвеси и песка, передвигают и шлифуют гальку, стачивают скалы, при сильном шторме изменяют берега.

Главной зоной воздействия прибрежных волн является узкая полоса береговой линии – литораль (приливно-отливная зона), его нижняя и средняя зоны. Во время отлива в зоне литорали хорошо наблюдается большое скопление двустворчатой тихоокеанской мидии *Mytilus (Mytilus) trossulus* A.A. Gould, 1850 (рис. 4).

Они встречаются повсеместно в дальневосточных морях России от Анадырского залива до залива Посьет [5]. Предпочитают участки дна с песчаными, илисто-песчаными, галечными грунтами, скальными породами и антропогенным мусором.

В основании ноги мидии находится биссусная железа, которая выделяет нити – биссус – для прикрепления моллюска к субстрату.



Рисунок 4 – *Mytilus* (*Mytilus*) *trossulus* A.A. Gould, 1850 – мидия тихоокеанская. Длина раковины 49,6 мм [4]

Оптимальная температура для роста и развития 7-16°C, соленость 24-32 ‰. Резкое понижение солености воды в местах обитания, до 3-7 ‰, во время стока талых вод в весенний период отрицательно влияет на жизнедеятельность моллюсков. Так, в своих исследованиях Ю.Э. Брегман (Брегман, 1987) с соавторами показали, что мидии способны переносить нулевую соленость только в течение двух недель.

В Авачинской губе выходы скальных пород и песчано-галечные пляжи восточного побережья, от нижнего горизонта литорали до линии полного прилива, заняты плотными поселениями тихоокеанской двустворчатой мидии *Mytilus trossulus*, с длиной раковины до 30 мм (рис. 5).



Рисунок 5 – Поселения тихоокеанской двустворчатой мидии *Mytilus trossulus* на восточном побережье Авачинской губы: 1 – агломератовая лава побережья бух. Завойко; 2 – скальные породы бухт Моховая, Завойко; 3 – песчано-галечные пляжи бухт Моховая, Сероглазка и Петропавловский ковш

Из рисунка 5 видно, что на агломератовой лаве бух. Завойко и скальных породах бух. Моховая фукус встречается небольшими куртинами. Это объясняется тем, что из-за ярко выраженных гидродинамических колебаний, около 90-96 % половых продуктов фукуса не успев закрепиться к субстрату смываются, закрепившиеся подвержены акцелерации (рис. 4, 1-2). Во всех бухтах сообщество *Mytilus trossulus*+*F. distichus* распространено повсеместно, где имеются смешанные грунты (песчано-галечные и хаотично разбросанные валуны), на глубинах от 0,3 до 1,5 м (рис. 5, 3).

Известно, что главным источником механической энергии в шельфовой зоне является скорость ветра. Также он является одним из основных факторов, влияющих на размыв и перенос на литорали песка, с примесью мелкообломочных створок мидий в Авачинской губе.

Степень открытости и форма бухты определяют характер действия ветровых волн и прибоя на литораль водоёма. Так, в бух. Петропавловский ковш из-за искусственно

усечённого входа причальными сооружениями (до 15 м) с акваторией губы, ветровые волны при входе практически гасятся. Появление их возможно только после кильватерной струи проходящих судов. На этом примере мы видим, что отсутствие волн в бухте является следствием совершенно иной причины, чем на мелководье открытых бухт Моховая, Сероглазка и Завойко.

Средняя месячная скорость ветра в губе представлена на рисунке 6.

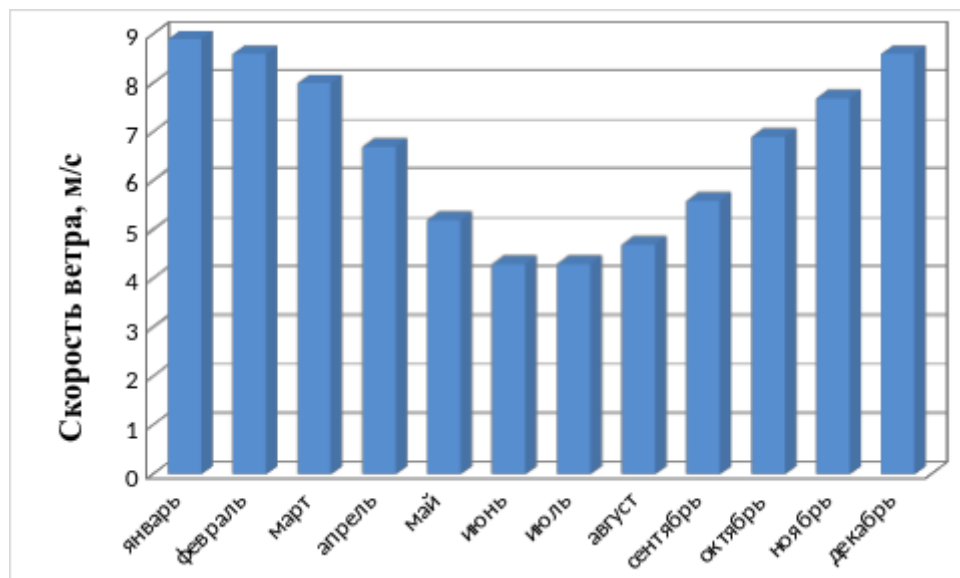


Рисунок 6 – Средняя месячная скорость ветра в Авачинской губе [7]

Из рисунка 6 видно, что в годовом ходе максимальное число дней с сильными ветрами приходится на осенне-зимний период, а минимальное – на летний. Среднее месячное число дней с ветром более 8,7 м/с зимой составляет 10-13, наибольшее – 20-22. В летний период происходит его уменьшение до 4,4 м/с, а сильные ветры до 15 м/с могут отмечаться не более 2-4 раз в месяц. Весной, несмотря на общее ослабление ветра до 6,6 м/с, возможно усиление до штормового. Осенью скорость не превышает 6,8 м/с. В целом за год повторяемость ветров скоростью более 9 м/с составляет в около 30 %, более 15 м/с – 15,2 %, более 20 м/с – 1,6 %. Ветры ураганной силы отмечаются главным образом в холодный период года.

Ещё одним, не менее важным фактором, является направление ветра. В зимний период циркуляционные процессы обуславливают преобладание ветров северо-западного направления, повторяемостью до 40 %. Весной происходит снижение повторяемости северо-западных ветров до 24 %. Также этому времени года присущи ветры северного азимута, на которые приходится около 19 % повторяемости. Лето отмечается ветрами юго-восточного направления, повторяемостью 38 %. В осенний сезон режим ветра меняется на северо-западный, повторяемость увеличивается до 39 % (рис. 7).

Следует отметить, что рассмотренная выше повторяемость направлений ветра по сезонам характеризует лишь среднее состояние. В отдельные годы циркуляционные процессы, а с ними и преобладающее направление ветра могут весьма существенно отличаться от многолетних данных.

Гидравлическая крупность грунтов является основным параметром, характеризующим гидродинамическое взаимодействие твердых частиц с потоком. Теоретически, режим течений в придонном пограничном слое литорали может быть как ламинарным, так и турбулентным. При рассмотрении влияния придонных течений при шероховатости более 5 мм, А.Ю. Виноградов (2019) с соавторами доказали, что режим течений всегда турбулентный.

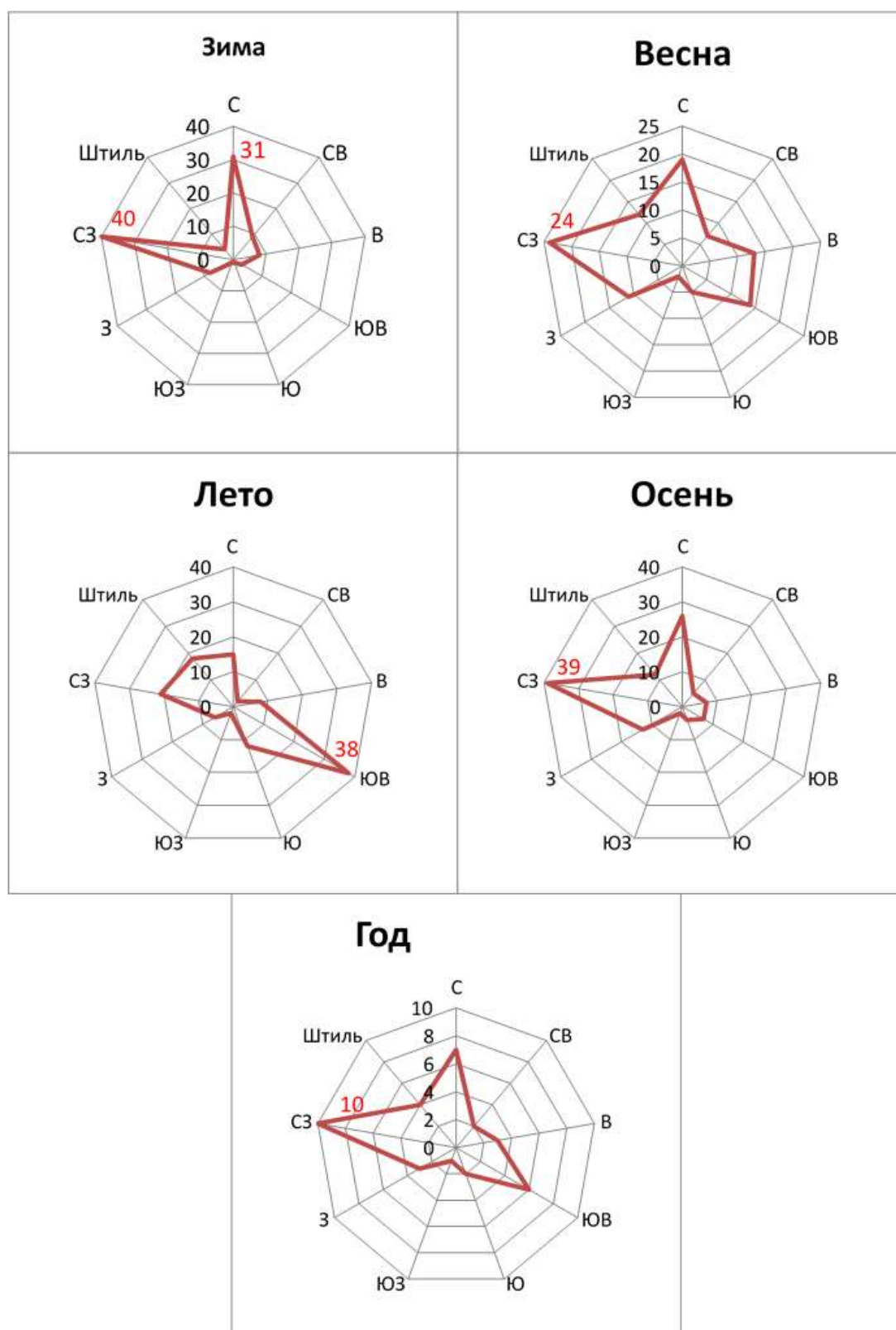


Рисунок 7 – Розы повторяемости направлений ветра в Авачинской губе по сезонам и за год [7]

Результаты исследований А.Н. Кашутина (2021) с соавторами показали, что литораль Авачинской губы не представляет собой однородную плоскую поверхность, а неровности могут исчисляться не миллиметрами и сантиметрами, а метрами. В подобной ситуации у нас есть основания считать приливо-отливную зону (с учётом нескольких типов грунтов) бухт Моховая, Сероглазка и Петропавловский ковш гидродинамически шероховатой поверхностью, а режим течений в придонном пограничном слое – турбулентным.



Песчаные отложения приурочены к современным морским, аллювиальным, ледниковым и эоловым образованиям. Пески преимущественно очень мелкие или мелкие и, лишь в отдельных отложениях, – среднезернистые. В зонах с низкой подвижностью вод частицы (от 1,0 до 0,1 мм) накапливаются хаотично – без разбора. Эти условия нами наблюдались в закрытой от всех штормов бух. Петропавловский ковш, где скорость придонного течения во время мониторинга не превышала 0,02 м/с. Минимум концентрации осадочного материала в летний период составил 0,5 г/л. Во время осенних штормов их концентрация увеличивается до 1,2 г/л.

Как показали наши исследования в бухтах Моховая и Сероглазка, с более высокой подвижностью вод (0,27-0,38 м/с), для самых легких частиц (0,2-0,1 мм), оседающих сверху, между хаотично разбросанными валунами создаются «запретные» условия свободного падения и, они переносятся в сравнительно спокойные зоны (ванны), где происходит их концентрация. В тоже время более крупные частицы (до 5 мм) этому воздействию не подвержены и свободно осаждаются. Скорость погружения песка с частичками створок мидий в штилевой период приведена в таблице 2. В этих бухтах происходит сортировка осаждающегося материала. Наибольшая концентрация песка с примесью частиц мидий (до 27 г/л) фиксировалась в ноябре – период осенних штормов. Среднемесячные летние показатели не превышали 8 г/л. В бух. Завойко, благодаря влиянию Тихого океана, скорость придонного течения столь высока (может превышать 0,95 м/с), что песок с примесями частиц створок мидий не может осаждаться и, подвержен постоянному перемещению.

Таблица 2 – Скорость погружения песка в исследуемых бухтах (см/с)

Бухта	Размер фракций, мм			
	1-2	0,5-1	0,15-0,5	0,05-0,15
Скорость погружения, м/с				
Моховая	0,17	0,02	0,08	0,03
Сероглазка	0,02	0,09	0,63	0,026
Петропавловский ковш	0,12	0,09	0,61	0,27
Завойко	0,1	0,07	0,58	0,22

Из таблицы 2 видно, что в штилевой период (при температуре воды 12°C) основная масса песка, согласно их размерам, имеет скорость оседания около 0,0925 м/с.

Процентное соотношение песка по гранулометрическому составу в бухтах Моховая, Сероглазка, Петропавловский ковш и Завойко, показано в таблице 3.

Таблица 3 – Гранулометрический состав песка в бухтах Моховая, Сероглазка, Петропавловский ковш, Завойко (%)

Бухта	Размер фракций, мм					
	5-2,5	2,5-1,25	1,25-0,63	0,63-0,315	0,315-0,14	<0,14
Моховая	9,7	4,4	5,9	49,8	39,7	4,2
Сероглазка	0,5	4,3	19,9	61,1	12,0	2,2
Петропавловский ковш	2,7	11,9	47,2	21,6	11,2	5,4
Завойко	0,3	1,2	2,4	17,5	72,6	6,0

Основная масса измельченных створок мидий в зонах литорали перемещается во взвешенном состоянии. Гранулометрический состав двустворчатой тихоокеанской мидии *Mytilus trossulus* в бухтах Моховая, Сероглазка, Петропавловский ковш и Завойко приведен в таблице 4.

Из таблицы 4 видно, что вдольбереговое перемещение песчаной взвеси в прибрежной зоне происходит постоянно. Пространственное распределение обломков в придонном слое побережья следует закону постепенного снижения концентрации по мере удаления от берега.

Тем не менее, абсолютные значения концентрации в зонах литорали будут полностью зависеть от подвижности вод и песка прибрежной полосы.

Таблица 4 – Гранулометрический состав створок мидии *Mytilus (Mytilus) trossulus* A.A. Gould, 1850 в бухтах Моховая, Сероглазка, Петропавловский ковш, Завойко (%)

Район исследований	Размер фракций, мм					
	30	30-15	15-5	5-2	2-0,5	< 0,5
Бух. Моховая	60,4	19,3	7,8	8,7	3,0	0,79
Бух. Сероглазка	48,4	15,2	21,3	8,4	5,4	1,3
Бух. Петропавловский ковш	95,0	3,4	1,0	0,4	0,1	0,1
Бух. Завойко	8,9	17,3	27,7	24,2	15,4	6,5

Кинематическая энергия движения воды – один из важнейших факторов при распределении гранулометрического состава осадков на дне прибрежной зоны водоема, которая начинается при разных направлениях и скоростях придонных движений воды. При подходе к берегу, когда волновые колебательные движения достигают дна, за счёт тормозящего воздействия о дно волны становятся эллиптическими. По мере уменьшения глубин, сжимаясь, удлиняются, принимая более плоскую форму, т.е. благодаря тормозящему воздействию дна происходит деформация волн, а у самого дна частицы воды совершают колебательные движения в направлении луча волны, параллельно донной поверхности. На глубинах произрастания фукуса (1,2-1,5 м) возрастающие придонные скорости волн оказываются достаточными для срыва и начала движения мелкозернистых частиц. По мере продвижения к глубинам (менее 1 м) происходит разбивание волн о валуны и скальные породы (которые в большом количестве обнаруживаются в бухтах Моховая и Сероглазка), что в свою очередь способствует не только появлению высокой турбулентности, но и росту динамичности водной среды. За счёт трансформации разнонаправленных волновых течений, образуются придонные волны перемещений, которые в последующем передают свою энергию потоку заплеска, что приводит к изменению формы рельефа литорали субстратами с различными модулями крупности. По мнению Ю.С. Долотова (1968), зона разрушения волн является своего рода «непропуском» при обмене относительно крупных твердых частиц между зонами, расположенными от неё дальше в море и ближе к берегу.

Хаотическое, неупорядоченное движение жидких частиц в донных субстратах существенным образом влияет на характеристики турбулентных течений между слоями.

При постоянном гидродинамическом воздействии потока на поверхности субстрата возникает сила трения ( $F_{тр}$ ), которая лежит в плоскости, касательной к обеим соприкасающимся поверхностям. При увеличении гидродинамической сдвигающей силы ( $T$ ) обтекаемое тело будет оставаться в покое до возникновения систем сил, которые способствуют размыву грунтов. Известно, что донные осадки имеют разную форму и размеры. В результате этого попадающие первыми под потоки субстраты изменяют не только характеристики водного следа, но и силовое воздействие, поэтому они являются началом опасного размыва грунтов. В этих течениях жидкости возникают пульсационные скорости, которые создают дополнительные касательные напряжения на придонный субстрат (рис. 8).

Из рисунка 8 видно, что к активным силам относятся сила лобового давления  $F_L$ , сила трения потока по смоченной поверхности частицы  $F_T$  и подъемная сила  $F_H$ . К пассивным силам следует отнести силу веса частицы в жидкости  $F_G$ , силы взаимодействия (сцепления или защемления) частицы с системой окружающих частиц  $F_c$ , которые можно разложить на горизонтальную составляющую  $F_{сг}$  и вертикальную составляющую  $F_{св}$  [9].

С учётом направления сил, которые действуют на мелкозернистый субстрат, можно утверждать, что горизонтальные силы – лобового давления  $F_L$  и сила трения  $F_T$  – уравновешиваются горизонтальной составляющей силы взаимодействия  $F_T$  частицы с окружающими зёрнами грунта.

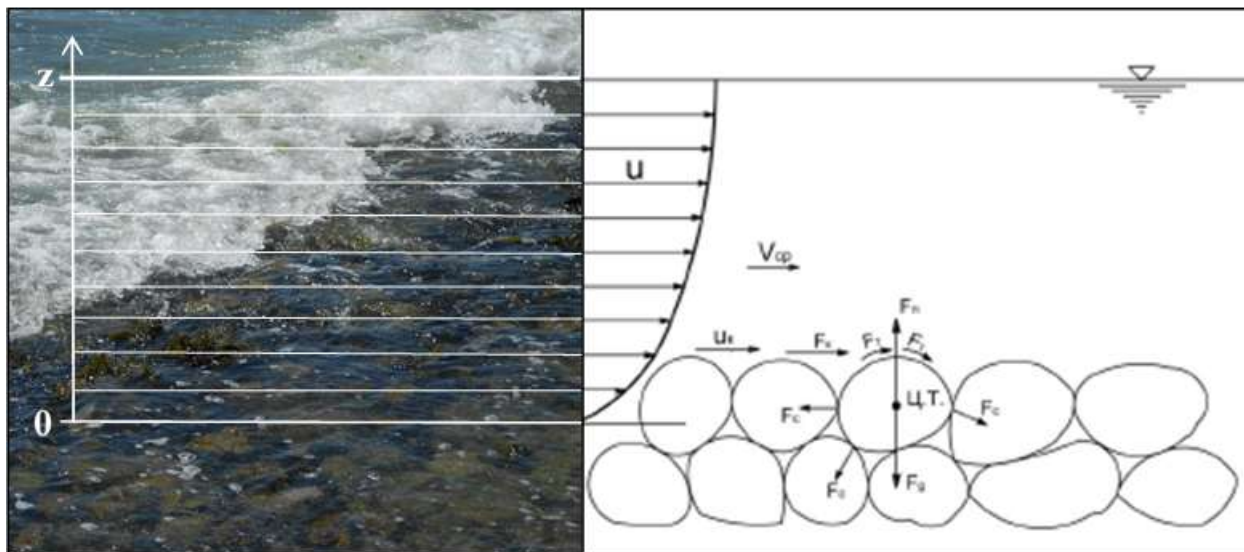


Рисунок 8 – Динамическое воздействие течения на частицу донного грунта

У плохо обтекаемых тел полное сопротивление – в основном сопротивление давления, так как при обтекании происходят отрыв пограничного слоя и образование зоны отрыва с крупными дискретными вихрями. У хорошо обтекаемых плоских субстратов полное сопротивление в основном обуславливается сопротивлением трения. Это объясняется тем, что их обтекание не сопровождается большими вихреобразованиями. Отрыв пограничного слоя у этих тел наблюдается только у задней кромки, поэтому существенно исказить картину течения жидкости и архитектуру песчаного слоя не могут.

Подъёмная сила, действующая на створку, обуславливается разностью давлений по обеим её сторонам. Однако необходимо учитывать, что она находится в возмущённой жидкости и имеет небольшие геометрические размеры. Следовательно, скорость отрыва и подъёмная сила величины знакопеременные. В исследуемых бухтах, на глубине 0,1 м, придонная скорость начала отрыва створок составляет 0,21 м/с, песка с примесью разрушенных раковин мидий – 0,19 м/с. Форма и толщина створки влияют на гидродинамические характеристики – увеличение её выпуклости или уменьшение толщины способствует росту подъёмной силы. В теории, одновременно с этим, возрастает лобовое сопротивление и уменьшается её скорость. При решении задачи, влиянием геометрических размеров, толщины, массы и формой створок на гидродинамические характеристики можно пренебречь. Объяснить это можно тем, что в исследуемых бухтах скорость воды значительно превышает начало отрыва створок от субстрата и её переноса в сторону литорали.

Как показали наши расчёты, при увеличении угла атаки при турбулентном течении, до критического значения коэффициент подъёмной силы створки возрастает, достигая максимума при  $\alpha_{ст}$  ( $\alpha_{ст} = 19^\circ$ ), а затем снижается. Это объясняется тем, что при углах атаки выше критического значения, изменяется характер обтекания. При углах атаки меньше  $\alpha_{ст}$  будет происходить непрерывное обтекание тела, подъёмная сила будет снижаться и створки будут волочиться или перекашиваться по мелкозернистому субстрату – при приливе в сторону литорали и, наоборот, на глубину – во время отлива.

При движении створки при разных изобатах окружающая её жидкость с краёв перетекает во внутреннюю область, где образуются кольцевые вихри, заставляющие её вращаться вокруг своей оси. При существующей скорости течений в литорали губы (0,27-0,95 м/с), створки мидий в рассматриваемой зоне переносятся во взвешенном состоянии, совершая хаотичные перемещения по всей толщине воды, при этом ударяясь о таллом фукуса наносят ему дефекты в виде надрезов, трещин и микропор. И чем шире таллом, тем больше концентрируется в нём дефектов, и поэтому их прочность окажется ниже.

Дополнительно снижению прочности способствует песок с примесью

мелкообломочных створок мидий, который вкрапляясь в таллом, нарушает структуры ткани.

В связи с особым строением талломы фукуса имеют благоприятные механические свойства, сочетающие большую прочность с высокой эластичностью и значительной вязкостью. Вязкость проявляется при динамическом приложении нагрузки и обуславливает постепенность нарастания деформации.

Структура таллома нерегулярна, так что их форма и длина во время нагрузок постоянно изменяются. При приложении осевой нагрузки к фукусу, его длина увеличивается, при этом микроскопические надрезы и трещины тоже. Скручивание водоросли происходит как по часовой, так и против часовой стрелки, с задержкой по времени в каждом положении до 4-6 секунд. Тем самым увеличивая нагрузки на поврежденные места.

При накоплении дефектов вибрационная прочность таллома с увеличением числа циклов постоянно снижается и в дальнейшем, во время возрастающих гидродинамических нагрузках (шторм), приводит к их разрушению (рис. 9).

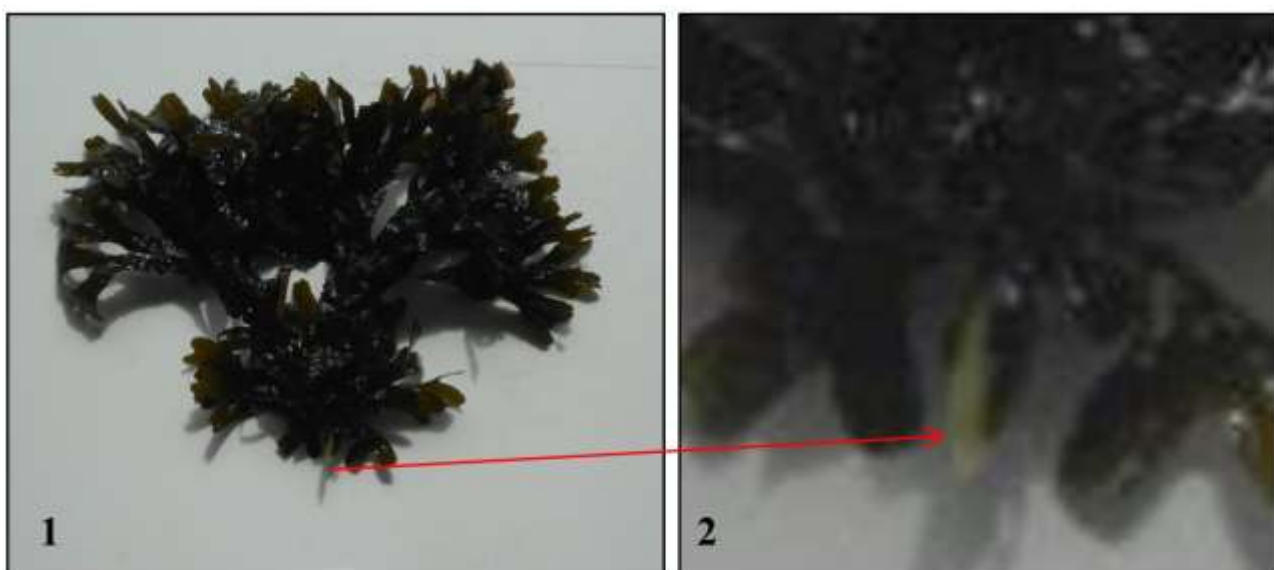


Рисунок 9 – Место разрушения таллома бурой водоросли *Fucus distichus* subsp. *evanescens* на литорали Авачинской губы при повреждении створками тихоокеанской мидии *Mytilus trossulus*

**Выводы.** Полученные нами материалы в ходе исследований, позволяют сделать характерные выводы:

– анализ собранного материала исследований 2022 г. позволяет утверждать, что площадь поселения фукуса в Авачинской губе подвергается большим изменениям не только из-за воздействия льда, но и песчаные фракции и створки тихоокеанских двустворчатых моллюсков *Mytilus trossulus* также играют весьма заметную роль на плотность поселения фукуса в зоне литорали;

– в исследуемых бухтах на глубине 0,1 м придонная скорость начала отрыва створок составляет 0,21 м/с, песка с примесями разрушенных раковин мидий – 0,19 м/с.

– при существующей скорости течений в литорали губы (0,27-0,95 м/с) водо-песчаная взвесь с разрушенными створками мидий в рассматриваемой зоне переносится во взвешенном состоянии, совершая хаотичные перемещения по всей толщине воды, при этом ударяясь о таллом фукуса наносят ему дефекты в виде трещин и микропор. И чем шире таллом, тем больше сконцентрируется в нем дефектов, а потому их прочность окажется ниже;

– для формирования осадконакопления крупных раковин размерами более 15,0 мм необходимы слишком высокие скорости течений, которые могут возникать только на мелководье.

Список использованной литературы:

1. *Кашутин А.Н., Климова А.В., Ключкова Т.А.* Воздействие ледового покрова на межгодовые изменения состояния литоральных зарослей бурой водоросли *Fucus distichus* subsp. *evanescens* в Авачинской губе (юго-восточная Камчатка) // Вестник КамчатГТУ. 2018. № 44. С. 88-99.
2. *Кашутина И.А., Кашутин А.Н.* Миграция грунтов морских осадков литорали Авачинской губы (юго-восточная Камчатка) под воздействием гидродинамических течений вод как один из факторов межсезонных изменений площадей бурой водоросли *Fucus distichus* subsp. *evanescens* // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2023. № 1. С. 8-21.
3. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация. М.: Стандартинформ, 2013. 38 с.
4. *Лутаенко К.А., Волвенко И.Е.* Малый атлас двустворчатых моллюсков залива Петра Великого (Японское море) / отв. ред. А.В. Адрианов. Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т, 2017. 140 с.
5. *Vainola R., Strelkov P.* *Mytilus trossulus* in Northern Europe // Marine Biol. 2011. Vol. 158. P. 817-833.
6. *Брегман Ю.Э., Белогрудов Е.А., Раков В.А., Шепель Н.А.* Культивирование двустворчатых моллюсков // Культивирование тихоокеанских беспозвоночных и водорослей. М.: Агропромиздат, 1987. С. 55-61.
7. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Ч. 1-6. Вып. 27. 2001. 597 с.
8. *Кашутин А.Н., Климова А.В.* Характеристика грунтов в местах произрастания бурой водоросли *Fucus distichus* subsp. *evanescens* в Авачинской губе (юго-восточная Камчатка) // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2021. № 2. С. 32-49.
9. *Долотов Ю.С., Айбулатов Н.А., Курлис В.И., Юркевич М.Г.* К вопросу о динамике верхней части подводного склона и пляжа отмелого песчаного берега в различные стадии волнения // Тр. АН ЛитССР. 1968. Т. 3 (54).
10. *Брянская Ю.В., Медзвеля М.Л.* Расчет воздействия течения и волн на береговой откос // Труды VIII Международной научно-практической конференции «Динамика и термика рек, водохранилищ и прибрежной зоны морей». М.: РУДН, 2014. Т. 1. С. 25-36.

References:

1. *Kashutin A.N., Klimova A.V., Klochkova T.A.* (ed.) Vliyanie ledovogo pokrova na godovye izmeneniya sostoyaniya litoralnykh zarosley burykh vodorosley *Fucus distichus* subsp. v Avachinskoy gube (uzhnaya Kamchatka) [The impact of ice cover on interannual changes in the state of littoral thickets of the brown algae *Fucus distichus* subsp. *evanescens* in Avacha Bay (southeastern Kamchatka)]. *Vestnik KamchatGTU* [Bulletin of KamchatGTU], 2018, no. 44, pp. 88-99. (In Russian).
2. *Kashutina I.A., Kashutin A.N.* Migratsiya pochv morskix otlozhenii litorali Avachinskogo zaliva (yugo-vostok Kamchatki) pod vliyaniem godrodinamicheskix techenii kak odin iz faktorov mezhsezonnnykh izmenenii arealov burykh vodorosley *Fucus distichus* subsp. *evanescens* [Migration of soils of marine sediments in the Avacha Bay littoral (southeastern Kamchatka) under the influence of hydrodynamic water currents as one of the factors of interseasonal changes in the areas of the brown algae *Fucus distichus* subsp. *evanescens*]. *Vestnik Kerchenskogo morskogo technologicheskogo univesiteta* [Bulletin of the Kerch State Marine Technological University], 2023, no. 1, pp. 8-21. (In Russian).
3. *GOST 25100-2011. Pochvy. Klassifikatsiya* [State Standard 25100-2011. Soils. Classification]. Moscow, Standartinform, 2013, 38 p. (In Russian).
4. *Lutaenko K.A., Volvenko I.E., Adrianov A.V.* (ed.) *Malyi atlas dvustvorchatykh molluskov zaliva Petra Velikogo (Yaponskoe mope)* [Small atlas of bivalves in Peter the Great Bay (Sea of Japan)]. Vladivostok, Dalnevost. federal. un-t Publ., 2017, 140 p. (In Russian).
5. *Vainola R., Strelkov P.* *Mytilus trossulus* v Severnoy Evrope [*Mytilus trossulus* in Northern

- Europe]. *Biologiya morya* [Marine Biology], 2011, vol. 158, pp. 817-833. (In Russian).
6. Bretzman Y.E., Beiogrudye Y.A., Rakov V.A., Shepel N.A. *Kul'tivirovanie dvustvorchatyh mollyuskov. Kul'tivirovanie tihookeanskih bespozvonochnyh i vodoroslej* [Cultivation of bivalves. Cultivation of Pacific invertebrates and algae]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1987, pp. 55-61. (In Russian).
  7. *Nauchno-prikladnoy spravochnik po klimatu SSSR* [Scientific and applied reference book on the climate of the USSR]. Series 3, part 1-6, vol. 27, 2001, 597 p. (In Russian).
  8. Kashutin A.N., Klimova A.V. *Haracteristika gruntov v mestah proizvodnaniya buryh vodorosley Fucus distichus subsp. evanescens v Avachinskoj gube (yugo-vostochnaya Kamchatka)* [Characteristics of grounds in the places of growing of the brown algae *Fucus distichus* subsp. *Evanescens* in Avacha bay (south-east Kamchatka)]. *Vestnik Kerchenskogo morskogo technologicheskogo univesiteta* [Bulletin of the Kerch State Marine Technological University], 2021, no. 2, pp. 32-49. (In Russian).
  9. Dolotov Yu.S., Aybulatov N.A., Kirlis V.I. *K voprosu o dinamike verhnjej chasti podvodnogo sklona i plyazha otmelogo peschanogo berega v razlichnye stadii volneniya* [To the question of the dynamics of the upper part of the underwater slope and the beach of the shallow sandy shore in various stages of excitement]. *Trudy AN LitSSR* [Proceedings of the Academy of Sciences of the Lithuanian SSR], 1968, vol. 3 (54). (In Russian).
  10. Bryanskaya Yu.V., Medzvelia M.L. *Raschet vozdeistviya techeniya i voln na beregovoy otkos* [Calculation of the impact of currents and waves on the coastal slope]. *Trudy 8 Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Dinamika i termika rek, vodohranilishch i pribrezhnoj zony morej»* [Proceedings of the 8th International Scientific and Practical Conference “Dynamics and Thermals of Rivers, Reservoirs and the Coastal Zone of the Seas”]. Moscow, RUDN Publ., 2014, vol. 1, pp. 25-36. (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, 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 504.05

DOI: 10.26296/2619-0605.2023.3.3.007

Сытник Н.А.

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НА АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ РЕКУЛЬТИВАЦИИ  
ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ ГОРОДА КЕРЧЬ  
РЕСПУБЛИКИ КРЫМ**

**Аннотация.** В статье рассмотрено влияние полигона твердых коммунальных отходов (ТКО) г. Керчь на атмосферный воздух при проведении работ по его рекультивации. Описаны технический и биологический этапы и технологии рекультивации полигона ТКО, предусматривающие проведение комплекса работ, нацеленных на восстановление нарушенных земель, и уменьшение негативного воздействия на окружающую среду. По количественным показателям наибольшее воздействие будет оказано на атмосферный воздух при проведении технического этапа рекультивации – выбросы 23 загрязняющих веществ суммарной массой 974,6269 т/год. Анализ полученных результатов расчета рассеивания выбросов загрязняющих веществ, выполненных с учетом особенностей природных условий района расположения объекта, показал, что концентрации, создаваемые выбросами загрязняющих веществ полигона ТКО до, во время и после его рекультивации, не превышают предельно допустимых величин. В работе приведен комплекс мероприятий, направленный на снижение негативного воздействия на атмосферный воздух в период проведения работ.

**Ключевые слова:** полигон, твердые коммунальные отходы, рекультивация, оценка негативного воздействия, атмосферный воздух, загрязняющие вещества.

Sytnik N.A.

**ASSESSMENT OF THE IMPACT ON THE ATMOSPHERIC AIR OF RECLAMATION  
OF THE SOLID MUNICIPAL WASTE LANDFILL IN THE CITY OF KERCH,  
REPUBLIC OF CRIMEA**

**Abstract.** The article considers the impact of Kerch landfill on the atmospheric air during its reclamation. The technical and biological stages and technologies of landfill reclamation are described, providing a set of works aimed at the restoration of disturbed lands, and reducing the negative impact on the environment. According to quantitative indicators, the greatest impact will be on the atmospheric air during the technical stage of recultivation – emissions of 23 pollutants with a total mass of 974.6269 tons/year. Analysis of the obtained results of the calculation of dispersion of pollutant emissions, performed taking into account the peculiarities of natural conditions of the object location area, showed that the concentrations created by emissions of pollutants of the landfill before, during and after its recultivation do not exceed the maximum permissible values. The work provides a set of measures aimed at reducing the negative impact on the atmospheric air during the works.

**Keywords:** landfill, solid municipal waste, reclamation, negative impact assessment, atmospheric air, pollutants.

**Введение.** В настоящее время актуальной проблемой для всех без исключения регионов Российской Федерации продолжает оставаться проблема переработки и утилизации отходов производства и потребления. Большая часть (93 %) образуемых твердых коммунальных отходов (далее ТКО) подвергается захоронению на полигонах и несанкционированных свалках.

Реформа отрасли обращения с отходами началась в России 1 января 2019 года. Она призвана сделать обращение с отходами более цивилизованным, решить проблему с несанкционированными свалками и значительно сократить объемы вывозимых на полигоны

отходов. К 2024 году только в рамках нацпроекта «Экология» планируется построить 220 новых современных комплексов по обработке, размещению и утилизации отходов. Планируется отправлять на обработку или сортировку 100 % бытовых отходов, 50 % будут отправляться на захоронение. Всего до 2030 года должны построить или реконструировать 868 объектов обращения с отходами.

На основании Постановления администрации города Керчь Республики Крым от 10.05.2017 № 128/1-п «О закрытии полигона твердых коммунальных отходов на территории муниципального образования городской округ Керчь Республики Крым», в связи с исчерпанием ресурсоемкости и производственных мощностей полигона ТКО в городе Керчь было принято решение о его закрытии и рекультивации [1].

На этапе эксплуатации полигона, а также после его закрытия и рекультивации протекают процессы биохимического и химического разложения отходов, формирующие эмиссии загрязняющих веществ (в виде биогаза и фильтрата), оказывающих негативное воздействие на геосферные оболочки [1].

**Цель исследования** – оценить влияние на атмосферный воздух рекультивации полигона ТКО г. Керчь на постэксплуатационном этапе.

**Материалы и методы исследования.** Материалами для данного исследования являлись проектная документация объекта строительства, результаты инженерно-гидрометеорологических изысканий участка рекультивации, а также фондовые материалы и статистические данные Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Министерства экологии и природных ресурсов Республики Крым.

Теоретической базой научной работы служили результаты научных исследований, представленные в трудах отечественных и зарубежных ученых Ю.В. Завизион, Я.И. Вайсмана, Н.Н. Слюсарь, Р. Kjeldsen, М. Barlaz, R. Weber, K. Heyer и др. [2-7].

При проведении исследований был использован комплекс методов, в том числе общенаучных: анализа и синтеза, сравнения, системного анализа и научных абстракций в части анализа и обработки картографической информации: климатических и топографических карт.

Для установления масштаба, характера и степени воздействия выбросов загрязняющих веществ на качество атмосферного воздуха от источников, образующихся при проведении работ по рекультивации, а также после их окончания, были проведены расчеты рассеивания по программе «Эколог» (версия 4.50).

**Результаты исследования и их обсуждение.** Рассматриваемый полигон ТКО «расположен на землях населенного пункта муниципального образования городской округ Керчь, в северной части города (рис. 1). Ближайшая жилая застройка расположена на расстоянии 395 м на юго-восток от границ участка полигона, рекреационная территория – парк отдыха им. Ю. Гагарина, находится на расстоянии 1620 м. Полигон, общей площадью 21,9 га, представляет собой отработанный карьер, используемый для складирования ТКО» [1].

Тело полигона занимает ориентировочно 15 га, на остальной территории площадью около 7 га имеются участки поверхностного захламления отходами, разносимыми с основного тела полигона на расстояние до 100-150 м. Хозяйственные и административные здания и сооружения, контрольные и наблюдательные скважины отсутствуют.

Исследуемый участок относится к III-Б климатическому району умеренно-континентального климата с жарким летом и короткой зимой. Краткие климатические характеристики и фоновые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе района изысканий приняты по сведениям Федеральное государственное бюджетное учреждение «Крымское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», и составляют:



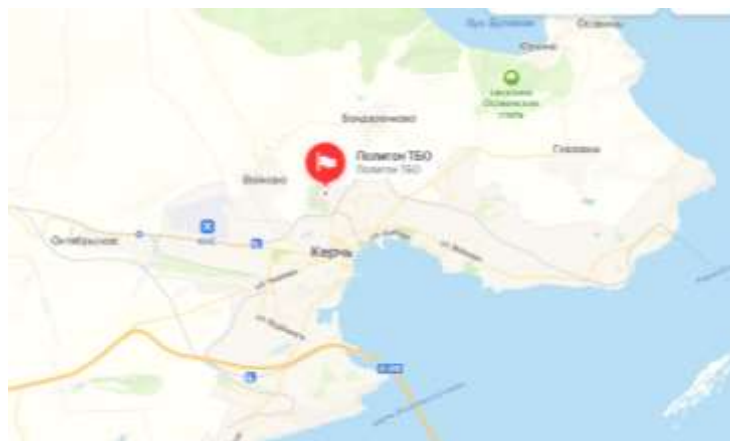


Рисунок 1 – Район размещения полигона ТКО г. Керчь Республики Крым

- углерода оксид – 1,806 мг/м<sup>3</sup>;  
- азота диоксид – 0,126 мг/м<sup>3</sup>;  
- азота оксид – 0,066 мг/м<sup>3</sup>;  
- серы диоксид – 0,012 мг/м<sup>3</sup>, что не превышает ПДК, установленных в СанПиН 2.1.3684-21.

Уровень воздействия полигона захоронения отходов на геосферные оболочки «зависит от многих факторов, в том числе от компонентного состава и влажности отходов, климатических условий, технологий эксплуатации полигона, качественных и количественных параметров эмиссий, наличия применяемых природоохранных сооружений и т.д. Это обуславливает актуальность выбора технических мероприятий по обеспечению безопасного уровня геоэкологического воздействия объектов захоронения ТКО» [2].

Жизненный цикл полигона захоронения отходов (рис. 2) «является элементом жизненного цикла техногенных отходов и охватывает весь период функционирования объекта. Под периодом функционирования полигона понимается отрезок времени, на протяжении которого складированные в массиве полигона отходы обладают потенциальной опасностью» [2, 3].

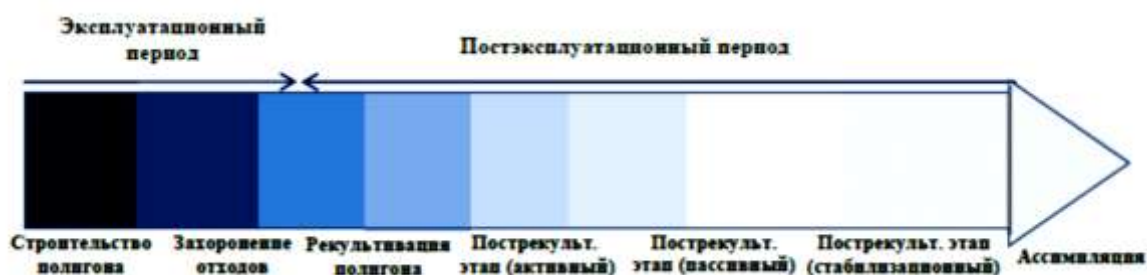


Рисунок 2 – Жизненный цикл полигона захоронения отходов [2]

Этапы жизненного цикла полигона «характеризуют его состояние (тип поверхности, температуру в массиве отходов, протекающие процессы биологического разложения, эмиссии в геосреду). Каждый этап определяет закономерности формирования количественных и качественных характеристик биогаза и фильтрата, возможность их проникновения объекты окружающей среды. Анализ закономерностей формирования эмиссии загрязняющих веществ полигонов необходимо осуществлять с учетом его жизненного цикла» [4-6].

Захороненные отходы «должны достигнуть качества «окончательного хранения» примерно через 30 лет после складирования их на полигоне. Массив полигона захоронения

отходов должен достигнуть «инертного» состояния, чтобы эмиссии такого полигона не оказывали негативного воздействия на объекты окружающей среды в течение длительного периода времени» [7].

Процессы разложения захороненных отходов происходят последовательно в аэробных и анаэробных условиях. Принципиальные процессы разложения органических веществ при захоронении отходов на полигонах представлены на рисунке 3 [2].

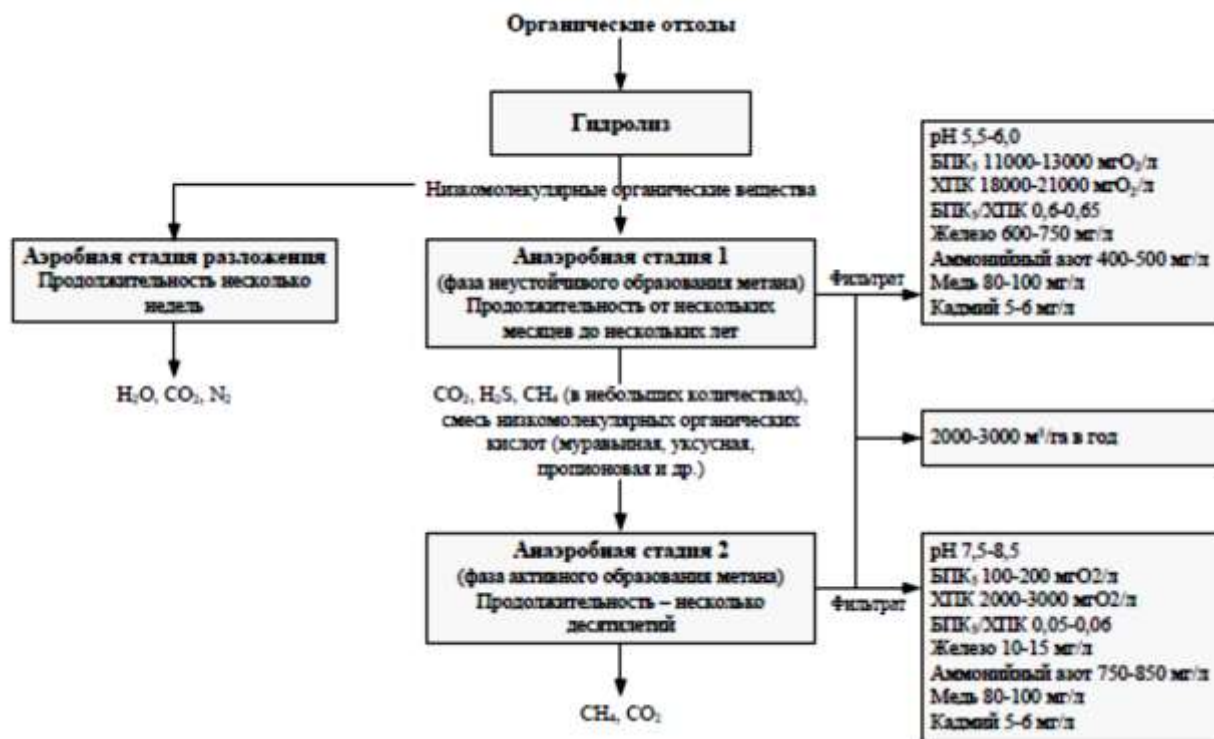


Рисунок 3 – Принципиальные процессы разложения органических веществ при захоронении отходов на полигоне [2]

На начальном этапе захоронения ТКО на полигоне (до одного года) отходы подвергаются аэробной биодеструкции. Продолжительность аэробной фазы зависит от предварительной обработки и способа захоронения отходов.

Аэробные процессы «обычно протекают быстрее, сопровождаются большим количеством выделяемого тепла» [3]. «В аэробных условиях (на глубине до 50 – 80 см) достаточно быстро протекает гидролиз и окисление пищевых отходов, содержащих жиры, белки, протеины» [4]. «По мере использования запасов кислорода активность аэробных процессов снижается и в захороненных ТКО начинают преобладать анаэробные процессы, вызываемые деятельностью анаэробных микроорганизмов. Основными продуктами аэробных процессов являются диоксид углерода и вода. Стадии анаэробной биодеструкции (гидролиз, ацетогенез, активный метаногенез, стабильная фаза метаногенеза и полная ассимиляция) совпадают с основными этапами жизненного цикла полигона: активной эксплуатации, рекультивации и ассимиляции» [2].

При длительном захоронении отходов «протекают процессы их биохимического и химического разложения, сопровождающиеся образованием эмиссий в виде фильтрата и биогаза, которые являются источниками загрязняющих веществ в компоненты геосреды на всех этапах жизненного цикла полигона» [2].

По окончании процесса стабилизации объекта захоронения отходов, вследствие исчерпания его производственных мощностей, приступают к многоступенчатому процессу - рекультивации полигона, направленному на улучшение экологических условий в регионе.

Процесс рекультивации полигона является сложным и длительным. К работам приступают после согласования проектной документации и получения лицензии. Проект рекультивации разрабатывается специализированной проектной организацией и проходит согласование и утверждение в установленном порядке (рис. 4).

С 1 июня 2017 года полигон ТКО г. Керчь прекратил прием твердых коммунальных отходов на захоронение. В настоящее время продолжается только прием грунта (IV-V классов опасности) и строительных отходов IV-V классов опасности), используемых в качестве изолирующего материала. На полигоне осуществлялось захоронение отходов IV-V классов опасности по высотной схеме. На момент закрытия объекта размещения отходов в 2017 году глубина его заполнения составляла около 20 м, ориентировочный объем накопленных отходов составлял 2036998 м<sup>3</sup>.

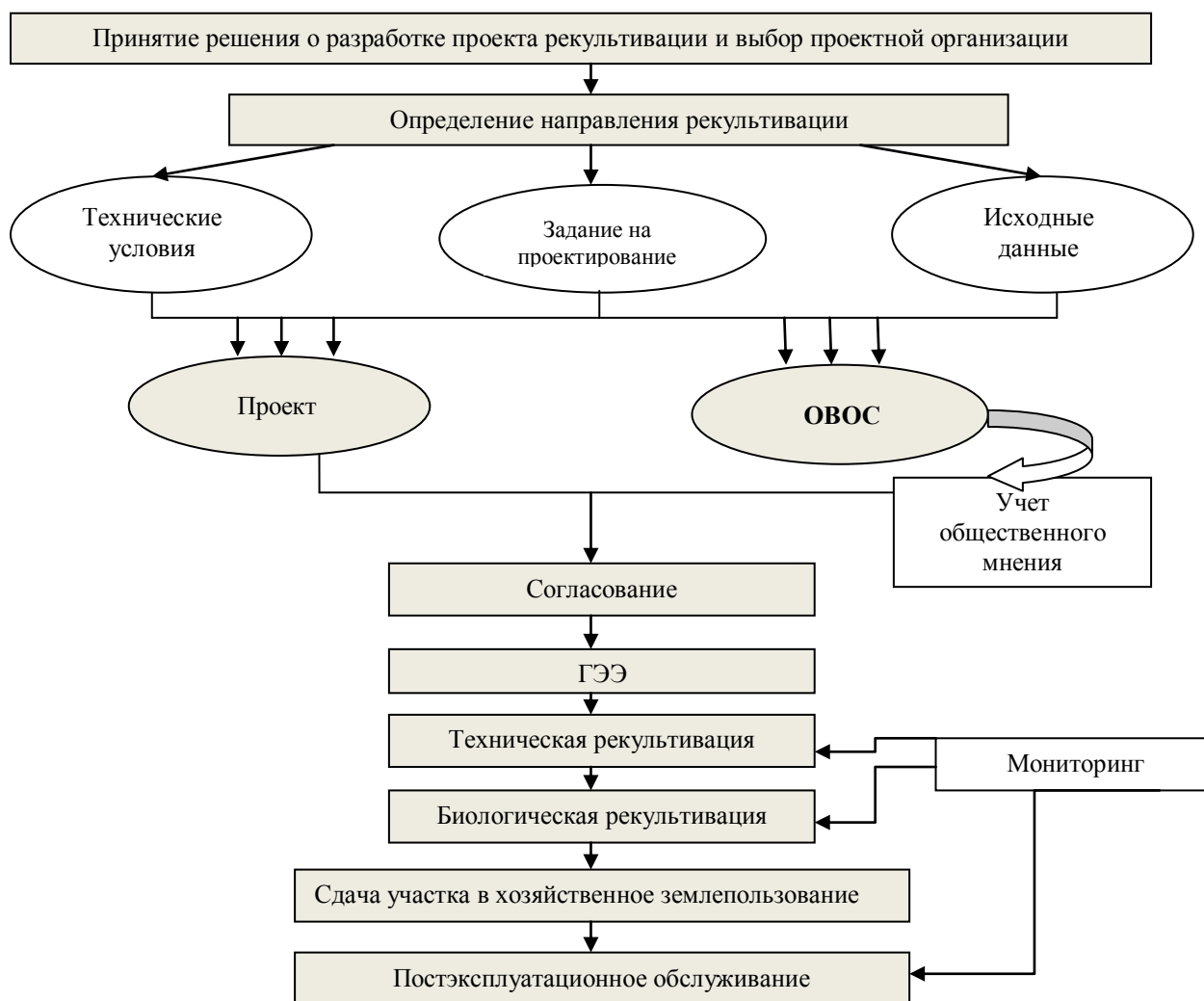


Рисунок 4 – Схема организации работ по рекультивации полигонов ТКО

По результатам газогеохимических исследований во всех исследованных точках грунта на поверхности по содержанию водорода, кислорода, метана и диоксида углерода относятся к «безопасной» степени, на глубине степень газогеохимической опасности варьировали от «безопасной» до «пожаро- и взрывоопасной» в 12,5 % случаев. Наименее безопасными являются северо-западная и центральная части полигона, где зафиксированы максимальные скопления газа. Максимальные концентрации по содержанию метана (>5 %) и диоксида углерода (>10 %) зафиксированы были в трех точках, концентрация кислорода в данных точках также не отвечает требованиям безопасности и составляет менее 18 %. На прилегающих территориях эмиссии биогаза и его сопутствующих компонентов не выявлено.

Уровни шума и электромагнитное излучение во всех точках не превышают санитарных норм, установленных СанПиН 2.1.3684-21 [8].

Радиационных аномалий на участке изысканий не выявлено. Измеренная мощность эквивалентной дозы внешнего гамма-излучения составляет 0,08-0,16 м<sup>3</sup>в/ч и не превышает нормативов, указанных в СП 2.6.1.2612-101 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности» (ОСПОРБ-99/2010) [9].

Приказом Росприроднадзора 20.07.2018 года было утверждено положительное заключение экспертной комиссии государственной экологической экспертизы проектной рекультивации полигона ТКО г. Керчь Республики Крым.

Процесс рекультивации (ликвидации) полигона ТКО, «состоящий из технического и биологического этапов (рис. 5), требует проведения комплекса работ нацеленных на восстановление нарушенных земель, и уменьшение негативного воздействия на окружающую среду» [1].

Технический этап рекультивации полигона ТКО «проводится в два этапа: подготовительный и основной» [1]. Перечень мероприятий каждого этапа рекультивации представлен в таблице 1 [1].

Таблица 1 – Перечень мероприятий этапов рекультивации полигона ТКО г. Керчь

Этапы рекультивации полигона		Мероприятия
Технический этап	Подготовительный этап	<ul style="list-style-type: none"> <li>- геодезические и разбивочные работы;</li> <li>- устройство временного ограждения территории;</li> <li>- перемещение отходов;</li> <li>- устройство временной автодороги для проезда автотранспорта территории стройплощадки;</li> <li>- организация бытового городка и складского хозяйства и мест первичными средствами пожаротушения;</li> <li>- устройство временного электрокабеля от существующей трансформаторной подстанции;</li> <li>- устройство временного электроосвещения территории стройплощадки и установкой пакетного выключателя;</li> <li>- устройство временного водопровода от существующего водопроводного колодца;</li> <li>- установка мойки колес строительной техники;</li> <li>- установка средств диспетчерской связи.</li> </ul>
	Основной этап	<ul style="list-style-type: none"> <li>- профилирование свалочных масс;</li> <li>- разработка траншеи для устройства анкерочной траншеи;</li> <li>- разработка траншеи для устройства водосборной дренажной траншеи;</li> <li>- устройство выравнивающего слоя из несвязного грунта толщиной 0,3 м;</li> <li>- укладка геокомпозитного материала Combigrid 40/40 Q6 R156.</li> <li>- устройство дренажного слоя толщиной 0,3 м.;</li> <li>- укладка бентонитовых матов Bentofix NSP 4900;</li> <li>- укладка дренажных матов Secudrain 201 WD 601 201;</li> <li>- укладка георешетки Secugrid 40/20 в анкерочную траншею, на откос и в траншею на склоне в повороте откоса;</li> <li>- устройство подземных резервуаров V=507 м<sup>3</sup> для поверхностного стока, устройство наблюдательных скважин;</li> <li>- устройство вертикальных отводов дегазации из труб и фитингов ПЭ100 SDR17 Ду200 и герметизация стыков труб отводов дегазации;</li> <li>- засыпка рекультивационным слоем (суглинок) толщиной 0,6 м;</li> <li>- засыпка плодородным слоем толщиной 0,2 м.</li> </ul>
Биологический этап	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>- внесение удобрений;</li> <li>- засев травосмесью, полив.</li> </ul>

В рамках инженерно-экологических изысканий, выполненных в 2018 году, «было проведено исследование атмосферного воздуха по характерным веществам, выделяющимся от свалочных масс (диоксид азота, диоксид серы, оксид углерода, метан, сероводород, аммиак, бензол, толуол, ксилол, этилбензол, формальдегид, фенол, взвешенные вещества)» [1]. Превышения технических нормативов при выполнении замеров обнаружено не было. Концентрация загрязняющих веществ не превысила 0,6 ПДК.



Рисунок 5 – Схема рекультивации полигона ТКО

Источниками загрязнения атмосферы до проведения рекультивационных работ является тело полигона (выделение биогаза), работа машин и механизмов (автотранспорт, бульдозер), выбросов пыли от разгрузки грунта и строительных работ.

До начала рекультивации выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух поступали от 4 источников, при этом выделялось 18 загрязняющих веществ валовое содержание которых составляло 952,743 т/год из них:

- 3 – твердых (0,238 т/год);
- 15 – газообразных и жидких (952,505 т/год).

Технический этап рекультивации полигона ТКО как видно из таблицы 1 проводится в два этапа – подготовительный и основной.

Подготовительный этап рекультивации предусматривает: «геодезические и разбивочные работы; устройство/восстановление временного ограждения территории; перемещение отходов (свалочных масс, размещенных вне участка полигона) на территорию полигона ТКО; очистка от мусора охранной зоны газопровода и ЛЭП» [1].

Основной период технической рекультивации предусматривает: «формирование тела полигона; устройство откосов, брем; защитного экрана полигона; дренажной системы сбор поверхностного стока; пассивной системы газоотведения (скважины дегазации); наблюдательных скважин; завершающий этап строительства» [1].

Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха при проведении работ

технического этапа рекультивации являются: тело полигона (выделение биогаза), двигатели строительной техники (самосвал, бульдозер, экскаватор, автокран, каток), сварочные и гидроизоляционные работы, земляные работы и пыление при перегрузке песка и щебня, заправка строительной техники.

Для оценки воздействия рекультивационных работ на атмосферный воздух были применены методики расчетов, утвержденные Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации, применяемые для расчета, нормирования и контроля выбросов загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.

Результаты расчета, представленные в таблице 2, показали, что при проведении работ по технической рекультивации от 10 источников в атмосферный воздух будет выделяться 23 загрязняющих вещества (974,6269 т/год), из них:

- 6 – твердых (22,3349 т/год);
- 17 – газообразных и жидких (952,292 т/год).

Таблица 2 – Загрязняющие вещества, поступающие в атмосферный воздух при проведении работ на техническом этапе рекультивации

Наименование вещества	Используемый критерий	Класс опасности	Суммарный выброс вещества	
			г/с	т/год
Железа оксид	ПДК с/с	3	0,0076389	0,00352
Марганец и его соединения	ПДК м/р	2	0,0004398	0,000203
Азота диоксид	ПДК м/р	3	0,161213608	1,970546683
Аммиак	ПДК м/р	4	0,322009347	9,178455352
Азота оксид	ПДК м/р	3	0,0152999	0,009601
Углерод (сажа)	ПДК м/р	3	0,0175588	0,005959
Сера диоксид – Ангидрид сернистый	ПДК м/р	3	0,051190358	1,212909656
Сероводород	ПДК м/р	2	0,015711873	0,447816729
Углерод оксид	ПДК м/р	4	0,661143769	4,520922362
Фториды газообразные	ПДК м/р	2	0,0002528	0,000116
Фториды плохо растворимые	ПДК м/р	2	0,0013246	0,00061
Метан	ОБУВ	-	31,96833885	911,2156941
Бензол	ПДК м/р	2	0,006645596	0,189424032
Диметилбензол (Ксилол)	ПДК м/р	3	0,267636287	7,628622366
Метил бензол (Толуол)	ПДК м/р	3	0,436796919	12,45032499
Этилбензол	ПДК м/р	3	0,057393786	1,635934819
Гидроксибензол (Фенол)	ПДК м/р	2	0,004229016	0,120542566
Формальдегид	ПДК м/р	2	0,057997931	1,653155185
Бензин (нефтяной, малосернистый)	ПДК м/р	4	0,0119999	0,005443
Керосин		-	0,0492837	0,019457
Алканы C12 – C19	ПДК м/р	4	0,0026282	0,0330432
Пыль неорганическая >70% SiO <sub>2</sub>	ПДК м/р	3	0,1504296	6,697386
Пыль неорганическая 70-20% SiO <sub>2</sub>	ПДК м/р	3	0,3510024	15,627234
Всего по предприятию: 23				974,62692104
Количество твердых: 6				22,334912
Количество газообразных и жидких: 17				952,29200904

Следующим за техническим этапом рекультивации осуществляется биологический этап, включающий комплекс мероприятий по восстановлению рекультивируемых территорий для их дальнейшего использования в народном хозяйстве. К нему относится комплекс агротехнических и фитомелиоративных мероприятий, направленных на восстановление нарушенных земель.

Работы по биологическому этапу рекультивации включают: засев травосмеси с применением сельхозтехники, либо вручную; уход за газоном, состоящий из трехкратного полива и покоса трав, в течение года, и внесения удобрений (рис. 6).



Рисунок 6 – Биологический этап рекультивации полигона ТКО

Выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух в период биологической рекультивации будет происходить от следующих источников: тело полигона (выделение биогаза), мелиорационной техники. Результаты расчета, представленные в таблице 3, показали, что при проведении работ по биологической рекультивации в атмосферный воздух будет выделяться 15 загрязняющих веществ (952,09150564 т/год), из них:

- 1 – твердое (0,003053 т/год);
- 14 – газообразных и жидких (952,08845264 т/год).

Таблица 3 – Загрязняющие вещества, поступающие в атмосферный воздух при проведении работ на биологическом этапе рекультивации

Наименование вещества	Используемый критерий	Класс опасности	Суммарный выброс вещества	
			г/с	т/год
Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	ПДК м/р	3	0,160393408	1,943212683
Аммиак	ПДК м/р	4	0,322009347	9,178455352
Азот (II) (Азота оксид)	ПДК м/р	3	0,0151667	0,00516
Углерод (Сажа)	ПДК м/р	3	0,008333	0,003053
Сера диоксид – Ангидрид сернистый	ПДК м/р	3	0,057290158	1,210709656
Сероводород	ПДК м/р	2	0,015707773	0,447729529
Углерод оксид	ПДК м/р	4	0,322244569	4,398979362
Метан	ОБУВ	-	31,96833885	911,2156941
Бензол	ПДК м/р	2	0,006645596	0,189424032
Диметилбензол (Ксилол)	ПДК м/р	3	0,267636287	7,628622366
Метилбензол (Толуол)	ПДК м/р	3	0,436796919	12,45032499
Этилбензол	ПДК м/р	3	0,057393786	1,635934819
Гидросибензол (Фенол)	ПДК м/р	2	0,004229016	0,120542566
Формальдегид	ПДК м/р	2	0,057997931	1,653155185
Керосин	ОБУВ	-	0,03	0,010508
Всего по предприятию: 15				952,09150564
Количество твердых веществ: 1				0,003053
Количество газообразных и жидких веществ: 14				952,08845264

Общая продолжительность рекультивационных работ биологического этапа по проекту составляет 12 месяцев. Планируемый срок окончания работ по рекультивации и сдачи объекта – декабрь 2023 года.

Выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух после завершения рекультивации будет происходить от тела полигона. После проведения рекультивации будет организовано 25 дегазационных труб для выхода биогаза.

Прогнозный расчет выхода биогаза из тела полигона после устройства рекультивационного периода показал, что в атмосферный воздух будет выделяться 12 газообразных и жидких загрязняющих веществ (951,9764 т/год). Период полного

сбраживания отходов в соответствии с данными составит 22,5 года.

Для установления масштаба, характера и степени воздействия выбросов загрязняющих веществ от источников, образующихся при проведении работ по рекультивации, а также после ее выполнения, на качество атмосферного воздуха были проведены расчеты рассеивания по программе «Эколог» (версия 4.50).

Расчетные точки были заложены на границе санитарно-защитной зоны (СЗЗ – 500 м), жилой застройки, а также на прилегаемой территории рекреационного типа – парк отдыха.

Анализ полученных результатов расчетов, выполненных с учетом особенностей природных условий района расположения объекта, показывает, что концентрации, создаваемые выбросами загрязняющих веществ полигона ТКО до, во время и после его рекультивации, не превышают предельно допустимых величин. Выбросы загрязняющих веществ от полигона ТКО в период рекультивации и в пострекультивационный период не окажут существенного влияния на экологическую ситуацию рассматриваемого района.

На период проведения рекультивационных работ необходимо проводить периодическое перенесение поверхности для подавления пыления при планировке и подготовке рекультивационного слоя тела полигона. Также орошение предотвратит возгорание мусора.

При проведении планировочных работ на теле полигона необходимо строго соблюдать противопожарные мероприятия. Все работающие на полигоне машины и механизмы должны быть оснащены пламегасителями.

Проектной документацией предусмотрена Программа производственного экологического контроля (ПЭК) / мониторинга состояния атмосферного воздуха на период производства рекультивационных работ и в пострекультивационный период продолжительностью 5 лет.

В рамках проведения ПЭК проводится контроль наличия у подрядных строительных организаций комплекта природоохранной документации и обследование земельных участков и прилегающих к ним территорий на предмет выявления нарушения норм и требований экологического законодательства при осуществлении хозяйственной деятельности на объекте.

Периодичность ПЭК на этапе рекультивации полигона ТКО – 1 раз в квартал.

Также в период проведения рекультивации полигона ТКО проводится мониторинг состояния и загрязнения атмосферного воздуха, включающий газохимические наблюдения для оценки загрязнения атмосферы компонентами свалочного газа. В процессе обследования

Пробы воздуха отбираются на уровне дыхательных путей человека (1,3 – 1,5 м) и из шпуров в теле полигона (с глубины 15-20 см). Опробование производится по сетке с шагом 200 м со сгущением до 50 м на аномальных участках. Необходимо проводить опробование воздуха на границе полигона и в СЗЗ (с удалением 100, 200, 300 и 400 м от границы полигона ТКО с подветренной стороны, на юго-восточной стороне), в теплый период года, 1 раз в квартал.

Мониторинг состояния и загрязнения атмосферного воздуха предусматривает отбор проб в контрольных точках:

- одна контрольная точка расположена на территории полигона (для контроля качества атмосферного воздуха рабочей зоны) – КТ 1;
- три контрольные точки расположены по розе ветров на границе СЗЗ полигона (500 м от границы) – КТ 2, 3, 4;
- две контрольные точки расположены на границе жилой застройки – КТ 5, 6.

Пробы воздуха «анализируются на содержание следующих химических веществ: оксид азота, диоксид азота, диоксид серы, оксид углерода, гидрохлорид водорода, фториды газообразные, взвешенные вещества, диоксины, метан, сероводород, аммиак, бензол, этилбензол, трихлорметан, треххлористый углерод, хлорбензол, металлическая ртуть» [2].

Натурные исследования и измерения в контрольных точках (КТ 2-5) проводятся в



течение года (в зимний период – 10 дней, весенний период – 10 дней, летний период – 20 дней, осенний период – 10 дней). Натурные исследования и измерения атмосферного воздуха при контроле вещества в рабочей зоне (КТ 1) и ближайшей жилой зоне (КТ 6) проводятся 1 раз в квартал.

Мониторинг состояния и загрязнения атмосферного воздуха проводится и в пострекультивационный период по веществам и с периодичностью аналогичным этапу рекультивации.

Важным аспектом при проведении работ по рекультивации объекта размещения ТКО в г. Керчь Республики Крым, является соблюдение всех норм и правил в соответствии с требованиями законодательства. Программа мониторинга и производственного экологического контроля, направлена на недопущение негативного воздействия на окружающую среду на всех этапах работ.

В целом, «проведение политики ресурсо- и энергосбережения, рециклинга и рекуперации отходов предприятий, развитие рекреационной деятельности, будет способствовать улучшению социального благосостояния, повышению качества жизни людей, сохранению и рациональному использованию историко-культурного и природного наследия полуострова, а также увеличение рекреационной емкости особо охраняемых природных территорий Крыма» [10].

**Выводы.** В связи с необходимостью соответствия требованиям экологического и санитарно-эпидемиологического законодательства, а также модернизации сферы обращения с ТКО, администрацией города Керчь было принято решение о закрытии и рекультивации полигона твердых коммунальных отходов на территории муниципального образования городской округ Керчь Республики Крым. Рекультивация полигона ТКО осуществляется в два этапа: технический и биологический.

По количественным показателям наибольшее воздействие на атмосферный воздух будет оказано при проведении технического этапа рекультивации – выбросы 23 загрязняющих веществ суммарной массой 974,6269 т/год.

Анализ полученных результатов расчетов рассеивания выбросов загрязняющих веществ, выполненных с учетом особенностей природных условий района расположения объекта, показывает, что концентрации, создаваемые выбросами загрязняющих веществ полигона ТКО до, во время и после его рекультивации, не превышают предельно допустимых величин.

Таким образом, при соблюдении требований законодательства и защитных мероприятий, предусмотренных проектной документацией выбросы загрязняющих веществ от полигона ТКО в период рекультивации и в пострекультивационный период не окажут существенного влияния на экологическую ситуацию рассматриваемого района.

Для недопущения негативного воздействия на окружающую среду предусмотрено проведение производственного экологического контроля и мониторинга.

#### Список использованной литературы:

1. *Сытник Н.А.* Оценка геоэкологической безопасности полигона захоронения твердых коммунальных отходов г. Керчь на постэксплуатационном этапе // Общество, образование, наука в современных парадигмах развития: сборник трудов по материалам III Национальной научно-практической конференции (Керчь, 17-18 октября 2022 года). Редколлегия: Е.П. Масюткин и др. Керчь: ФГБОУ ВО «КГМТУ», 2022. С. 135-142. Название конференции?
2. *Завизион Ю.В.* Геоэкологическая оценка состояния полигона захоронения твердых коммунальных отходов: дис. ... канд. техн. наук: 25.00.36 / Юлия Владимировна Завизион. Пермь, 2019. 168 с.
3. *Вайсман Я.И., Вайсман О.Я., Максимова С.В.* Управление метаногенезом на полигонах твердых бытовых отходов. Пермь: Из-во Перм. гос. техн.ун-та, 2003. 228 с.

4. *Слюсарь Н.Н., Загорская Ю.М., Ильиных Г.В.* Изучение фракционного и морфологического состава отходов старых свалок и полигонов // Вестник ПНИПУ. Урбанистика. 2014. № 3 (15). С.77-85.
5. *Kjeldsen P., Barlaz M., Rooker A., Baun A., Ledin A., Christensen T.* Present and Long-Term Composition of MSW Landfill Leachate: A Review // *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. 2002. № 32 (4). P. 297-336.
6. *Weber R., Watson A., Forter M., Oliaei F.* Review Article: Persistent organic pollutants and landfills – a review of past experiences and future challenges // *Waste Management & Research*. 2011. № 29 (1). P. 107-121.
7. *Heyer K.-U., Koop A., Hupe K., Stegmann R.* Wege und Kriterien zur Entlassung aus der Deponienachsorge // *Trierer Berichte zur Abfallwirtschaft – Stilllegung und Nachsorge von Deponien*. Verlag Abfall aktuell. 2011. Band 20. P. 99-117.
8. СанПиН 2.1.3684-21 Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий. М.: Стандартинформ, 2022. 83 с.
9. СП 2.6.1.2612-101 Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010). М: Стандартинформ, 2010. 142 с.
10. *Сытник Н.А.* Социально-экономические и экологические аспекты обеспечения устойчивого развития Республики Крым // Вестник КГМТУ. 2022. № 3. С. 399-426.

References:

1. Sytnik N.A. Ocenka geoeologicheskoy bezopasnosti poligona zahoroneniya tverdyh kommunal'nyh othodov g. Kerch' na postekspluatacionnom etape [Assessment of geocological safety of the Kerch solid municipal waste disposal site at the post-operation stage]. *Sbornik trudov po materialam 3 Nacional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii «Obshchestvo, obrazovanie, nauka v sovremennykh paradigmatkh razvitiya»* [Proceedings of the 3rd National Scientific and Practical Conference “Society, education, science in modern development paradigms”]. Kerch, KSMTU Publ., 2022, pp. 135-142. (In Russian).
2. Zavizion Yu.V. *Geoekologicheskaya ocenka sostoyaniya poligona zahoroneniya tverdyh kommunal'nyh othodov. Diss. kand. tehn. nauk* [Geoecological assessment of the solid municipal waste disposal site condition. Cand. engin. sci. diss.]. Perm, 2019. 168 p. (In Russian).
3. Vaisman Y.I., Vaisman O.Y., Maksimova S.V. *Upravlenie metanogenezom na poligonah tverdyh bytovykh othodov* [Methanogenesis management on solid domestic waste landfills]. Perm, Perm. gos. tekhn. un-t Publ., 2003, 228 p. (In Russian).
4. Slyusar N.N., Zagorskaya Yu.M., Ilyinykh G.V. Izuchenie frakcionnogo i morfologicheskogo sostava othodov starykh svalok i poligonov [Study of fractional and morphological composition of waste from old dumps and landfills]. *Vestnik PNIPU. Urbanistika* [Vestnik PNIPU. Urbanistics], 2014, no. 3 (15), pp. 77-85. (In Russian).
5. Kjeldsen P., Barlaz M., Rooker A., Baun A., Ledin A., Christensen T. Present and Long-Term Composition of MSW Landfill Leachate: A Review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 2002, no. 32 (4), pp. 297-336. (In English).
6. Weber R., Watson A., Forter M., Oliaei F. Review Article: Persistent organic pollutants and landfills – a review of past experiences and future challenges. *Waste Management & Research*, 2011, no. 29 (1), pp. 107-121. (In English).
7. Heyer K.-U., Koop A., Hupe K., Stegmann R. Wege und Kriterien zur Entlassung aus der Deponienachsorge. *Trierer Berichte zur Abfallwirtschaft – Stilllegung und Nachsorge von Deponien*. - Verlag Abfall aktuell, 2011, no. 20, pp. 99-117. (In English).

8. *SanPiN 2.1.3684-21 Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k sodержaniyu territorij gorodskih i sel'skih poselenij, k vodnym ob'ektam, pit'evoj vode i pit'evomu vodosnabzheniyu, atmosfernomu vozduhu, pochvam, zhilym pomeshcheniyam, ekspluatacii proizvodstvennyh, obshchestvennyh pomeshchenij, organizacii i provedeniyu sanitarno-protivoepidemicheskikh (profilakticheskikh) meropriyatij* [Sanitary rules and regulations 2.1.3684-21 Sanitary and epidemiological requirements for the maintenance of the territories of urban and rural settlements, for water bodies, drinking water and drinking water supply, atmospheric air, soils, living quarters, operation of industrial, public premises, organization and conduct of sanitary and antiepidemic (preventive) measures]. Moscow, Standartinform Publ., 2022, 83 p. (In Russian).
9. *SP 2.6.1.2612-101. Osnovnye sanitarnye pravila obespecheniya radiacionnoj bezopasnosti (OSPORB-99/2010)* [SR 2.6.1.2612-101. Basic Sanitary Rules for Radiation Safety (OSPORB-99/2010)]. Moscow, Standartinform Publ., 2010, 142 p. (In Russian).
10. Sytnik N.A. Social'no-ekonomicheskie i ekologicheskie aspekty obespecheniya ustojchivogo razvitiya Respubliki Krym [Socio-economic and environmental aspects of sustainable development of the Republic of Crimea]. *Vestnik KGMTU* [Vestnik KSMTU], 2022, no 3, pp. 399-426. (In Russian).

Сведения об авторе / Information about author

<b>Сытник Наталья Александровна</b>	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

Тихонова Е.А., Бурдиян Н.В., Дорошенко Ю.В., Бударова В.Ю.

**МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ  
ПРИБРЕЖНОЙ АКВАТОРИИ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ КАРСКОГО МОРЯ  
ЛЕТОМ 2022 ГОДА**

**Аннотация.** В работе представлены результаты микробиологических и гидрохимических исследований прибрежной акватории северо-восточной части Карского моря, полученные в ходе экспедиции 50 рейса НИС «Академик Борис Петров» (июль-август 2022 г) в рамках программы «Плавучий университет». Определены количественные характеристики и изучено распространение бактерий, трансформирующих основные классы органических соединений (белки, жиры, углеводы), включая углеводороды нефти (дизельное топливо) в поверхностном и придонном горизонтах водной толщи. Установлено, что в поверхностных водах численность бактерий, использующих белковый субстрат, изменялась в диапазоне от 1 до  $10^6$  кл./мл (в придонных водах от  $10^2$  до  $10^5$  кл./мл, соответственно), углеводы (глюкоза) – от 10 до  $10^4$  кл./мл (в придонном слое воды – от  $10^3$  до  $10^5$  кл./мл), липиды – от 1 до 100 кл./мл в обоих горизонтах. Углеводородоокисляющие бактерии (УОБ), деструкторы дизельного топлива (солярка) в поверхностном слое обнаружены в 53 % проб, в придонном слое – в 36 % проб. Количественные показатели УОБ варьировали от 1 до 10 кл./мл, как в поверхностном, так и в придонном горизонтах. Отмечено неравномерное распределение исследуемых групп бактерий. Низкая концентрация углеводородоокисляющих бактерий свидетельствует об отсутствии свежего загрязнения акватории дизельным топливом. В рассматриваемый период температура воды поверхностного слоя изменялась от  $+1,5^{\circ}\text{C}$  до  $+5^{\circ}\text{C}$ , придонного слоя: от  $+2^{\circ}\text{C}$  до  $+4^{\circ}\text{C}$ . Концентрация ионов водорода (pH) в поверхностной воде колебалась в диапазоне от 7,67 до 8,20 в придонной воде: от 7,43 до 7,90. Глубина на станциях отбора придонной воды варьировала от 54 до 193 м. Среднее содержание углеводов (УВ) в поверхностных водах Карского моря незначительно (в 1,2 раза) превышает ПДК данного класса веществ для рыбохозяйственных водоёмов (0,05 мг/л), в придонном горизонте средняя концентрация УВ превышает ПДК в 2 раза. Значимых корреляционных связей наблюдаемых групп микроорганизмов с указанными физико-химическими параметрами выявлено не было.

**Ключевые слова:** углеводороды, вода, гетеротрофные бактерии, загрязнение, Карское море.

Tikhonova E.A., Burdiyan N.V., Doroshenko Yu.V., Budarova V.Yu.

**MICROBIOLOGICAL AND HYDROCHEMICAL INVESTIGATIONS OF COASTAL  
AREA NORTHEAST KARA SEA IN SUMMER 2022**

**Abstract.** In the present work, results of microbiological and hydrochemical investigations of coastal area northeast Kara Sea are given. Data obtained during the 50th expedition RV "Akademik Boris Petrov" (July-August, 2022) according to program «Training-Through-Research». The quantitative characteristic and distribution of bacteria transforming the main classes of organic compounds (proteins, lipids, carbohydrates), including oil hydrocarbons (diesel fuel) in the surface and near-bottom horizons of the water column was studied. It was established that in the surface waters the number of bacteria using protein substrate varied from 1 to  $10^6$  cel./mL (in the bottom waters from  $10^2$  to  $10^5$  cel./mL), respectively, carbohydrates (glucose) – from 10 to  $10^4$  cel./mL (in the bottom – from  $10^3$  to  $10^5$  cel./mL), lipids – from 1 to 100 cel./mL, also in the bottom. Hydrocarbon-oxidizing bacteria (HOB), diesel fuel degraders, in the surface waters were detected in 53 % of samples, in the bottom waters, respectively, in 36 % of samples. Quantitative HOB values ranged from 1 to 10 cel./mL. An uneven distribution of the studied groups of bacteria was noted. The low concentration of hydrocarbon-oxidizing bacteria indicates the absence of fresh pollution of the water area by diesel fuel. During the considered period, surface water temperature varied from

+1,5°C to +5°C, bottom water: from +2°C to +4°C. The concentration of hydrogen ions (pH) in surface water ranged from 7,67 to 8,20 in bottom water: from 7,43 to 7,90. Depth at the bottom water sampling stations varied from 54 to 193 m. The content of hydrocarbons (HC) in the surface waters of the Kara Sea insignificantly exceeds (by 1,2 times) the maximum permissible concentration (MCP) of this class of substances for fishery reservoirs (0,05 mg/l), in the bottom horizon the average concentration of HC exceeds the MCP by 2 times. Significant correlations between the observed groups of microorganisms and physico-chemical parameters were not revealed.

**Keywords:** hydrocarbons, water, heterotrophic bacteria, pollution, Kara Sea

**Введение.** Одной из значимых областей Сибирской эпоконтинентальной Арктики является Карское море, месторасположение которого играет важную роль в процессах, связанных с реакцией отклика арктических экосистем на происходящие климатические изменения. В северо-западной части Карского моря и заливах Новой земли находятся могильники радиоактивных отходов, что само по себе увеличивает накопленные экологические риски [1]. Карское море также является одним из перспективных ареалов для изучения биоты [2, 3]. Микроорганизмам принадлежит ведущая роль в многоступенчатом процессе деструкции автохтонного и аллохтонного органического вещества в водной толще и в донных отложениях морей и океанов, включая все арктические моря и Северный Ледовитый океан [4]. Численность бактерий является надёжным индикатором органического загрязнения водных экосистем, а методы микробной индикации являются удобным инструментом в мониторинговых работах и позволяют оперативно охарактеризовать не только качество природных вод, но и биодegradационный потенциал акватории [5]. Проведённые эксперименты с гетеротрофными бактериями, населяющими различные среды, показали их способность использовать углерод как источник энергии. При этом подтверждена способность данной группы бактерий к активной деградации различных углеводов на малых и больших (2000–3500 м) глубинах и даже при низких температурах [6]. Углеводородокисляющие бактерии широко используются как индикаторы загрязнения среды [7]. Начало микробиологических исследований в Карском море связано с именем Б.Л. Исаченко, впервые установившего повсеместное распространение микроорганизмов в воде и донных осадках арктических морей [8]. В работах А.Е. Крисса приводятся данные учётов сапротрофных микроорганизмов в водной толще открытой части Карского моря, полученные путём высевов на питательные среды [9].

В настоящее время для Карского моря актуальны основные экологические проблемы Арктического региона, связанные с изменением климата и таянием арктических льдов, и, как следствие, загрязнение вод северных морей стоками нефти и химических соединений, а также морским транспортом. Следует отметить, что нефтяное загрязнение наиболее опасно для северных морей, поскольку низкие температуры окружающей среды способствуют замедлению процессов деградации нефти и накоплению нефтяных углеводов в морских организмах [10].

**Целью исследования** является изучение особенностей распределения углеводов и бактерий, трансформирующих основные классы органических соединений, включая дизельное топливо в акватории северо-восточной части Карского моря в летний сезон.

**Материалы и методы исследования.** Материалом для настоящего исследования послужили пробы морской воды, отобранные батометрами с поверхностного и придонного горизонтов водной толщи, согласно сетке станций (рис. 1), в июле-августе 2022 г. во время 50-го рейса НИС «Академик Борис Петров». Оригинальные номера, используемые непосредственно в ходе экспедиции, и координаты станций отбора проб представлены в таблице 1.

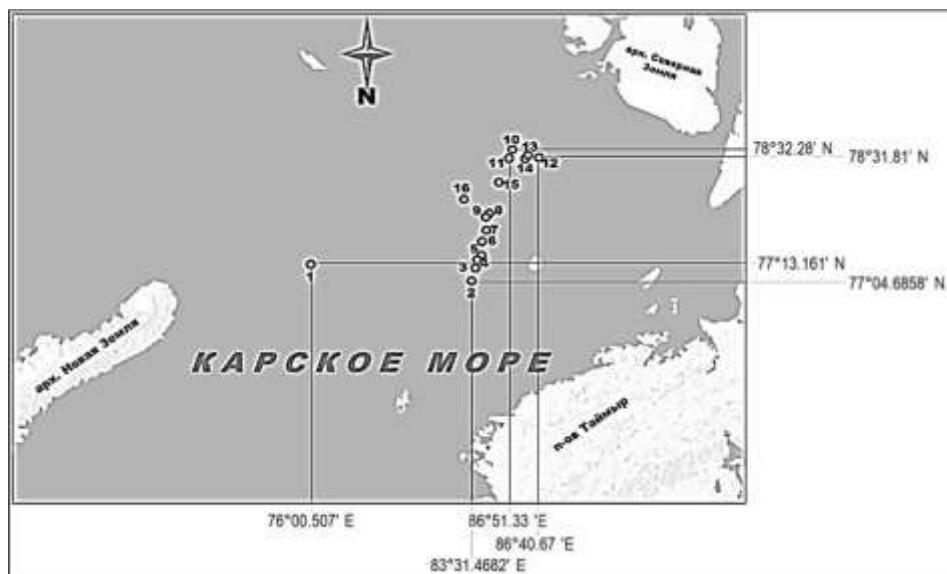


Рисунок 1 – Схема отбора проб в Карском море

Таблица 1 – Координаты, оригинальные и порядковые номера станций отбора проб в 50 рейсе НИС «Академик Борис Петров»

№ станции	№ станции, согласно рейсовой программе (оригинальный)	Географическая широта (в градусах, минутах и долях минут)	Географическая долгота (в градусах, минутах и долях минут)
1	TTR21-AR206G	077° 13,161' N	076° 00,507' E
2	TTR21-AR215G	077° 04,6858' N	083° 31,4682' E
3	TTR21-AR226G	077° 15,57225' N	083° 44,39815' E
4	TTR21-AR232G	077° 22,3257' N	083° 53,0205' E
5	TTR21-AR233G	077° 22,8252' N	083° 42,2896' E
6	TTR21-AR236G	077° 23,5376' N	083° 44,7686' E
7	TTR21-AR245G	077° 21,5366' N	083° 58,7959' E
8	TTR21-AR250G	077°51,54'N	084°27,71'E
9	TTR21-AR254G	077°51,14' N	084°21,68' E
10	TTR21-AR270G	078°32,28'N	086°44,22'E
11	TTR21-AR275G	078°35,75'N	085°56,50'E
12	TTR21-AR276G	078°31,81'N	086°51,33'E
13	TTR21-AR280G	078°32,19'N	086°45,70'E
14	TTR21-AR286G	078°30,48'N	086°40,67'E
15	TTR21-AR289(1)G	078°30,40'N	086°42,48'E
16	TTR21-AR305G	078°03,19'N	082°59,09'E

Для микробиологического анализа использовали пробы морской воды с поверхностного и придонного слоёв водной толщи. Воду отбирали в стерильную посуду из батометров гидрологического зонда. В общей сложности, из поверхностного слоя взято 15 проб воды, с придонного слоя – 9 проб воды. В исследуемых образцах определяли численность гетеротрофных бактерий, способных трансформировать основные классы органических соединений (белки, углеводы, липиды) и углеводороды нефти. В качестве органического субстрата использовался пептон, глюкоза, растительный жир и дизельное топливо. Бактериальную численность определяли, используя метод предельных разведений [11]. Посев взятого материала на жидкие элективные среды проводили практически сразу после отбора пробы, в лаборатории на борту судна. При приготовлении сред учитывали показатель солёности воды Карского моря. Гетеротрофные бактерии (ГБ) выращивали на

среде с пептоном (г): пептон – 10,0; дрожжевой экстракт – 1,0; вода морская – 1 л [12]. Сахаролитическую группу бактерий (СБ) культивировали, согласно [13] (г): глюкоза – 1,0; пептон – 0,5;  $K_2HPO_4$  – 0,1; вода дистиллированная – 1,0 л; рН – 6,8. Для углеводородокисляющих (УОБ) и липолитических бактерий (ЛБ) использовали среду Ворошиловой-Диановой [14], состав (г) среды: NaCl – 18,0;  $MgSO_4 \times 7H_2O$  – 0,2; KCl – 0,7;  $KH_2PO_4$  – 1,0;  $K_2HPO_4$  – 1,0;  $CaCl_2$  – 0,02;  $FeCl_3$  – 2 капли; вода дистиллированная – 1,0 л; рН 7,2 – 7,4. В качестве единственного источника углерода и энергии, в каждую пробирку (1% от объёма среды) вносили стерильное дизельное топливо (солярка) или растительный жир. Инкубацию посевов осуществляли при комнатной температуре.

Температуру забортной воды на станциях отбора измеряли термометром, опуская с кормы на верёвке в поверхностную толщу воды. Температуру придонного слоя морской воды измеряли сразу же после поднятия на палубу геологической трубки. Водородный показатель (рН) придонной и поверхностной воды измеряли рН-метром HANNA HI 98103 Checker в стерильной ёмкости 50 мл с отобранной морской водой.

Пробоподготовка отобранной придонной и поверхностной воды для определения концентрации углеводородов (УВ) осуществлялась в соответствии с методикой [15]. Пробу воды (250 мл), подкисленную серной кислотой (1:1) (1,5 мл), экстрагировали дважды н-гексаном (по 25 мл). Экстракцию проводили в стеклянной делительной воронке, объёмом 1 л, в течение 5 минут. Содержимое воронки интенсивно встряхивали в течение 10 минут. После разделения смеси отделяли слой н-гексана, содержащий неполярные и малополярные органические соединения, от водного слоя. Затем пропускали полученный слой через стеклянную колонку, заполненную оксидом алюминия. Полученный объём пробы концентрировали до объёма 1 мл. Аликвоту экстракта (1 мкл) вводили микрошприцем в нагретый до 250 °С испаритель газового хроматографа «Кристалл 5000.2» с пламенно-ионизационным детектором (ПИД). Разделение УВ осуществляли на капиллярной колонке TR-1MS длиной 30 м, диаметром 0,32 мм и толщиной неподвижной фазы 0,25 мкм (Тermo Scientific). Температура колонки программировалась от 70 до 280 °С (скорость подъёма температуры 8 °С·мин<sup>-1</sup>). Поток газа-носителя (азот) в колонке – 2,5 мл·мин<sup>-1</sup> без деления потока. Температура детектора 320 °С. Количественное определение содержания УВ проводили путём абсолютной калибровки ПИД смесью УВ (стандартный образец нефтяных углеводородов ASTM D2887 Reference Gas Oil (фирма SUPELCO, США)). Определение УВ проводили на базе НОЦКП «Спектрометрия и хроматография» ФИЦ ИнБЮМ. Для обработки результатов при определении их концентраций использовали программное обеспечение «Хроматэк Аналитик 3.0» (метод абсолютной калибровки и процентной нормализации).

**Результаты исследования и их обсуждение.** *Поверхностный горизонт водной толщи.* Температура поверхностного слоя воды за исследуемый период изменялась от +1,5 °С до +5 °С. Концентрация ионов водорода (рН), соответственно, в диапазоне от 7,67 до 8,20 (табл. 2).

Численность гетеротрофных бактерий, использующих в качестве белкового субстрата пептон, варьировала в широком диапазоне от 1 до 10<sup>6</sup> бактериальных клеток в мл воды (рис. 2). Данная группа бактерий выделена в 100 % проб. Максимальная численность ГБ отмечена на станциях 5, 10, 15 и 16. Единичные значения численности ГБ получены на участках 1 и 2. В оставшихся пробах численность ГБ варьировала от 10<sup>2</sup> до 10<sup>5</sup> кл./мл.

Липолитические бактерии выделены в 82 % проб. Наибольшие значения численности ЛБ (100 кл./мл) отмечены на ст. 7 и 8. Минимальная численность ЛБ высеяна ст. 1. В остальных пробах число ЛБ не превышало 10 кл./мл. Проведенные наблюдения в акватории Чёрного моря показали, что наибольшие количественные показатели бактерий, трансформирующих липидные соединения, обнаружены в районах с постоянным нефтяным загрязнением и сливом сточных вод [16]. К тому же, отмечено [16], что увеличение численности липолитической группы бактерий в условно чистых акваториях совпадает во временном аспекте с периодами массового развития фито- и зоопланктона.

Таблица 2 – Глубина, температура, водородный показатель в пробах поверхностной и придонной воды на станциях отбора проб

№ станции	№ станции, Согласно рейсовой программе	Глубина (м)	рН, поверх. воды	рН, придон. воды	Температура	
					поверх. воды (°С)	придон. воды (°С)
1	TTR21-AR206G	123	7,67	7,66	+5	+4
2	TTR21-AR215G	55,9	7,67	7,43	+4,5	+4
3	TTR21-AR226G	56,5	7,98	7,88	+4	+2,5
4	TTR21-AR232G	59,4	7,91	7,71	+3,5	+3
5	TTR21-AR233G	63,15	7,94	-*	+4	-
6	TTR21-AR236G	99,41	8,2	-	+4	-
7	TTR21-AR245G	54,34	7,97	7,8	+4	+3,5
8	TTR21-AR250G	193,39	8,08	7,9	+3	+2
9	TTR21-AR254G	152,53	8,07	7,88	+3	+2
10	TTR21-AR270G	153,31	8,03	-	+2	-
11	TTR21-AR275G	96,83	7,97	-	+1,5	-
12	TTR21-AR276G	139,5	8,09	-	+2	-
13	TTR21-AR280G	150,1	8,13	-	+2	-
14	TTR21-AR286G	174	8,08	-	+2	-
15	TTR21-AR289(1)G	177,79	7,97	7,8	+3	+3
16	TTR21-AR305G	151,3	8,05	7,78	+5	+3

\* - показатели не определяли

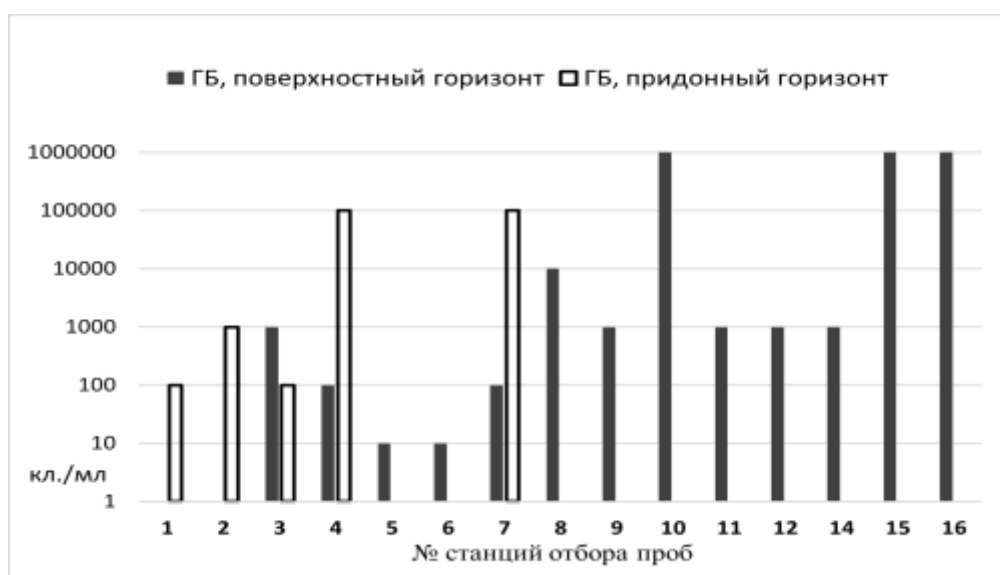


Рисунок 2 – Численность (кл./мл) гетеротрофных бактерий в поверхностном и придонном слоях водной толщи на исследуемых станциях

Бактерии, использующие в качестве органического субстрата углеводы (глюкозу) выделены в 100 % проб в диапазоне от 10 до  $10^4$  кл./мл. Наибольшая численность СБ получена в пробах ст. 11 и 15, наименьшая – на ст. 1, 2 и 4.

Бактерии-деструкторы дизельного топлива выделены в 53 % проб, причём только в одной пробе (ст. 7) численность УОБ составила 10 кл./мл, на остальных станциях число УОБ не превышало одной клетки в мл воды.

*Придонный слой воды.* Глубина на станциях отбора придонной воды варьировала от 54 до 193 м, температура придонного слоя изменялась: от +2 °С до +4 °С. Концентрация ионов водорода (рН) наблюдалась в диапазоне от 7,43 до 7,90 (табл. 2).

Численность ГБ варьировала от 10 до  $10^5$  кл./мл. Данная группа бактерий выделена только в 45 % проб из придонного слоя воды (рис. 2). Наибольшее количество ГБ получено в пробах ст. 3, 4 и 7, наименьшее – на ст. 1.

Количество бактерий, использующих глюкозу, изменялось в пределах от  $10^3$  до  $10^6$



кл./мл, СБ обнаружены в 50 % проб. Максимальный показатель выявлен в акватории ст. 4, в оставшихся пробах количество СБ варьировало от  $10^3$  до  $10^5$  кл./мл.

Численность бактерий, способных окислять липиды варьировала в широком диапазоне от 1 до 100 кл./мл. Наибольшее значение отмечено в водах ст. 4.

В придонном слое воды численность УОБ колебалась от 1 до 10 кл./мл, причём УОБ обнаружены только в 36 % проб придонной воды. Наибольшие значения УОБ отмечены в пробах ст. 1, 4 и 7.

Факторами, определяющими численность микроорганизмов в морской воде, являются температура, солёность, доступность кислорода, зависящая от движения или стагнации воды [17, 18]. Исходя из полученных температурных данных и значений водородного показателя, в исследуемой акватории доминируют психрофильные и ацидотолерантные микроорганизмы. Согласно результатам мультифакторного анализа [4], на бактериальную численность влияла температура придонной воды ( $r = 0,8$ ). Результаты наших исследований показали, что значимых корреляционных связей между численностью наблюдаемых микроорганизмов и значениями таких показателей, как температура поверхностной и придонной воды, водородный показатель, глубина, выявлено не было. Количественные показатели гетеротрофной группы бактерий в поверхностных и придонных водах в летний период схожи с ранее полученными данными в различных частях Карского моря. Например, в юго-западной части Карского моря численность бактерий варьировала от 18 тыс. до 150 тыс. бактериальных клеток в мл морской воды [19]. В поверхностных водах Байдарацкой губы [20] количественные показатели бактериопланктона превышали 500 тыс. кл./мл. Исследования [4], проведенные в различных районах акватории Карского моря показали, что число бактерий в придонных слоях воды не превышало 420 тыс. кл./мл. На разрезе, вдоль желоба Св. Анны, численность бактерий в придонном слое воды колебалась от 15 до 315 тыс. кл./мл, в морской части Обского разреза диапазон численности варьировал от 66 тыс. до 198 тыс. кл./мл. Наибольшая численность определена в речной части Обского разреза [4]. Авторами [4] также отмечена неоднородность количественных показателей бактериальной численности в зоне воздействия приливных течений у побережья Ямала и увеличение её значений в районе влияния Восточно-Новоземельского течения. Исследования, проведённые А.С. Саввичевым [21] показали, что численность микроорганизмов в арктических водах в среднем достигает  $10^5$ - $10^6$  кл./мл. В частности, в Баренцевом море общая микробная численность (кл./мл) колеблется в следующих пределах:  $10^6$ - $10^7$ , в Белом:  $10^5$ - $10^6$ , в Карском:  $10^5$ - $10^6$ , в море Лаптевых:  $10^5$ - $10^6$ , в Восточносибирском море и Чукотском:  $10^4$ - $10^5$ . Отмечено [22], что в условиях арктических температур воды наблюдается сравнительно высокая биохимическая активность гетеротрофных микроорганизмов. Полученные нами количественные показатели бактерий, трансформирующих основные классы органических соединений, в придонном слое воды в большинстве проб превышали бактериальную численность в поверхностном слое воды, что согласуется с результатами, изложенными в работе [4, 23]. Обилие бактерий, по мнению авторов [4], зависело от наличия и доступности органического вещества в придонном слое воды, которое, в свою очередь, связано с интенсивностью горизонтального и вертикального водообмена с продуктивными областями Карского моря.

Концентрация углеводов в поверхностном слое воды, в среднем, колебалась от 0,008 мг/л до 0,14 мг/л (рис. 3).

В придонном горизонте показатели были выше и варьировали от 0,029 мг/л до 0,32 мг/л. Полученные результаты могут указывать на преимущественное поступление УВ не с поверхности, а со дна, например, как следствие точечного просачивания углеводов с морского дна [24]. Среднее содержание УВ в поверхностных водах Карского моря незначительно (в 1,2 раза) превышает ПДК данного класса веществ для рыбохозяйственных водоёмов (0,05 мг/л), в придонном горизонте средняя концентрация УВ превышает ПДК в 2 раза.

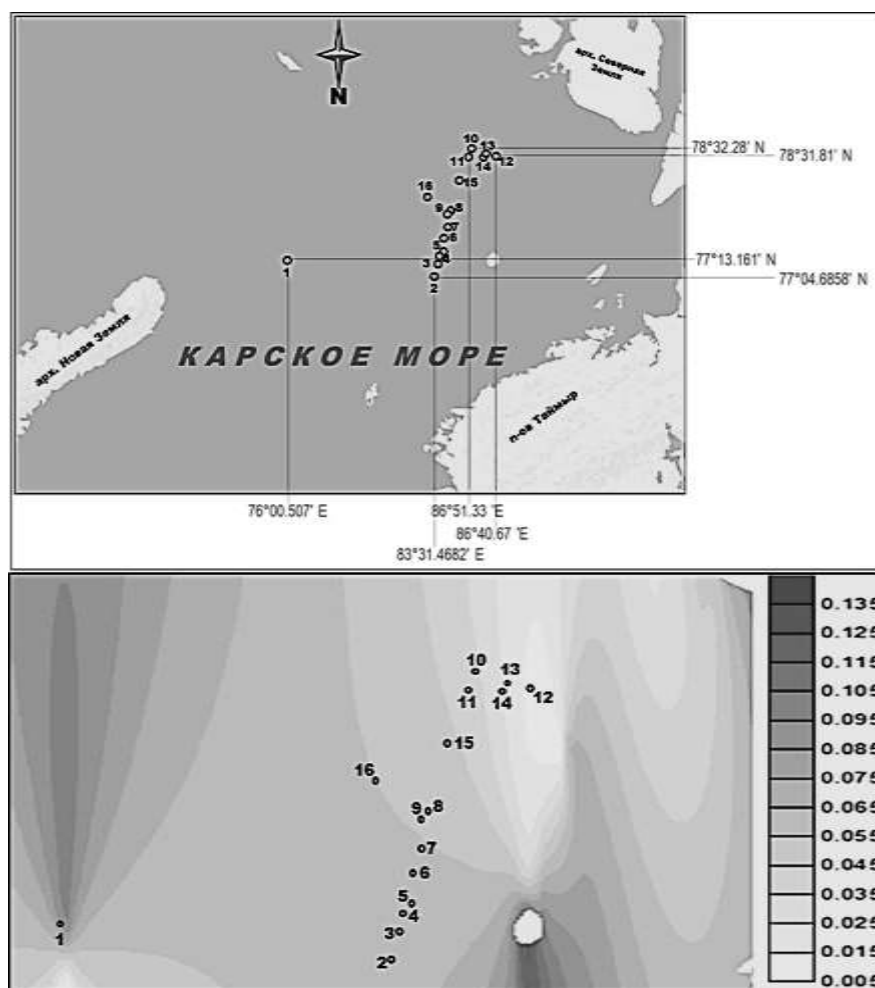


Рисунок 3 – Концентрация углеводов (мг/л) в поверхностном слое воды северо-восточной части Карского моря в летний период 2022 г.

**Выводы.** Результаты микробиологических и гидрохимических работ, полученные в ходе 50-го рейса НИС «Академик Борис Петров», позволили изучить пространственное распределение и получить количественные характеристики бактерий, способных окислять белки, жиры и углеводы, включая дизельное топливо, в поверхностном и придонном слоях воды северо-восточной части Карского моря в августе 2022 г. Установлено, что в поверхностных водах Карского моря содержание УВ незначительно (в 1,2 раза) превышает ПДК данного класса веществ для рыбохозяйственных водоёмов (0,05 мг/л), в придонном горизонте средняя концентрация УВ превышает ПДК в 2 раза. Анализ полученных микробиологических данных показал неравномерное пространственное распределение и соотношение исследуемых групп бактерий, как в поверхностном, так и придонном слоях воды, обусловленное, по всей видимости, зональным распределением органического вещества и гидрометеорологическими факторами. Угледородоокисляющие бактерии, деструкторы дизельного топлива в поверхностном слое воды обнаружены в 53 % проб, в придонном слое, соответственно, в 36 % проб. Низкая концентрация угледородоокисляющих бактерий свидетельствует об отсутствии свежего загрязнения акватории дизельным топливом. Значимых корреляционных связей наблюдаемых групп микроорганизмов и значениями таких показателей, как температура поверхностной и придонной воды, водородным показателем, концентрацией углеводов, глубиной выявлено не было.

*Экспедиционные работы выполнялись при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках плана-программы экспедиционных исследований МГУ им. М.В. Ломоносова по теме: «Особенности четвертичного седиментогенеза, рельефообразования*

и природной флюидоразгрузки на морском дне в северо-восточной части Карского моря» и «Обучение-через-исследования на Арктическом шельфе»; гос. задания ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет) «Дополнительное обеспечение системы образования в области морских наук – подготовка молодого кадрового резерва по научно-образовательной программе «Плавучий университет» на основе комплексных исследований морей России и Мирового океана», гос. задания ИО РАН «Обеспечение проведения научных исследований, а также экспериментальных разработок».

Работа по определению численности бактерий и концентрации углеводов в воде выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ: №121031500515-8 «Молисмологические и биогеохимические основы гомеостаза морских экосистем».

Список использованной литературы:

1. Флинт М.В., Поярков С.Г., Римский-Корсаков Н.А., Мирошников А.Ю. Экосистемы морей сибирской Арктики – 2019: весенние процессы в Карском море (76-й рейс научно-исследовательского судна «Академик Мстислав Келдыш») // Океанология. 2020. Т. 60. № 1. С. 154-157.
2. Belevich T.A., Milyutina I.A., Troitsky A.V. Seasonal variability of photosynthetic microbial eukaryotes (<3 µm) in the Kara Sea revealed by 18S rDNA metabarcoding of sediment trap fluxes // Plants. 2021. № 10. P. 2394. DOI: 10.3390/plants10112394.
3. Vedenin A.A., Galkin S.V., Gebruk A.V. List of macrobenthic species: Data from the siberian seas and the adjacent area of the deep-sea central arctic // Data in Brief. 2021. Vol. 36. P. 107115. DOI: 10.1016/j.dib.2021.107115.
4. Романова Н.Д., Мазей Ю.А., Тихоненков Д.В., Сажин А.Ф., Азовский А.И. Сообщества гетеротрофных микроорганизмов на границе «вода-дно» в Карском море // Океанология. 2013. № 53. С. 375-386.
5. Пашкова Т.С. Микробиологическая индикация загрязнения вод природных источников города Ставрополя // Биоразнообразие, биоресурсы, вопросы химии, биотехнологии и здоровье населения Северо-Кавказского региона: материалы V (62-й) ежегодной науч.-практ. конф. (03-21 апр. 2017 г.). Ставрополь, 2017. С. 342-344.
6. Wang W., Li Zh., Zeng L., Dong Ch., Shao Z. The oxidation of hydrocarbons by diverse heterotrophic and mixotrophic bacteria that inhabit deep-sea hydrothermal ecosystems // The ISME Journal. 2020. Vol. 14. P. 1994-2006. DOI: 10.1038/s41396-020-0662-y.
7. Polyaka Yu.M., Demchuk A.S., Sharova A.N., Gubelit Yu.I., Berezina N.A. Hydrocarbon-oxidizing bacteria in the digestive system of fish as an indicator of coastal pollution // Biological Sciences Reports. 2020. № 491. P. 71-74.
8. Исаченко Б.Л. Микробиологическая характеристика грунтов и воды Карского моря // Избр. труды. М.: Изд. АН СССР, 1951. С. 334-363.
9. Крисс А.Е. Микробиологическая океанография. М.: Наука, 1976. 269 с.
10. Немировская И.А. Углеводороды в океане (снег-лед-вода-взвесь-донные осадки). М.: Научный мир, 2004. 328 с.
11. Практикум по микробиологии / Под ред. А.И. Нетрусова. М.: Издательский центр «Академия», 2005. 608 с.
12. Миронов О.Г., Миловидова Н.Ю., Щекатурина Т.Л. и др. Биологические аспекты нефтяного загрязнения морской среды / Под ред. О.Г. Миронова. К.: Наукова думка, 1988. 248 с.
13. Практикум по микробиологии / Под ред. Н.С. Егорова. Москва: Изд-во Моск. ун-та, 1982. 307 с.
14. Ворошилова А.А., Дианова Е.В. Окисляющие нефть бактерии – показатели интенсивности биологического окисления нефти в природных условиях // Микробиология. 1952. Т. 21. № 4. С. 408-415.
15. Другов Ю.С., Родин А.А. Экологические анализы при разливах нефти и нефтепродуктов: практическое руководство. М.: Лаборатория знаний, 2020. 273 с.

16. *Ермакова Е.П., Гаврилова Е.И.* Многолетняя динамика некоторых микробиологических показателей морских вод м. Шесхарис Новороссийской бухты // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2004. № 2 (215). С. 85-88.
17. *Белоусова Н.И., Шкидченко А.Н.* Деструкция нефтепродуктов различной степени конденсации микроорганизмами при пониженных температурах // Прикладная биохимия и микробиология. 2004. Т. 40. № 3. С. 312-316.
18. *Junge K., Eicken H., Deming J. W.* Bacterial activity at  $-2$  to  $-20$  °C in Arctic wintertime sea ice // Appl. Environ. Microbiol. 2004. Vol. 70. № 1. P. 550-557.
19. *Теплинская Н.Г.* Бактериопланктон и бактериобентос Карского моря // Экология и биоресурсы Карского моря. Апатиты: КНЦ АН СССР, 1989. С. 29-37.
20. *Кузнецов Л.Л., Байтаз О.Н., Макаревич П.Р.* Структурно-функциональные показатели планктонного сообщества Байдарацкой губы по материалам осенних экспедиций 1991-1992 гг. // Биология и океанография Карского и Баренцева морей. Апатиты: КНЦ РАН, 1998. С. 88-95.
21. *Саввичев А.С.* Микробные процессы циклов углерода и серы в морях Российской Арктики: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.02.03 / Александр Сергеевич Саввичев. М., 2011. 48 с.
22. *Morita R.Y.* Starvation-survival of heterotrophs in the marine environment // Adv. Microb. Ecol. 1982. Vol. 6. P. 171-198.
23. *Щука Т.А., Володкович Ю.Л.* Исследование процессов микробного разрушения нефтяного загрязнения и опыт мониторинга распространения нефтеокисляющих микроорганизмов в юго-восточных частях Балтийского и Карского морей // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2015. Т. XXVI. № 1. С. 180-204.
24. *Мирошников А.Ю., Бадюков Д.Д., Флинт М.В., Репкина Т.Ю., Асадулин Эн.Э., Шаранов А.М., Комаров В.Б., Усачева А.А.* Рельеф дна Карского моря и сорбционные свойства осадков как факторы аккумуляции загрязнений // Океанология. 2021. Т. 61. № 5. С. 809-821. DOI: 10.31857/S0030157421050087.

#### References:

1. *Flint M.V., Poyarkov S.G., Rimskiy-Korsakov N.A., Miroshnikov A.Yu.* Ekosistemy morey sibirskoy Arktiki – 2019: vesenniye protsessy v Karskom more (76 reys nauchno-issledovatel'skogo sudna «Akademik Mstislav Keldysh») [Ecosystems of Siberian Arctic seas-2019: spring processes in the Kara Sea (cruise 76 of the R/V Akademik Mstislav Keldysh)]. *Okeanologiya* [Oceanology], 2020, vol. 60, no. 1, pp. 154-157. (In Russian).
2. *Belevich T.A., Milyutina I.A., Troitsky A.V.* Seasonal variability of photosynthetic microbial eukaryotes ( $<3$   $\mu\text{m}$ ) in the Kara Sea revealed by 18S rDNA metabarcoding of sediment trap fluxes. *Plants*, 2021, no. 10, pp. 2394. (In English). DOI: 10.3390/plants10112394.
3. *Vedenin A.A., Galkin S.V., Gebruk A.V.* List of macrobenthic species: Data from the siberian seas and the adjacent area of the deep-sea central arctic. *Data in Brief*, 2021, vol. 36, pp. 107115. (In English). DOI: 10.1016/j.dib.2021.107115.
4. *Romanova N.D., Mazey Yu.A., Tikhonenkov D.V., Sazhin A.F., Azovskiy A.I.* Soobshchestva geterotrofnikh mikroorganizmov na granitse «voda-dno» v Karskom more [Heterotrophic microbial communities on the water-sediment boundary in the Kara Sea]. *Okeanologiya* [Oceanology], 2013, no. 53, pp. 334-344. (In Russian).
5. *Pashkova T.S.* Mikrobiologicheskaya indikatsiya zagryazneniya vod prirodnykh istochnikov goroda Stavropolya [Microbiological indication of pollution of waters of natural sources of the city of Stavropol]. *Materialy 5 (62) ezhegodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Bioraznoobrazie, bioresursy, voprosy khimii, biotekhnologii i zdorovye naseleniya Severo-Kavkazskogo regiona»* [Proceedings of the 5th (62nd) Annual Scientific and Practical Conference “Biodiversity, bioresources, issues of chemistry, biotechnology and health of the population of the North Caucasus region”]. Stavropol, 2017, pp. 342-344. (In Russian).

6. Wang W., Li Zh., Zeng L., Dong Ch., Shao Z. The oxidation of hydrocarbons by diverse heterotrophic and mixotrophic bacteria that inhabit deep-sea hydrothermal ecosystems. *The ISME Journal*, 2020, vol. 14, pp. 1994-2006. (In English). DOI: 10.1038/s41396-020-0662-y.
7. Polyaka Yu.M., Demchuk A.S., Sharova A.N., Gubelit Yu.I., Berezina N.A. Hydrocarbon-oxidizing bacteria in the digestive system of fish as an indicator of coastal pollution. *Biological Sciences Reports*, 2020, no. 491, pp. 71-74. (In English).
8. Isachenko B.L. *Mikrobiologicheskaya kharakteristika gruntov i vody Karskogo moray* [Microbiological characteristics of soils and waters of the Kara Sea]. Moscow, AN SSSR Publ., 1951, pp. 334-363. (In Russian).
9. Kriss A.E. *Mikrobiologicheskaya okeanografiya* [Microbiological oceanography]. Moscow, Nauka Publ., 1976, 269 p. (In Russian).
10. Nemirovskaya I.A. *Uglevodorody v okeane (sneg-led-voda-vzves'-donnyye osadki)*. [Hydrocarbons in the ocean (snow-ice-water-suspension-bottom sediments)]. Moscow, Nauchnyj mir Publ., 2004, 328 p. (In Russian).
11. Netrusov A.I. (ed.) *Praktikum po mikrobiologii* [Workshop on microbiology]. Moscow, Akademiya Publ., 2005, 608 p. (In Russian).
12. Mironov O.G., Milovidova N.Yu., Shchekaturina T.L. *Biologicheskiye aspekty neftyanogo zagryazneniya morskoy sredy* [Biological aspects of oil pollution of the marine environment]. Kiev, Naukova dumka Publ., 1988, 248 p. (In Russian).
13. Egorov N.S. (ed.) *Praktikum po mikrobiologii* [Workshop on microbiology]. Moscow, Moscow University Publ., 1982, 307 p. (In Russian).
14. Voroshilova A.A., Dianova E.V. Okislyayushchie neft' bakterii – pokazateli intensivnosti biologicheskogo okisleniya nefti v prirodnykh usloviyakh [Oil-oxidizing bacteria – indicators of the intensity of biological oxidation of oil in natural conditions]. *Mikrobiologiya* [Microbiology], 1952, vol. 21, no 4, pp. 408-415. (In Russian).
15. Drugov Yu.S., Rodin A.A. *Ekologicheskiye analizy pri razlivakh nefti i nefteproduktov: prakticheskoye rukovodstvo* [Ecological analyzes during oil spills and oil products: a practical guide]. Moscow, Laboratoriya znaniy Publ., 2020, 273 p. (In Russian).
16. Ermakova E.P., Gavrilova E.I. Mnogoletnyaya dinamika nekotorykh mikrobiologicheskikh pokazateley morskikh vod m. Sheskharis Novorossiyskoy bukhty [Long-term dynamics of some microbiological indicators of sea waters Cape Sheskharis of the Novorossiysk Bay]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Severo-Kavkazskiy region. Seriya: Estestvennyye nauki* [News of higher educational institutions. North Caucasian region. Series: Natural Sciences], 2004, no. 2 (215), pp. 85-88. (In Russian).
17. Belousova N.I., Shkidchenko A.N. Destruktsiya nefteproduktov razlichnoy stepeni kondensatsii mikroorganizmami pri ponizhennykh temperaturakh [Destruction of oil products of various degrees of condensation by microorganisms at low temperatures]. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya* [Applied Biochemistry and Microbiology], 2004, vol. 40, no. 3, pp. 312-316. (In Russian).
18. Junge K., Eicken H., Deming J. W. Bacterial activity at –2 to –20 °C in Arctic wintertime sea ice. *Appl. Environ. Microbiol.*, 2004, vol. 70, no. 1, pp. 550-557. (In English).
19. Teplinskaya N.G. Bakterioplankton i bakteriobentos Karskogo morya [Bacterioplankton and bacteriobenthos of the Kara Sea]. *Ekologiya i bioresursy Karskogo moray* [Ecology and bioresources of the Kara Sea]. Apatity, KNC AN SSSR Publ., 1989, pp. 29-37. (In Russian).
20. Kuznetsov L.L., Baytaz O.N., Makarevich P.R. Strukturno-funktsionalnye pokazateli planktonnogo soobshchestva Baydaratskoy guby po materialam osennikh ekspeditsiy 1991-1992 gg. [Structural and functional indicators of the plankton community of Baydaratskaya Bay based on the materials of the autumn expeditions of 1991-1992]. *Biologiya i okeanografiya Karskogo i Barentseva morey* [Biology and Oceanography of the Kara and Barents Seas]. Apatity, KNC AN SSSR Publ., 1998, pp. 88-95. (In Russian).
21. Savvichev A.S. *Mikrobnye protsessy tsiklov ugleroda i sery v moryakh Rossiyskoy Arktiki. Avtoref. diss. ... dokt. biol. nauk* [Microbial processes of carbon and sulfur cycles in the seas of the Russian Arctic. Dr. biol. sci. diss. abstr.], Moscow, 2011, 48 p. (In Russian).

22. Morita R.Y. Starvation-survival of heterotrophs in the marine environment. *Adv. Microb. Ecol.*, 1982, vol. 6, pp. 171-198. (In English).
23. Shchuka T.A., Volodkovich Yu.L. Issledovanie protsessov mikrobnogo razrusheniya neftyanogo zagryazneniya i opyt monitoringa rasprostraneniya nefteokislyayushchikh mikroorganizmov v yugo-vostochnykh chastyakh Baltiyskogo i Karskogo morey [Study of the processes of microbial destruction of oil pollution and experience in monitoring the spread of oil-oxidizing microorganisms in the southeastern parts of the Baltic and Kara Seas]. *Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem* [Problems of ecological monitoring and modeling of ecosystems], 2015, vol. 26, no. 1, pp. 180-204. (In Russian).
24. Miroshnikov A.Yu., Badyukov D.D., Flint M.V., Repkina T.Yu., Asadulin En.E., Sharapov A.M., Komarov V.B., Usacheva A.A. Rel'yef dna Karskogo morya i sorbtionnyye svoystva osadkov kak faktory akkumulyatsii zagryazneniy [Bottom relief of the Kara Sea and sorption properties of sediments as pollution accumulation factors]. *Okeanologiya* [Oceanology], 2021, vol. 61, no. 5, pp. 809-821. (In Russian). DOI: 10.31857/S0030157421050087.

Сведения об авторах / Information about authors

<b>Тихонова Елена Андреевна</b>	канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН 299011, Россия, г. Севастополь, пр. Нахимова, 2 tihonoval@mail.ru
Tikhonova Elena Andreevna	Ph.D. (Biol.), Leader Researcher A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS 299011, Russian Federation, Sevastopol, Nakhimova ave., 2 tihonoval@mail.ru
<b>Бурдиян Наталья Витальевна</b>	канд. биол. наук, старший научный сотрудник Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН 299011, Россия, г. Севастополь, пр. Нахимова, 2 burdiyan@mail.ru
Burdiyan Nataliya Vitalievna	Ph.D. (Biol.), Senior Researcher A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS 299011, Russian Federation, Sevastopol, Nakhimova ave., 2 burdiyan@mail.ru
<b>Дорошенко Юлия Валерьевна</b>	канд. биол. наук, научный сотрудник Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН 299011, Россия, г. Севастополь, пр. Нахимова, 2 julia_doroshenko@mail.ru
Doroshenko Yuliya Valerievna	Ph.D. (Biol.), Scientific Researcher A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS 299011, Russian Federation, Sevastopol, Nakhimova ave., 2 julia_doroshenko@mail.ru
<b>Бударова Валерия Юрьевна</b>	студент 4-го курса направления подготовки «Биология» (направленность «Экология») Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева 414056, Россия, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а prosto-valerochka@mail.ru
Budarova Valeriya Yuryevna	student of the 4th year of the training direction “Biology” of the “Ecology” programme Astrakhan State University named after V.N. Tatishchev 414056, Russia, Astrakhan, Tatishcheva str., 20a prosto-valerochka@mail.ru

Агеев О.В., Яшонков А.А., Самойлова Н.В.

### РАЗРАБОТКА РАСЧЕТНОЙ МЕТОДИКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ РЫБОМОЕЧНЫХ МАШИН

**Аннотация.** Показана актуальность совершенствования расчетных методик для научно обоснованного определения параметров рабочих органов рыбомоечных машин. Установлено, что основными рабочими органами рыбомоечных машин в настоящее время являются барабаны различных конструкций. В ходе разработки расчетной методики предложены выражения для определения суммарного момента сопротивления вращению барабана моечной машины с водорыбной смесью. При этом учтены: моменты от сил тяжести массы рыбы и воды, поднимаемой выступами барабана, момент, вызываемый взаимодействием тушек рыбы с водой, момент, обусловленный трением вала в неподвижных опорах и сальниках, а также момент, возникающий при взаимодействии рабочего органа со слоем воды и перемещении воды в зазоре между барабаном и внешним корпусом машины. Также определен период разгона приводного электродвигателя машины при ее запуске, а также необходимая пусковая мощность электрооборудования с учетом сил трения, масс рыбы и воды, степени заполнения барабана сырьем. Предложена расчетная графическая схема для вычисления механических напряжений и изгибающего момента, возникающих в барабанном рабочем органе. В результате численных расчетов получены эпюры поперечной силы и изгибающего момента.

**Ключевые слова:** мойка рыбы, рабочий орган, барабан, расчетная методика, момент сопротивления.

Ageev O.V., Yashonkov A.A., Samojlova N.V.

### DEVELOPMENT OF CALCULATION METHOD FOR DETERMINING THE PARAMETERS OF THE WORKING BODIES OF FISH-WASHING MACHINES

**Abstract.** The relevance of improving the calculation methods for the scientifically substantiated determination of the parameters of the working bodies of fish-washing machines is shown. It has been established that the main working bodies of fish-washing machines are currently reels of various designs. During the development of the calculation method, expressions were proposed for determining the total resistance moment to rotation of the reel of a fish-washing machine with a water-fish mixture. At the same time, the following are taken into account: moments from the forces of gravity of the mass of fish and water moved by the blade of the reel, the moment caused by the interaction of fish with water, the moment due to the friction of the shaft in fixed supports and seals, as well as the moment arising from the interaction of the working body with a layer of water and water movement in the gap between the reel and the outer case of the machine. Also, the period of acceleration of the drive electric motor of the machine when it is started, as well as the required starting power of electrical equipment, taking into account friction forces, masses of fish and water, and the degree of filling of the reel with raw materials, are also determined. A calculation graphing scheme for calculating mechanical stresses and bending moment arising in a reel working body is proposed. As a result of numerical calculations, diagrams of the transverse force and bending moment were obtained.

**Keywords:** fish washing, work body, reel, calculation method, resistance moment, durability.

**Введение.** В настоящее время наиболее распространенными типами оборудования для мойки рыбного сырья являются барабанные моечные машины, основным рабочим органом которых являются барабаны различных конструкций. Обоснование и выбор рабочего органа рыбомоечных машин обусловлен рядом факторов: степенью воздействия на продукт, морфометрическими характеристиками и объемами поступающего сырья, необходимостью

агрегатирования, что предполагает одновременное выполнение различных технологических операций (мойка, очистка и снятие чешуи), механическими характеристиками машиностроительных материалов - нержавеющей стали и пластмасс, технологией изготовления рабочих органов (сварка, штамповка, формовка, гибка и пр.), а также другими условиями.

Путем анализа действующего технологического оборудования, а также современных инновационных разработок [1-3] установлено, что в качестве основного рабочего органа рыбомоечных машин используют вращающийся цилиндрический барабан, в который загружается рыбной сырьё и подаётся рабочая жидкость. В большинстве моделей оборудования при вращении барабана тушки рыбы перемещаются по находящиеся внутри специальной выступающей навивке, поднимаясь на определенную высоту, а затем соскальзывают с нее и падают в воду, омываясь ею. Для обеспечения перемещения тушек в процессе мойки барабану придаётся наклонное положение и сообщается равномерное вращение движения. На рис. 1 приведен общий вид современной рыбомоечной машины [1], рабочий орган которой выполнен в виде барабана.



Рисунок 1 – Общий вид рыбомоечной машины барабанного типа

Следует отметить, что скорость вращения барабана влияет не только на качество мойки рыбы, но и на количество обрабатываемого продукта, т.е. производительность машины. Однако повышение производительности рабочего органа ограничено критической циклической частотой вращения, при которой тушки рыбы под действием центробежных сил удерживаются на стенке барабана, в результате чего нарушается режим ворошения рыбы. Таким образом, для обоснованного выбора проектных характеристик рыбомоечных машин требуется расчетная методика, на базе которой возможно установить параметры рабочих органов такого оборудования. Важной частью таких расчетов является определение мощности электропривода машины и условий прочности рабочего органа.

**Целью исследования** является разработка расчетной методики, позволяющей научно обоснованно определить основные параметры рабочих органов рыбомоечных машин. Предметом исследования являются барабанные рабочие органы технологического оборудования для мойки рыбы. Для достижения поставленной цели в работе необходимо решить следующие задачи:

- определить общий момент сопротивления вращению барабана рыбомоечной машины;
- определить необходимую пусковую мощность и время разгона электропривода машины с учетом сил трения, масс рыбы и воды, степени заполнения барабана сырьем, а также динамических явлений;
- рассчитать механические напряжения и изгибающий момент, возникающие в



барабанном рабочем органе.

**Материалы и методы исследования.** Методологией расчета рабочих органов оборудования в рыбной отрасли занимались В.В. Дорменко, В.Н. Дегтярев, В.Т. Пазенко, А.В. Терентьев, А.С. Шкарин, А.К. Друсейк, А.А. Романов, Ю.В. Поспелов, В.Н. Коржов, А.М. Бондар, С.И. Бриль, П.Д. Смирнов, В.В. Баранов, А.С. Горлатов, С.Г. Гуревич, Н.И. Жилин, В.М. Боркунов, М.А. Якубов, В.И. Карпов, Е.И. Верболюз, С.А. Бредихин, А.М. Ершов и другие исследователи.

Вопросы научно обоснованного определения параметров рабочих органов рыбоперерабатывающих машин обстоятельно рассмотрены в работе [3]. Принципы повышения эффективности оборудования для предварительной обработки рыбного сырья проанализированы в работе [4]. Значительный вклад в развитие расчетного обеспечения рыбоперерабатывающей и пищевой техники внесли труды [5-7].

Ряд известных работ посвящен описанию процессов машинной мойки пищевого сырья растительного и животного происхождения. Моделирование движения растительного сырья в барабанной моечной машине выполнено в работе [8]. Вопросы интенсификации процессов мойки сельскохозяйственного сырья освещены в публикациях [9-11]. Проблемы расчета прочности рабочих органов пищевого оборудования исследовали ряд авторов [12-14]. Методология проектирования инновационного оборудования пищевых производств изложена в трудах [15-17].

Для проведения настоящего исследования использованы методы технической механики [18], сопротивления материалов [19], теории прочности [20]. Следует отметить высокую значимость, которую придают зарубежные исследователи процессам мойки рыбы и совершенствования соответствующего оборудования [21-23].

**Результаты исследования и их обсуждение.** В рыбомоечных машинах момент полезных сопротивлений в процессе мойки возможно определить по условиям равновесия (сырье и вода внутри барабана). При вращении барабана тушки рыбы поднимаются при механическом воздействии внутренних выступов, причем одновременно происходит захват части воды. Для проведения расчетов в качестве модельного представления водорыбной смеси возможно принять цилиндрический сегмент, который в сечении соответствует контуру кругового сегмента  $ABD$  (рис. 2), несколько смещенному в сторону вращения относительно вертикальной оси.

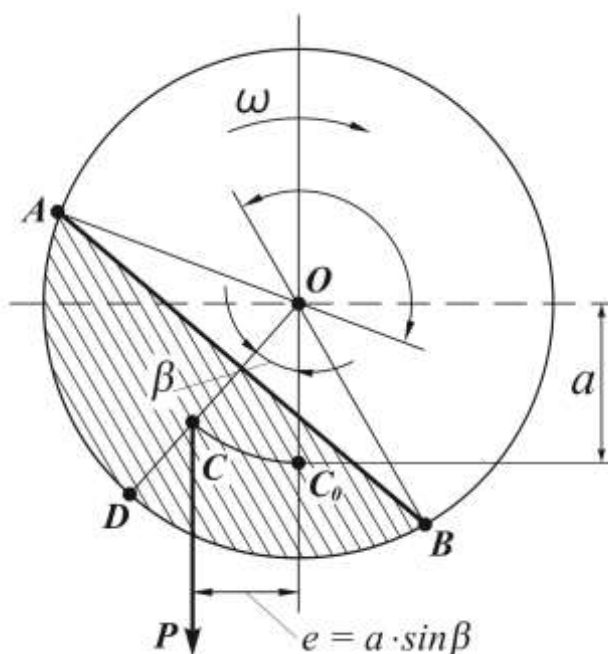


Рисунок 2 – Схема расположения водорыбной смеси в барабане рыбомоечной машины в рабочем режиме

При вращении рабочего органа центр тяжести  $C_0$  водорыбной смеси перемещается в точку  $C$ , горизонтальная координата которой относительно оси вращения определяется формулой  $e = \alpha \cdot \sin \beta$ .

Общий момент сопротивления вращению барабана рыбомоечной машины определим в следующем виде:

$$M_C = M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5, \quad (1)$$

где  $M_1$  – момент сопротивления, обусловленный весом рыбы;

$M_2$  – момент, обусловленный весом части воды, поднимаемой выступами барабана в процессе вращения рабочего органа;

$M_3$  – момент, обусловленный ударным взаимодействием рыбы с водой;

$M_4$  – момент, обусловленный трением вала барабана в неподвижных опорах и сальниках;

$M_5$  – момент, обусловленный трением рабочего органа о воду при вращении, а также сопротивлением вращению барабана со стороны слоя воды, находящегося между барабаном и внешним корпусом машины.

Полезные моменты  $M_1$  и  $M_2$  рассчитаем, принимая во внимание условие равновесия рыбного сырья и воды, образующих цилиндрический сегмент  $ABD$ , который смещен относительно вертикали в сторону вращения на угол  $\beta$ :

$$M_1 + M_2 = P \cdot e = P \cdot \alpha \cdot \sin \beta, \quad (2)$$

где  $\alpha$  – расстояние от центра тяжести сегмента  $ABD$  до оси, проходящей через центр  $O$ ;

$P$  – вес водорыбной смеси, находящейся в рассматриваемом цилиндрическом сегменте.

Известно, что величина  $\alpha$  зависит от коэффициента  $k$  полезной загрузки рабочего органа барабанного типа:

$$k = \frac{V_1}{V_2} = \frac{S_1 \cdot l}{S_2 \cdot l} = \frac{R^2(\alpha - \sin \alpha) \cdot l}{2 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot l} = \frac{\alpha - \sin \alpha}{2 \cdot \pi}, \quad (3)$$

где  $V_1, V_2$  – объёмы соответственно водорыбной смеси и рабочего органа барабанного типа;

$S_1, S_2$  – площади соответственно водорыбной смеси и рабочего органа;

$l$  – длина рабочего органа барабанного типа;

$R$  – радиус рабочего органа барабанного типа;

$\alpha$  – центральный угол цилиндрического сегмента, образованного водорыбной смесью.

Выражение (3) показывает, что задавая значение  $k$ , возможно найти соответствующее значение центрального угла сегмента  $\alpha$ , после чего геометрически несложно найти величину  $e$ :

$$e = \frac{R}{3} \cdot \left(1 + 2 \cdot \cos \frac{\alpha}{2}\right). \quad (4)$$

Следует отметить, что угол  $\beta$  зависит от степени полезного заполнения барабана водорыбной смесью, размеров сырья, скорости вращения, размеров направляющих – выступов барабана и определяется углом поворота, при котором тушки рыбы отрываются и падают. Непосредственно отрыв происходит при соотношении силы тяжести водорыбной смеси и удерживающей центробежной силы. Это соотношение устанавливается в зависимости от частоты вращения барабана. Как правило, при установившейся скорости вращения барабана  $\omega_{уст}$  угол  $\beta < 90^\circ$ . Согласно принятым допущениям для расчетов устанавливают  $\beta \approx 60^\circ$ .

Момент  $M_3$  в механике определяется с использованием коэффициента удара

(динамичности)  $k_{\partial} = 1,1 \div 1,2$  и зависит от величины суммы моментов:

$$M_3 = (M_1 + M_2) \cdot (k_{\partial} - 1). \quad (5)$$

Момент трения в опорах барабана рыбомоечной машины определяется следующим выражением:

$$M_4 = P_{\Gamma} \cdot f \cdot r + 2 \cdot F_{\text{тр}} \cdot \pi \cdot r^2 \cdot l_y \cdot Z, \quad (6)$$

где  $P_{\Gamma}$  – векторная сумма сил от веса всех составляющих, рассматриваемой системы (рабочий орган, вода, рыба) и механического напряжения в рабочем органе передаточного механизма (ременной передачи);

$f$  – коэффициент трения в подшипниках вращения ( $f = 0,001 \div 0,004$ );

$r$  – радиус вала рабочего органа барабанного типа;

$F_{\text{тр}}$  – удельная сила трения в уплотнительном устройстве, отнесенная к единице рабочей поверхности сальника;

$l_y$  – длина уплотнения;

$Z$  – количество уплотнительных устройств.

Момент  $M_5$  определяется преимущественно экспериментальным путем:

$$M_5 = f(v_B, \rho_B; D, l), \quad (7)$$

где  $v_B$  – жидкостный модуль емкости рыбомоечной машины;

$\rho_B$  – плотность воды;

$D$  – диаметр барабана;

$l$  – длина барабана.

Пусковая мощность электродвигателя определяется по уравнению:

$$N_{\text{пуск}} = \frac{M_C \cdot \omega_{\text{уст}}}{1000} + \frac{J \cdot \omega_{\text{уст}}^2}{2 \cdot \tau_p \cdot 1000}, \quad (8)$$

где  $\omega_{\text{уст}}$  – установившаяся циклическая частота вращения электропривода барабана, соответствующая номинальной частоте оборотов электродвигателя;

$M_C, J$  – приведенные к приводному валу рыбомоечной машины соответственно общий момент сопротивления вращению барабана (1) и момент инерции вращающихся масс;

$\tau_p$  – время разгона электропривода рыбомоечной машины.

Приведенный момент  $J$ , определяется моментами инерции рабочего органа барабанного типа, находящегося в нем рассматриваемого объема водорыбной смеси и ротора приводного электромотора.

Время разгона электродвигателя выразим в следующем виде:

$$\tau_p = J \cdot \int_0^{\omega_{\text{уст}}} d\omega / M_d, \quad (9)$$

где  $M_d$  – динамический момент при запуске электропривода и выходе на рабочий режим.

Из практики эксплуатации рыбомоечных машин известно, что почти весь период выхода на рабочую характеристику машина работает в режиме, близком к равнопеременному движению, поэтому как следствие можно принять, что  $\frac{d\omega}{dt} \approx const$ . Тогда выражение (9) преобразуется к следующему виду:

$$\tau_p \approx \frac{J \cdot \omega_{уст}}{M_C}, \quad (10)$$

Рассмотрим расчёт прочности рабочего органа рыбомоечной машины барабанного типа. Графическая расчетная схема барабана приведена на рис. 3.

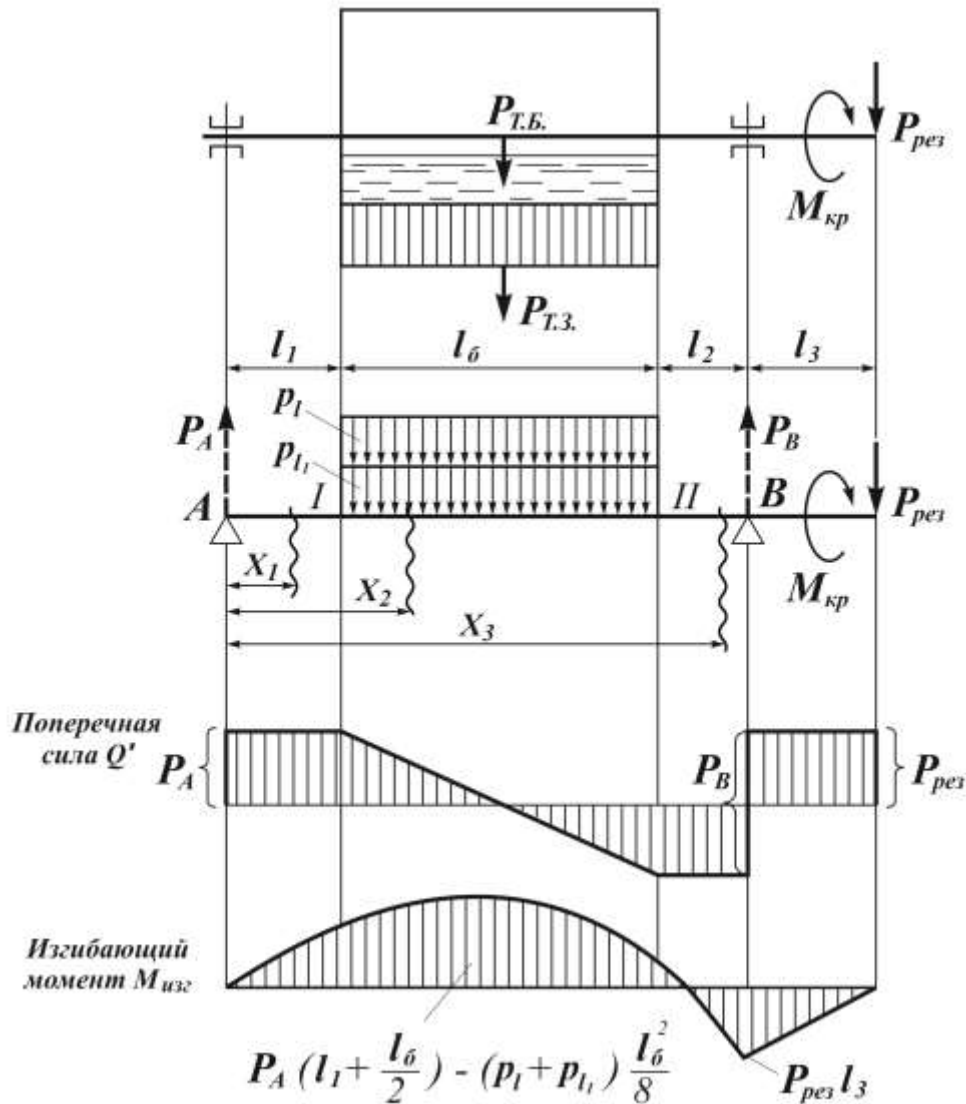


Рисунок 3 – Расчетная графическая схема рабочего органа рыбомоечной машины барабанного типа

Полуоси рабочего органа закреплены в опорах с возможностью вращения и подвержены изгибу под действием внешних усилий от массы барабана и водорыбной смеси, натяжения гибкого рабочего органа ременной передачи, а также окружного усилия от суммарного крутящего момента  $M_{кр}$ , который создает приводной механизм для преодоления сил сопротивлений вращению барабана.

Силовые факторы для расчета ограничим следующими допущениями:

1) Вес конструкции рабочего органа принимается в качестве равномерно распределенной нагрузки по его длине:

$$P_l = P_{Т.Б.}/L_B, \quad (11)$$

где  $P_{Т.Б.}$  – вес рабочего органа барабанного типа;  
 $L_B$  – длина рабочего органа.

2) Вес воды и рыбы примерно распределен по длине рабочего органа:

$$P_{l_1} = P_{Т.з.}/L_B, \quad (12)$$

где  $P_{Т.з.}$  – вес водорыбной смеси.

3) Крутящий момент  $M_{кр}$ , привода, необходимый для преодоления сопротивлений вращению рабочего органа, вычисляется в следующем виде:

$$M_{кр} = \frac{1000 \cdot N}{\omega}, \quad (13)$$

где  $N$  – мощность на полуоси рабочего органа.

4) Окружное усилие на шкиве гибкого рабочего органа передаточного механизма от крутящего момента определяется по следующей формуле:

$$P_0 = \frac{M_{кр}}{R_{Ш}}, \quad (14)$$

где  $R_{Ш}$  – радиус шкива.

5) Результирующую силу  $P_{рез}$  определим как векторную сумму сил от натяжения гибкого рабочего органа передаточного механизма и силы  $P_0$ .

Рассмотренные нагрузки вызывают в неподвижных опорах  $A$  и  $B$  реакции соответственно  $P_A$  и  $P_B$ . Изгибающий момент в произвольном сечении части пролета от  $A$  до  $I$  можно определить по формуле:

$$M_{изг} = P_A \cdot x_1, \quad (15)$$

где  $x_1$  – расстояние от опоры  $A$  до рассматриваемого сечения.

В сечениях на участке  $I - II$  изгибающий момент определим по формуле:

$$M_{изг} = P_A \cdot x_2 - 0,5 \cdot (p_l - p_{l_1}) \cdot (x_2 - l_1)^2. \quad (16)$$

В сечениях от  $II$  до опоры  $B$  изгибающий момент определим по формуле:

$$M_{изг} = P_A \cdot x_3 - L_B \cdot (p_l - p_{l_1}) \cdot (x_3 - l_1 - 0,5 \cdot L_B). \quad (17)$$

Приведенный момент от изгиба и кручения определяется следующим образом:

$$M_{пр} = \sqrt{M_{изг}^2 + M_{кр}^2}. \quad (18)$$

Действующее напряжение в проверяемом сечении находим по формуле:

$$G = \frac{M_{пр}}{W}, \quad (19)$$

где  $W$  – момент сопротивления проверяемого сечения.

Реактивные силы в неподвижных опорах рабочего органа представляется возможным вычислить, принимая во внимание следующее условие равновесия: проекции всех усилий на вертикальную ось координат и суммы силовых моментов относительно какой-либо опоры

равны нулю. Механическое напряжение во фланцах рабочего органа рыбомоечной машины от их изгиба возможно рассчитать по формулам изгиба заделанной по контуру круглой пластинки [25].

1) Механическое напряжение во внутреннем контуре фланца:

$$G_B = k_1 \cdot \frac{M_\Phi}{R_B \cdot b^2}. \quad (20)$$

2) Механическое напряжение в наружном контуре фланца:

$$G_H = k_2 \cdot \frac{M_\Phi}{R_H \cdot b^2}, \quad (21)$$

где  $M_\Phi$  – изгибающий момент в центре фланца;

$b$  – толщина фланца;

$k_1, k_2$  – коэффициенты, характеризующиеся отношением радиуса внутреннего контура фланца  $R_B$  к наружному  $R_H$ .

В случае, если фланец сетчатый и снабжен спицами, то напряжение определяется в следующем виде:

$$G = \frac{M_\Phi \cdot Z_P}{W_C \cdot Z}, \quad (22)$$

где  $Z_P$  – количество нагруженных спиц ( $Z_P \approx 2/3 \cdot Z$ );

$W_C$  – момент сопротивления в сечении спицы сетчатого фланца;

$Z$  – число спиц в сетчатом фланце.

Момент  $M_\Phi$ , обусловленный изгибом в центре фланца рабочего органа, определяется следующим выражением:

$$M_\Phi = P_B \cdot l_2 + P_{\text{рез}} \cdot (l_2 + l_3). \quad (23)$$

В связи с тем, что полуось рабочего органа рыбомоечной машины соединяют с фланцем посредством болтов, в процессе проектных расчетов число болтов и их диаметр определяют из условий их прочности по известной методике [26]. Результаты численных расчетов показаны на рис. 3 в виде эпюр поперечной силы и изгибающего момента.

**Выводы.** Исследования патентного фонда и отраслевой номенклатуры рыбомоечных машин показали, что основными рабочими органами рассматриваемого вида оборудования являются барабаны различных конструкций, выполненные из нержавеющей стали. С целью научного обоснованного выбора параметров указанных рабочих органов предложена соответствующая расчетная методика. Основными факторами, влияющими на общий момент сопротивления вращению барабана являются: масса водорыбной смеси, силы трения в опорах и уплотнениях подшипников, а также сила трения барабана о слой воды.

Предложенная геометрическая расчетная схема позволяет учесть форму цилиндрического сегмента, образованного полезной загрузкой машины, и рассчитать соответствующие моменты сил, пусковую мощность и время разгона приводного механизма. Предложенная схема прочностного расчета позволяет определить величины поперечной силы и изгибающего момента, что позволяет повысить надежность и долговечность рыбомоечного оборудования, а также сократить металлоемкость машин. Проведенное математическое моделирование показало, что поперечная сила и изгибающий момент, действующие на барабан, имеют знакопеременный характер. Результаты расчетов по предложенной методике позволяют определить опасные сечения в конструкции барабана.

Результаты исследования создают практическую основу для проектирования надежных

рыбомоечных машин для рыбоперерабатывающей отрасли, что позволяет решить задачи импортозамещения и обеспечения отечественных предприятий конкурентоспособной техникой.

Список использованной литературы:

1. Патент № 2601596 С1 Российская Федерация. Устройство для мойки рыбы / О.В. Агеев, В.М. Харлов, В.В. Харлов. МПК А22С 25/02. № 2015127174/13. 2016.
2. Патент № 2050779 С1 Российская Федерация. Устройство для мойки рыбы и морепродуктов / В.В. Шишкин. МПК А22С 25/02. № 5013860/13. 1995.
3. *Бредихин С.А., Ким И.Н., Ткаченко Т.И.* Технологическое оборудование рыбоперерабатывающих производств. М.: Моркнига, 2013. 749 с.
4. *Агеев О.В., Фатыхов Ю.А.* Совершенствование технологического оборудования для первичной обработки рыбы: опыт, проблематика, системный подход. Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2015. 261 с.
5. *Соколов С.А., Яшонков А.А., Яковлев О.В.* Исследование параметрической надежности технологического оборудования по шумовым характеристикам // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2021. № 3. С. 110-123.
6. *Кошевой Е.П.* Технологическое оборудование пищевых производств. Расчетный практикум. М.: Юрайт, 2018. 226 с.
7. *Зимняков В.М., Курочкин А.А., Спицын И.А., Чугунов В.А.* Основы расчета и конструирования машин и аппаратов перерабатывающих производств. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2019. 360 с.
8. *Рожкова Т.В., Паульс В.Ю., Гайворон М.А.* Модельно-теоретическое обоснование движения картофеля в моечной машине барабанного типа // Вестник Курганской ГСХА. 2019. № 4 (32). С. 74-76.
9. *Степанова Е.Г., Рубан В.С.* Совершенствование оборудования для мойки сахарной свеклы // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2014. № 4 (340). С. 105-107.
10. *Касьянов Г.И., Мустафаева К.К., Редько М.Г.* Совершенствование технологии комплексной переработки плодов облепихи // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2014. № 1 (337). С. 77-79.
11. *Рындяев В.И., Посторонко А.И.* Совершенствование конструкций машин для мойки плодоовощной продукции // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2009. Т. 5. № 6 (41). С. 28-30.
12. *Прейс В.В.* Конструирование и расчеты машин и аппаратов. Тула: Тульский государственный университет, 2019. 208 с.
13. *Антипов С.Т., Пойманов В.В., Прибытков А.В. и др.* Расчет и конструирование машин и аппаратов пищевых производств. Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2020. 52 с.
14. *Остриков А.Н., Василенко В.Н., Пойманов В.В.* Расчет и конструирование машин и аппаратов пищевых производств. М., Вологда: ИНФРА-Инженерия, 2023. 476 с.
15. *Авроров В.А.* Процессы и оборудование. Моделирование, исследования, инновационные конструкторские разработки. М.: Юрайт, 2023. 260 с.
16. *Антипов С.Т., Ключников А.И., Моисеева И.С. и др.* Техника пищевых производств малых предприятий. Производство пищевых продуктов животного происхождения. СПб.: Лань, 2016. 488 с.
17. *Антипов С.Т., Журавлев А.В., Казарцев Д.А.* Инновационное развитие техники пищевых технологий. СПб., М., Краснодар: Лань, 2016. 660 с.
18. *Гребенкин В.З., Заднепровский Р.П., Летягин В.А.* Техническая механика. М.: Юрайт, 2023. 390 с.
19. *Валишвили Н.В., Гаврюшин С.С.* Сопrotивление материалов и конструкций. М.: Юрайт, 2023. 429 с.

20. *Шилов М.А.* Физика прочности и механика разрушения. М.: Юрайт, 2023. 175 с.
21. *Lars Andre Langøyli Giske, Lasse Henninen Lindstad, Trond Løvdal, Ola Jon Mork.* Design of fish processing equipment: exploring cleaning brush performance and material properties to minimize biofilm deposits // *Procedia CIRP*. 2020. Vol. 91. P. 140-145.
22. *Anh Ngoc Tong Thi, Imca Sampers, Sam Van Haute, Simbarashe Samapundo, Bruno De Meulenaer, Marc Heyndrickx, Frank Devlieghere.* Evaluation of the safety and quality of wash water during the batch washing of Pangasius fish (*Pangasius hypophthalmus*) in chlorinated and non-chlorinated water // *LWT – Food Science and Technology*. 2016. Vol. 68. P. 425-431.
23. *Xiaohui Lin, Aoife A. Gowen, Hongbin Pu, Jun-Li Xu,* Microplastic contamination in fish: Critical review and assessment of data quality // *Food Control*. 2023. Vol. 153. P. 109939.
24. *Vidaček S., Bugge E.* Chapter 26 – Hygienic Design of Fish Processing Equipment // *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, Handbook of Hygiene Control in the Food Industry (Second Edition)*, 2016. P. 359-365.
25. *Вольмир А.С.* Нелинейная динамика пластинок и оболочек. М.: Юрайт, 2023. 439 с.
26. *Иванов М.Н., Финогенов В.А.* Детали машин. М.: Юрайт, 2023. 457 с.

#### References:

1. Ageev O.V., Kharlov V.M., Kharlov V.V. *Ustroistvo dlya moiki ryby* [Fish washing device]. Patent RF no. 2601596, A 22 C 25/02, 2016. (In Russian).
2. Shishkin V.V. *Ustroistvo dlya moiki ryby i moreproduktov* [Fish and seafood washing device]. Patent RF no. 2050779, A 22 C 25/02, 1995. (In Russian).
3. Bredikhin S.A. *Tekhnologicheskoe oborudovanie rybopererabatyvayushchikh proizvodstv* [Technological equipment for fish processing industries]. Moscow, Morkniga Publ., 2013, 749 p. (In Russian).
4. Ageev O.V., Fatykhov Yu.A. *Sovershenstvovanie tekhnologicheskogo oborudovaniya dlya pervichnoi obrabotki ryby: opyt, problematika, sistemnyi podkhod* [Improvement of technological equipment for the primary processing of fish: experience, problems, systematic approach]. Kaliningrad, KSTU Publ., 2015, 261 p. (In Russian).
5. Sokolov S.A., Yashonkov A.A., Yakovlev O.V. Issledovanie parametricheskoi nadezhnosti tekhnologicheskogo oborudovaniya po shumovym kharakteristikam [Investigation of the parametric reliability of technological equipment by noise characteristics]. *Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kerch State Marine Technological University], 2021, no. 3, pp. 110-123. (In Russian).
6. Koshevoi E.P. *Tekhnologicheskoe oborudovanie pishchevykh proizvodstv. Raschetnyi praktikum* [Technological equipment for food production. Settlement workshop]. Moscow, Urait Publ., 2018, 226 p. (In Russian).
7. Zimnyakov V.M., Kurochkin A.A. et al. *Osnovy rascheta i konstruirovaniya mashin i apparatov pererabatyvayushchikh proizvodstv* [Fundamentals of calculation and design of machines and apparatus for processing industries]. Moscow, INFRA-M Publ., 2019, 360 p. (In Russian).
8. Rozhkova T.V., Pauls V.Ju., Gaivoron M.A. Model'no-teoreticheskoe obosnovanie dvizheniya kartofelya v moechnoi mashine barabannogo tipa [Model-theoretical substantiation of the movement of potatoes in a drum-type washing machine]. *Vestnik Kurganskoi GSKHA* [Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy], 2019, no. 4 (32), pp. 74-76. (In Russian).
9. Stepanova E.G., Ruban V.S. Sovershenstvovanie oborudovaniya dlya moiki sakharnoi svekly [Improvement of sugar beet washing equipment]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Pishhevaya tekhnologiya* [News of higher educational institutions. Food technology], 2014, no. 4 (340), pp. 105-107. (In Russian).
10. Kasianov G.I., Mustafaeva K.K., Red'ko M.G. Sovershenstvovanie tekhnologii kompleksnoi pererabotki plodov oblepikhi [Improving the technology of complex processing of sea buckthorn fruits]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Pishhevaya tekhnologiya* [News of higher educational institutions. Food technology], 2014, no. 1 (337), pp. 77-79. (In Russian).



11. Ryndyaev V.I., Postoronko A.I. Sovershenstvovanie konstruksii mashin dlya moiki plodoovoshchnoi produktsii [Improving the design of machines for washing fruits and vegetables]. *Vostochno-Evropeiskii zhurnal peredovykh tekhnologii* [Eastern European Journal of Advanced Technologies], 2009, vol. 5, no. 6 (41), pp. 28-30. (In Russian).
12. Preis V.V. *Konstruirovaniye i raschety mashin i apparatov* [Design and calculations of machines and devices]. Tula, Tula State University Publ., 2019, 208 p. (In Russian).
13. Antipov S.T., Poimanov V.V. et al. *Raschet i konstruirovaniye mashin i apparatov pishchevykh proizvodstv* [Calculation and design of machines and apparatus for food production]. Voronezh, Voronezh State University Publ, 2020, 52 p. (In Russian).
14. Ostrikov A.N., Vasilenko V.N., Poimanov V.V. *Raschet i konstruirovaniye mashin i apparatov pishchevykh proizvodstv* [Calculation and design of machines and apparatus for food production]. Moscow, Vologda, INFRA-Engeneriya Publ., 2023, 476 p. (In Russian).
15. Avrorov V.A. *Protsessy i oborudovaniye. Modelirovaniye, issledovaniya, innovatsionnyye konstruktorskiye razrabotki* [Processes and equipment. Modeling, research, innovative design development]. Moscow, Urait Publ., 2023, 260 p. (In Russian).
16. Antipov S.T., Kluchnikov A.I. et al. *Tekhnika pishchevykh proizvodstv malyykh predpriyatiy. Proizvodstvo pishchevykh produktov zhivotnogo proiskhozhdeniya* [Technique of food production of small enterprises. Production of food products of animal origin]. St. Petersburg, Lan Publ., 2016, 488 p. (In Russian).
17. Antipov S.T., Zhuravlev A.V. et al. *Innovatsionnoye razvitiye tekhniki pishchevykh tekhnologii* [Innovative development of food technology technology]. St. Petersburg, Moscow, Krasnodar, Lan Publ., 2016, 660 p. (In Russian).
18. Grebenkin V.Z., Zadneprovskii R.P., Letyagin V.A. *Tekhnicheskaya mekhanika* [Technical mechanics]. Moscow, Urait Publ., 2023, 390 p. (In Russian).
19. Valishvili N.V., Gavryushin S.S. *Soprotivleniye materialov i konstruksii* [Resistance of materials and structures]. Moscow, Urait Publ., 2023, 429 p. (In Russian).
20. Shilov M.A. *Fizika prochnosti i mekhanika razrusheniya* [Physics of Strength and Fracture Mechanics]. Moscow, Urait Publ., 2023, 175 p. (In Russian).
21. Lars Andre Langøyli Giske, Lasse Henninen Lindstad, Trond Løvdal, Ola Jon Mork. Design of fish processing equipment: exploring cleaning brush performance and material properties to minimize biofilm deposits. *Procedia CIRP*, 2020, vol. 91, pp. 140-145. (In English).
22. Anh Ngoc Tong Thi, Imca Sampers, Sam Van Haute, Simbarashe Samapundo, Bruno De Meulenaer, Marc Heyndrickx, Frank Devlieghere. Evaluation of the safety and quality of wash water during the batch washing of Pangasius fish (*Pangasius hypophthalmus*) in chlorinated and non-chlorinated water. *LWT – Food Science and Technology*, 2016, vol. 68, pp. 425-431. (In English).
23. Xiaohui Lin, Aoife A. Gowen, Hongbin Pu, Jun-Li Xu. Microplastic contamination in fish: Critical review and assessment of data quality. *Food Control*, 2023, vol. 153, pp. 109939. (In English).
24. Vidaček S., Bugge E. *Chapter 26 – Hygienic Design of Fish Processing Equipment*. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, Handbook of Hygiene Control in the Food Industry (Second Edition), 2016, pp. 359-365. (In English).
25. Vol'mir A.S. *Nelineinaya dinamika plastinok i obolochek* [Nonlinear dynamics of plates and shells]. Moscow, Urait Publ., 2023, 439 p. (In Russian).
26. Ivanov M.N., Finogenov V.A. *Detali mashin* [Machine parts]. Moscow, Urait Publ., 2023, 457 p. (In Russian).

Сведения об авторах / Information about authors

**Агеев Олег Вячеславович** д-р техн. наук, профессор кафедры инжиниринга технологического оборудования  
Калининградский государственный технический университет  
236022, г. Калининград, Советский проспект, 1  
oleg.ageev@klgtu.ru

Ageev  
Oleg Viatcheslavovich Dr. Sci. (Engin.), Professor of the Department of processing equipment engineering  
Kaliningrad State Technical University  
236022, Kaliningrad, Sovietsky blvd., 1  
oleg.ageev@klgtu.ru

**Яшонков  
Александр  
Анатольевич** канд. техн. наук, 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

**Самойлова Наталья  
Владимировна** преподаватель-исследователь  
Калининградский государственный технический университет  
236022, г. Калининград, Советский проспект, 1  
procyon@mail.ru

Samojlova  
Natalia Vladimirovna Lecturer-researcher  
Kaliningrad State Technical University  
236022, Kaliningrad, Sovietsky blvd., 1  
procyon@mail.ru

Зотова И.А., Кураш М.А., Соколов С.А.

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПАСКАЛИЗАЦИИ ЯБЛОЧНЫХ ВЫЖИМОК НА ВЫХОД И ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗВЛЕКАЕМОГО ПЕКТИНА**

**Аннотация.** Яблочные выжимки производятся в огромных количествах на предприятиях по переработке соков во всем мире, и предпринимаются постоянные усилия для их комплексного использования. В этом исследовании оценено влияние высокого давления на яблочные выжимки с целью увеличения выхода пектина и определены рациональные параметры обработки – давление 400 МПа и время экспозиции 15 мин при которых выход пектина увеличивается от 25 до 31,5 % по сравнению с выходом пектина из необработанных выжимок. Исследованы величины молекулярных масс пектинов и их ИК спектры и показано, что на них не влияет обработка давлением, которое испытало пектинсодержащее сырье. Таким образом, предварительная обработка яблочных выжимок высоким давлением позволяет увеличить степень извлечения пектина и не разрушает его молекулярную структуру.

**Ключевые слова:** пектин, высокое давление, обработка растительного сырья, молекулярная масса, ИК спектроскопия.

Zotova I.A., Kurash M.A., Sokolov S.A.

### **EXPERIMENTAL ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF PASCALIZATION OF APPLE PUMES ON THE YIELD AND MAIN CHARACTERISTICS OF EXTRACTABLE PECTIN**

**Abstract.** Apple pomace is produced in huge quantities in juice processing plants around the world, and continuous efforts are made to utilize it holistically. This study assessed the effect of high pressure on apple pomace in order to increase the yield of pectin and determined rational processing parameters – a pressure of 400 MPa and an exposure time of 15 minutes, at which the pectin yield increases from 25 to 31.5 % compared to the yield of pectin from untreated pomace. The molecular weights of pectins and their IR spectra were studied and it was shown that they are not affected by the pressure treatment experienced by pectin-containing raw materials. Thus, pre-treatment of apple pomace with high pressure allows you to increase the degree of pectin extraction and does not destroy its molecular structure.

**Keywords:** pectin, high pressure, processing of plant materials, molecular weight, IR spectroscopy.

**Постановка проблемы.** Глубокое и всестороннее исследование процессов переработки сырья является научной базой развития пищевой промышленности. В последнее время многие исследовательские центры и известные фирмы исследуют эффективность использования в пищевых технологиях различных способов обработки сырья, полуфабрикатов и готовой продукции – СВЧ-излучения, ультразвук, кавитацию, вакуум и высокое давление (ВД) [1]. Большинство работ посвящено исследованию влияния обработки высоким давлением готовой продукции – соков, пива, вареных колбас, паштетов и т.д. В данной работе обработке высоким давлением подвергали исходное сырье – яблочные выжимки, а целевой продукт – пектин – является ингредиентом, применяющим как гелеобразователь не только в пищевом, но и в косметическом и фармацевтическом производстве.

В первый раз пектин получили из фруктовых соков. В настоящее время перерабатывают четыре основных вида пектинсодержащего сырья: яблочные выжимки, жом сахарной свеклы, корзины подсолнечника и корочки цитрусовых, содержание пектина в которых находится в пределах 10-15, 10-20, 15-25, 20-35 %, соответственно [2]. Годовой

объем мирового производства пектина составляет около 80 тыс. т, а крупнейшие производители расположены в США, Германии, Австрии, Дании и Польше. В России собственного пектинового производства нет. Продолжительная ориентация на импортные поставки высокоэтерифицированного пектина негативно повлияла на развитие соответствующих предприятий в России. Техника и технология производства, научные исследования развивались недостаточно [3]. Так как весь пектин, потребляемый промышленностью России, импортный, поэтому наличие отечественной сырьевой базы и спроса на пектин обуславливают актуальность исследования технологии и процессов его производства.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Современные производители пектина не раскрывают свои технологии. К коммерческой тайне относятся не только технологические параметры отдельных стадий, но и базовые физико-химические методы, которые используют на определенном производстве. Ряд научных учреждений России проводят исследования в области производства пектина и пектиновых концентратов, наибольшее количество публикаций и патентов имеют Майкопский государственный технологический университет и Кубанский государственный аграрный университет. Наличие значительного объема научной и технической информации по технологии получения пектина обусловлено влиянием многих факторов на его выход и качественные показатели: вид сырья, дисперсность и влажность, условия предварительной обработки, соотношение сырья: вода, кислотность среды, химическая природа реагентов, продолжительность обработки, температура, методы и условия концентрирования и разделения фаз. Из всех известных способов получения пектина чаще всего используется кислотно-спиртовой метод, заключающийся в переходе пектина из растительного сырья в водный раствор при нагревании в кислой среде, с последующим концентрированием раствора и осаждении пектина спиртом.

В литературе мало данных об использовании ВД в технологии производства пектина. Нами были проведены определённые исследования по изучению влияния ВД на свойства яблочного жмыха и экспериментальным путём определены параметры процесса - давление, температура и время экспозиции как для деконтаминации яблочного жмыха, так и для качественного изменения его физико-химических показателей [4,5]. Также во многих публикациях с описанием качественных свойств пектиновых веществ достаточно слабо освещены их инфракрасные (ИК) спектры, в некоторых работах приведены только фрагменты ИК-спектров [6], а некоторые авторы ограничились лишь описанием пиков без предоставления спектров [7, 8].

**Целью данной статьи** является определение рациональных параметров обработки яблочных выжимок высоким давлением с целью увеличения выхода пектина, извлекаемого кислотно-спиртовым методом, а также определение молекулярных масс, полученных образцов пектинов и исследование их инфракрасных спектров.

**Материалы и результаты исследования.** Для исследования влияния ВД на выход пектина, в качестве пектинсодержащего сырья использовали свежие выжимки яблок сорта «Антоновка обычная». Извлечение пектина проводили способом [8,9], который базируется на кислотно-спиртовом методе получения пектина и имеет следующие стадии: обработка выжимок ВД от 100 до 600 МПа в течение 5 – 30 мин в герметичной полиэтиленовой таре при температуре 20 – 25°C; промывка выжимок; гидролиз-экстрагирование пектина в кислой среде; охлаждение и нейтрализация; отделение балластных веществ центрифугированием; концентрирование пектинового раствора при пониженном давлении; осаждение пектина спиртом; фильтрование, сушка и измельчение целевого продукта. Данные выхода пектина, в пересчете на свежие выжимки, в зависимости от величины давления и продолжительности его действия на яблочные выжимки, приведены на рис. 1.

Как показано на рис. 1, чем больше давление и продолжительность его действия, тем больше выход пектина. Мы считаем, что это обусловлено более значительной степенью разрушения клеточных стенок под действием ВД, чем это происходит при простом

механическом выделении сока. Из-за этого выход пектина может свидетельствовать о глубине разрушения клеточных стенок растительных тканей. Зависимости выхода пектина от условий обработки ВД (рис. 1) имеют вид кривых с насыщением, что свидетельствует о наличии определенной величины давления, выше которой увеличение выхода пектина не будет наблюдаться, но может возрасти вероятность протекания гидролитических процессов и разрушение крупных молекул биополимеров, в том числе и пектина. Экспериментальные кривые имеют вид кусочно-линейной функции, что свидетельствует о дискретности влияния величины давления на целостность клеточных стенок и может быть объяснено наличием у них ряда пределов прочности.

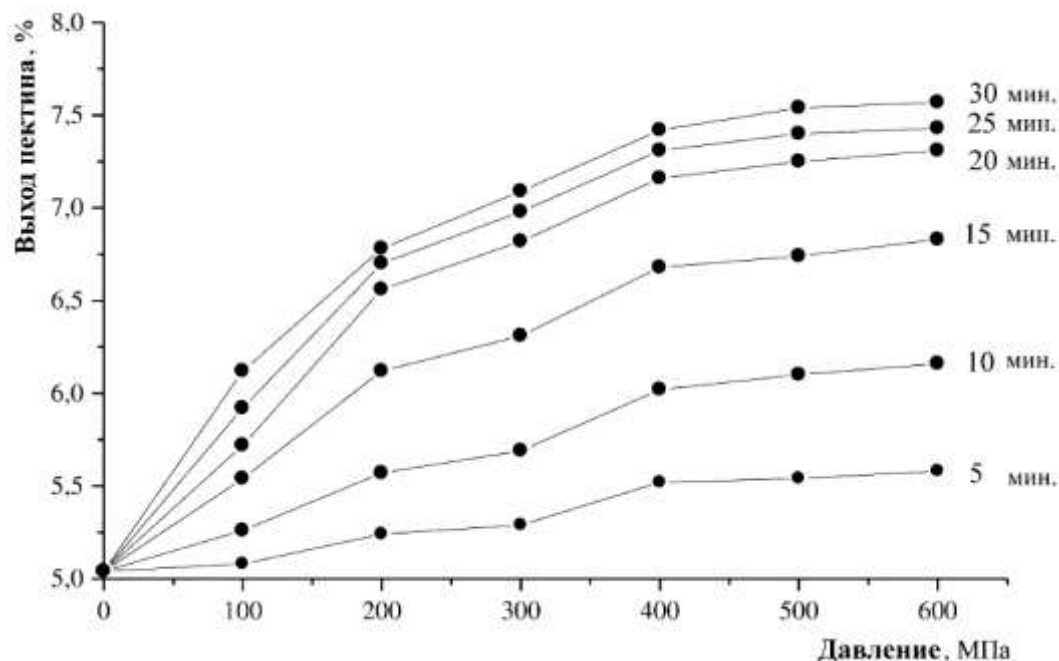


Рисунок 1 - Зависимость выхода пектина от величины давления, которым обработаны выжимки, при разной продолжительности обработки

Для определения рациональной величины ВД, которая позволит достичь наибольшего выхода пектина при минимальной величине давления, зависимости выхода пектина от давления, приведенные на рис. 1, были подвергнуты числовому дифференцированию согласно формуле (1), и получена графическая зависимость изменения выхода пектина ( $\Delta Q$ ) от изменения давления ( $\Delta P$ ), которая приведена на рис. 2:

$$\frac{dQ}{dP} \approx \frac{\Delta Q}{\Delta P} = \frac{Q_{i+1} - Q_i}{\Delta P}, \quad (1)$$

где  $Q_i$  – величина выхода пектина при давлении  $P_i$ , %;  
 $Q_{i+1}$  – величина выхода пектина при давлении ( $P_i + 100$  МПа), %;  
 $\Delta P$  – изменение давления ( $\Delta P = 100$  МПа).

Приведенные графики производного выхода пектина демонстрируют два максимума: первый – при давлении 100 МПа для продолжительности обработки 25 и 30 мин или при 200 МПа для продолжительности 5, 10, 15 и 20 мин; второй – при давлении 400 МПа для всех исследованных величин продолжительности обработки ВД (5 – 30 мин). Это позволяет утверждать, что давление 400 МПа является рациональным для обработки яблочных выжимок с целью увеличения выхода пектина. Дискретность влияния обработки ВД на степень разрушения клеточных стенок наблюдаемого яблока является следствием наличия определенных пределов прочности при 100 – 200 и 400 МПа.

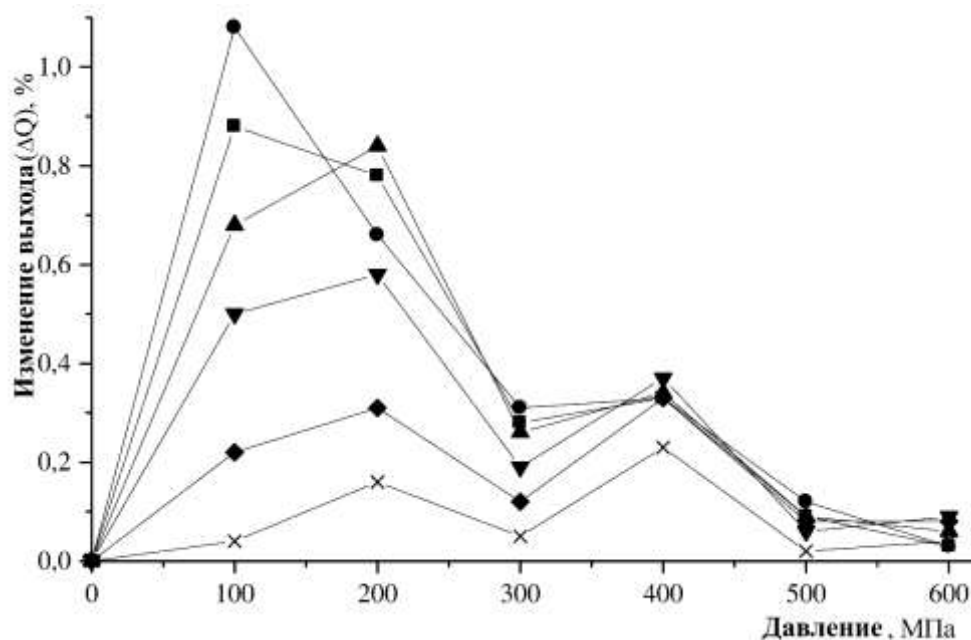


Рисунок 2 - Зависимость изменения выхода пектина от величины давления при разной продолжительности действия на яблочные выжимки (× – 5 мин; ◆ – 10 мин; ▼ – 15 мин; ▲ – 20 мин; ■ – 25 мин; ● – 30 мин)

Аналогичный анализ был проведен для данных зависимости выхода пектина от длительности обработки выжимок ВД, результаты приведены на рис. 3.

Все графики на рис. 3 имеют максимум изменения выхода пектина при длительности обработки выжимок ВД в течение 15 мин для всех исследованных величин давления в интервале 100 – 600 МПа. Данный экспериментальный факт свидетельствует о том, что после определенного времени (15 мин) происходит замедление ряда процессов, таких как излом клеточной стенки с разрывом межмолекулярных связей ее компонентов.

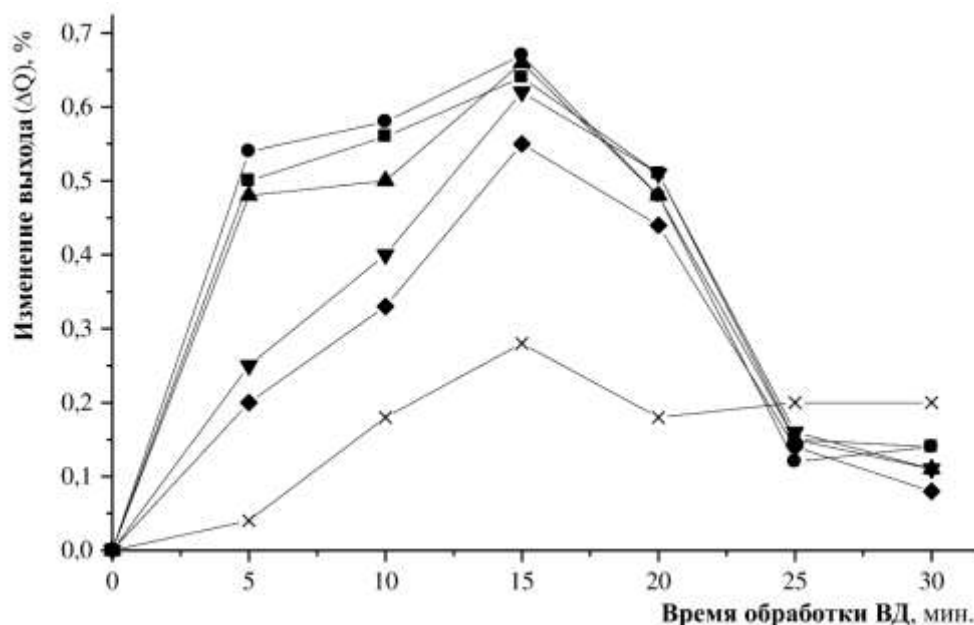


Рисунок 3 - Зависимость изменения выхода пектина от длительности обработки яблочных выжимок при разной величине давления (× – 100 МПа; ◆ – 200 МПа; ▼ – 300 МПа; ▲ – 400 МПа; ■ – 500 МПа; ● – 600 МПа)

Данные, полученные анализом кривых, представленных на рис. 2-3, позволяют

рекомендовать следующие рациональные параметры обработки выжимок ВД с целью максимального увеличения выхода пектина при минимальных длительностях действия давления и его величины: давление – 400 МПа, длительность – 15 мин. Выход пектина при этих параметрах составляет 6,68 %, что дает относительное увеличение выхода на 31,5 % по сравнению с выходом пектина 5,08 %, полученным без обработки выжимок ВД. Для такого ценного и многофункционального продукта, как пектин, увеличение производства почти на треть, на наш взгляд, является достаточно перспективным результатом.

Следует отметить, что увеличение выхода пектина на 31,5 % не максимально, а лишь рационально. Для полученных величин выхода максимальная (7,57 %) зафиксирована при граничных величинах давления и длительности обработки выжимок (600 МПа, 30 мин). Относительное увеличение выхода в этом случае составляет 49 % по сравнению с выходом пектина, фиксируемого без обработки яблочных выжимок ВД. Поскольку кривая зависимости выхода от давления при  $t = 30$  мин выходит на насыщение, то можно считать, что указанные выше параметры обработки выжимок (600 МПа, 30 мин) позволяют осуществить практически полное извлечение пектина из выбранного растительного сырья.

Найденные таким образом рациональные параметры действия ВД на выжимки яблок «Антоновка обычная» были использованы для обработки свежих выжимок смеси сортов яблок (пять сортов в равных массовых долях). Их выжимки подвергали обработке ВД, затем высушивали и изымали пектин в условиях, аналогичных обработке выжимок из яблок одного сорта. Относительное увеличение выхода пектина при обработке выжимок смеси сортов яблок ВД по сравнению с выходом из необработанных выжимок (4,31 и 3,44 % соответственно) составляет 25,3 %, что несколько ниже, чем аналогичное увеличение выхода (31,5 %) для выжимок из яблок одного сорта, обработанных при тех же параметрах ВД (400 МПа, 15 мин). Это, на наш взгляд, обусловлено двумя факторами: сушка свежих выжимок может сопровождаться частичной термодеструкцией пектина; яблоки твердых сортов, такие как «Антоновка обычная», содержат больше пектина (или протопектина), чем другие сорта. Однако даже при использовании выжимок из смеси сортов яблок с их последующей сушкой, обработка выжимок ВД (400 МПа, 15 мин) ведет к относительному увеличению выхода на четверть, что является значимым показателем интенсификации всего процесса производства пектина.

Исследовано влияние обработки яблочных выжимок ВД на молекулярную массу пектина. Молекулярная масса пектина обуславливает ряд свойств, таких как растворимость и вязкость растворов, и зависит прежде всего от вида растительного сырья и имеет достаточно широкий диапазон – от 20 до 200 кДа [10]. Молекулярную массу определяли методом вискозиметрии по формуле (2):

$$[\eta] = K \cdot M^a, \quad (2)$$

где  $[\eta]$  – характеристическая (внутренняя) вязкость;

$M$  – молекулярная масса, Да;

$K$ ,  $a$  – константы, характерные для данного полимера и растворителя.

Констант  $K$  и  $a$  определяют эмпирически и являются табличными величинами; для растворов пектина в 1%-ном водном растворе хлорида натрия  $K = 1,1 \cdot 10^{-5}$ ;  $a = 1,22$  [11].

Молекулярную массу определяли для четырех образцов пектина: 1-й – полученный из выжимок яблок сорта «Антоновка обычная», не обработанных ВД; 2-й – полученный из выжимок яблок сорта «Антоновка обычная», обработанных давлением 400 МПа в течение 15 мин; 3-й – полученный из выжимок смеси сортов яблок, не обработанных ВД; 4-й – полученный из выжимок смеси сортов яблок, обработанных давлением 400 МПа в течение 15 мин. Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты определения молекулярной массы опытных образцов пектина

Образец пектина (сырье)	М, Да
1 (Антоновка, без ВД)	28200
2 (Антоновка, 400 МПа, 15 мин)	27900
3 (Смесь сортов, без ВД)	31100
4 (Смесь сортов, 400 МПа, 15 мин)	30700

Как свидетельствуют данные таблицы 1, пектин, полученный из выжимок сорта «Антоновка обычная», имеет молекулярную массу на уровне 28 кДа. Отметим, что разница молекулярных масс в 0,3 кДа для пектинов, полученных с обработкой ВД и без таковой, не статистически достоверна, поскольку погрешность определения молекулярной массы вискозиметрическим методом составляет  $\pm 1$  кДа [12]. Это же относится и для пектинов, полученных из выжимок смеси сортов яблок, для которых молекулярная масса составляет 31 кДа. Таким образом, обработка яблочных выжимок ВД с параметрами 400 МПа/15 мин не влияет на величину молекулярной массы извлеченного пектина.

В целях идентификации полученных образцов пектинов были записаны их ИК спектры, позволяющие свидетельствовать о наличии функциональных групп в молекулах опытных образцов. ИК спектры в виде зависимости пропускания от волнового числа записаны на ИК-спектрометре Spectrum VХ (таблетки в КВr). Для выявления влияния обработки высоким давлением яблочных выжимок на спектральные характеристики, записаны ИК спектры образцов пектинов, полученных из выжимок, подвергшихся разной степени действия ВД, а именно:

- 1) выжимки яблок сорта «Антоновка обычная», без обработки ВД (ИК спектр на рис. 4);
- 2) выжимки яблок сорта «Антоновка обычная», обработанные при рациональных параметрах ВД 400 МПа/15 мин (ИК спектр на рис. 5);
- 3) выжимки яблок сорта «Антоновка обычная», обработанные при ВД 600 МПа, 30 мин (ИК спектр на рис. 6);
- 4) выжимки из смеси сортов яблок, обработанные при рациональных параметрах ВД 400 МПа/15 мин (ИК спектр на рис. 7).

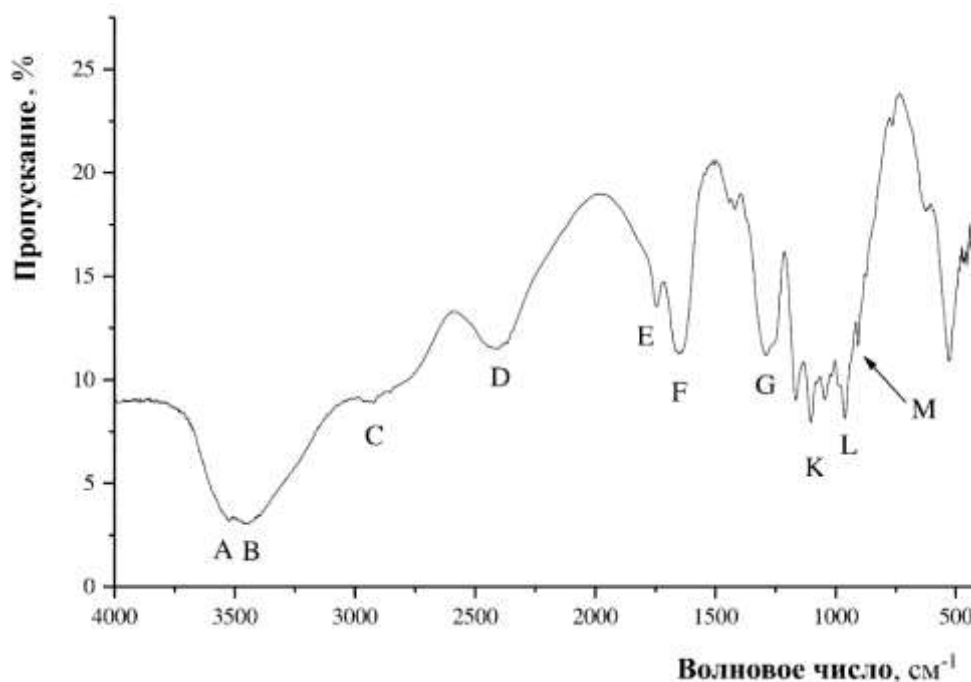


Рисунок 4 – ИК спектр пектина, полученного из выжимок яблок сорта «Антоновка обычная», без обработки ВД



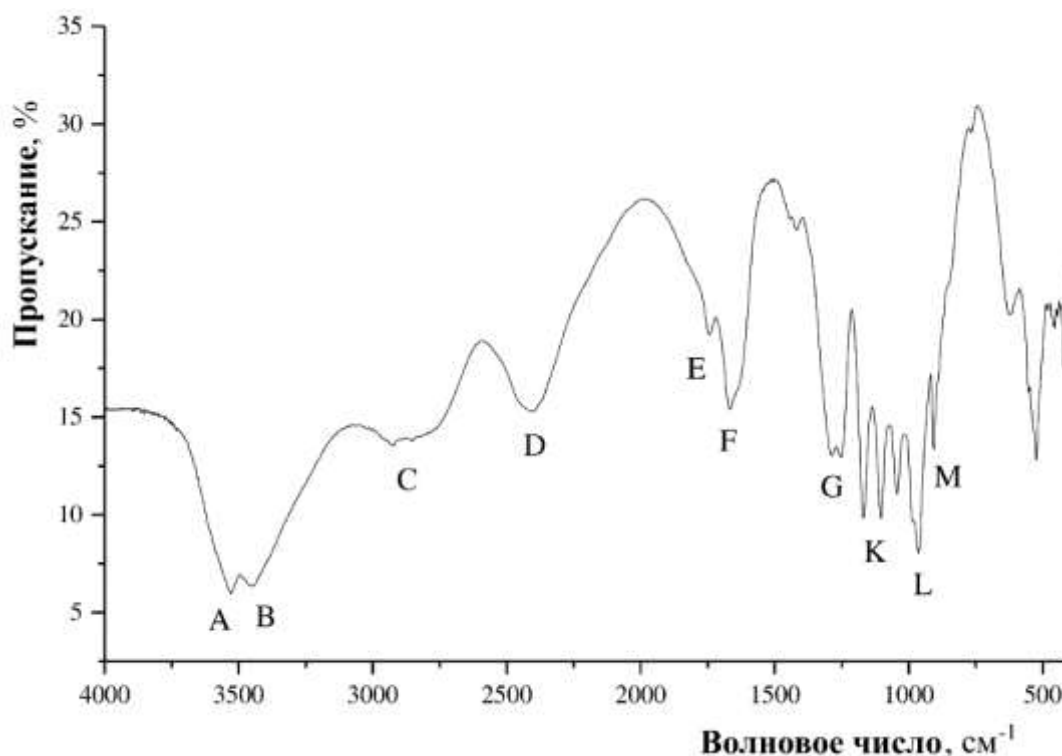


Рисунок 5 – ИК спектр пектина, полученного из выжимок яблок сорта «Антоновка обычная», обработанных ВД (400 МПа, 15 мин)

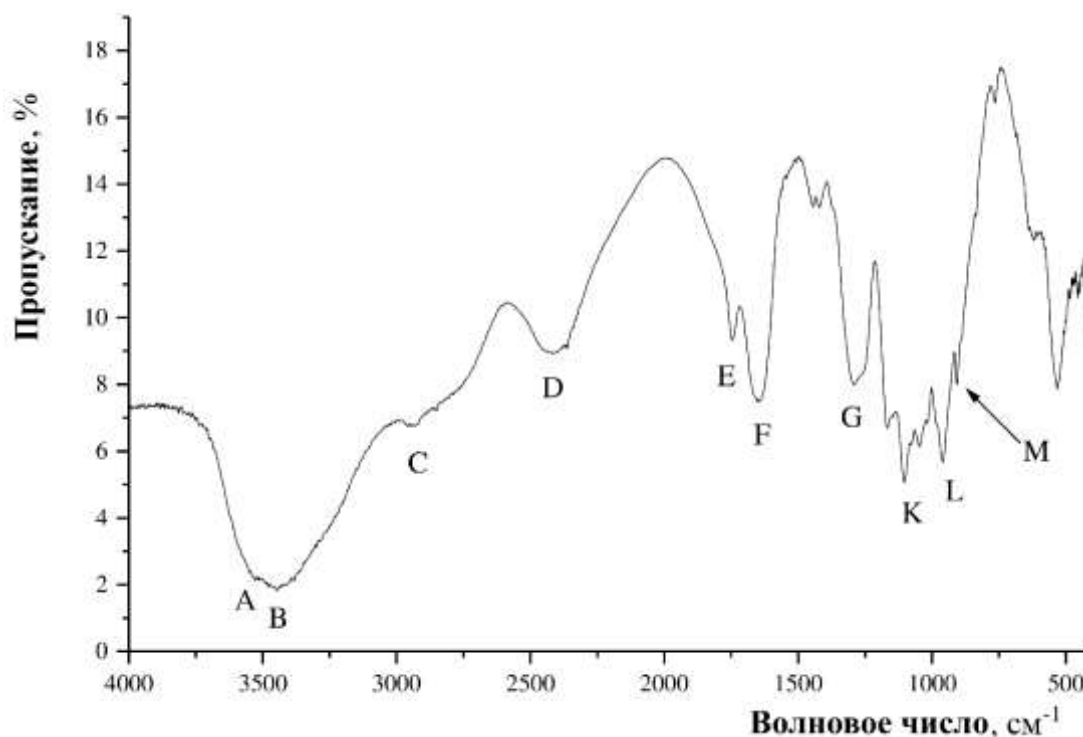


Рисунок 6 – ИК спектр пектина, полученного из выжимок яблок сорта «Антоновка обычная», обработанных ВД (600 МПа, 30 мин)

Пики, наблюдаемые в ИК спектрах опытных образцов пектина, были отнесены к соответствующим характеристическим колебаниям функциональных групп [13], присутствующим в молекулах пектина. На рис. 8 эти функциональные группы отмечены латинскими буквами, а соответствующие им колебания приведены в таблице 2.

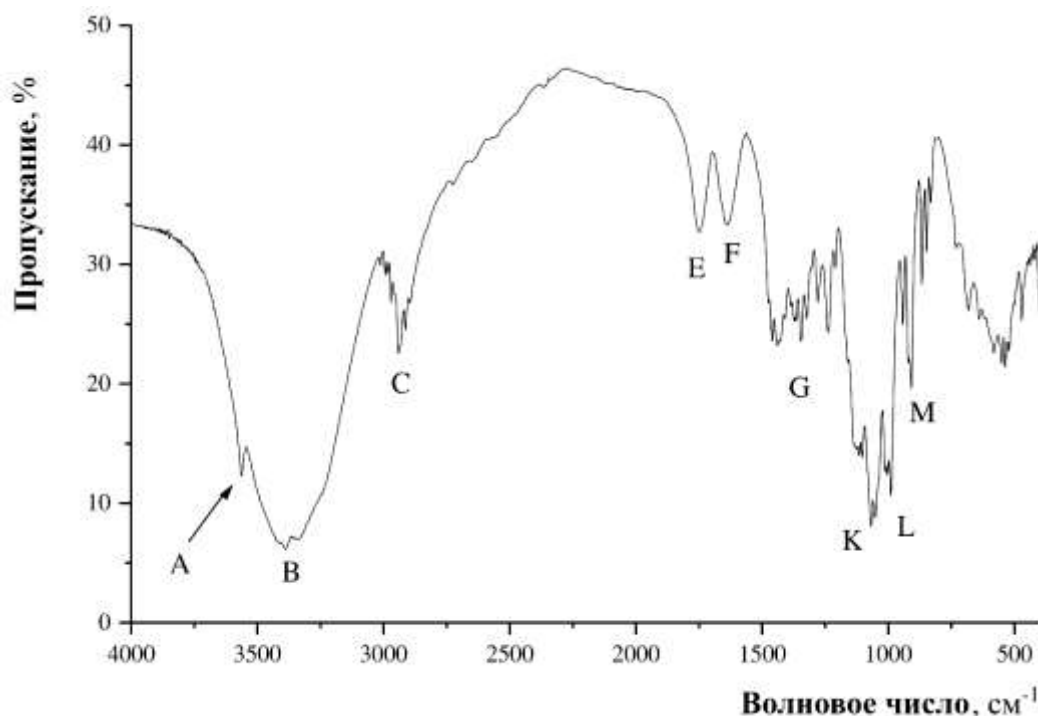


Рисунок 7 – ИК спектр пектина, полученного из смеси сортов яблок, обработанных ВД (400 МПа, 15 мин)

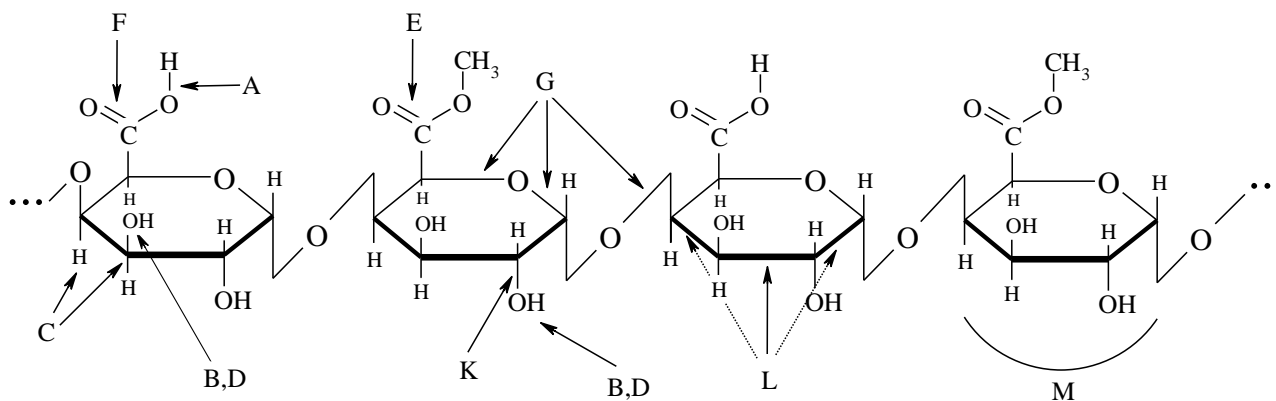


Рисунок 8 – Фрагмент молекулы пектина с характерными функциональными группами

Таблица 2 – Характеристические полосы поглощения функциональных групп пектина в ИК спектрах

Пик	Интервал колебаний, см <sup>-1</sup>	Колебания функциональных групп
A	3564-3527	Колебания О–Н связи карбоксильных (COOH) групп
B	3452-3439	Широкая полоса колебаний спиртовых О–Н групп и воды
C	2941-2920	Колебания С–Н связей
D	2420-2400	Валентные колебания ассоциированных О–Н связей
E	1747-1743	Колебания С=О связей карбоксиметильных (COOCH <sub>3</sub> ) групп
F	1668-1635	Колебания С=О связей карбоксильных (COOH) групп
G	1292-1252	Колебания С–О–С связей эфиров
K	1169-1043	Колебания групп С–О–Н вторичных спиртов
L	990-960	Колебания С–С связей
M	908-906	Колебания пиранозного цикла

Как свидетельствуют спектры ИК, приведенные на рис. 4 – 7, во всех опытных образцах пектина присутствует полный набор колебаний, характерных для этих соединений. Отличие интенсивностей идентичных пиков для ИК спектров разных пектинов обусловлена разностью содержания опытного образца в таблетке бромида калия, а также присутствием остаточной влаги, наличие которой обычно ведет к расширению пиков колебаний полярных функциональных групп, таких как гидроксильные и карбоксильные группы.

Данные ИК спектров не выявили каких-либо заметных расхождений в молекулярном строении пектинов, полученных с использованием обработки яблочных выжимок давлением разной величины или без таковой. Этот факт, с одной стороны, свидетельствует о том, что действие ВД не приводит к исчезновению характерных для пектина функциональных групп или появлению несвойственных. С другой стороны, данные ИК спектроскопии не позволяют утверждать, что при действии ВД сохраняется исходная длина молекулы, поскольку и нативный полимер и его олигомерные фрагменты имеют одинаковый набор функциональных групп. Но вопрос сохранения длины полимера был решен выше путем определения величин молекулярных масс.

**Выводы.** В статье исследовано влияние обработки высоким давлением яблочных выжимок на выход пектина. Установлено, что рациональными параметрами обработки является действие давления 400 МПа в течение 15 мин, при которой выход пектина увеличивается от 25 до 31,5 % по сравнению с выходом пектина из необработанных выжимок (для смеси сортов яблок и сорта «Антоновка обычная»). Исследованы величины молекулярных масс пектинов и их ИК спектры и показано, что на них не влияет обработка давлением, которое испытало пектинсодержащее сырье. Таким образом, предварительная обработка яблочных выжимок высоким давлением позволяет увеличить степень извлечения пектина и не разрушает его молекулярную структуру.

#### Список использованной литературы:

1. Соколов С.А., Зотова И.А., Кураш М.А. Экспериментальная оценка влияния обработки высоким гидростатическим давлением на микробиологические показатели и витаминный состав яблочного жмыха // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2022. № 2. С. 185-199.
2. Донченко Л.В. Технология пектина и пектинопродуктов. Москва: Дели, 2000. 256 с.
3. Сокол Н.В., Хатко З.Н., Донченко Л.В., Фирсов Г.Г. Состояние рынка пектина в России и за рубежом // Новые технологии. 2008. №6. С.30-35.
4. Катанаева Ю.А., Соколов С.А., Севаторов Н.Н. Современное состояние технологий с использованием высокого давления для обработки пищевых продуктов // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2022. № 3. С. 143-161.
5. Соколов С.А., Кураш М.А. Современное состояние вопросов переработки отходов яблочного сока // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2022. № 4. С. 331-360.
6. Алеева С.В., Кокшаров С.А. Особенности биохимической мацерации отечественного и импортного льняного сырья: сопоставительный анализ химического строения пектиновых веществ // Химия растительного сырья. 2010. № 3. С. 11-16.
7. Злобин А.А., Жуков Н.А., Оводова Р.Г., Попов С.В. Состав и свойства пектиновых полисахаридов шрота шиповника // Химия растительного сырья. 2007. № 4. С. 91-94.
8. Левданский В.А., Бутылкина А.И., Иванченко Н.М., Кузнецов Б.Н. Экстрактивная переработка коры ели сибирской в ценные химические продукты // Химия растительного сырья. 2011. № 1. С. 93-99.
9. Патент № 59570 Украина. Способ получения пектина из яблочных выжимок / В.А. Сукманов, И.А. Зотова. А23L1/052. 2011. Бюл. №10.
10. Патент № 68276 Украина. Способ получения пектина с использованием высокого давления / В.А. Сукманов, И.А. Зотова. А23L1/052. 2012. Бюл. № 6.

11. Шелухина Н.П., Абаева Р.Ш., Аймухамедова Г.Б. Пектин и параметры его получения. Фрунзе: Илим, 1987. 108 с.
12. Арасимович В.В., Балтага С.В., Пономарева Н.П. Методы анализа пектиновых веществ, гемицеллюлоз и пектолитических ферментов в плодах. Кишинев, 1970. 84 с.
13. Преч Э., Бюльманн Ф., Аффольтер К. Определение строения органических соединений. Таблицы спектральных данных. Москва: Мир; БИНОМ; Лаборатория знаний. 2006. 438 с.

References:

1. Sokolov S.A., Zotova I.A., Kurash M.A. Eksperimental'naya ocenka vliyaniya obrabotki vysokim gidrostaticheskim davleniem na mikrobiologicheskie pokazateli i vitaminnyj sostav yablochnogo zhmyha [Experimental assessment of the effect of treatment with high hydrostatic pressure on microbiological parameters and vitamin composition of apple pomace]. *Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kerch State Marine Technological University], 2022, no. 2, pp. 185-199. (In Russian).
2. Donchenko L.V. *Tekhnologiya pektina i pektinoproduktov* [Technology of pectin and pectin products]. Moscow, Deli Publ., 2000, 256 p. (In Russian).
3. Sokol N.V., Khatko Z.N., Donchenko L.V., Firsov G.G. Sostoyaniye rynka pektina v Rossii i za rubezhom [State of the pectin market in Russia and abroad]. *Novyye tekhnologii* [New technologies], 2008, no. 6, pp. 30-35. (In Russian).
4. Katanaeva Yu.A., Sokolov S.A., Sevatorov N.N. Sovremennoye sostoyaniye tekhnologiy s ispol'zovaniyem vysokogo davleniya dlya obrabotki pishchevykh produktov [State of the art in high pressure food processing technology]. *Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kerch State Marine Technological University], 2022, no. 3, pp. 143-161. (In Russian).
5. Sokolov S.A., Kurash M.A. Sovremennoye sostoyaniye voprosov pererabotki otkhodov yablochnogo soka [Current state of apple juice waste processing issues]. *Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kerch State Marine Technological University], 2022, no. 4, pp. 331-360. (In Russian).
6. Aleeva S.V., Koksharov S.A. Osobennosti biokhimicheskoy matsratsii otechestvennogo i importnogo l'nyanogo syr'ya: sopostavitel'nyy analiz khimicheskogo stroyeniya pektinovykh veshchestv [Features of biochemical maceration of domestic and imported flax raw materials: comparative analysis of the chemical structure of pectin substances]. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant materials], 2010, no. 3, pp. 11-16. (In Russian).
7. Zlobin A.A., Zhukov N.A., Ovodova R.G., Popov S.V. Sostav i svoystva pektinovykh polisakharidov shrota shipovnika [Composition and properties of pectin polysaccharides in rosehip meal]. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant materials], 2007, no. 4, pp. 91-94. (In Russian).
8. Levdansky V.A., Butylkina A.I., Ivanchenko N.M., Kuznetsov B.N. Ekstraktivnaya pererabotka kory yeli sibirskoy v tsennyie khimicheskiye produkty [Extractive processing of Siberian spruce bark into valuable chemical products]. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant materials], 2011, no. 1, pp. 93-99. (In Russian).
9. Sukmanov V.A., Zotova I.A. *Sposob polucheniya pektina iz yablochnykh vyzhimok* [Method for obtaining pectin from apple pomace]. Patent Ukraine no. 59570, A 23 L1/052, 2011. (In Russian).
10. Sukmanov V.A., Zotova I.A. *Sposob polucheniya pektina s ispol'zovaniyem vysokogo davleniya* [Method for producing pectin using high pressure]. Patent Ukraine no. 68276, A 23 L1/052, 2012. (In Russian).
11. Shelukhina N.P., Abaeva R.Sh., Aimukhamedova G.B. *Pektin i parametry yego polucheniya* [Pectin and parameters for its production]. Frunze, Ilim Publ., 1987, 108 p. (In Russian).
12. Arasimovich V.V., S.V. Baltaga S.V., Ponomareva N.P. *Metody analiza pektinovykh veshchestv, gemitsellyuloz i pektoliticheskikh fermentov v plodakh* [Methods for the analysis of

- pectin substances, hemicelluloses and pectolytic enzymes in fruits]. Kishinev, 1970, 84 p. (In Russian).
13. Prech E., Bühlmann F., Affolter K. *Opredeleniye stroyeniya organicheskikh soyedineniy. Tablitsy spektral'nykh dannykh* [Determination of the structure of organic compounds. Spectral Data Tables]. Moscow, Mir Publ., BINOMIAL Publ., Knowledge Laboratory Publ., 2006, 438 p. (In Russian).

Сведения об авторах / Information about authors

- |  |  |
|--|--|
| <b>Зотова<br/>Ирина Александровна</b>    | канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры естествознания и безопасности жизнедеятельности<br>Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского<br>83050, Донецкая Народная Республика, г. Донецк, ул. Щорса, 31<br>irinina.po@mail.ru |
| Zotova<br>Irina Alexandrovna             | Ph.D. (Engin.), Associate professor, Department of Natural Science and Life Safety<br>Donetsk National University of economics and trade named after Mikhail Tugan-Baranovsky<br>83050, Donetsk People's Republic, Donetsk, Shchorsa str., 31<br>irinina.po@mail.ru        |
| <b>Кураш<br/>Мария<br/>Александровна</b> | ассистент кафедры общеинженерных дисциплин<br>Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского<br>83050, Донецкая Народная Республика, г. Донецк, ул. Щорса, 31<br>buenamaria@mail.ru   |
| Kurash<br>Maria<br>Aleksandrovna         | Assistant at the Department of General Engineering Disciplines<br>Donetsk National University of economics and trade named after Mikhail Tugan-Baranovsky<br>83050, Donetsk People's Republic, Donetsk, Shchorsa str., 31<br>buenamaria@mail.ru                            |
| <b>Соколов<br/>Сергей Анатольевич</b>    | д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры машин и аппаратов пищевых производств<br>Керченский государственный морской технологический университет<br>298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82<br>sokoloff1906@mail.ru                                    |
| Sokolov<br>Sergey Anatolyevich           | Dr. Sci. (Engin.), professor, Professor of the Department of machines and apparatus of food production Kerch State Maritime Technological University<br>298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82<br>sokoloff1906@mail.ru                                  |

Катанаева Ю.А.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КОНВЕКТИВНОЙ СУШКИ КОЖУРЫ ГРАНАТА

**Аннотация.** При производстве гранатового сока образуется большое количество отходов, которые могут являться потенциальным источником сырья для пищевой и других отраслей промышленности. Высокий уровень биологически активных соединений, который содержится в кожуре граната, делает ее привлекательной для дальнейшей переработки для получения компонентов с высокой добавочной стоимостью, которые можно использовать в качестве функциональных ингредиентов. В связи с высокой влажностью гранатовой кожуры срок её хранения весьма ограничен. Для продления сроков ее хранения применяют различные физические и химические технологии. Одной из таких технологий, позволяющих значительно увеличить сроки хранения является сушка. Конвективная сушка является наиболее широко используемым методом дегидратации высоковлажных материалов. Для повышения эффективности процесса конвективной сушки необходимо экспериментально определить основные параметры процесса, определить кинетику сушки. В результате исследования было установлено, что повышение температуры в сушильном шкафу увеличило потенциал сушки и, следовательно, сократило время сушки.

**Ключевые слова:** кожура граната, температура, влажность, конвективная сушка, коэффициент диффузии.

Katanaeva Yu.A.

## INVESTIGATION OF THE PROCESS OF CONVECTIVE DRYING OF POMEGRANATE PEEL

**Abstract.** During the production of pomegranate juice, a large amount of waste is generated, which can be a potential source of raw materials for food and other industries. The high level of biologically active compounds contained in the pomegranate peel makes it attractive for further processing to obtain components with high added value that can be used as functional ingredients. Due to the high humidity of the pomegranate peel, its shelf life is very limited. Various physical and chemical technologies are used to extend its shelf life. One of such technologies that significantly increase the shelf life is drying. Convective drying is the most widely used method of dehydration of high-moisture materials. To increase the efficiency of the convective drying process, it's necessary to experimentally determine the main parameters of the process and the kinetics of drying. As a result of the study, it was found that increasing the temperature in the drying cabinet increases the drying potential and, consequently, reduces the drying time.

**Keywords:** pomegranate peel, temperature, humidity, convective drying, diffusion coefficient.

**Введение.** Основным промышленным применением плодов граната является производство сока, а также их используют при производстве мармелада, концентратов, ароматизаторов и красителей [1]. Производство и потребление гранатов постоянно растёт благодаря их богатым питательным свойствам и высокому содержанию полифенолов [2].

При переработке гранатового сока кожура граната является основным побочным продуктом, составляя примерно 40-50 % от массы сырья, что неизбежно влечет за собой увеличение количества образующихся отходов, которые богаты активными соединениями и потенциально могут выступать источником компонентов с высокой добавленной стоимостью широко применяемых в различных отраслях промышленности и медицины. Утилизация отходов граната является серьёзной экономической и экологической проблемой для промышленности, и это объясняет, почему существует такой большой интерес к выявлению альтернативных способов их использования [3, 4].

Кожура граната содержит много биологически активных соединений, таких как

пищевые волокна, витамины, минералы, полифенолы, в том числе флавоноиды, фенольные кислоты и дубильные вещества и т.п. Многочисленные исследования *in vitro* и *in vivo* показали, что эти вещества обладают широким спектром биологической активности и полезных свойств для здоровья человека и могут быть использованы либо в качестве функциональных пищевых ингредиентов, либо в качестве пищевых добавок [5], а также благодаря их антиоксидантной и антимикробной активностям, улучшают качество, безопасность и продлевают срок хранения различных видов пищевых продуктов [2].

Поскольку кожура граната после производства гранатового сока, представляет собой высоковлажный скоропортящийся продукт, то дегидратация является наиболее применимым хорошо изученным методом консервирования. Сушка – это один из старейших процессов, используемых для сохранения и продления срока хранения различных пищевых продуктов. Основная цель сушки – удаление излишней влаги из обрабатываемого сырья до необходимого уровня, при котором значительно снижается микробиологическая активность в результате химических реакций, при сохранении искомых значений пищевой ценности, цвета и текстуры. Сушка имеет множество преимуществ: уменьшает вес и объем продуктов, облегчает хранение, упаковку и транспортировку продуктов, а также придает им различные вкусовые качества и запахи.

Конвективная сушка – это традиционный метод, основанный на испарении влаги путём термической обработки для предотвращения роста микроорганизмов в продукте. Конвективная сушка менее энергоёмкий процесс по сравнению с другими видами сушки [6, 7]. Снижение активности воды, вызванное потерей влаги, увеличивает потерю сахара, белка, красящих веществ и функциональных компонентов, чувствительных к нагреванию. Применяемый не высокий при конвективной сушке диапазон температур позволяет сократить естественные потери искомых компонентов в обрабатываемом сырье [8].

Цветовые характеристики и степень усадки в процессе сушки являются одними из наиболее важных свойств внешнего вида, на которые влияют условия процесса [9]. В работе [10] оценивались сенсорные признаки, такие как образование темного цвета, низкая способность к регидратации и высокая твердость овощей и фруктов, высушенных горячим воздухом. Кроме того, сообщалось о положительном влиянии тепловой обработки на функциональные свойства продуктов, содержащих бета-каротин и флавоноиды. Сохранение внешнего вида, текстуры и функциональных свойств высушенных продуктов являются основными требованиями сушки. Считается, что конвективная сушка может быть использована как более эффективный и экологически чистый метод дегидратации пищевых продуктов. Этот метод сушки характеризуется простотой и надежностью [11, 12].

**Целью исследования** является экспериментальное определение основных параметров конвективной сушки кожуры граната в сушильном шкафу при различных температурах (40 °С, 50 °С и 60 °С), построение и анализ кривых сушки и скорости сушки.

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

Исследования проводились в сушильном шкафу (Kitfort) с принудительной циркуляцией воздуха, который представлен на рисунке 1. Габаритные размеры сушилки: высота 0,60 м, ширина 0,60 м и глубина 0,60 м. Сушилка состоит из лотков из нержавеющей стали (580x580x15 мм), регулятора температуры (0-100 °С) и центробежного вентилятора для подачи воздуха (1,0 м/с).

Первоначальное содержание влаги в кожуре граната составило 70,74 %, которое определили путём обезвоживания ломтиков кожуры граната в специальной лабораторной установке при температуре  $105 \pm 3$  °С до постоянной массы. Гранаты сорта «Никитский ранний» приобретались в торговой сети «Молоко» города Донецка. В процессе экспериментально-исследовательской работы кожуру отделяли вручную от сочных зерен граната, сразу после очистки кожуру нарезали на полоски размером  $70 \pm 0,5$  мм (длина),  $10 \pm 0,5$  мм (ширина), масса одновременно обрабатываемого в шкафу образца составляла  $200 \pm 2$  г.



Рисунок 1 – Электробытовой сушильный шкаф Kitfort

Исследования проводились при температурах 40, 50 и 60°C и скорости воздуха 1 м/с. Уменьшение содержания влаги во время сушки контролировали гравиметрическим методом (потеря массы), взвешивая образцы каждые 20 минут с помощью электронных весов Pocket Scale MH-200 с дискретностью 0,01 г. Сушку продолжали до тех пор, пока не исчезнут изменения в потере массы. Повторность экспериментальных исследований трехкратное для каждого значения температуры. В конце был взят образец сухой кожуры граната для определения влагосодержания по методу высушивания до постоянной массы согласно ГОСТ 15113.4-77 [13].

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

В ходе исследований контролировали следующие параметры: масса кожуры граната, температура сушки и время сушки. Данные об изменениях указанных этих параметров отслеживались с интервалом 20 минут.

В предварительно нагретый до температуры эксперимента 40 °С, сушильный шкаф исследуемые образцы кожуры граната помещали на лоток из нержавеющей стали. Массу образцов кожуры граната измеряли каждые 20 минут. Эксперимент заканчивался, когда масса образцов не изменялась в течение трех измерений подряд. Далее проводились измерения при температурах 50 °С и 60 °С, соответственно. Таким образом, были получены данные о рабочих параметрах процесса конвективной сушки.

Влагосодержание кожуры граната во время сушки рассчитывали по формуле (1):

$$u = \frac{(W_{\tau} - W_p)}{(W_0 - W_p)}, \quad (1)$$

где  $W_{\tau}$  – влажность материала в момент времени  $\tau$ ;

$W_0$  – влажность материала начальная;

$W_p$  – равновесная влажность.

Равновесная влажность  $W_p$  была получена путем увеличения времени сушки до тех пор, пока не наблюдалось заметной потери массы. В исследовании сушку кожуры граната продолжали до тех пор, пока не исчезнут изменения в потере массы, следовательно значение равновесного содержания влаги  $W_p$  по сравнению с  $W_{\tau}$  и  $W_0$  пренебрежимо мало. Поэтому выражение для  $u$  можно упростили до  $W_{\tau} / W_0$  вместо  $\frac{(W_{\tau} - W_p)}{(W_0 - W_p)}$ .

Скорость сушки кожуры граната была рассчитана с использованием уравнения (2):

$$\vartheta = \frac{dW}{d\tau} = \frac{(W_{\tau_1} - W_{\tau_2})}{(\tau_2 - \tau_1)}, \quad (2)$$



где  $\tau_1$  и  $\tau_2$  – время сушки (ч);

$W_{\tau_1}$  и  $W_{\tau_2}$  – содержание влаги в обрабатываемых образцах в момент времени  $\tau_1$  и  $\tau_2$ , соответственно.

При конвективной сушке влажных материалов влага перемещается в материале по направлению от центра кусков материала к периферии, где материал омывается сушильным воздухом. Такое перемещение влаги носит название влагопроводности. Влагопроводность в основном диффузионный процесс, движущей силой которого является разность между концентрациями влаги в различных точках материала. Коэффициент диффузии влаги в бесконечном слое описывается уравнением (3) [14].

$$\frac{dW}{d\tau} = \nabla [D_{\text{эфф}} (\nabla W)], \quad (3)$$

где  $D_{\text{эфф}}$  – эффективный коэффициент диффузии ( $\text{м}^2/\text{с}$ );

$\nabla W$  – вектор градиента влагосодержания.

Чтобы оценить влияние температуры процесса сушки на эффективную диффузионную способность образцов, использовали уравнение Аррениуса (4).

$$D_{\text{эфф}} = D_0 \exp\left(-\frac{E_a}{RT_a}\right), \quad (4)$$

где  $D_0$  – предэкспоненциальный множитель величина, которого зависит от структуры материала и механизма диффузии) ( $\text{м}^2/\text{с}$ );

$E_a$  – энергия активации диффузии (кДж/моль);

$R$  – универсальная газовая постоянная (8,314 Дж/кмоль К);

$T_a$  – абсолютная температура (К).

Соотношение (4) преобразуем в линейное уравнение, представив его в логарифмическом виде:

$$\ln(D_{\text{эфф}}) = \ln(D_0) - \left(\frac{E_a}{RT_a}\right), \quad (5)$$

Наклон  $k$  можно получить, построив график  $\ln(D_{\text{эфф}})$  и  $1/T_a$ , что позволяет рассчитать энергию активации  $E_a$  для конвективной сушки кожуры граната, выраженную в кДж/моль:

$$k = \frac{E_a}{R}.$$

Учитывая равномерное распределение влаги внутри исследуемого продукта, постоянную диффузионную способность и незначительную усадку согласно [15], мы воспользуемся аналитическим решением второго закона Фика, который рассматривает геометрическую форму образцов как близкую к форме бесконечной плоской пластины, без учета объемного сжатия во время процесса [16].

$$U = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \left[ \exp\left(\frac{-(2n+1)^2 \pi^2 D_{\text{эфф}}}{4L^2}\right) \right], \quad (6)$$

где  $L$  – это половина толщины кожуры граната, м;

$n$  – положительное целое число.

В случае более длительных интервалов сушки приведенное выше уравнение (6) может быть упрощено до уравнения первого порядка. Кинетическая модель первого порядка представлена в виде:

$$\ln U = \ln \left( \frac{8}{\pi^2} \right) - \left( \frac{\pi^2 D_{эф}}{4L^2} \right) \quad (7)$$

Из уравнения (7) график между  $\ln U$  и временем сушки будет представлять собой прямую линию, а наклон этой прямой к оси абсцисс равен  $K$  при постоянной температуре:

$$K = \frac{\pi^2 D_{эф}}{4L^2} .$$

Графическая интерпретация результатов исследования приведена на рисунках 2, 3 и 4.

Изменения содержания влаги в кожуре граната в зависимости от времени сушки при различных температурах процесса представлены на рисунке 2. Результат показал, что содержание влаги в кожуре граната экспоненциально уменьшалось по мере увеличения времени сушки. Время сушки, необходимое для достижения конечного содержания влаги в кожуре граната, составило 15, 11 и 8 часов при температуре в сушильном шкафу 40 °С, 50 °С и 60 °С соответственно. Можно отметить, что повышение температуры в шкафу значительно сократило время сушки.

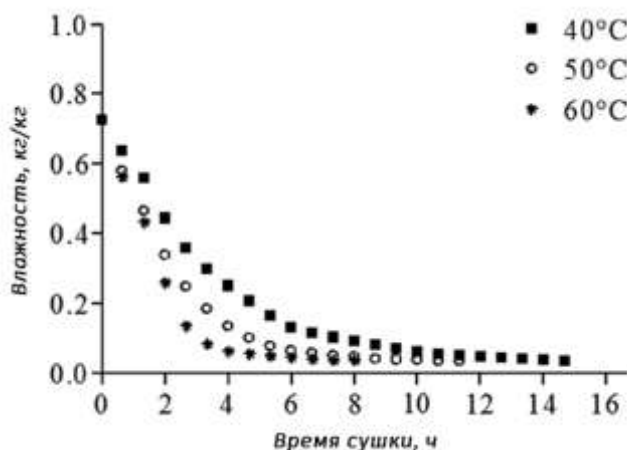


Рисунок 2 – Кривые сушки высушиваемой кожуры граната при температурах 40 °С, 50 °С и 60 °С

Скорость сушки в зависимости от содержания влаги представлена на рисунке 3.

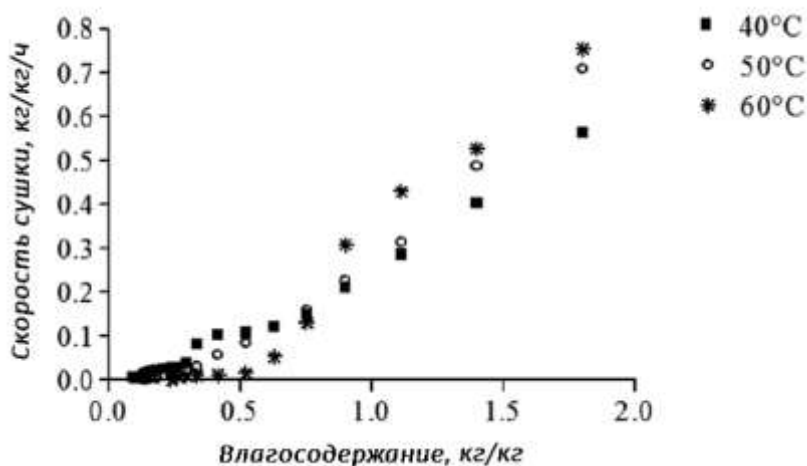


Рисунок 3 – Изменение скорости сушки в зависимости от влагосодержания в кожуре граната

Средняя скорость сушки была выше в начале процесса дегидратации, возможно, из-за испарения влаги с поверхности кожуры, которая позже уменьшалась с уменьшением содержания влаги во всем диапазоне температур сушки. Кроме того, сушка происходила с нормальной скоростью падения во всем диапазоне температур, что указывает на то, что внутренний массоперенос происходил за счет диффузии. С уменьшением влагосодержания материала внутридиффузионное сопротивление увеличивается, поэтому общее сопротивление диффузии возрастает, и скорость сушки падает.

Температура воздуха во время сушки оказывает существенное влияние на скорость сушки. Сокращение времени сушки при повышении температуры сушки связано с увеличением давления водяного пара внутри кожуры, что ускоряет удаление влаги.

Постоянная сушки, равновесное содержание влаги и коэффициент диффузии влаги увеличиваются с повышением температуры.

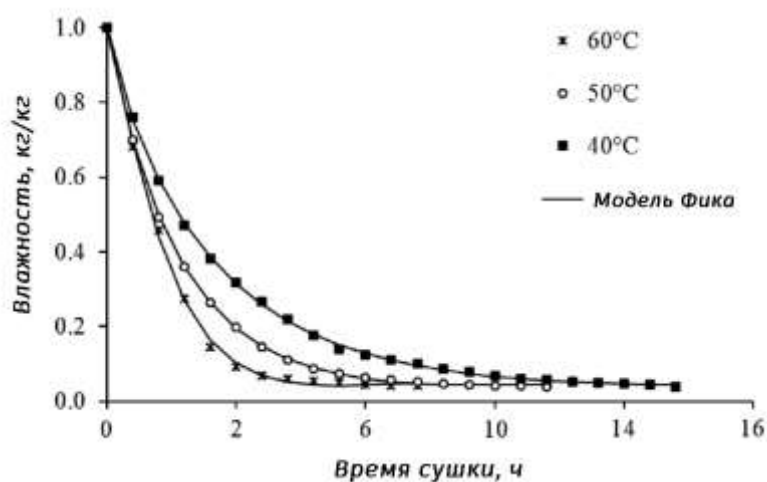


Рисунок 4 – Кинетика сушки кожуры граната при температурах 40, 50 и 60 °C

Подобранный параметр ( $D_{эф}$ ) и статистические данные были получены с использованием одностороннего дисперсионного анализа ANalysis Of VAriance (ANOVA) и приведены в таблице 1. Для проверки регрессионных корректировок использовались два параметра – критерий Фишера  $F$  и коэффициент детерминации  $R^2$ .

Таблица 1 – Коэффициент диффузии влаги и статистические данные ANOVA

$t, (°C)$	$D_{эф}, (м^2/с)$	$R^2$	$F$
40	$7,69 \cdot 10^{-11}$	0,99	3502
50	$8,89 \cdot 10^{-11}$	0,96	1436
60	$1,57 \cdot 10^{-10}$	0,93	434

Учитывая два первых члена уравнения (6), эффективная диффузия влаги ( $D_{эфф}$ ) увеличивалась при повышении температуры в сушильном шкафу.

**Выводы.** В результате проведенного экспериментального исследования конвективной сушки кожуры граната выявлено, что температура воздуха во время сушки оказывает существенное влияние на скорость сушки. Время сушки, необходимое для достижения конечного содержания влаги в коже граната, составило 15, 11 и 8 часов при температуре в сушильном шкафу 40 °C, 50 °C и 60 °C соответственно. Повышение температуры сушки в сушильном шкафу увеличило потенциал сушки и, следовательно, сократило время сушки. Детальное изучение кинетики позволяет организовать процесс сушки с наименьшими энергозатратами и получать продукт высокого качества. Это также важно для проектирования и оптимизации самого процесса сушки.

В дальнейших исследованиях следует оценить влияние высокой температуры сушки кожуры граната на искомые её компоненты.

Список использованной литературы:

1. Эшматов Ф.Х., Додаев К.О., Хасанов Х.Т. Переработка плодов граната на соки и концентраты // Пиво и напитки. 2005. № 2. С.46-47.
2. Катанаяева Ю.А. Перспективы использования отходов граната для производства функциональных пищевых продуктов // Материалы пула научно-практических конференций: Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского; Керченский государственный морской технологический университет; Луганский государственный педагогический университет; Луганский государственный университет имени Владимира Даля. Керчь, 2023. С. 143-149.
3. Гафизов С.Г., Гафизов Г.К. Гранат как экзотический фрукт и объект обработки биотехнологическими методами с целью сохранения потребительской стоимости // Актуальная биотехнология. 2018. № 3 (26). С. 489-491.
4. Silva L.D.O., Garrett R., Monteiro M.L.G. et al. Pomegranate (*Punica Granatum*) peel fractions obtained by supercritical CO<sub>2</sub> increase oxidative and colour stability of bluefish (*pomatomus saltatrix*) patties treated by uv-c irradiation // Food Chem. 2021. Vol. 362. P. 130-159.
5. Патент SU 1733448 А1. Способ комплексной переработки корки и перегородок плодов граната / Г.К. Гафизов, Л.Г. Семочкина. С 09 В 61/00. 1992. Бюл. № 18.
6. Яшонков А.А. Экспериментальное исследование сохранности витаминов в рыбном сырье при получении пористых сушеных продуктов // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2018. № 2. С. 39-44.
7. Miranda M., Vega-Galvez A., Lopez J. et al. Impact of air-drying temperature on nutritional properties, total phenolic content and antioxidant capacity of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Wild) // Ind. Crop. Prod. 2010. Vol. 32. P. 258-263.
8. Karaman S., Toker O.S., Çam M. et al. Bioactive and physicochemical properties of persimmon as affected by drying methods // Dry. Technol. 2013. Vol. 32. P. 258-267.
9. Cenadeera W., Adiletta G., Önal B. et al. Influence of different convective drying temperatures on drying kinetics, shrinkage, and colour of persimmon slices // Foods. 2020. Vol. 9. P. 101-140.
10. Dal-Bó V., Freire J.T. Effects of lyophilization on colorimetric indices, phenolic content, and antioxidant activity of avocado (*Persea americana*) pulp // Food Control. 2022. Vol. 132. P. 108526-108534.
11. El-Mesery H.S. Improving the thermal efficiency and energy consumption of convective dryer using various energy sources for tomato drying // Alex. Eng. J. 2022. Vol. 61. P. 10245-10261.
12. Яшонков А.А. Исследование процесса конвективной сушки снетка // Материалы пула научно-практических конференций: Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского; Керченский государственный морской технологический университет; Луганский государственный педагогический университет; Луганский государственный университет имени Владимира Даля. Керчь, 2023. С. 63-67.
13. ГОСТ 15113.4-77. Концентраты пищевые. Методы определения влаги. М.: Межгосударственный стандарт, 1979. 3 с.
14. Бекман И.Н. Математика диффузии: учебное пособие. М.: ОнтоПринт, 2016. 400 с.
15. García-Perez J.V., Blasco M., Cárcel J.A. et al. Drying kinetics of grapes stalk defect diffuse // Forum 258-260. 2006. P. 225-230.
16. Гинзбург А.С., Савина И.М. Массовлагодобменные характеристики пищевых продуктов: справочник. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 280 с.

References:

1. Eshmatov F.Kh., Dodayev K.O., Khasanov Kh.T. Pererabotkaplodov granata na soki i kontsentraty [Processing of pomegranate fruits into juices and concentrates]. *Pivo i napitki* [Beer and drinks], 2005, no. 2, pp. 46-47. (In Russian).
2. Katanayeva Yu.A. Perspektivy ispol'zovaniya otkhodov granata dlya proizvodstva funktsional'nykh pishchevykh produktov [Prospects for the use of pomegranate waste for the

- production of functional food products] *Materialy pula nauchno-prakticheskikh konferentsiy: Donetskii natsional'nyy universitet ekonomiki i torgovli imeni Mikhaila Tugan-Baranovskogo; Kerchenskiy gosudarstvennyy morskoy tekhnologicheskii universitet; Luganskiy gosudarstvennyy pedagogicheskii universitet; Luganskiy gosudarstvennyy universitet imeni Vladimira Dalya* [Materials of the pool of scientific and practical conferences: Donetsk National University of Economics and Trade named after Mikhail Tugan-Baranovsky; Kerch State Marine Technological University; Lugansk State Pedagogical University; Lugansk State University named after Vladimir Dahl]. Kerch, 2023, pp. 143-149. (In Russian).
3. Gafizov S.G., Gafizov G.K. Granat kak ekzoticheskiy frukt i ob'yekt obrabotki biotekhnologicheskimi metodami s tsel'yu sokhraneniya potrebitel'skoy stoimosti [Pomegranate as an exotic fruit and an object of processing by biotechnological methods in order to preserve consumer value] *Aktual'naya biotekhnologiya* [Actual Biotechnology], 2018, vol. 3, no. 26, pp. 489-491. (In Russian).
  4. Silva L.D.O., Garrett R., Monteiro M.L.G. et al. Pomegranate (punica granatum) peel fractions obtained by supercritical CO<sub>2</sub> increase oxidative and colour stability of bluefish (pomatomus saltatrix) patties treated by uv-c irradiation. *Food Chem.*, 2021, vol. 362, pp. 130-159. (In English).
  5. Gafizov G.K., Semochkina L.G. Sposob kompleksnoy pererabotki korki i peregorodok plodov granata [The method of complex processing of peel and partitions of pomegranate fruits]. Patent SU no. 1733448 A1, C 09 B 61/00, 1992. (In Russian).
  6. Yashonkov A.A. Eksperimental'noye issledovaniye sokhrannosti vitaminov v rybnom syr'ye pri poluchenii poristyykh sushenykh produktov [Experimental study of the preservation of vitamins in fish raw materials when obtaining porous dried products]. *Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta – Kerch State Marine Technological University*, 2018, no. 2, pp. 39-44. (In Russian).
  7. Miranda M., Vega-Galvez A., Lopez J. et al. Impact of air-drying temperature on nutritional properties, total phenolic content and antioxidant capacity of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Wild). *Ind. Crop. Prod.*, 2010, vol. 32, pp. 258-263. (In English).
  8. Karaman S., Toker O.S., Çam M. et al. Bioactive and physicochemical properties of persimmon as affected by drying methods. *Dry. Technol.*, 2013, vol. 32, pp. 258-267. (In English).
  9. Cenadeera W., Adiletta G., Önal B. et al. Influence of different convective drying temperatures on drying kinetics, shrinkage, and colour of persimmon slices. *Foods*, 2020, vol. 9, pp. 101-140. (In English).
  10. Dal-Bó V., Freire J.T. Effects of lyophilization on colorimetric indices, phenolic content, and antioxidant activity of avocado (*Persea americana*) pulp. *Food Control*, 2022, vol. 132, pp. 108526-108534. (In English).
  11. El-Mesery H.S. Improving the thermal efficiency and energy consumption of convective dryer using various energy sources for tomato drying. *Alex. Eng. J.*, 2022, vol. 61, pp. 10245-10261. (In English).
  12. Yashonkov A.A. Issledovaniye protsessa konvektivnoy sushki snetka [Study of the process of convective drying of smelt] *Materialy pula nauchno-prakticheskikh konferentsiy: Donetskii natsional'nyy universitet ekonomiki i torgovli imeni Mikhaila Tugan-Baranovskogo; Kerchenskiy gosudarstvennyy morskoy tekhnologicheskii universitet; Luganskiy gosudarstvennyy pedagogicheskii universitet; Luganskiy gosudarstvennyy universitet imeni Vladimira Dalya* [Materials of the pool of scientific and practical conferences: Donetsk National University of Economics and Trade named after Mikhail Tugan-Baranovsky; Kerch State Marine Technological University; Lugansk State Pedagogical University; Lugansk State University named after Vladimir Dahl]. Kerch, 2023, pp. 63-67. (In Russian).
  13. *GOST 15113.4-77. Kontsentraty pishchevyye. Metody opredeleniya vlagi* [State Standard Food concentrates. Moisture determination methods]. Moscow, Mezhdgosudarstvennyy standart Publ., 1979, 3 p. (In Russian).

14. Bekman I.N. *Matematika diffuzii* [Mathematics of diffusion]. Moscow, OntoPrint Publ., 2016, 400 p. (In Russian).
15. García-Perez J.V., Blasco M., Cárcel J.A. et al. Drying kinetics of grapes stalk defect diffuse. *Forum* 258-260, 2006, pp. 225-230. (In English).
16. Ginzburg A.S., Savina I.M. *Massovlagoobmennyye kharakteristiki pishchevykh produktov* [Mass-moisture exchange characteristics of food products]. Moscow, Legkaya i pishhevaya promyshlennost' Publ., 1982, 280 p. (In Russian).

Сведения об авторе / Information about author

<b>Катанаева</b>	канд. техн. наук, доцент кафедры общеинженерных дисциплин
<b>Юлия Александровна</b>	Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского
	83050, Донецкая Народная Республика, г. Донецк, ул. Щорса, 31
	katanaeva_ua@mail.ru
Katanaeva	Ph.D. (Engin.) Associate Professor at the Department of General
Yuliya Aleksandrovna	Engineering Disciplines
	Donetsk national University of Economics and trade named after
	Mikhail Tugan-Baranovsky
	83050, Donetsk, Shchorsa str., 31
	katanaeva_ua@mail.ru

Ким Э.Н., Тимчук Е.Г., Глебова Е.В., Лаптева Е.П., Заяц Е.А.

## МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ КОПЧЕНОЙ РЫБНОЙ ПРОДУКЦИИ

**Аннотация.** Статья посвящена методическим основам создания моделей оценки качества и безопасности копченой рыбной продукции. Приведены результаты маркетинговых исследований копченой рыбной продукции. Выявлены наиболее значимые показатели качества, послужившие основой идентификации потребительских предпочтений, что позволило разработать матрицу потребительских требований копченой рыбной продукции. Полученные потребительские требования, показатели качества и безопасности, идентифицированные в стандартах и требованиях Технических регламентов Таможенного и Евразийского союзов, позволили разработать дерево показателей качества и безопасности копченой рыбной продукции. Предложена расчетная формула комплексного показателя качества и безопасности копченой рыбной продукции. Принцип ее построения имеет универсальный характер и позволяет оценивать качество всего ассортимента копченой рыбной продукции в процессе ее производства, хранения, транспортирования и реализации.

**Ключевые слова:** модель оценки качества и безопасности, качество, безопасность, копченая рыбная продукция.

Kim E.N., Timchuk E.G., Glebova E.V., Lapteva E.P., Zayats E.A.

## QUALITY AND SAFETY ASSESSMENT MODEL OF SMOKED FISH PRODUCTS

**Annotation.** The article is devoted to the methodological foundations for creating models for assessing the quality and safety of smoked fish products. The results of marketing researches of smoked fish products are given. The most significant quality indicators were identified, which served as the basis for identifying consumer preferences, which made it possible to develop a matrix of consumer requirements for smoked fish products. The obtained consumer requirements, quality and safety indicators, identified in the standards and requirements of the Technical Regulations of the Customs and Eurasian Unions, made it possible to develop a tree of quality and safety indicators for smoked fish products. A calculation formula for a complex indicator of the quality and safety of smoked fish products is proposed. The principle of its construction is universal and allows assessing the quality of the entire range of smoked fish products in the process of its production, storage, transportation and sale.

**Keywords:** quality and safety assessment model, quality, safety, smoked fish products.

**Введение.** Производители копченой рыбной продукции в условиях интенсивной конкуренции на рынке Российской Федерации стремятся разработать широкий ассортимент пищевой продукции, отвечающей современным требованиям потребителей.

Исходя из этого факта, возникает необходимость осуществления оценки качества и безопасности пищевой продукции, основанной на научных принципах и подходах с начала ее проектирования. Для этой цели возможно использовать совокупность методов структурирования функции качества и построить модель оценки ее качества и безопасности [1, 2, 3].

**Цель исследования** – разработка модели оценки качества и безопасности копченой рыбной продукции на основе маркетинговых и квалиметрических методов.

Для достижения поставленной цели решали следующие задачи:

- проведение маркетинговых исследований копченой рыбной продукции;
- идентификация потребительских предпочтений копченой рыбной продукции;
- разработка матрицы потребительских требований копченой рыбной продукции;
- разработка дерева показателей качества и безопасности копченой рыбной продукции;

- разработка дерева показателей качества и безопасности копченой рыбной продукции;
- разработка расчетной формулы комплексного показателя качества и безопасности копченой рыбной продукции.

#### Материалы и методы исследования

Проблемой создания моделей качества пищевой продукции занимались такие ученые как Дунченко Н.И., Рензьева Т.В., Киселев В.М., Ким Э.Н., Rodica Pamfilie, Magdalena Bobe, Thomas Ahle Fjord, Karen Bruns, Klaus G. Grunert, Petros S. Taoukis, Maria C. Giannakourou [1-9].

Однако на данный момент отсутствует единый методологический подход к созданию модели качества пищевых продуктов [3, 5-9], а существующие методы слишком общие или применимы к другим группам продуктов [1, 2, 4]. Их использование для производства новых продуктов из гидробионтов, включая копченую рыбную продукцию, неэффективно.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Результаты исследования рынка показали, что копченую рыбу можно разделить на 4 основных типа. Первый тип – это рыба холодного копчения со сроком годности до 2 месяцев при температуре хранения от 0 до минус 5 °С. Второй тип – это рыба горячего копчения со сроком годности не более 30 суток при температуре не выше минус 18 °С. Третий тип – это консервы из копченой рыбы, которые были предварительно изготовлены горячим способом, что придает им характерный цвет, запах и вкус. Четвертый тип – это пресервы, изготовленные с добавлением коптильной жидкости в состав заливки.

На основе проведенного социологического опроса было установлено, что целевую аудиторию копченых рыбных продуктов составляют мужчины и женщины в возрасте от 15 до 65 лет, проживающие в мегаполисе. Эти исследования также позволили определить показатели потребительских предпочтений. Были определены коэффициенты весомости наиболее важных показателей потребительских предпочтений для копченых продуктов из водных биоресурсов и проведено их ранжирование (рисунок 1).



Рисунок 1 – Круговая диаграмма коэффициентов весомости показателей потребительских предпочтений копченой рыбной продукции

Анализ результатов исследования выявил, что показатели, имеющие высокие значения коэффициентов весомости, играют важную роль в оценке качества копченой рыбной



низкую соленость, среднюю жирность, отсутствие повреждений, экономичность и безопасность.

Для перевода потребительских предпочтений на язык технологов осуществлено структурирование функции качества. Этот процесс включает построение корреляционной матрицы, оценку качества конкурирующей продукции и удовлетворенности ею потребителей, определение планируемых значений показателей качества копченых рыбных продуктов и создание матрицы потребительских требований (рисунок 2).

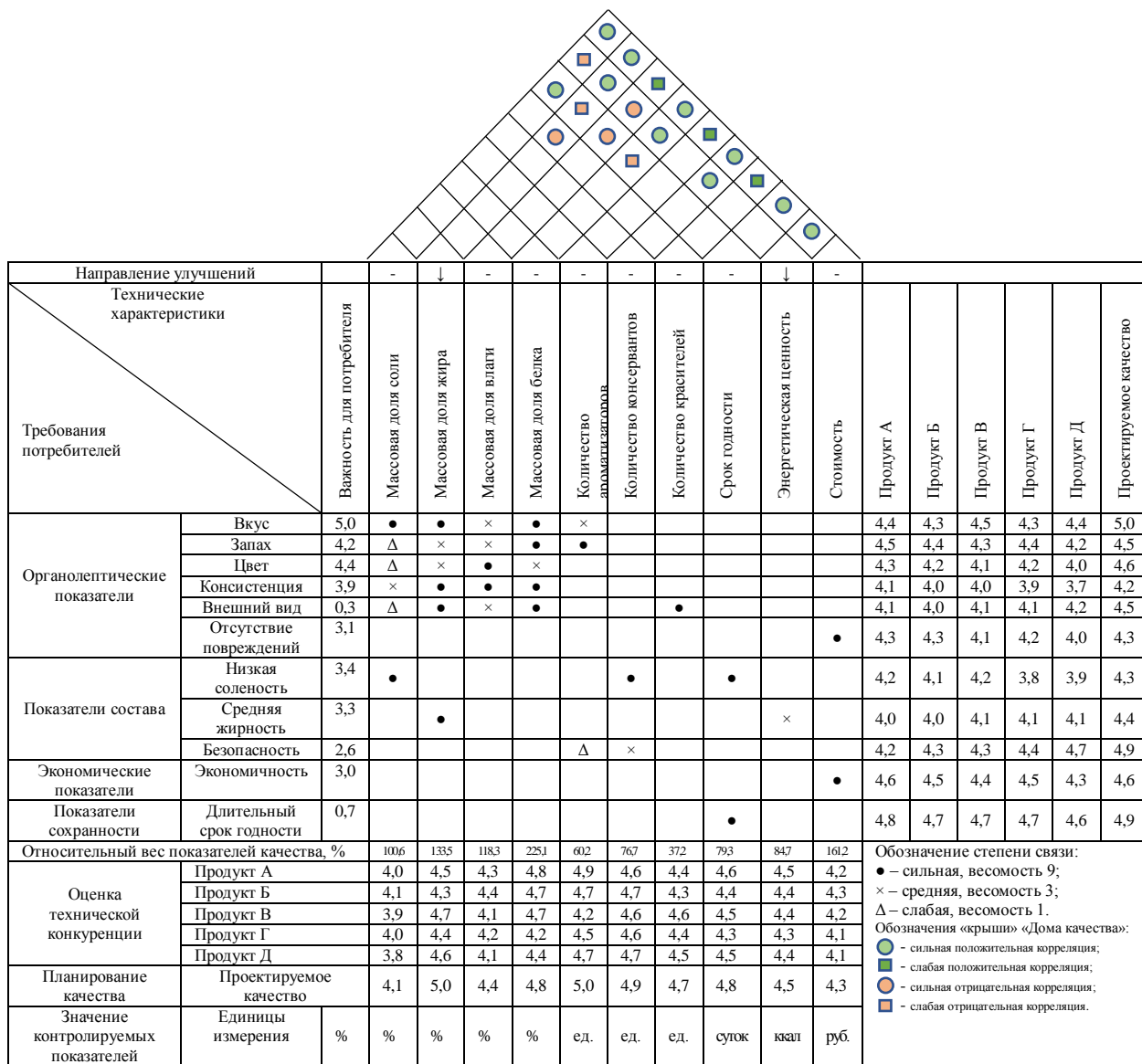


Рисунок 2 – Матрица потребительских требований копченой рыбной продукции

На основе анализа матрицы были выбраны 11 целевых показателей, и было спрогнозировано направление их изменения, необходимое для достижения ожидаемого качества продукции. Таким образом, матрицы потребительских требований копченой рыбной продукции позволяют осуществлять направленное улучшение ее показателей качества и безопасности.

Согласно ГОСТ Р ИСО 9000-2015 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь», под качеством понимается комбинация характеристик объекта, связанных с его способностью удовлетворять потребности потребителей: предполагаемые и установленные. Оценка качества продукции основывается на ее соответствии требованиям нормативной и технической документации, требованиям безопасности и удовлетворении потребительских потребностей.

Требования к нормируемым идентификационным показателям качества копченой рыбной продукции установлены в ГОСТ Р 51293-2022 «Оценка соответствия. Общие правила идентификации продукции для целей подтверждения соответствия», ГОСТ 11482-96 «Рыба холодного копчения. Технические условия», ГОСТ 7447-2015 «Рыба горячего копчения. Технические условия», ТУ 10.20.32-301-79036538-2017 «Моллюски холодного и горячего копчения». Предельно допустимые значения показателей безопасности для копченой рыбной продукции установлены требованиями Технического регламента Таможенного союза 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» и ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции».

Перечень показателей безопасности копченых продуктов и идентификационных показателей был выстроен в порядке систематизации и отображен в дереве показателей качества и безопасности копченой рыбной продукции (рисунок 3).

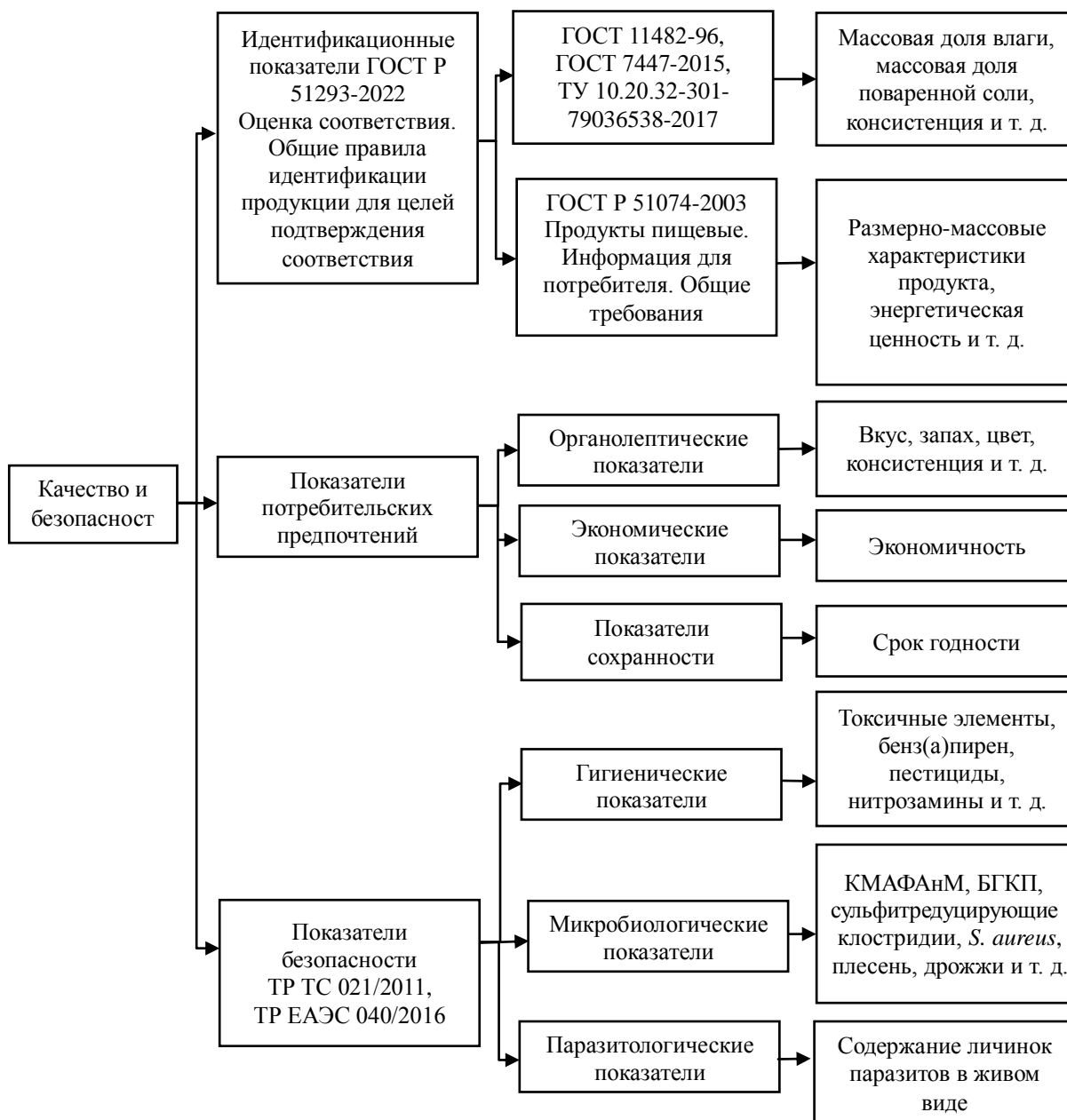


Рисунок 3 – Дерево показателей качества и безопасности копченой рыбной продукции

В связи с этим предложена следующая расчетная формула комплексного показателя качества и безопасности копченой рыбной продукции, учитывающая единичные показатели, переведенные в относительные единицы измерения [10]:

$$D = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n d_i}, \quad (1)$$

где  $d_i$  – частные желательности;  
 $i$  – номер желательности;  
 $n$  – число частных желательностей.

Для примера приведена формула расчет обобщенной оценки качества рыбы холодного копчения:

$$D = \sqrt[17]{d_1 d_2 d_3 d_4 d_5 d_6 d_7 d_8 d_9 d_{10} d_{11} d_{12} d_{13} d_{14} d_{15} d_{16} d_{17}} \quad (2)$$

где  $d_1$  – массовая доля влаги;  
 $d_2$  – массовая доля поваренной соли;  
 $d_3$  – энергетическая ценность;  
 $d_4$  – срок годности;  
 $d_5$  – суммарная органолептическая оценка;  
 $d_6$  – цена;  
 $d_7$  – содержание токсичных элементов;  
 $d_8$  – содержание бенз(а)пирена;  
 $d_9$  – содержание пестицидов;  
 $d_{10}$  – содержание нитрозаминов;  
 $d_{11}$  – КМАФАнМ;  
 $d_{12}$  – количество БГКП;  
 $d_{13}$  – количество сульфитредуцирующих клостридий;  
 $d_{14}$  – количество *S. aureus*;  
 $d_{15}$  – количество плесени;  
 $d_{16}$  – количество дрожжей;  
 $d_{17}$  – содержание личинок паразитов в живом виде.

Для перевода значений единичных показателей качества рыбы холодного копчения из натуральных величин в относительные предложено использовать двухстороннюю кривую желательности Харрингтона [11], представленную на рисунке 4.

Шкалы натуральных значений показателей качества и безопасности рыбы холодного копчения могут иметь как равномерный, так и неравномерный характер. Значения показателей на них требуют четкого обоснования и индивидуальны для каждого вида копченой продукции. Поэтому на рисунке сознательно не представлены значения показателей качества и безопасности рыбы холодного копчения. Количество показателей качества и безопасности также возможно увеличить или уменьшить, их выбор зависит от имеющихся ресурсов исследователя.

**Выводы.** Качество и безопасность пищевой продукции основывается на двух динамических основаниях: потребительских предпочтениях и законодательных нормативах. Постоянный учет потребительских предпочтений необходим и возможен с помощью маркетинговых исследований, что предпочтительно и рекомендовано стандартами серии ISO 9001. Законодательные нормативы, отраженные в Технических регламентах и Федеральных законах так же, как и потребительские предпочтения не постоянны и имеют тенденции к увеличению контролируемых показателей и уменьшению их величин, что связано с техническим развитием общества. Учет показателей качества и безопасности копченой рыбной продукции позволяет динамически реагировать на изменения рыночной ситуации, что способствует устойчивому развитию предприятий рыбной отрасли.

Была разработана модель, учитывающая требования к качеству и безопасности копченой рыбной продукции, а также предпочтения потребителей. Эта модель позволяет прогнозировать качество и безопасность продукта в процессе его технологической обработки, хранения, транспортирования и реализации.

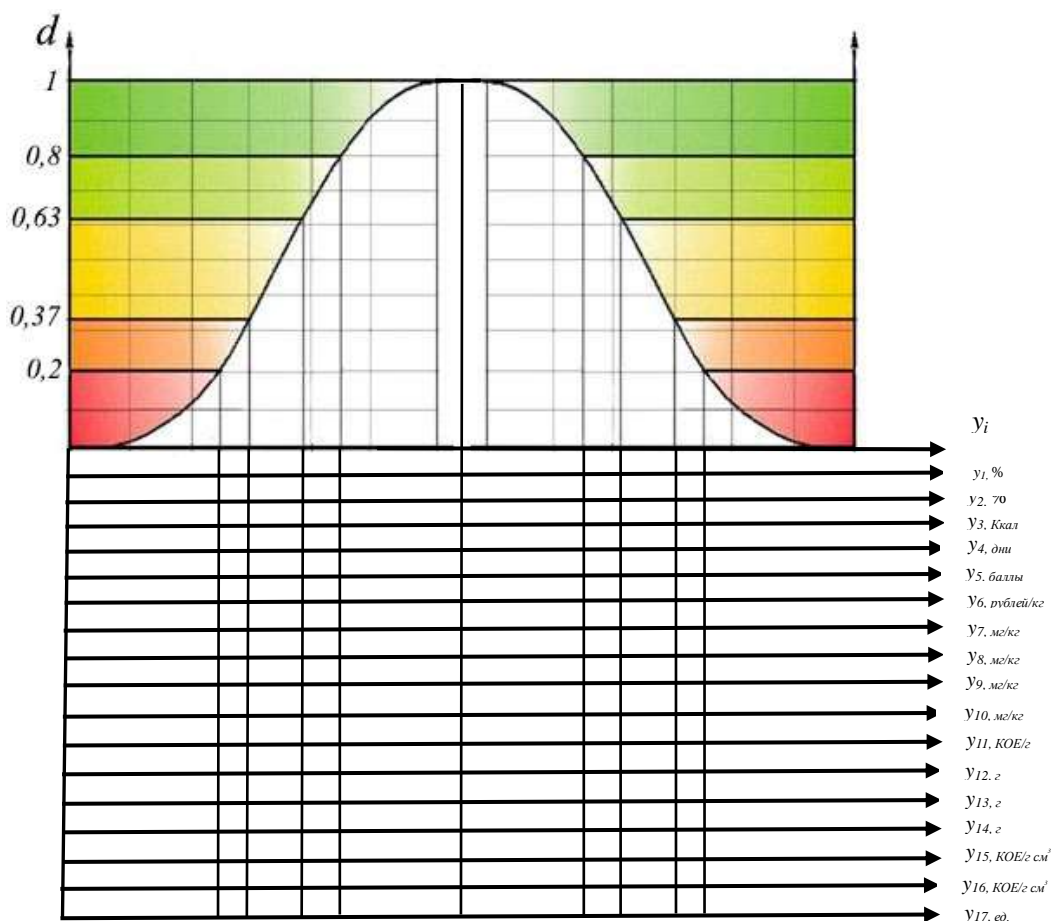


Рисунок 4 – Кривая желательности для оценки качества рыбы холодного копчения

Список использованной литературы:

1. Дунченко Н.И., Янковская В.С. Квалиметрическая оценка качества продуктов на основе творога // Перспективные нано- и биотехнологии в производстве продуктов функционального назначения: материалы Международной научно-практической конференции. Краснодар, 2007. С. 91-92.
2. Рензьева Т.В., Мерман А.Д., Шарфунова И.Б. Разработка обобщенного комплексного показателя качества хлебобулочных и мучных кондитерских изделий // Техника и технология пищевых производств. 2010. № 3 (18). С. 91-95.
3. Дунченко Н.И., Игонина И.Н. Квалиметрическое прогнозирование показателей при разработке инновационных продуктов // Компетентность. 2013. № 8 (109). С. 38-41.
4. Киселев В.М., Керимова Р.И., Орлов А.А., Каленская А.В., Бастрон Е.В. Моделирование квалиметрической оценки вин // Виноделие и виноградарство. 2014. № 1. С. 4-8.
5. Дунченко Н.И. Научные и методологические подходы к управлению качеством пищевых продуктов // Техника и технология пищевых производств. 2012. № 3. С. 29-33.
6. Pamfilie Rodica, Bobe Magdalena, Cristescu L., Toma M.A. Innovative food quality models // Developed as an interface for modern consumers and sustainable business. 2016. № 18. P. 663-674.
7. Karen Brunsø, Thomas Ahle Fjord, Klaus G. Grunert. Consumers' food choice and quality perception // The Aarhus School of Business. 2002. P. 60.
8. Petros S. Taoukis, Maria C. Giannakourou. Modelling food quality // Food Science and Technology. 2018. Vol. 32. Iss. 1. P. 1-58. DOI: 10.1002/fsat.3201\_11.x.
9. Ким Э.Н., Ольховик С.А. Разработка квалиметрической модели качества копченых рыбных продуктов // Научные труды Дальрыбвтуза. 2011. Т. 33. С. 68-73.
10. Афанасьева П.В., Ким Э.Н., Тимчук Е.Г. Методический подход к оценке качества пищевых продуктов // Перспективные направления взаимодействия науки и общества в

целях инновационного развития: материалы Международной научно-практической конференции. Уфа, 2021. С. 16-19.

11. Adler Y.P., Makarov E.V., Granovsky Y.V. Experiment planning in search of optimal conditions // Science. 1976. P. 278.

References:

1. Dunchenko N.I., Yankovskaya V.S. Kvalimetriceskaya ocenka kachestva produktov na osnove tvoroga [Qualimetric assessment of the quality of products based on cottage cheese]. *Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii "Perspektivnye nano- i biotekhnologii v proizvodstve produktov funkcional'nogo naznacheniya"* [Materials of the international Scientific and Practical Conference "Promising nano- and biotechnologies in the production of functional products"]. Krasnodar, 2007, pp. 91-92. (In Russian).
2. Renzyaeva T.V., Merman A.D., Sharfunova I.B. Razrabotka obobshchennogo kompleksnogo pokazatelya kachestva hlebobulochnyh i muchnyh konditerskih izdelij [Development of a generalized complex indicator of the quality of bakery and flour confectionery products]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevyh proizvodstv* [Technique and technology of food production], 2010, no. 3 (18), pp. 91-95. (In Russian).
3. Dunchenko N.I., Igonina I.N. Kvalimetriceskoe prognozirovanie pokazatelej pri razrabotke innovacionnyh produktov [Qualimetric forecasting of indicators in the development of innovative products]. *Kompetentnost'* [Competence], 2013, no. 8 (109), pp. 38-41. (In Russian).
4. Kiselev V.M., Kerimova R.I., Orlov A.A., Kalenskaya A.V., Bastron E.V. Modelirovanie kvalimetriceskoy ocenki vin [Modeling of qualimetric evaluation of wines]. *Vinodelie i vinogradarstvo* [Winemaking and viticulture], 2014, no. 1, pp. 4-8. (In Russian).
5. Dunchenko N.I. Nauchnye i metodologicheskie podhody k upravleniyu kachestvom pishchevyh produktov [Scientific and methodological approaches to food quality management]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevyh proizvodstv* [Technique and technology of food production], 2012, no. 3, pp. 29-33. (In Russian).
6. Pamfilie Rodica, Bobe Magdalena, Cristescu L., Toma M.A. Innovative food quality models. *Developed as an interface for modern consumers and sustainable business*, 2016, no. 18, pp. 663-674. (In English).
7. Karen Brunsø, Thomas Ahle Fjord, Klaus G. Grunert Consumers' food choice and quality perception. *The Aarhus School of Business*, 2002, p. 60. (In English).
8. Petros S. Taoukis, Maria C. Giannakourou. Modelling food quality. *Food Science and Technology*, 2018, vol. 32, iss. 1, pp. 1-58. (In English). DOI: 10.1002/fsat.3201\_11.x.
9. Kim E.N., Olkhovik S.A. Razrabotka kvalimetriceskoy modeli kachestva kopchenyh rybnyh produktov [Development of a qualimetric model of the quality of smoked fish products]. *Nauchnye trudy Dal'rybvtuza* [Scientific works of Dalrybvtuz], 2011, vol. 33, pp. 68-73. (In Russian).
10. Afanasyeva P.V., Kim E.N., Timchuk E.G. Metodicheskij podhod k ocenke kachestva pishchevyh produktov [Methodological approach to food quality assessment]. *Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii "Perspektivnye napravleniya vzaimodejstviya nauki i obshchestva v celyah innovacionnogo razvitiya"* [Materials of the international scientific and practical conference "Promising areas of interaction between science and society for innovative development"]. Ufa, 2021, pp. 16-19. (In Russian).
11. Adler Y.P., Makarov E.V., Granovsky Y.V. Experiment planning in search of optimal conditions. *Science*, 1976, pp. 278. (In English).

Сведения об авторах / Information about authors

**Ким Эдуард Николаевич** д-р техн. наук, профессор кафедры управления техническими системами  
Дальневосточный государственный технический  
рыбохозяйственный университет  
690087, Приморский край, г. Владивосток, ул. Луговая, 52Б  
kim.en@dgtru.ru

- Kim**  
Eduard Nikolaevich  
Dr. Sci. (Engin.), Professor of the Department of Management Technical Systems  
Far Eastern State Technical Fisheries University  
690087, Primorsky Krai, Vladivostok, Lugovaya str., 52B  
kim.en@dgtru.ru
- Тимчук**  
**Егор Геннадьевич**  
канд. техн. наук, доцент кафедры управления техническими системами  
Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет  
690087, Приморский край, г. Владивосток, ул. Луговая, 52Б  
timchuk.eg@dgtru.ru
- Timchuk  
Egor Gennadievich  
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  
timchuk.eg@dgtru.ru
- Глебова**  
**Елена Велориевна**  
канд. техн. наук, доцент кафедры управления техническими системами  
Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет  
690087, Приморский край, г. Владивосток, ул. Луговая, 52Б  
glebova.ev@dgtru.ru
- Glebova  
Elena Velorievna  
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
- Заяц**  
**Евгений**  
**Александрович**  
аспирант 2-го года обучения по специальности «Пищевые системы»  
Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет  
690087, Приморский край, г. Владивосток, ул. Луговая, 52Б  
kim.en@dgtru.ru
- Zayats  
Evgeny Alexandrovich  
postgraduate student of 2nd year in the specialty "Food systems"  
Far Eastern State Technical Fisheries University  
690087, Primorsky Krai, Vladivostok, Lugovaya str., 52B  
zaiats.ea@dgtru.ru

Sokolov S.A., Yashonkov A.A., Sevatorov N.N., Afenchenko D.S.

### COMPUTER SIMULATION OF AERODYNAMICS IN THE PROCESSING CHAMBER DURING DRYING IN A CENTRIFUGAL FLUIDIZED BED

**Abstract.** The two main problems which humanity is facing at the present stage of its development are supply of food and energy for the population. These problems, in the context of an imperfect quality control system for industrially produced food products, have led to a tendency to replace many natural components in food products with cheaper, but less qualitative and in many cases harmful to human health substances that are artificially synthesized from non-food raw materials, grown via genetic modification and produced using other dubious technologies. Among the ways preventing this trend is improving of traditional technologies for cheap food raw materials processing. The paper considers the computer simulation process of the drying agent aerodynamics under the process of fluidized drying. The influence of the ratios between the main design parameters of the drying plant on the field of air velocities was determined, that made it possible to obtain their rational values.

**Keywords:** computer simulation, drying chamber, fluidized bed drying, drying agent aerodynamics.

Соколов С.А., Яшонков А.А., Севаторов Н.Н., Аfenченко Д.С.

### КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ В РАБОЧЕЙ КАМЕРЕ ПРИ СУШКЕ В ЦЕНТРОБЕЖНОМ ПСЕВДООЖИЖЕННОМ СЛОЕ

**Аннотация.** Две основные проблемы, которые стоят перед человечеством на современном этапе его развития – это обеспечение населения продуктами питания и энергией. Эти проблемы в условиях несовершенной системы контроля качества пищевой продукции, которая выпускается промышленным способом, обусловили тенденцию по замене многих натуральных компонентов в пищевых продуктах более дешевыми, но менее качественными и во многих случаях вредными для здоровья человека веществами, которые синтезируются искусственно из непищевого сырья, выращиваются с помощью генетического модифицирования и производятся с помощью других сомнительных технологий. Одним из путей предотвращения этой тенденции является усовершенствование традиционных технологий переработки дешевого пищевого сырья. В работе рассмотрен процесс компьютерного моделирования аэродинамики сушильного агента в процессе псевдооживленной сушки. Определено влияние соотношений между основными конструктивными параметрами сушильной установки на поле скоростей воздуха, что позволило получить их рациональные значения.

**Ключевые слова:** компьютерное моделирование, сушильная камера, сушка в псевдооживленном слое, аэродинамика сушильного агента.

**Introduction.** During storage the microbiological, enzymatic and biochemical changes occur in products of plant origin [1]. An effective means to slow down the growth of microorganisms and enzymatic activity as the main causes of intense spoilage of plant materials is the partial or complete removal of moisture from it by drying [2].

Today the market is saturated with a large number of different types of dried products, most of which are imported from abroad. This is due to the fact that the traditional methods of vegetable raw materials drying, which were used as far back as Soviet times, are very energy-intensive, time-consuming and do not allow to obtain a product homogeneous in quality. Therefore, the search and research of new less energy-intensive drying methods, which will make it possible to obtain high quality products, is relevant [3-4]. Among such method is drying in a centrifugal fluidized bed.

One of the advantages of drying in a centrifugal fluidized bed is an active aerodynamic environment, which allows homogeneous and rapid removal of moisture from the product. This

situation is ensured by the maximum contact surface and large values of the slip ratio for the particles of the product and air.

Simulation of the operating parameters influence on the aerodynamic situation can be carried out on the basis of experimental or theoretical studies [5-7]. The experimental determination of air velocities and pressure at different points is rather complicated in hardware implementation and does not allow exploring of the aerodynamic situation to the full extent. The compilation and solution of a mathematical model of the air flow movement in the chamber is complicated by the need to take into account the geometry of the chamber (the radius and width of the drum, the location and size of the inlet and outlet, etc.). In this regard, to simulate the aerodynamic situation in the chamber, the FlowSimulation computer package was used, which is integrated into the SolidWorks graphic editor [8-10].

**The purpose of the research** is to study the mode of air movement in different parts of the chamber, as well as to find the ratios of its structural dimensions, which make it possible to provide the most uniform distribution field of air velocities in the angular and axial directions, as well as along the width of the chamber.

To achieve this goal, it is necessary to solve the following **problem** – to determine the influence of different parameters on the air movement mode: the air velocity at the chamber inlet, the location of the inlet pipe, the ratio of the height of the inlet and the inner radius of the chamber, the ratio of the inner radius and width of the chamber, the roughness of the inner surface of the chamber.

**Materials and research methods.** FlowSimulation is based on the latest achievements in gas- and hydrodynamics and allows to calculate a wide range of different flows. In this package, the motion of the current medium is simulated using the Navier-Stokes equations, which describe the law of conservation of mass, momentum, and energy of this medium in a transient formulation [4, 8-10].

To simulate turbulent flows, which takes place in our case, the Navier-Stokes equation is averaged according to the Reynolds criterion, that is, it is used the effect of turbulence on the flow parameters averaged by a small time scale, and large-scale temporal changes of the components of gas-dynamic flow parameters averaged by a small time scale (pressure, velocities, temperatures) are taken into account by introducing the corresponding time derivatives. As a result of the equation, there are additional terms of the equations – stress according to the Reynolds criterion, and to close this system of equations, the equations of turbulence kinetic energy transfer and its dissipation are used within the framework of the  $k - \varepsilon$  turbulence model.

This system of equations for the conservation of mass, momentum and energy of the unsteady spatial motion of a flow in the framework of the Euler approach in the Cartesian coordinate system  $(x_i, i = 1, 2, 3)$ , which turns with an angular velocity  $\Omega$  around an axis that passes through its origin, has the following form:

$$\begin{cases} \frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k} (\rho u_k) = 0; \\ \frac{\partial (\rho u_i)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k} (\rho u_i u_k - \tau_{ik}) + \frac{\partial P}{\partial x_i} = S_i; \\ \frac{\partial (\rho E)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k} [(\rho E + P)u_k + q_k - \tau_{ik}u_i] = S_k u_k + Q_H, \end{cases} \quad (1)$$

where  $t$  – time;

$u$  – the velocity of the current medium;

$\rho$  – the density of the current medium;

$P$  – the pressure of the current medium;

$S_i$  – external mass forces which act on a unit mass of the current medium;

$E$  – the total energy of a unit mass of the current medium;



$Q_H$  – the heat released by the heat source in a unit volume of the current medium;

$\tau_{ik}$  – the shear binding stress tensor;

$q_i$  – the diffuse heat flux.

Subscripts mean summation over three coordinate directions.

For Newtonian current media, including air, the shear binding stress tensor is defined by the equation [9, 10]:

$$\tau_{ik} = \mu \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} - \frac{2}{3} \frac{\partial u_l}{\partial x_l} \delta_{ij} \right) - \frac{2}{3} \rho k \delta_{ij}, \quad (2)$$

$$\mu = \mu_l + \mu_t$$

where  $\mu_l$  – the dynamic coefficient of the molecular medium viscosity;

$\mu_t$  – the dynamic coefficient of turbulent viscosity;

$\delta_{ij}$  – the delta Kronecker coefficient ( $\delta_{ij} = 1$  under  $i = j$ ,  $\delta_{ij} = 0$  при  $i \neq j$ );

$k$  – the kinetic energy of turbulence.

According to the  $k - \varepsilon$  turbulence model,  $\mu_t$  is determined in terms of the turbulence kinetic energy  $k$  and the dissipation of this energy  $\varepsilon$ :

$$\mu_t = f_\mu \frac{C_\mu \rho k^2}{\varepsilon}, \quad (3)$$

$$f_\mu = \left( 1 - e^{-0.025R_y} \right)^2 \left( 1 + \frac{20.5}{R_T} \right);$$

$$R_y = \frac{\rho \sqrt{k} y}{\mu_l};$$

$$R_T = \frac{\rho k^2}{\mu_l \varepsilon}$$

where  $\varepsilon$  – the distance from the wall surface;

$C_\mu$  – coefficient,  $C_\mu = 0.099$ .

The kinetic energy of turbulence  $k$  and dissipation of this energy  $\varepsilon$  is determined as a result of the following equations solving:

$$\frac{\partial \rho k}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k} (\rho u_k k) = \frac{\partial}{\partial x_k} \left[ \left( \mu_l + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_k} \right] + S_k; \quad (4)$$

$$\frac{\partial \rho \varepsilon}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k} (\rho u_k \varepsilon) = \frac{\partial}{\partial x_k} \left[ \left( \mu_l + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_k} \right] + S_\varepsilon; \quad (5)$$

$$S_k = \tau_{ij}^R \frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \rho \varepsilon + \mu_t P_B; \quad (6)$$

$$S_\varepsilon = C_{\varepsilon 1} \frac{\varepsilon}{k} \left( f_1 \tau_{ij}^R \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \mu_t C_B P_B \right) - C_{\varepsilon 2} f_2 \frac{\rho \varepsilon^2}{k}; \quad (7)$$

$$\tau_{ij}^R = \mu_t \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} - \frac{2}{3} \frac{\partial u_l}{\partial x_l} \delta_{ij} \right) - \frac{2}{3} \rho k \delta_{ij}; \quad (8)$$

$$P_B = - \frac{g_i}{\sigma_B} \frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial x_i}, \quad (9)$$

where  $g_i$  – the component of gravitational acceleration in the coordinate direction  $x_i$ ;

$$\sigma_B = 0,9;$$

$$C_B = 1 \text{ under } P_B > 0, C_B = 0 \text{ under } P_B \leq 0, f_1 = 1 - e^{-R_T^2};$$

$$C_{\varepsilon 1} = 1,44;$$

$$C_{\varepsilon 2} = 1,92;$$

$$\sigma_\varepsilon = 1,3;$$

$$\sigma_k = 1.$$

Laminar and turbulent limit layers near solid surfaces, as well as the transition from a laminar limit layer to a turbulent layer and vice versa, are simulated with high accuracy using modified universal near-wall functions.

To determine the density of gases, the equations of an ideal gas state are used:

$$\rho = \frac{p}{RT}, \quad (10)$$

where  $p$  – pressure;

$T$  – absolute temperature;

$R$  – gas constant.

The described mathematical model is solved using the finite volume method, the essence of which is discretization of the above described system of Navier-Stokes equations using a computational grid, the cell faces of which are parallel to the coordinate planes of the chosen coordinate system. The value of the physical variables of the equations are determined only in the centers of the calculation cells, and on the faces of these cells, the mass, momentum, and energy flows, which are necessary for the calculations of the above values, are determined. In this case, the spatial derivatives are approximated using implicit difference operators of the second order of accuracy.

The prototype of the solid-state model of the drying chamber, inside which the air flow was further simulated, was the chamber of the experimental plant, which was used to study the kinetics and hydrodynamics of drying in a centrifugal fluidized bed [11]. An image of a solid model is presented in Figure 1.

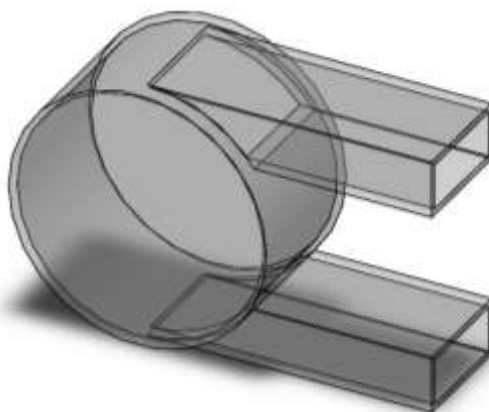


Figure 1 – Solid model of the drying chamber of experimental plant

To solve a specific problem in the system of Navier-Stokes equations (1), it is necessary to add initial and limit conditions. As the initial conditions, the physical parameters of the current medium at the initial moment of time were set. How the limiting conditions were set: air velocity at the inlet and absolute pressure at the outlet of the solid model; the roughness of the inner surface of the chamber, which is in contact with the current medium.

**Research results and their discussion.** Figure 2 shows the solution of system (1) in the form of air streamlines at an inlet velocity of 10 m/s and chamber wall roughness  $R_z = 20\mu\text{m}$ . The absolute pressure at the outlet is equal to the atmospheric pressure.

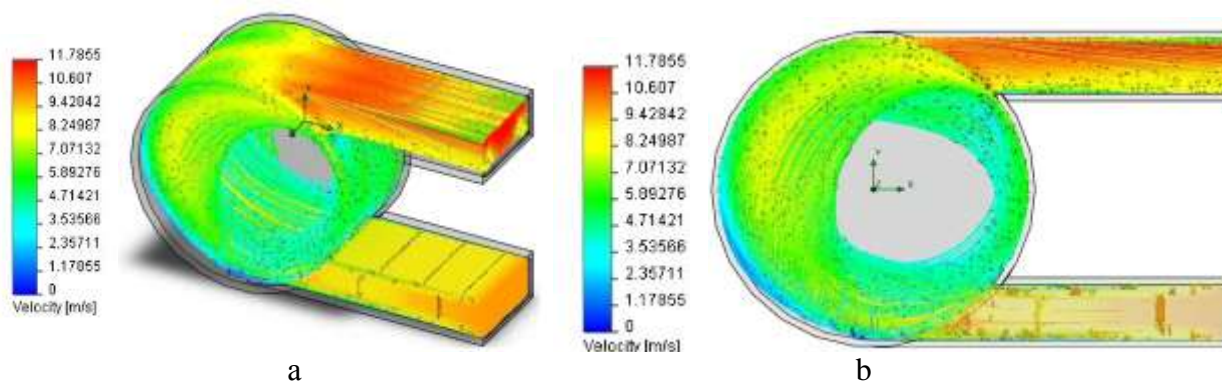


Figure 2 – Air flow lines with provided velocity 10 m/s at an inlet and chamber wall roughness  $R_z = 20\mu\text{m}$

Figure 2, a shows a three-dimensional image, Figure 2, b – front view.

Analysis of Figure 2 allows us to draw the following conclusions about the aerodynamic situation in the chamber:

- in the inlet pipe, the laminar mode of air movement is maintained at the inlet to the chamber, where the mode of movement becomes turbulent;
- an annular air flow with a changeable width is created in the chamber;
- when entering the chamber, the air velocity drops;
- the maximum air velocity is observed at the outlet pipe and is 11,79 m/s.

For a more detailed analysis of the air velocities distribution in the chamber, consider two-dimensional image of the velocity field in the frontal view of symmetry – Figure 3.

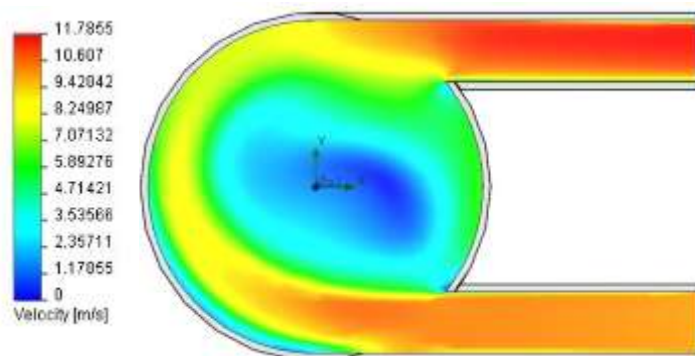


Figure 3 – The field of air velocities distribution in the frontal view of symmetry of the chamber

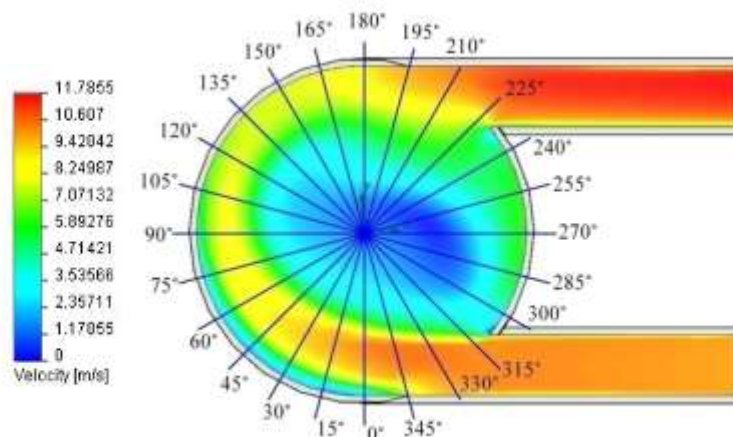
Analysis of Figure 3 shows that the velocity field is inhomogeneous both in the angular direction and radial directions.

In the angular direction, as pulling away from the inlet, the velocity drops from 10 m/s to 4,71 m/s. The core of the flow narrows towards the transition to the straight area of the outlet pipe. Part of the air that is retained in the chamber, having passed the outlet, creates a narrower annular flow.

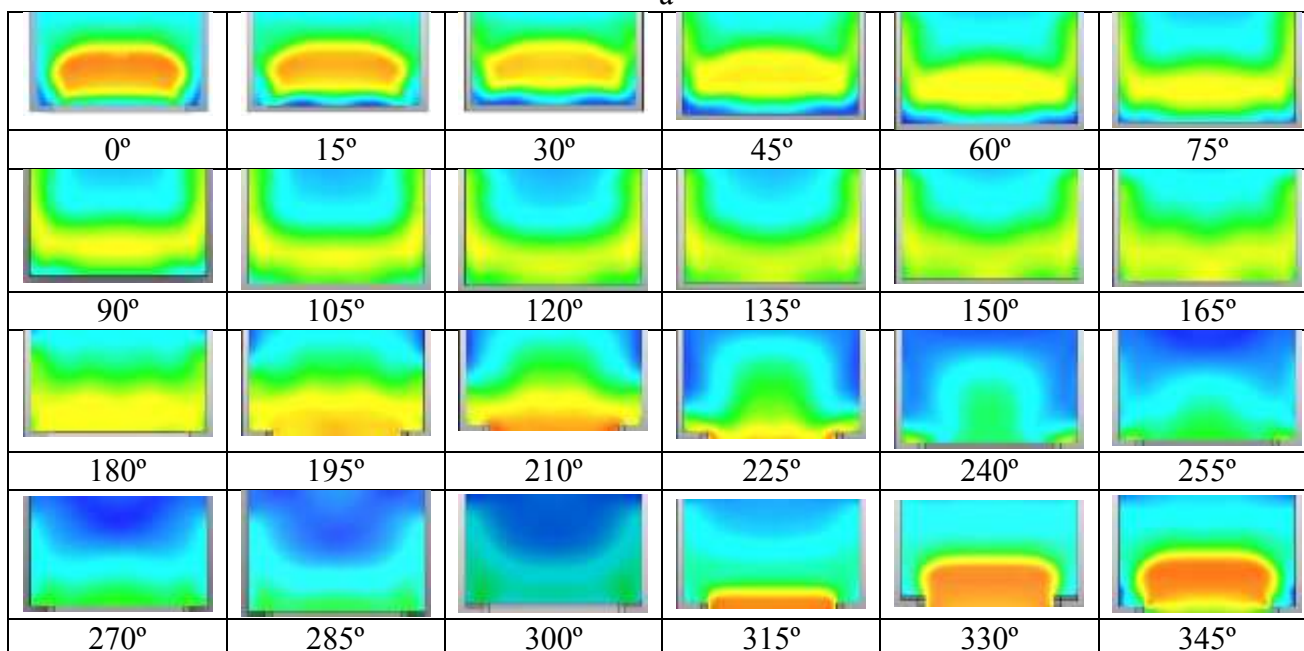
In the radial direction, the air velocity decreases as pulling away from the central part of the flow. The velocity decreases especially strongly in the area of contact with the chamber walls after the inlet.

To analyze the distribution of air velocities along the width of the chamber, Figure 4 shows the velocity fields at different angles of inclination of the axial section. The presented scheme in

Figure 4, a indicates the axial section position, and in Figure 4, b – the velocity field at the corresponding position of the section.



a



b

Figure 4 – Change in the air velocity field along the width of the chamber depending on the angle of inclination of the axial section

An analysis of Figure 4 shows that both the shape of the flow core and the velocity value are changing with distance from the inlet section. In the chamber zone from the inlet to the outlet sections (0-180°), the air velocity decreases from 10 to 8 m/s, while in the chamber zone from the outlet to the inlet section (225-315°) it decreases from 7 to 3 m/s. In both zones, a decrease in the height of the stream is observed as it develops.

An analysis of the considered graphs allows to conclude that the velocity distribution is significantly irregular in the annular flow. The outlet splits this stream into two parts. The average air velocity in the second part (after the outlet) is much less than the average velocity in the first part (before the outlet). There is also a significant change in the shape of the flow core as it develops.

A similar nature of the air velocity distribution in the drying chamber takes place at other subsonic air velocities at the inlet.

Thus, this design of the drying chamber does not properly provide a uniform annular air flow in the entire volume of the chamber.

One of the main requirements that is for the air flow in the drying chamber, in addition to uniformity and ring shape, is its maximum thickness. It can be controlled by changing the ratio of the height of the inlet to the inner radius of the chamber. Figure 5 shows images of velocity fields in the frontal symmetry plane of the chamber at an air velocity of 10 m/s, wall roughness  $R_z = 20\mu\text{m}$ , and different values of the ratio  $h_{ex} / R_k$ . The heights of the inlet and outlet holes are the same in all cases.

An analysis of the images shown in Figure 5 indicates that the ratio  $h_{ex} / R_k$  affects significantly not only the width and homogeneity of the air flow, but also its shape.

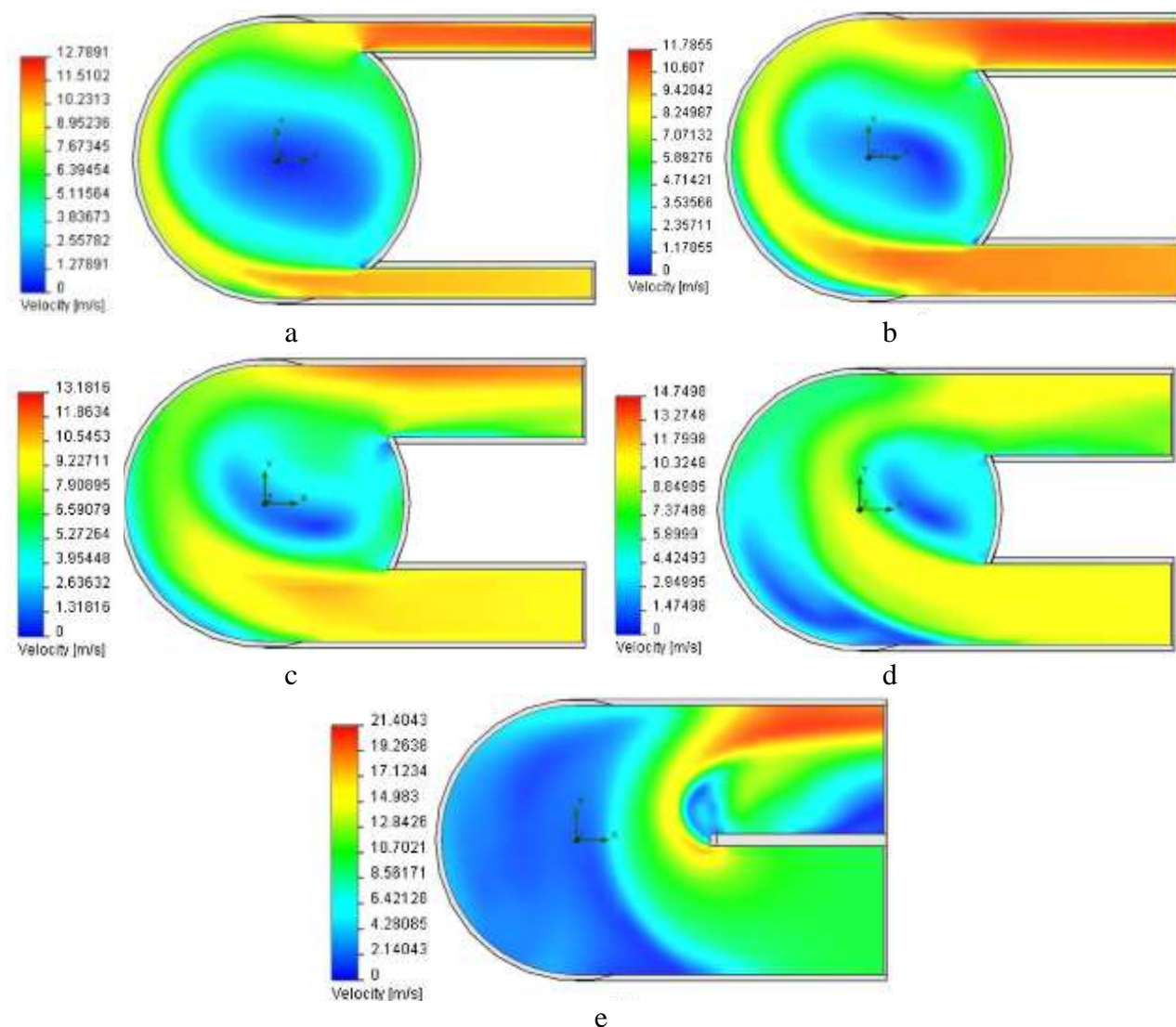


Figure 5 – Velocity fields in the frontal symmetry plane of the camera under a variety of parameter values  $h_{ex} / R_k$ : a – 0,22; b – 0,37 (prototype); c – 0,52; d – 0,6; e – 0,95

At values  $h_{ex} / R_k > 0,52$ , the main air flow loses its annular shape, breaking in the area between the outlet and inlet. In addition, it is displaced from the left cylindrical wall of the chamber closer to the holes. As a result, the air velocity in most of the working area is significantly lower than the air velocity at the entrance to the chamber.

Thus, for this layout of the outlet branch pipe, it is possible to recommend a parameter  $h_{ex} / R_k$  close to but less than 0,52, that will provide the required flow shape and its significant thickness.

The main disadvantage of the prototype is a significant drop in air velocities in the second part of the flow (between the outlet and inlet pipes) – Figure 3-5. Let us consider the possibility of

the air flow stabilizing when changing the position of the outlet pipe.

Figure 6 shows images of the velocity fields in the frontal symmetry plane of the chamber at an air velocity of 10 m/s, wall roughness  $R_z = 20 \mu\text{m}$ ,  $h_{\text{ex}} / R_{\kappa} = 0,37$  and different positions of the outlet pipe. The heights of the inlet and return outlets are the same in all cases.

An analysis of the images in Figure 6 shows that the position of the outlet significantly affects the shape of the air flow.

The most irrational from the point of view of the flow shape is the scheme shown in Figure 6, b, because it creates a break in the air flow in the area between the return outlet and inlet holes. Therefore, it is logical to improve the flow shape when the outlet pipe is shifted closer to the inlet – Figure 6, c-d.

The scheme shown in Figure 6, a provides a flow shape close to optimal (with the exception of a small break in the area near the outlet). However, in the second part of the flow (between the outlet and inlet holes), there is a drop in air velocities, as in the prototype scheme (Fig. 3).

Thus, the optimal scheme is the one with the closest possible location of the inlet and outlet pipes, shown in Figure 6, d. It provides the best flow shape and the smallest difference in air velocities when moving from the inlet hole to the outlet hole.

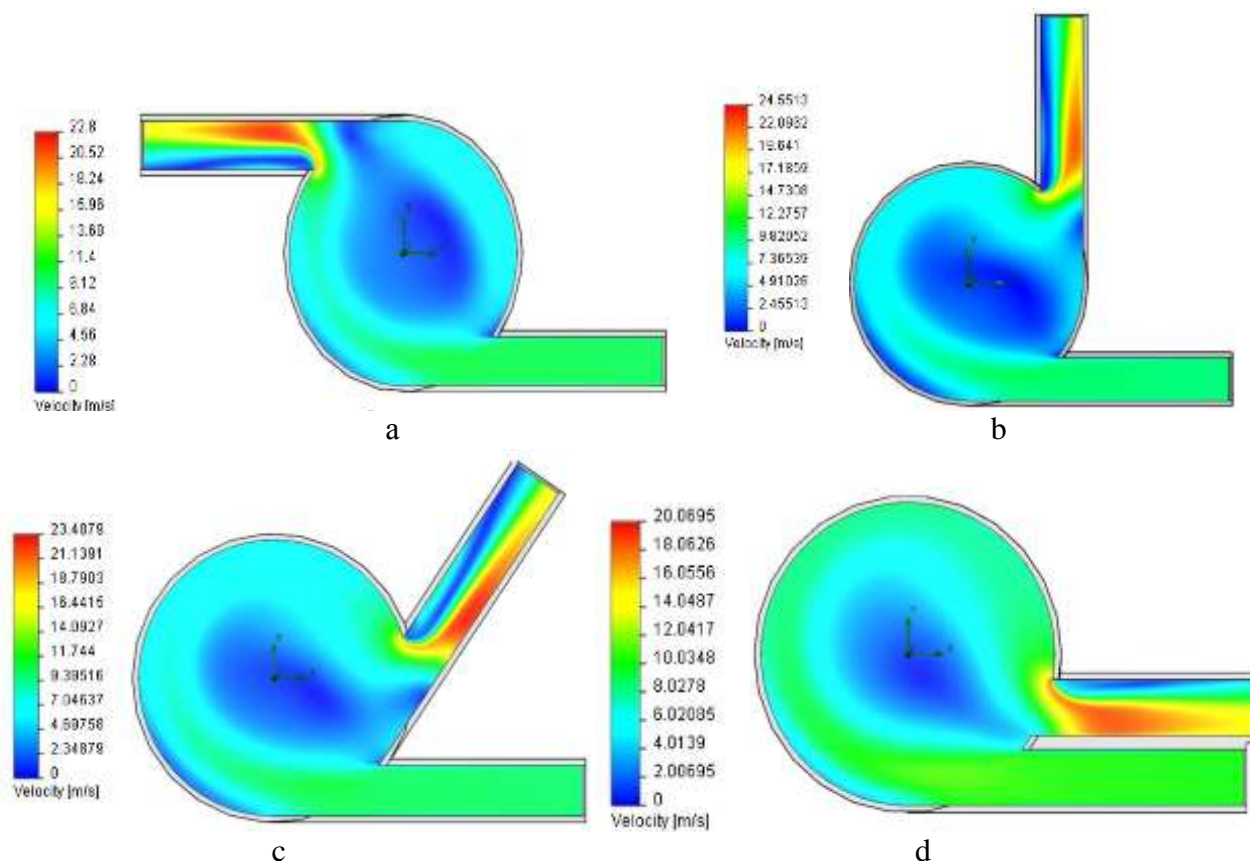


Figure 6 – Velocity fields in the frontal plane of symmetry of the chamber at different positions of the outlet pipe

Let us analyze in more detail the change in air velocity in the flow for the selected optimal scheme and prototype. To do this, consider the graphs of air velocity changes along the trajectories located in the frontal symmetry plane of the chamber.

These graphs, as well as the image of the trajectories, are shown in Figure 7 for the prototype and in Figure 8 for the optimal circuit.

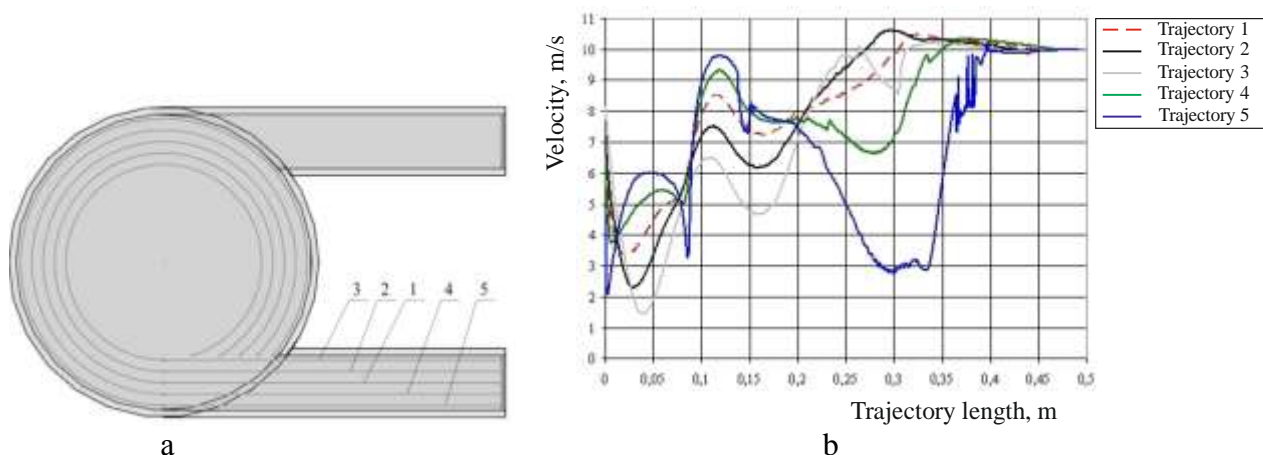


Figure 7 – Air velocity change along the trajectories located in the frontal plane of symmetry of the camera (prototype)

For both cases, the same trajectories were selected: 1 – central, 2 and 3 – with a step of 5 mm above the central one, 4 and 5 – with a step of 5 mm below the central one, as shown in Figure 6, a and 7, a.

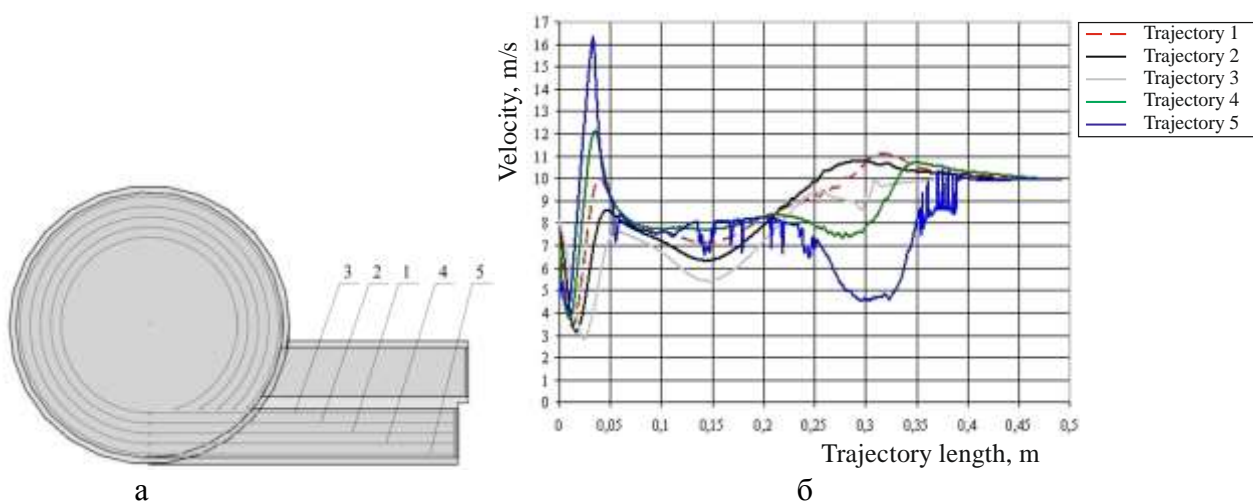


Figure 8 – Air velocity change along the trajectories located in the frontal plane of symmetry of the chamber (optimal scheme)

When considering the graphs of air velocity changes along the trajectories presented in Figures 7, b and 8, b, it should be borne in mind that the data for plotting them were exported from the FlowSimulation package to the Excel program, and then graphs were plotted in this program. All this was done automatically with the help of special tools of the FlowSimulation package. It should also be taken into account that, through the features of the specified package, the initial points of reference on the graphs correspond to the end points of the trajectories.

The dashed red line on both graphs shows the air velocity change curve for the central trajectory.

In both graphs, there is a significant fluctuation in velocity. For the prototype, the velocity ranges from 10,62 to 1,47 m/s, for the optimal scheme – from 16,31 to 2,86 m/s. However, if we do not take into account the trajectory 5 near the chamber wall, the air velocity curves for the optimal scheme are much denser than for the prototype. A significant velocity fluctuation for the optimal scheme is observed in a narrow area at the beginning of the graph (0-0,05 m – Figure 8, b), that corresponds to a break in the annular flow between the outlet and inlet holes – Figure 6, d. For the other part of the graph, the air velocity fluctuates within relatively small limits.

For the prototype, significant fluctuations in air velocities occur almost along the entire length of the trajectories – Figure 7, b.

Beyond the depth of the most noticeable minimum of the air velocity graph along trajectory 5 (in Figure 7, b and 8, b, this minimum is located at a trajectory length of close to 0,3 m), that corresponds to the near-wall zone of the chamber after the inlet, we can conclude that the size of this zone is much larger for the prototype.

Similar trends take place for the trajectory in other frontal sections of the chamber.

Thus, the choice of the optimal layout of the outlet pipe is justified not only by the advantage in the form of the flow, but also in its uniformity in comparison with the prototype.

The analysis of the optimal scheme for different values of the parameter  $h_{ex} / R_{\kappa}$  showed that the values  $h_{ex} / R_{\kappa} < 0,45$  are rational for it.

The width of the chamber is one of the defining design parameters, since the length of the axial path of the product particles from the exit to the entrance and, accordingly, the residence time of the particles in the drying chamber depends on it.

First, it was assumed that the width of the chamber along with other equal parameters does not affect the shape of the stream. However, the obtained simulation results did not confirm this assumption.

Figure 9 shows images of streamlines and flat images of velocity fields in the frontal symmetry plane of the chambers under a variety of values of the chamber width, which is specified by a dimensionless parameter  $R_{\kappa} / B_{\kappa}$  ( $B_{\kappa}$  is the chamber width). For both cases, the air velocity at the inlet hole is 10 m/s, the roughness of the chamber walls is  $Rz = 20 \mu\text{m}$ ,  $h_{ex} / R_{\kappa} = 0,37$ .

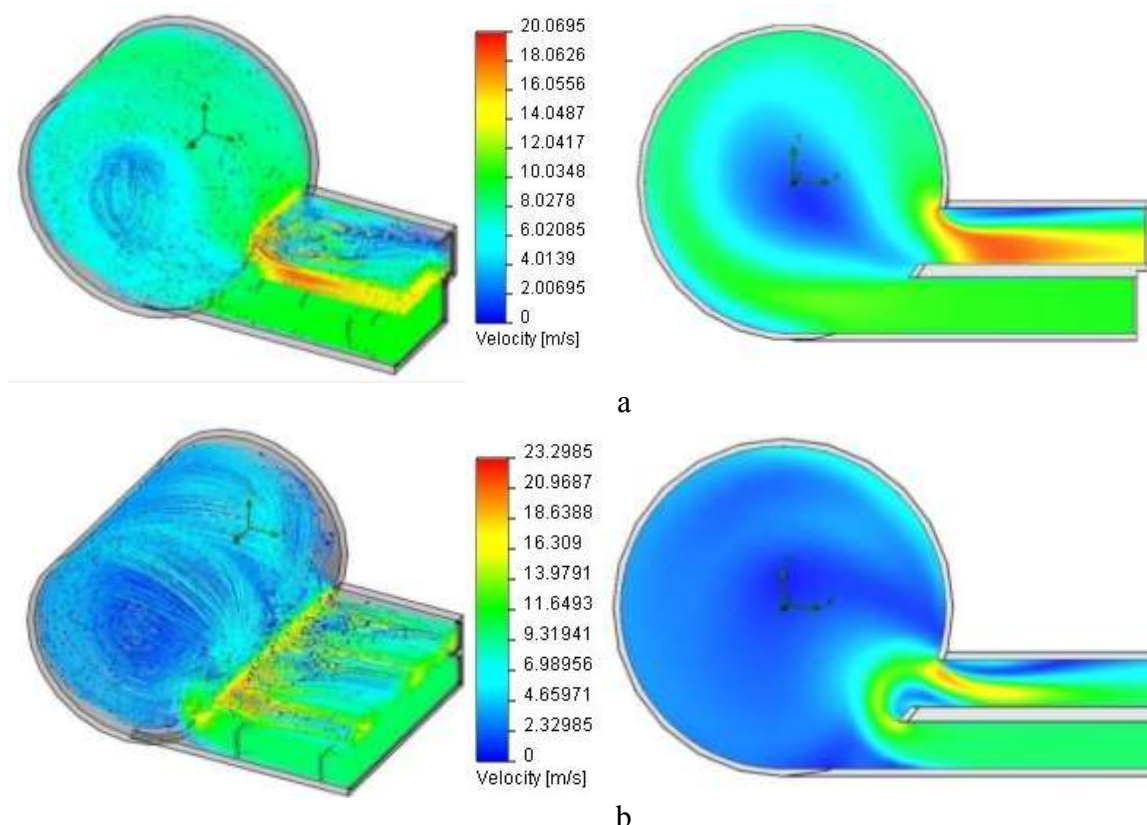


Figure 9 – Image of streamlines and a flat image of the velocity field in the frontal plane of symmetry of the camera for different values of the parameter  $R_{\kappa} / B_{\kappa}$  : a – 0,81; b – 0,41

Analysis of image in Figure 9 shows that when the parameter  $R_{\kappa} / B_{\kappa}$  decreases below a certain limit, the annular shape of the flow is lost, as in the case with an increase in the height of the return outlet and inlet holes – Figure 5.



Further analysis of the simulation results showed that the limiting value of the parameter  $R_{\kappa} / B_{\kappa}$ , which determines the abrupt change in the flow shape, depends on the parameter  $h_{\text{ex}} / R_{\kappa}$ . Figure 10 shows a graph of the dependence of the limit value of the parameter  $R_{\kappa} / B_{\kappa}$  on the parameter  $h_{\text{ex}} / R_{\kappa}$ .

Each point on the graph was obtained as a result of the air flow modeling for a fixed value of the parameter  $h_{\text{ex}} / R_{\kappa}$  with a successive decrease in the parameter  $R_{\kappa} / B_{\kappa}$ .

As can be seen from Figure 10, the resulting graph is well approximated by a linear dependence. It was obtained according to the method of the least squares:

$$(R_{\kappa} / B_{\kappa})_{zp} = 2,18(h_{\text{ex}} / R_{\kappa}) - 0,25. \quad (11)$$

The correlation coefficient of the higher equation is  $R^2 = 0,99$ , which confirms the sufficient closeness of the connection between the equation and the calculated points. Significance test of the regression coefficients by Student's test showed that both coefficients are significant.

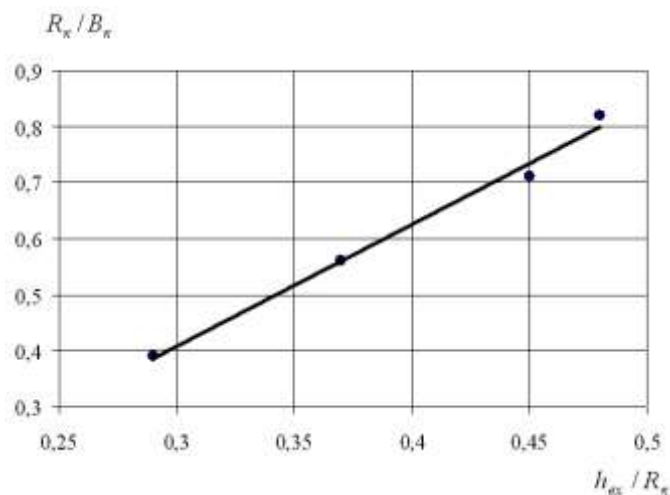


Figure 10 – Dependency graph  $(R_{\kappa} / B_{\kappa})_{zp} = f(h_{\text{ex}} / R_{\kappa})$

Thus, all points that lie in the area above the graph of the function  $(R_{\kappa} / B_{\kappa})_{zp} = f(h_{\text{ex}} / R_{\kappa})$ , set the value of the parameters  $R_{\kappa} / B_{\kappa}$  and  $h_{\text{ex}} / R_{\kappa}$ , which provide an annular shape of the air flow.

It should be noted that changes in the initial air velocity and surface roughness shift the graph of the function  $(R_{\kappa} / B_{\kappa})_{zp} = f(h_{\text{ex}} / R_{\kappa})$ .

So, for example, the limit value of the parameter  $R_{\kappa} / B_{\kappa}$  at an initial air velocity of 1 m/s and other parameters  $h_{\text{ex}} / R_{\kappa} = 0,37$ ,  $Rz = 20 \mu\text{m}$  is 0,51, while at an initial air velocity of 10 m/s it is 0,53. That is, a decrease in air velocity expands on graph of function  $(R_{\kappa} / B_{\kappa})_{np} = f(h_{\text{ex}} / R_{\kappa})$  the zone with the recommended values of the design parameters of the chamber.

A similar trend is observed with a decrease in the roughness of the inner surface of the chamber.

**Summary.** The obtained results of the air flow movement modeling made it possible to investigate the aerodynamic situation in the chamber of the drying plant. As a result, it was found that the laminar mode of air movement is maintained only in the inlet pipe. In another part of the chamber, there is an irregularity in the distribution of the velocity field in the radial and axial directions, as well as along the width of the chamber. This confirmed the need to search for rational design parameters of the chamber, which would provide a favorable form of air flow for the centrifugal fluidized bed.

The study of the influence of the relationships between the main design parameters on the field of air velocities made it possible to obtain their rational values, which are generalized by equation (11) for certain values of the air velocity at the chamber inlet and the roughness of its inner surface. The established tendency for the shift of graph of function  $(R_k / B_k)_{cp} = f(h_{ex} / R_k)$  with a change in the initial air velocity and chamber surface roughness is that it shifts downward with a decrease in air velocity and surface roughness, which expands the zone with the recommended values of the design parameters of the chamber.

The optimal layout of the inlet and outlet pipes was determined – as close as possible to each other (Fig. 6, d). Its optimality was confirmed by analyzing the velocity fields for different schemes.

Although these results are more qualitative than quantitative, since the perforated drum and product layer were not taken into account during the simulation, they can be used in the design of an industrial dryer.

#### References:

1. Maksimenko Yu.A. *Razvitie nauchno-prakticheskikh osnov i sovershenstvovanie processov sushki rastitel'nogo syr'ya v dispergirovannom sostoyanii. Diss. dokt. techn. nauk* [Development of scientific and practical foundations and improvement of drying processes of vegetable raw materials in a dispersed state. Dr. engin. sci. diss.]. Voronezh, 2016, 502 p. (In Russian).
2. Fionina V.S., Borovskaya L.V. *Izmenenie fizicheskikh, himicheskikh i mikrobiologicheskikh svoystv pri hranenii pishchevoj produkcii* [Changes in physical, chemical and microbiological properties during food storage]. *The Scientific Heritage*, 2022, no. 96 (96), pp. 34-37. (In Russian). DOI: 10.5281/zenodo.7049572.
3. Trubilin E.I., Vinevskij E.I. *Energoemkost' sushki rastitel'nogo syr'ya: problemy i puti resheniya* [Energy intensity of drying of vegetable raw materials: problems and solutions]. *Tekhnicheskij opponent* [Technical opponent], 2019, no. 1 (2), pp. 48-53. (In Russian).
4. 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.
5. Sychevskij V.A., Chornyj A.D., Baranova T.A. *Optimizaciya aerodinamicheskogo rezhima raboty sushil'noj kamery* [Optimization of the aerodynamic mode of operation of the drying chamber]. *Energetika. Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij i energeticheskikh ob"edinenij SNG* [Energy. News of higher educational institutions and energy associations of the CIS], 2016, vol. 59, no. 3, pp. 260-271. (In Russian).
6. Zemcovskij A.E., Manukovskij A.Yu. *Matematicheskaya model' aerodinamiki sushil'nyh kamer s vertikal'no-poperechnoj cirkulyaciej* [Mathematical model of aerodynamics of drying chambers with vertical-transverse circulation]. *Lesotekhnicheskij zhurnal* [Forestry Journal], 2015, vol. 5, no. 2 (18), pp. 131-137. (In Russian). DOI: 10.12737/111987.
7. Cui P., Yu Y., Xue Q., Wu Z., Miao K., Liu C., Zhao L., Li Z. *Numerical simulation and optimization of Lonicerae Japonicae Flos extract spray drying process based on temperature field verification and deep reinforcement learning*. *Journal of Food Engineering*, vol. 345, 2023, 111425, ISSN 0260-8774. (In English). DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2023.111425.
8. Sataev A.A., Mironchenkov S.R., Andreev V.V. *Chislennoe modelirovanie processov smesheniya neizotermicheskikh potokov v Solid Works Flowsimulation* [Numerical simulation of mixing processes of non-isothermal flows in SolidWorks Flowsimulation]. *Mezhdunarodnyj studencheskij nauchnyj vestni* [International Student Scientific Bulletin], 2020, no. 2, pp. 77. (In Russian).
9. Badcock K.J., Glover I.C., Richards B.E. *A preconditioner for steady two-dimensional turbulent flowsimulation*. *International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow*, 1996, vol. 6, no. 1, pp. 79-93. (In English). DOI: 10.1108/EUM0000000004099.
10. Luneva S.K. *Modelirovanie processov teplomassoperezenosa v programmnoj srede solidworks/flowsimulation* [Modeling of heat and mass transfer processes in the solidworks

software environment/flow simulation]. *Tekhniko-tekhnologicheskie problemy servisa* [Technical and technological problems of the service], 2018, no. 2 (44), pp. 27-31. (In Russian).

11. Yashonkov, A.A., Kosachev V.S. Eksperimental'noe opredelenie parametrov processa sushki file bychka azovskogo [Experimental determination of the parameters of the drying process of the Azov goby fillet]. *Materialy 7 Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy onlajn-konferencii «Nauka, obrazovanie i innovacii dlya APK: sostoyanie, problemy i perspektivy»* [Proceedings of the 7th International Scientific and Practical Online Conference “Science, education and innovations for agriculture: state, problems and prospects”], 2022, pp. 442-448. (In Russian).

Сведения об авторах / Information about authors

- Соколов Сергей Анатольевич** 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
- Яшонков Александр Анатольевич** канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой машин и аппаратов пищевых производств  
Керченский государственный морской технологический университет  
298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82  
jashonkov@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
- Севаторов Николай Николаевич** канд. техн. наук, доцент кафедры машин и аппаратов пищевых производств  
Керченский государственный морской технологический университет  
298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82  
nicksevatorov@yandex.ru
- Sevatorov Nikolai Nikolaevich Ph.D. (Engin.), Associate Professor at the Department of Machines and Apparatuses for Food Production  
Kerch State Maritime Technological University  
298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82  
nicksevatorov@yandex.ru
- Афенченко Дмитрий Сергеевич** канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры общинженерных дисциплин  
Донецкий национальный университет экономики и торговли им. М. Туган-Барановского  
83050, Донецкая Народная Республика, г. Донецк, ул. Щорса, 31  
afenchenkods@mail.ru
- Afenchenko Dmitriy Sergeevich Ph.D. (Engin.), Senior Lecturer of the Department of General Engineering Disciplines  
Donetsk National University of Economics and Trade named after Mikhail Tugan-Baranovsky  
83050, Donetsk People's Republic, Donetsk, Shchorsa str., 31  
afenchenkods@mail.ru

Асташева О.М.

### ХЕРСОНСКАЯ ОБЛАСТЬ: СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

**Аннотация.** В рамках предмета исследования региональной экономики как прикладной экономической науки, изучающей особенности и закономерности рационального размещения производительных сил, производства и рынков сбыта, актуальным является изучение и сравнение социально-экономического потенциала, особенностей и перспектив развития различных регионов страны. Это обусловлено тем, что экономика различных территориальных социально-экономических систем отличается своеобразием, взаимосвязанностью и единством своих объектов и их сочетаний (комплексов). В статье рассмотрены основные составляющие социально-экономического потенциала Херсонской области, сформированные в период ее нахождения в структуре народного хозяйства СССР и постсоветской Украины, факторы и возможности его развития в соответствии с интеграционными процессами вхождения в экономическое пространство Российской Федерации, показаны приоритетные направления социально-экономического развития региона на ближайшую перспективу.

**Ключевые слова:** региональная экономика, Херсонская область, социально-экономический потенциал, регион, перспективы развития.

Astasheva O.M.

### Kherson Region: Socio-Economic Potential and Development Prospects

**Abstract.** Within the framework of the subject of research of regional economics as an applied economic science that studies the features and patterns of rational allocation of productive forces, production and sales markets, it is relevant to study and compare the socio-economic potential, features and prospects of development of various regions of the country. This is due to the fact that the economy of various territorial socio-economic systems is distinguished by the originality, interconnectedness and unity of its objects and their combinations (complexes). The article examines the main components of the socio-economic potential of the Kherson region, formed during its stay in the structure of the national economy of the USSR and post-Soviet Ukraine, factors and opportunities for its development in accordance with the integration processes of entering the economic space of the Russian Federation, shows priority directions of socio-economic development of the region for the near future.

**Keywords:** regional economy, Kherson region, socio-economic potential, region, development prospects.

**Введение.** Актуальность рассмотрения особенностей социально-экономического потенциала Херсонской области следует рассматривать в связи с происходящими геополитическими процессами ее вхождения в состав Российской Федерации. Неизбежность интеграционных процессов региона с как с ближними, так и с отдаленными регионами страны обуславливает настоятельную необходимость рассмотрения основных составляющих его социально-экономического потенциала и возникающих в этой связи перспективных направлений его развития в ближайшем будущем. Проблема усугубляется нестабильностью внешнеполитической составляющей, разрушением инфраструктуры из-за военных действий, сложностями переходного периода в правовое поле Российской Федерации, отсутствием анализа сильных и слабых сторон региона и в целом методологии, которая позволила бы учесть региональную специфику уникальных ресурсов.

**Целью исследования** является обзор отраслевой структуры хозяйственного комплекса

Херсонской области, ее социально-экономического положения и перспективы в составе Российской Федерации.

**Материалы и методы исследования.** Региональная экономика как наука начала формироваться ещё в XIX веке. Среди зарубежных исследователей наиболее заметный вклад в разработку проблем региональной экономической теории, вопросов размещения производительных сил и эффективности регионального производства внесли немецкие экономисты – Иоган Генрих Тюнен, Альфред Вебер, Вальтер Кристаллер, Август Леш, профессор экономики Пенсильванского университета Уолтер Айзард, французский экономист Жан Шардоне, американский экономист русского происхождения Василий Леонтьев, В. Томпсон, Т. Паландер, а также авторы известных учебников Х. Армстронг и Дж. Тэйлор [1].

Также и в России в силу ее огромной территории и разнообразия ее природных и социально-экономических условий требовалось развитие региональных исследований. Интерес к проблемам территориального экономического устройства страны проявляли такие известные ученые, как М.В. Ломоносов, А.Н. Радищев, Н.Г. Чернышевский, Д.И. Менделеев и многие другие. В XIX-XX вв. региональные исследования в России концентрировались главным образом на изучении естественных производительных сил, социально-экономической географии, региональной статистике, проблемах региональных рынков (например, широкую известность получила работа В.И. Ленина «Развитие капитализма в России»). В советский период региональные исследования развивались в свете потребностей государства в научном обосновании масштабных планов переустройства общества. Среди наиболее известных ученых-регионалистов советского периода выделяются И.Г. Александров, Н.Н. Баранский, В.С. Немчинов, Н.Н. Некрасов, А.Е. Пробст, Ю.Г. Саушкин, Я.Г. Фейгин, А.И. Сухарев и многие другие [2].

В СССР, а позднее в России региональные исследования, в отличие от Запада, имеют практическое значение для решения конкретных проблем народного хозяйства. Поэтому теория размещения была здесь направлена на обоснование закономерностей, принципов и факторов размещения производительных сил, исходя из потребностей отечественной экономики, а также на обоснование экономического районирования, по результатам которого формировалась сетка экономических районов страны. Важной частью исследований стала выработка методов планирования и регулирования территориального и регионального развития. Поэтому региональные исследования следует рассматривать как основу формирования программ перспективного развития регионов

**Результаты исследования и их обсуждение.** Территория Херсонской области составляет 28 461 км<sup>2</sup>. Это близко к площади Владимирской области (29 тыс. кв. км). Область расположена в степной зоне, на нижнем течении реки Днепр, который разделяет область на две части – правобережную и левобережную. Херсонская область – одна из самых малонаселенных на Украине. Численность населения области на начало 2022 года составляло 1 млн человек, в том числе городского населения более 60 %. Это сопоставимо с населением Калужской или Калининградской областей. Более четверти населения области проживало в областном центре – городе Херсоне [3]. В течение ряда последних лет демографическая ситуация демонстрировала отрицательный прирост населения: 0,6-1,4 % численности населения в 2017-2021 гг., что в целом за этот период составило -52726 тыс. чел. (5 % населения на начало 2017 года). Виной этому – неблагоприятные условия жизни, плохая социальная защищенность, низкий уровень медицинского обслуживания, ухудшение здоровья и социальные проблемы, античеловечная медицинская реформа. Херсонская область в составе Украины стала лидировать по заболеваниям так называемым «болезням бедности».

Херсонская область в народнохозяйственном комплексе СССР имела развитую промышленность. Херсон был важным морским и речным портом. В нем интенсивно развивалось судостроение морского и речного направлений. Здесь производились сухогрузы, баржи, буксиры и др. суда. Судоремонтные предприятия имели всесоюзное значение.

Помимо этого, были созданы заводы по производству карданных валов, кукурузоуборочных комбайнов электромеханической продукции. Была хорошо развита нефтепереработка и легкая промышленность. Хлопчатобумажный комбинат был известен на всю страну. Крупнейший консервный завод, завод стеклоизделий работали на полную мощь.

В Каховке был известен завод электросварочного оборудования, в Цюрупинске (ныне Олешках) был создан целлюлозно-бумажный комбинат, в Новой Каховке было налажено производство электродвигателей и металлоконструкций.

В значительной степени Херсонская область – это исключительно аграрный регион, так как экономика области в значительной мере ориентирована на сельское хозяйство. Херсонская область имеет значительный потенциал развития сельскохозяйственного производства, большие площади сельскохозяйственных угодий с плодородными землями (1968,4 тыс. га, в том числе 1770 тыс. га пашни) и значительной суммой эффективных температур, которые создают благоприятные условия для этой отрасли. Это создает необходимые природные предпосылки для производства значительных объемов растениеводческой и животноводческой продукции. Херсонская область – важный регион по выращиванию качественного продовольственного зерна озимой пшеницы, кукурузы, риса, подсолнечника. Регион имел значительные площади орошаемых земель, что позволяло выращивать овощебахчевые культуры и виноград.

Территория области включает почти 2 млн га сельскохозяйственных угодий, что является наибольшей площадью пахотных земель по всем регионам Украины. В отраслевой структуре валовой продукции сельского хозяйства ведущее место принадлежит растениеводству. Область являлась одним из национальных лидеров по выращиванию овощей и бахчевых культур. Среди овощных культур в Херсонской области наибольшее значение имеют помидоры, капуста, лук, перец сладкий, баклажаны. Урожайность овощей открытого грунта в 2014 г. составила 267 ц/га (средняя по Украине – 191 ц/га). Другими стратегически важными для области культурами являются подсолнечник, соя, рапс. Среди зерновых культур традиционным является выращивание пшеницы (в том числе озимой), ржи, овса, ячменя и проса.

Херсонская область расположена в южной части степной зоны Украины, которая характеризуется засушливым климатом. В таких условиях производство сельскохозяйственной продукции в значительной степени зависит от решения проблемы искусственного орошения сельхозугодий. Площадь орошаемых сельскохозяйственных угодий в Херсонской области – 426,8 тыс. га, или 21,6 % от общей площади сельхозугодий. Основными источниками воды были Каховская оросительная система и Северо-Крымский канал, построенные в СССР в 50-е годы XX века. Капельное орошение применялось примерно на 36,8 тыс. га. Орошение в области создавало благоприятные условия для выращивания стабильных урожаев, увеличения производства продукции, развития материально-технической базы сельского хозяйства. В целом, урожайность и орошаемые площади в Херсонской области не уступали Краснодарскому краю.

Ещё одной развитой отраслью сельского хозяйства Херсонской области являлось животноводство. При этом в домохозяйствах содержалось 86,1 % голов крупного рогатого скота (в т. ч. коров – 90,8 % от общего количества по области), 53,9 % свиней, 66,3 % овец и коз, 23,4 % домашней птицы. Среди новых направлений развития птицеводства присутствовали необычные виды, пользующиеся спросом, – это разведение перепелов и страусов. В селах отмечалась тенденция к созданию кооперативов как способ сохранения небольших домашних хозяйств. Внедрение кооперации дает сельхозпроизводителям возможность выходить на рынок, получать прямой доступ к потребителям их продукции.

Агропредприятия Херсонской области производили высококачественную продукцию и полностью обеспечивали регион продуктами питания. В пищевой и перерабатывающей промышленности региона насчитывалось около 90 крупных, 300 средних и малых предприятий, выпускающих широкий ассортимент продовольственных товаров. Среди них – птицефермы, мясо- и молокоперерабатывающие заводы, маслозаводы, производители муки и

мучных изделий, круп, сыров, кетчупа, майонеза, консервированных овощей и фруктов, хлебопекарные комплексы и другие [3, 4].

Потенциально область имеет возможность выращивать ежегодно не менее 2 млн тонн продовольственного зерна, 1 млн тонн овощебахчевой продукции, 35 тыс. тонн риса, 100 тыс. тонн плодов, 50 тыс. тонн винограда и много другой продукции [5, 6].

В области добывали различные известняки, применяемые в строительстве и металлургии, песок, глину, торф. Есть минеральные воды, минеральные соли и минеральные грязи [6].

Наличие развитой перерабатывающей промышленности позволяло перерабатывать произведенную продукцию непосредственно в области. Промышленный комплекс области составляли более 200 предприятий различных отраслей: машиностроение, пищевая и перерабатывающая, химическая и целлюлозно-бумажная, легкая промышленность, электроэнергетика. Традиционно приоритетным считалось судостроение. Так, например, на заводе «Паллада» в Херсоне производили судоремонтные плавучие доки. Уникальная технология сращивания корпусов дока на плаву позволяла изготавливать блоки любых размеров.

Промышленными предприятиями области изготавливались строительные металлические конструкции и изделия, радиаторы и котлы центрального отопления, инструменты, крепежные приспособления, цепи и пружины, дорожные знаки.

Одним из основных промышленных направлений являлось машиностроение. В Херсонской области выпускались электромашины большой мощности, специальное сварочное оборудование, сельскохозяйственная техника (комбайны и тракторы), грейдеры и автопогрузчики, легкие одномоторные самолеты, гидротехнические сооружения, запасные части к тепловозным дизелям, насосное оборудование и охотничьи боеприпасы.

В области работали предприятия по производству строительных смесей, строительных материалов (кирпич, газобетон) и строительного оборудования.

Предприятия химической промышленности изготавливали широкий ассортимент продукции, а именно: фармацевтические препараты и материалы, лаки и краски, изделия из пластмасс, пластиковые окна и двери, резинотехнические изделия, минеральные удобрения и средства защиты растений, полипропиленовые мешки и др. Специфика региона обуславливает тот факт, что в структуре промышленного комплекса наибольший удельный вес приходился на пищевую промышленность. На внутренний рынок и на экспорт предприятия региона поставляли муку и макаронные изделия, подсолнечное масло и кондитерские изделия, соки и овощную консервацию.

Традиционной для Херсонщины отраслью является виноделие. Агрофирма совхоз «Белозерский» была крупнейшим производителем виноматериалов, вина, фруктового пюре. Качество Белозерского вина подтверждали многочисленные награды международных и национальных выставок, среди них 20 – золотые.

История коньяка «Таврия» начиналась с первого поселения швейцарских колонистов, в XVIII веке. Крупнейшее винодельческое предприятие – ПАО «Дом марочных коньяков «Таврия» – создавало коньяки с использованием отечественного и зарубежного опыта виноделия, имело успех не только в стране, но и за ее пределами. По итогам 2014 года, ДМК «Таврия» продемонстрировал увеличение объемов производства на 53%, выпустил около 20 новых продуктов. На выставке «ПродЭкспо 2015» компания получила наибольшее количество призов в своей номинации, в том числе «Гран-при» и «Звезда ПродЭкспо». ДМК «Таврия» стал первым в Украине производителем органических коньяков, получив в феврале 2015 г. международный сертификат соответствия требованиям к экологически чистой продукции согласно ISO 14024 [5, 6].

Следует отметить, что практически весь имеющийся производственный потенциал области был создан в рамках народнохозяйственного комплекса СССР.

Главной особенностью географического расположения является выход к Азово-Черноморскому бассейну и Днепровской водной магистрали. Это открывает широкие

возможности для морских и речных перевозок, индустрии отдыха, а также сельского хозяйства. Через область проходят три автомагистрали. Главные водные артерии – Днепр и Ингулец. На Черном море есть два порта – Херсон и Скадовск. В Херсоне находится крупнейший на реке Днепр морской и речной порт, основанный в 1778 году при императрице Екатерине II в эпоху освоения Северного Причерноморья и присоединения Крыма. Это было предприятие с круглогодичной навигацией и грузооборотом более 3 млн. тонн в год (ежегодно в порту обрабатывалось более 600 судов), но существенно уступающее по этому показателю портам Одессы и Мариуполя.

В целом, данный регион – это транзитная область с мощной транспортной системой: железнодорожной, морской, речной, автомобильной. Есть возможность развития авиационного сообщения (международный аэропорт в Херсоне в октябре 2014 г. пытался возобновить свою работу).

Через территорию области проходят два международных транспортных коридора. Черноморское экономическое содружество формирует транспортные потоки стран Ближнего Востока и Балканского полуострова в направлении Мариуполя и Новоазовска, а Евроазиатский транспортный поток – из стран Европы через черноморские порты в Крым, Россию, страны Закавказья и Востока.

Приоритетной сферой развития транспортного комплекса Херсонщины является строительство логистических комплексов для агропромышленной сферы: овоще- и фруктохранилищ с возможностью первичной переработки агропродукции.

Выгодное географическое положение, относительная близость важных рынков стран СНГ и Ближнего Востока позволяет Херсонской области экспортировать значительные объёмы производимой сельскохозяйственной продукции, однако в последние годы сложилось отрицательное сальдо торгового баланса [5, 7].

Среди районов и городов области основными экспортёрами являлись города Херсон, Каховка, Новая Каховка, а также Скадовский и Каховский районы [5], а в структуре экспорта преобладала агропродукция (порядка 40 %) [8].

Отметим, что Херсонская область всегда была тесно связана с Крымом, фактически составляя единый экономический район с общими культурными и социальными связями. Из области в Крым поставлялась сельхозпродукция, а также вода для орошения степных районов полуострова. Эти экономические связи были нарушены в 1991 году, а в 2014 году и полностью прекращены Украиной в одностороннем порядке. Разрыв экономических связей между двумя регионами отрицательно сказался как в экономике Крыма, так и Херсонской области [портрет]. С присоединением Херсонской области к Российской Федерации традиционные экономические связи возобновились и расширились на другие регионы России.

Перспективы развития Херсонской области были намечены уже в 2022 году в Программе социально-экономического развития Херсонской области до 2025 года, на основе которой были сформулированы цели и показатели развития каждой сферы региона – от сельского хозяйства до демографии. В текущем году в экономику и социальную сферу региона планируется вложить 185 млрд рублей государственных инвестиций для качественного роста в базовых отраслях экономики в целях улучшения жизни граждан – через создание новых рабочих мест и рост доходов, повышение доступности качественной медицинской помощи, развитие образования [9]. К 2030 году во всех отраслях необходимо достичь средних показателей по России, в том числе по качеству медицинских и образовательных услуг и всех социальных стандартов [10]. Согласно этой Программе основным двигателем экономики Херсонской области станет строительство. В области планируются восстановление, реконструкция и строительство жилья, медицинских и учебных учреждений. Также ведется подготовка проекта автостреды, которая соединит проходящую через весь Крымский полуостров трассу «Таврида» с новыми российскими территориями и Ростовской областью. Трасса пройдет через Джанкой, Геническ, Мелитополь, Бердянск, Мариуполь до Ростова-на-Дону.

Не менее важными по значимости для перспективного развития региона определены



промышленность и АПК. Так, согласован проект 10-миллиардных инвестиций в создание перерабатывающего комбината: консервного завода и холодильного комплекса для хранения овощей. Власти области намерены создавать условия для прихода в регион новых компаний, чтобы повысить уровень конкуренции на рынке потребительских товаров и диверсифицировать их поставки.

После утверждения Программы социально-экономического развития Херсонской области Правительством России появится возможность включения региона в перечень госпрограмм и приоритетных проектов привлечения государственных инвестиций в модернизацию социальных объектов, капитальный ремонт жилого фонда и объектов ЖКХ, строительство новых медицинских учреждений [10].

Что касается возможностей интеграции существующего производственного потенциала в экономику России, можно сказать, что Херсонская область – самая «простая» с точки зрения присоединения к России. Так, например, Херсонский машиностроительный завод, который был единственным производителем зерноуборочных комбайнов на Украине, может быть восстановлен и переориентирован на производство российских комбайнов; завод карданных валов, ориентированный на КрАЗ, может производить запчасти для российских автомобилей; Херсонский судостроительный завод можно интегрировать в производственные цепочки аналогичных крымских заводов – и все это при относительно небольших капиталовложениях [8]. В целом, регион не требует таких существенных вложений, какие были в Крыму, где, например, строительство трассы «Тавриды» (166 млрд рублей) было связано, в первую очередь, с необходимостью обеспечить транспортную доступность для достаточно большого пассажиропотока в несколько миллионов человек, который совсем не характерен для Херсонской области.

**Выводы.** Херсонская область – регион, нынешнее состояние и будущее развитие которого напрямую связано с успешностью его интеграции в состав российской экономики. Для этих целей необходимо провести комплексное, расширенное исследование, которое основывается не на отдельных факторах развития региона, а создаст систему факторов и результатов, т.е. создать методику изучения основ взаимодействия экономики, экологии и общества.

#### Список использованной литературы:

1. Теории региональной экономики. URL: <https://eee-region.ru/articletop/regionalnaya-ekonomika/teorii-regionalnoy-ekonomiki/> (дата обращения: 06.09.2023).
2. Желтиков В.П. Экономическая география и регионалистика: учебное пособие. 4-е изд. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К»; Ростов-н/Д: Академцентр, 2010. 384 с.
3. Херсонская область: социально-экономический портрет региона. URL: <https://sevloka.ru/page/hersonskaja-oblast-socialno-ekonomicheskij-portret-regiona> (дата обращения: 06.09.2023).
4. Экономика региона – Херсонская торгово-промышленная палата. URL: <https://www.tpp.ks.ua/rus/khersonskij-region/ekonomika-regiona.html> (дата обращения: 06.09.2023).
5. Херсонская и Запорожская области: экономический портрет регионов. URL: <https://ruinform.com/page/hersonskaja-i-zaporozhskaja-oblasti-ekonomicheskij-portret-regionov> (дата обращения: 06.09.2023).
6. Чем богаты новые территории, которые могут присоединиться к России по итогу референдумов. Экономический потенциал. URL: <https://www.amic.ru/news/ekonomika/chem-bogaty-novye-territorii-kotorye-mogut-prisoediniya-k-rossii-po-itogu-referendumov-ekonomicheskij-potencial-509489> (дата обращения: 06.09.2023).
7. Главное управление статистики в Херсонской области. URL: [www.ks.ukrstat.gov.ua](http://www.ks.ukrstat.gov.ua) (дата обращения: 06.09.2023).
8. Херсонская область в российской семье: интеграционные перспективы освобожденных

территорий. URL: <https://readovka.news/news/97631> (дата обращения: 06.09.2023).

9. В Херсонской области согласовали программу социально-экономического развития до 2025 года. URL: <https://tass.ru/ekonomika/17322037> (дата обращения: 06.09.2023).
10. Развитие Херсонщины планируют на семь лет вперед. URL: <https://www.donetsk.kp.ru/daily/27472/4727865/> (дата обращения: 06.09.2023).

References:

1. *Teorii regional'noj ekonomiki* [Theories of regional economics]. (In Russian). Available at: <https://eee-region.ru/articletop/regionalnaya-ekonomika/teorii-regionalnoy-ekonomiki/> (accessed 06.09.2023).
2. Zheltikov V.P. *Ekonomicheskaya geografiya i regionalistika* [Economic geography and regionalism]. Moscow, Dashkov i K Publ., Rostov-on-Don, Akademcentr Publ., 2010, 384 p. (In Russian).
3. *Hersonskaya oblast': social'no-ekonomicheskij portret regiona* [Kherson region: socio-economic portrait of the region]. (In Russian). Available at: <https://sevloka.ru/page/hersonskaja-oblast-socialno-ekonomicheskij-portret-regiona> (accessed 06.09.2023).
4. *Ekonomika regiona – Hersonskaya trgovno-promyshlennaya palata* [Economy of the region – Kherson Chamber of Commerce and Industry]. (In Russian). Available at: <https://www.tpp.ks.ua/rus/khersonskij-region/ekonomika-regiona.html> (accessed 06.09.2023).
5. *Hersonskaya i Zaporozhskaya oblasti: ekonomicheskij portret regionov* [Kherson and Zaporozhye regions: economic portrait of the regions]. (In Russian). Available at: <https://ruinform.com/page/hersonskaja-i-zaporozhskaja-oblasti-ekonomicheskij-portret-regionov> (accessed 06.09.2023).
6. *Chem bogaty novye territorii, kotorye mogut prisoedinit'sya k Rossii po itogu referendumov. Ekonomicheskij potencial* [What are the rich new territories that can join Russia as a result of referendums? Economic potential]. (In Russian). Available at: <https://www.amic.ru/news/ekonomika/chem-bogaty-novye-territorii-kotorye-mogut-prisoedinit'sya-k-rossii-po-itogu-referendumov-ekonomicheskij-potencial-509489> (accessed 06.09.2023).
7. *Glavnoe upravlenie statistiki v Hersonskoj oblasti* [The Main Department of Statistics in the Kherson region]. (In Russian). Available at: [www.ks.ukrstat.gov.ua](http://www.ks.ukrstat.gov.ua) (accessed 06.09.2023).
8. *Hersonskaya oblast' v rossijskoj sem'e: integracionnye perspektivy osvobodennyh territorij* [Kherson region in the Russian family: integration prospects of the liberated territories]. (In Russian). Available at: <https://readovka.news/news/97631> (accessed 06.09.2023).
9. *V Hersonskoj oblasti soglasovali programmu social'no-ekonomicheskogo razvitiya do 2025 goda* [The Kherson region has agreed on a program of socio-economic development until 2025]. (In Russian). Available at: <https://tass.ru/ekonomika/17322037> (accessed 06.09.2023).
10. *Razvitie Hersonshchiny planiruyut na sem' let vpered* [The development of the Kherson region is planned for seven years ahead]. (In Russian). Available at: <https://www.donetsk.kp.ru/daily/27472/4727865/> (accessed 06.09.2023).

Сведения об авторе / Information about author

<b>Асташева Ольга Михайловна</b>	Декан факультета управления и бизнеса Херсонский технический университет Херсонская область, г. Геническ, ул. Центральная, 196 priceliz@mail.ru
Astasheva Olga Mikhailovna	Dean of the Faculty of Management and Business Kherson Technical University Kherson region, Genichesk, Tsentralnaya str., 196 priceliz@mail.ru

T. O. Glechikova, M. A. Osipova, S. N. Frolova

## THE PECULIARITIES OF LEGAL REGULATION OF FSBEI ACTIVITY FINANCIAL SUPPORT PLANNING

**Abstract.** The main stage of state-funded educational institutions financial activity connected with the definition of main funding sources of higher educational institutions statutory activities and peculiarities of legal regulation of relationships arising at this stage are reviewed. Legislative and regulatory compliance practices which are accompanied by the identification of modern legal base possible deficiencies determining requirements and regulations controlling and limiting rights of funded institutions when planning their activities are appraised. Relation between funded institutions planning and the government strategic planning is defined. A review of legal and regulatory framework regulating the planning process at different stages and relationship with regulatory authorities of this process is performed. The necessity to pay more attention to the discussed theme if state-funded educational institutions financial activity planning is the basis of qualitative performance of the governmental task for training the specialists needed for development of the Russian Federation national economy branches is demonstrated.

**Keywords:** financial and economic activity planning, legal regulation, governmental task, legal entities, financial law, budget law.

Глечикова Т.О., Осипова М.А., Фролова С.Н.

## ОСОБЕННОСТИ ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ФИНАНСОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ФГБОУ

**Аннотация.** Рассматривается основной этап формирования финансовой деятельности бюджетных образовательных учреждений, связанный с определением основных источников финансирования уставной деятельности высших образовательных учреждений и нюансы правового регулирования взаимоотношений, возникающих на данном этапе. Дается оценка правоприменительной практики с выявлением возможных недостатков современной правовой базы, определяющей требования и нормы, регулирующие и ограничивающие права бюджетных учреждений при планировании их деятельности. Определяется взаимосвязь планирования бюджетных учреждений и стратегического планирования на уровне государства. Приводится обзор нормативно-правовой базы, регламентирующей процесс планирования на разных стадиях и взаимоотношения с регуляторами данного процесса. Обосновывается необходимость уделять большего внимания данной тематике, при условии, что планирование финансовой деятельности бюджетных образовательных учреждений является основой качественного выполнения государственного задания по подготовке специалистов, необходимых для развития отраслей народного хозяйства РФ.

**Ключевые слова:** планирование финансово-хозяйственной деятельности, правовое регулирование, государственное задание, субъекты права, финансовое право, бюджетное право.

**Introduction.** The legal regulation of planning of financial assurance activity and financial activity of state-funded educational institutions of higher education which are subsidized at the expense of the different level federal budget. In particular, at the expense of the federal budget on condition that, as mentioned above, the financial activity of latter is an integral part of the state policy in the sphere of socially significant branches to which in their turn the sphere of higher education is related to. The sphere of higher education affects, at the first time, the questions of strategic planning and the governmental policy predicting in the education branch and goal-oriented planning and predicting the development of the education system as well as the mechanisms of financial activity planning by higher education establishments of the state sector as

the budget provider.

**Objective of the study.** Grounding of theoretic-legal principles and classification of legal standards practice application which regulate the financial activity of state-funded educational institutions (as illustrated by higher educational establishments) for revealing of legal relations peculiarities specific to the financial activity as well as the development of suggestions on the improvement of the current activity field.

**Materials and research methods.** The critical overview of the research methodological basis shows a dialectic method of scientific knowledge of social and legal phenomena in their relationship and cooperation by means of application of system-structured, analytical and comparative legal methods as well as methods of comparison and abstraction, using of legal paper content analysis.

The lawmaking and enforcement practices analyzing educes weak spots of financial activity effective planning both on the federal level and the performance budget level. To some extent this prevents the realization of “road maps” and action items plans that led to scale transformations connected with the expected increase in the level of learning services quality which are provided within the framework of the FSBEI governmental task [1-12]. The scientific novelty of the paper is as follows: the planning mechanism of financial activity means the presence of one statutory and regulatory enactment describing general procedures connected with differentiation of the rights and duties of the chief controllers of budgetary funds.

**Research results and their discussion.** According to the lawyers studying the nature of legal regulation and the financial activity provision, the legal regulation of educational establishments activity financial support planning ensured on the first-priority basis is determined by the Federal law of 28.06.2014 № 172-FL “On the strategic planning in the Russian Federation” (further - FL on strategic planning) which confirms legal principles of strategic planning by means of distribution tenures of the bodies of the government and the RF regions in such direction and the procedure of their interconnection with organizations functioning in corresponding spheres and sectors of national economy in the industry-based national economy of the Russian Federation including the educational sector [1].

In accordance with FL on strategic planning provisions, the financial activity planning and financial support of the FSBEI activity is the constituent of strategic planning as the activity of the obligatory participant of such a process in a country which is attempted to solve the problems of sustainable economic and social development of the Russian Federation accompanied by the approved tool of participants coordinated interaction on the basis of strategic planning principles in the process of development and realization of planning paper [2] also being an object of the monitoring survey and the control over planning paper realization on the part of the government within the context of objectives definitions, prediction and planning developed at the federal level (the paper of strategic planning developed within the contest of objectives definitions according to the industry-based principle to which industrial paper of the Russian Federation strategic planning is related), using legal and regulatory, informational, research and methodological, financial and other resources provision[2].

In addition, it is necessary to note that one more normative legal document, defining major objectives, qualitative and quantitative indexes of which must be taken into account obligatory while planning the financial support and financial activity of FSBEI. It is the government program of the Russian Federation “The education development” up to 2030 which is approved by the government regulation of RF of 26.12.2017 № 1642 in which the priorities, the public administration purposes and objectives, methods of their achievements and solutions in the relevant industry (sphere) are defined [3].

Moreover, to our opinion, the fundamental document specifying principle directions of FSBEI financial activity planning, on a first-priority basis, connected with accomplishment of the governmental task received from the founder members as well as being the regulator from the part of the government to achieve regulated indicators in the field of education may be taken as the RF government executive order of 30.04.2014 №722-p [4]“On the confirmation of activities plan

(“road map”)” “Changes in social sphere branches aimed at the education and science effectiveness improvement” (further “Road map in education”). A given statement can be grounded so that in other normative legal acts regulating financial activity of higher educational institutions of the state sector, e.g. in the order of the Ministry of Education and Science of 29.04.2014 N 420 (red. of 08.12.2014 with amendments of 28.04.2015) [5] there is a reference to the “Educational road map” as about definition of standard expenses for payment of research and educational personnel work which is involved in the learning services realization as the accomplishment of the governmental task for training of specialists of various educational programs for higher education. It's worth noting that it is expenses for labour payment of the above mentioned category of specialists which is the main expenses item because it is a case of professional services in which the higher-education teaching personnel is the main tool in realization of objectives to be achieved towards the FSBEI founder member. The quality and effectiveness of the education given to the population depend on the qualitative feature of the teaching staff. In its turn it is a part of government strategic planning in sectors of social service predicted by FL about strategic planning accompanied by the presentation of actions plan included in the “Road map in education”.

The given circumstance emphasizes once more the inseparability and conditionalism of FSBEI financial activity planning with the governmental strategic planning in the social sector and predetermines the FSBEI special statute as the subjects of legal relations arising on the given stage of the financial activity with the founder member which determines the governmental task assignment scope for the specialists training, in value terms by means of standard expenses application as a part of monetary groups of specialities and training programs required by the Order of the Ministry of Education and Science of 29.04.2014 № 420 to the planned number of applicants approved in accordance with the RF government regulation of 26.06.2015 N 640 (red. of 05.08.2022) [5] on the level of the governmental planning for discussed planning period within the law of federal budget for the next financial year and two subsequent years of the planning period taking into account the requirements of the RF Governmental Regulation of 24.03.2018 N 326 (red. of 20.05.2022) [6] and which are ordered by the founder member for FSBEI execution.

In the current sequence of negotiation of main plan indicators of financial support and financial activity of higher educational institutions the latter act, from a legal point of view, as entities of budget law which is the main sub-sector of financial law.

Further the planning of financial support and financial activity is performed within the framework of the authorities granted by the FSBEI founder members in accordance with the standards and requirements of the order of the Russian Ministry of Finance of 31.08.2018 № 186n (red. of 25.08.2022) [7] which regulates the procedure for making up a plan of financial and economic activities of governmental institutions.

The Financial and economic activities plan (FEAP) of state institutions is a basic document which determines the main planned directions of revenue-expenditure (financial) activities for the ensuing financial year and the planning period for the following two years which provides:

1) carrying out of governmental task (GT) which is performed by the founder member of Federal State Budgetary Educational Institution (FSBEI) (subsidization from the budget of different levels (depending on the educational institution subordination to a governing body) for carrying out governmental task);

- the providing with qualitative learning services by means of facilities and resources renewal as well as items of immovable property renewal (using the funds of a specific subsidization for other purposes which are not connected with performing of the governmental task);

- the realization of guaranteed payment to population (scholarship support, financial assistance) at the expense of a specific subsidization for other purposes which are not connected with performing of the governmental);

2) the performing of non-budgetary (brining income) activity taking into account purposes and tasks which were as the basis for creation of such education institution aimed at attraction of additional extrabudgetary funds for providing financial stability and soundness in case of changes in the amount of finance of the federal budget or budgets of subjects associated with a change in the

socio-economic or geopolitical situation in the state [8].

Table 1 – Sources of higher educational institution financing

Law, normative act	Financial source of a higher educational institution
Budget code of the RF. Article (further atr.)78.1 Grants adjudgment to non-profit organizations which are not governmental institutions. Art. 79 Budget investments for objects of governmental and public properties.	1. Grants for reimbursement of standard expenses concerning public service providing (performance of activities) in accordance with the governmental task (clause further cl. 1, art. 78.1) 2. Grants for other purposes (cl. 1 art. 78.1) 3. Budget investments – public funds directed for creating or increasing at the expense of public funds of federal property value (funds for the purchase of equipment, total modernization, modernization of available equipment, building of new facilities) (art. 79)
RF civil code (part I), art. 120 Institutions	1. Funds of appropriate budget. 2. Revenues obtained from income activity.
The RF law “On education” art. 41 Financial support of learning activity	1. Federal budget funds on the basis of federal standards of educational activity financial support. (cl. 2 art. 41) 2. Additional funds at the expense of commercial additional educational and others services required by the university charter of services. (cl. 8, art. 41) 3. Funds at the expenses of voluntary donations and target contributions of individuals and (or) legal entities. (cl. 8 art. 41)
Federal law “On non-profit organizations” art.9.2 Budgetary institution	1. Grants from the appropriate budget for the governmental task performing coverage. 2. Proceeds from works performing, services providing corresponding to principal activities in excess of the established governmental task which are provided for individuals and legal entities in return for a fee. 3. Proceeds from other activities which are not principle ones but in the case if such activity corresponds objectives of the institution and it is specified in founding documents.
Federal law “On education in the Russian Federation”. ch. 13. Economic activity and financial support in education sector	1. At the expenses of budget outlays based on target costs for the public service providing according to every type and specialization of educational programs per one learner (cl.2 art. 99). 2. At the expenses of funds of individuals and (or) legal entities according to treaties about commercial learning services providing. (cl. 1, art. 101) 3. Revenues obtained from disposal of interest and shares in the authorized capital of business entities and deposits in joint-stock capitals of business partners, the founder members (participants) of which are higher educational institutions.

The planning of financial support and financial activity by means of making the Financial and economic activities plan (FEAP) of FSBEI is regulated within the legal framework in connection

with laws and regulations approved by State Duma of the Russian Federation, Russian Federation government, Ministry of Finance of the Russian Federation, Ministry of science and Higher Education of the Russian Federation. First of all it is about Budgetary code which prescribes the rights and duties of FSBEI and governing bodies arising during planning. The norms of the Russian Federation Government Regulation of 26.06. 2015 №640 which are closely connected with FSBEI financial provision must be taken into account and then the planning of state-funded educational institution is covered by the orders from Ministry of Finance of 31.08. 2018 № 186 n [7] and dated August 17th, 2020 № 168 n [9] regulating the requirements for drawing up and FEAP procedure rules.

During the financial planning of FSBEI activity as the object of legal regulation, a number of questions arises which are connected with the presence of not only main and important statutory and regulatory enactments but and other specifying and illustrating individual standards and requirements e.g. The orders of the Ministry of Finance dated 31.08. 2018 № 186 n and August 17th, 2020 № 168 n regulate the same actions of FSBEI during drawing up of FEAP in some cases they copy the actions and in other cases they oppose the requirements concerning one and the same question. Both of these documents are valid and this makes the planning difficult and limits the actions of education institutions because the basic power is given to executive branch authorities concerning examination and adoption of FEAP because they are founder member. But due to their multitask they ignore the standards of given legal acts, connected with the limits of time for consideration and adoption very often. Due to the fact of being under the subordination, FSBEI can not influence some questions because of their limited power in budget and finance and because it is non – profit institution federally funded from different levels.

The achievement of financial budgeting objectives in higher educational institution is carried out through the interconnection of its tasks and principles (Figure 1) [10].

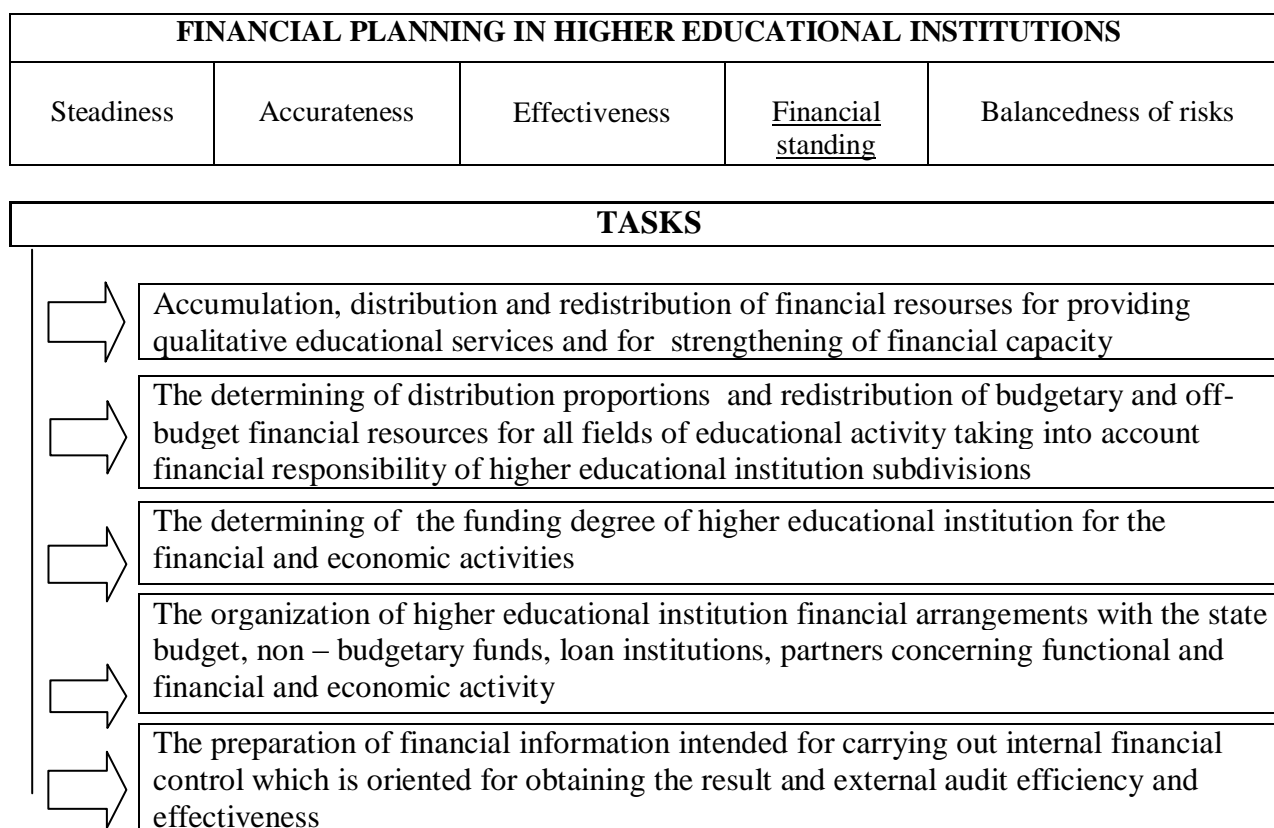


Figure 1 – Interrelation of principles and tasks of financial planning in higher educational institutions

Thus, the financial planning for state educational institutions can be defined as a key mechanism of strategic planning of their activity which is aimed at providing financial stability

taking into account the specific features. This differs higher educational institutions established by public agency from other economic entities. They define a specific status of FSBEI as legal subjects which are subjected to financial right and budget law (a segment of financial right). This determines specific duties and limited rights of entities carrying out the function designated by the state concerning the redistribution of social product aimed at the development of social policy in education as well as a specific type of the main aim performance control of creation of such institutions where the carrying out of governmental task taking into account standards setting of their federal budget of appropriate level are performed.

The interaction of objects and subjects of financial planning in the field of higher education is given in the figure 2 [10].

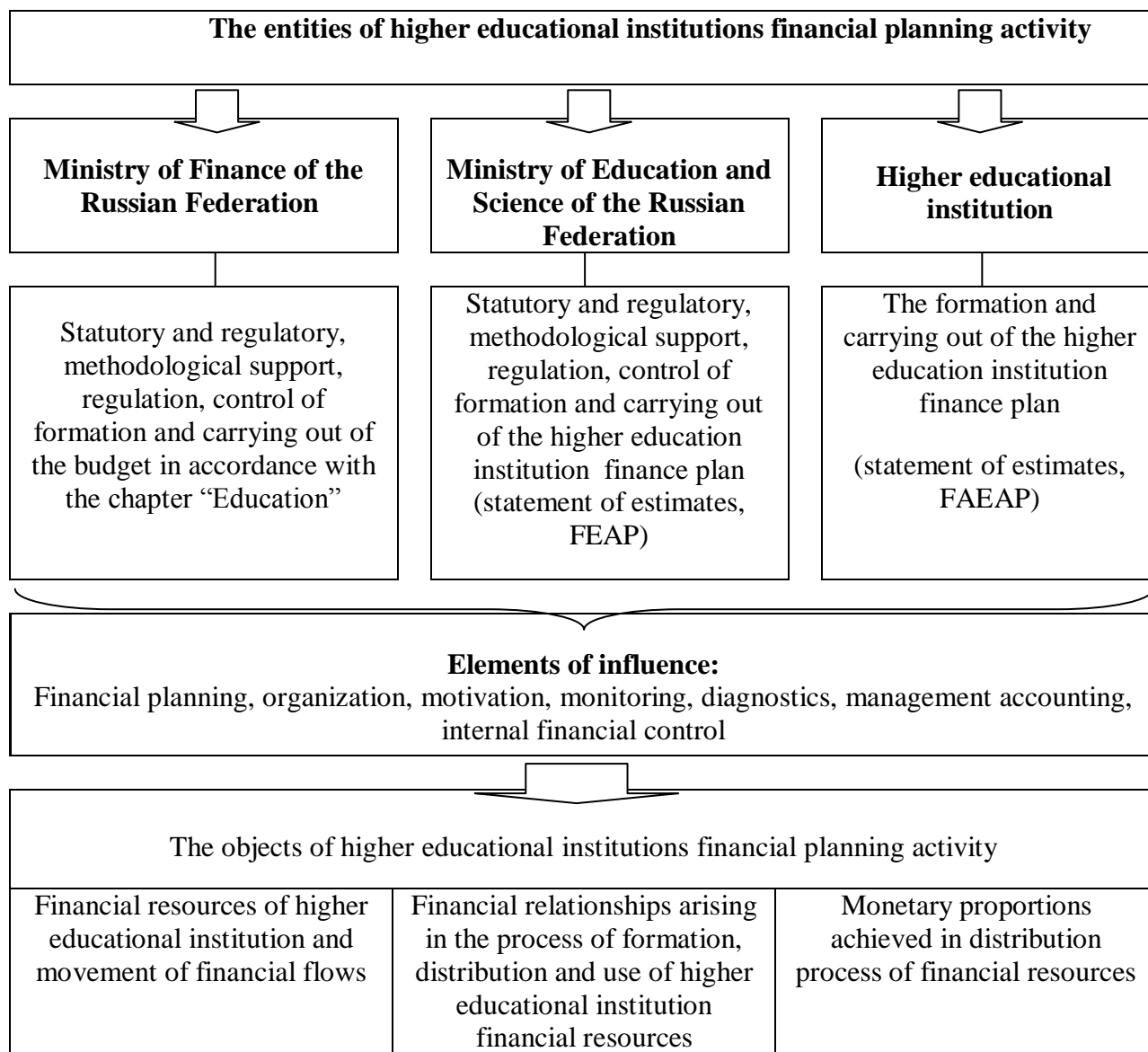


Figure 2 – The interconnection of objects and entities of financial planning in the field of higher education

Therefore, it is necessary for FSBEI to draw up the plan of actions which provide the qualitative and effective learning services within the governmental task. Its level is estimated by means of state monitoring carried out in accordance with the standards of the Russian Federation Government Regulation of 05.08. 2013 №662 [11] as well as in accordance with consideration to the indicators defined by orders of the Ministry of Science and for Higher Education of the Russian Federation dated 22.2.2020 № 1566 [12]. It defines the attainment of the stated objectives and tasks which are subjected to internal and external financial risks taking into consideration optimal



possible balance of budgetary and off-budget financial resources.

**Summary.** The legal regulation of financial activity of state educational institutions is performed by means of specific legal standards which act as the instrument of financial control at the level of the government. It ensures compliance with financial (budgetary) legislation due to revealing of objects of offence and carrying out the actions aimed at prevention of such violations. Legal and regulatory framework, regulating financial and control- budgetary relations of educational institutions, contain the gaps and discontinuity as well as contradictions. This determines the necessity for reforming of financial and budget legislation which is aimed at regulating financial and budget relations between the entities (in some cases - objects) which are budgetary educational institutions.

The planning mechanism of financial activity means the presence of one statutory and regulatory enactment describing general procedures connected with differentiation of the rights and duties of the chief controllers of budgetary funds such as founder members and fund receivers called FSBEI. Nowadays, the presence of contradictory normative acts makes difficult the coordination process of the main constitutive financial documents which allow to carry out financial activity without temporary restrictions which are connected with violation of coordination terms by superior agency executive authority.

#### References:

1. Karpov A.V Analiz dejstvuyushchih normativnyh osnov v sfere strategicheskogo planirovaniya na federal'nom urovne v otrasli obrazovaniya [The analysis of up- to –date legal frameworks in the field of strategic planning on the federal level in the field of education]. *Nacional'nye interesy: priority i bezopasnost'* [National Intertests: Priorities and Safety], 2017, vol. 13, no. 2, pp. 204-219. (In Russian).
2. Russian Federation. The Federal Law of the Russian Federation № 172-FZ of June 28, 2014, «*On strategic planning in the Russian Federation*» [“On strategic planning in the Russian Federation”]. (In Russian). Available at: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_164841/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_164841/) (accessed 24.08.2023).
3. Russian Federation. Order of the Government of the Russian Federation № 722-p of April, 30, 2014, «*Ob utverzhdenii plana meropriyatiy («dorozhnoy karty») «Izmeneniya v otraslyakh sotsial'noy sfery, napravlennyye na povysheniye effektivnosti obrazovaniya i nauki*» [“On the confirmation of activities plan (“road map”) Changes in social sphere branches aimed at the education and science effectiveness improvement”]. (In Russian). Available at: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_162797/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_162797/) (accessed 24.08.2023).
4. Russian Federation. Order of the Ministry of Education and Science Russian Federation № 420 of December 8, 2014 with amendments of April 28, 2015, «*O perechne i sostave stoimostnykh grupp spetsial'nostey i napravleniy podgotovki po gosudarstvennym uslugam po realizatsii osnovnykh professional'nykh obrazovatel'nykh programm vysshego obrazovaniya*» [“On the list and monetary groupmembers of specialties and training programs concerning government services for implementation of higher educational institution academic programs”]. (In Russian). Available at: <https://base.garant.ru/70692350/> (accessed 24.08.2023).
5. Russian Federation. Decree of the Government of the Russian Federation № 640 of June 26, 2015 (as amended on August 5, 2022) «*O poryadke formirovaniya gosudarstvennogo zadaniya na okazaniye gosudarstvennykh uslug (vypolneniye robot) v otnoshenii federal'nykh gosudarstvennykh uchrezhdeniy i finansovogo obespecheniya vypolneniya gosudarstvennogo zadaniya*» [“On formation order of governmental task for rendering of state services regarding federal state institutions and financial support for carrying out governmental task”]. (In Russian). Available at: <https://base.garant.ru/71112362/> (accessed 24.08.2023).
6. Russian Federation. Decree of the Government of the Russian Federation № 326 of March 24, 2018 (as amended on May 20, 2022), «*Ob utverzhdenii Pravil sostavleniya proyekta federal'nogo byudzheta i projektov byudzhetrov gosudarstvennykh vnebyudzhethnykh fondov Rossiyskoy Federatsii na ocherednoy finansovyy god i planovyy period i priznanii utrativshimi silu nekotorykh aktov Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii*» [“Concerning approval of regulations of federal budget project and draft budget of State non-budgetary funds of the

- Russian Federation for the ensuing financial year and planning period and some acts of Government of the Russian Federation which are invalid”]. (In Russian). Available at: <https://base.garant.ru/71908234/> (accessed 25.08.2023).
7. Russian Federation. Order of the Ministry of Finance № 186 of August 31, 2018 (amended August 25, 2022), «*O Trebovaniyakh k sostavleniyu i utverzhdeniyu plana finansovo-khozyaystvennoy deyatel'nosti gosudarstvennogo (munitsipal'nogo) uchrezhdeniya*» [“On the requirements to drawing up and adoption of the Financial and economic activities plan of the state institution”]. (In Russian). Available at: <https://base.garant.ru/72078274/> (accessed 25.08.2023).
  8. Russian Federation. Civil code of the Russian Federation, article 50, clause 1. (In Russian). Available at: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_5142/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5142/) (accessed 25.08.2023).
  9. Russian Federation. Order of the Ministry of Finance of the Russian Federation № 168 of August 17, 2020 (amended of September 7, 2022), «*Ob utverzhdenii Poryadka sostavleniya i vedeniya planov finansovo-khozyaystvennoy deyatel'nosti federal'nykh byudzhethnykh i avtonomnykh uchrezhdeniy*» [“On the confirmation of the order of drawing up and carrying out the plans of the financial and economic activities of federal funded and autonomous institutions”]. (In Russian). Available at: <https://base.garant.ru/74633534/> (accessed 26.08.2023).
  10. Meliksetyan S.N. Osobennosti finansovogo planirovaniya v vysshikh uchebnykh zavedeniyakh [The peculiarities of financial planning in higher educational institutions]. *Finansovaya analitika: problemy i resheniya* [Financial Analytics: Problems and Solutions], 2016, no 5, p. 20. (In Russian).
  11. Russian Federation. Decree of the Government of the Russian Federation № 662 of August 5, 2013 (amended of March 24, 2022) «*Ob osushchestvlenii monitoringa sistemy obrazovaniya*» [“On carrying out educational system monitoring”]. (In Russian). Available at: [https://czentrobrazovaniya40tula-r71.gosweb.gosuslugi.ru/netcat\\_files/228/3773/05082\\_0\\_1.pdf](https://czentrobrazovaniya40tula-r71.gosweb.gosuslugi.ru/netcat_files/228/3773/05082_0_1.pdf) (accessed 26.08.2023).
  12. Russian Federation. Order of the Ministry of science and higher education of the Russian Federation № 1566 of December 22, 2020, «*Ob utverzhdenii pokazateley monitoringa sistemy obrazovaniya v ustanovlennoy sfere vedeniya Ministerstva nauki i vysshego obrazovaniya Rossiyskoy Federatsii*» [Concerning approval of monitoring indicators of educational system which is under the jurisdiction of the Ministry of science and higher education in the Russian Federation]. (In Russian). Available at: <https://base.garant.ru/400285124/> (accessed 27.08.2023).

Сведения об авторах / Information about authors

<b>Глечикова Татьяна Олеговна</b>	канд экон. наук, доцент кафедры экономики и гуманитарных дисциплин Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 tatyana.glechikova.kgmtu@mail.ru
Glechikova Tatiana Olegovna	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 tatyana.glechikova.kgmtu@mail.ru
<b>Осипова Марина Александровна</b>	старший преподаватель кафедры иностранных языков Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 marina131278al@mail.ru

Osipova  
Marina Aleksandrovna

Senior Lecturer of the Department of Foreign Languages  
Kerch State Maritime Technological University  
298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82  
marina131278al@mail.ru

**Фролова  
Светлана  
Николаевна**

старший преподаватель кафедры иностранных языков  
Керченский государственный морской технологический  
университет  
298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82  
frolova.sf@gmail.com

Frolova  
Svetlana Nikolaevna

Senior Lecturer of the Department of Foreign Languages  
Kerch State Maritime Technological University  
298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82  
frolova.sf@gmail.com

Мнацакян А. Г., Мнацакян Р. А., Томкович А. В.  
**ОБЛИГАЦИОННОЕ ФИНАНСИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОГО РЫБНОГО  
ХОЗЯЙСТВА**

**Аннотация.** Переход рыболовства к устойчивому развитию требует поиска новых способов финансирования. Одним из них являются «голубые» облигации – перспективный, но пока малоизученный инструмент инвестирования. В статье приводится обзор особенностей данного инструмента, даются рекомендации по его использованию в российских условиях. Аргументировано, что развитие облигационного финансирования «голубой» экономики не будет успешным без создания соответствующей институциональной среды и инфраструктуры рынка, одним из элементов которой может стать фонд устойчивого рыболовства – специализированная организация, координирующая деятельность и консолидирующая ресурсы в области «голубой» экономики в стране. Также необходимым представляется унификация методов оценки проектов, ориентированных на цели устойчивости с учетом специфики «голубой» экономики и широким раскрытием информации о проектах и предприятиях, финансируемых «голубыми» облигациями.

**Ключевые слова:** рыболовство, устойчивое развитие, инвестиции, источники финансирования, облигации.

Mnatsakanyan A. G., Mnatsakanyan R. A., Tomkovich A. V.  
**BOND FINANCING FOR SUSTAINABLE FISHERIES**

**Abstract.** The transition of fisheries to sustainable development requires the search for new ways of financing. One of them is "blue" bonds – a promising, but so far little-studied investment tool. The article provides an overview of the features of this tool, provides recommendations for its use in Russian conditions. It is argued that the development of bond financing of the "blue" economy will not be successful without the creation of an appropriate institutional environment and market infrastructure, one of the elements of which can be the Fund for sustainable fisheries – a specialized organization that coordinates activities and consolidates resources in the field of the "blue" economy in the country. It is also necessary to unify the methods of evaluating projects focused on sustainability goals, taking into account the specifics of the "blue" economy and wide disclosure of information about projects and enterprises financed by "blue" bonds.

**Keywords:** fisheries, sustainable development, investments, funding sources, bonds.

**Введение.** Современный финансовый рынок, имеющий сложный состав и разветвленную структуру, динамично развивается, пополняясь новыми инструментами. Одним из таких инструментов, появившимся относительно недавно, но быстро набирающим популярность стали т.н. «голубые» облигации. Данная разновидность ценных бумаг, предназначенных для финансирования инициатив в области устойчивого (т.е. сбалансированного в экономическом, социальном и экологическом смыслах) использования потенциала водных ресурсов, создает новые возможности как для инициаторов проектов, так и для других участников инвестиционного рынка.

Вместе с тем, несмотря на растущий интерес к «голубым» облигациям, до сих пор неясными остаются многие их аспекты. Прежде всего, недостаточно четко определена сфера и очерчены границы применения данного инструмента. Отсутствует также единство в методах обоснования его использования с позиций способности проектов, задействующих этот инструмент обеспечивать одновременно положительное экологическое и/или социальное воздействие и требуемую инвесторами финансовую отдачу. Последнее обстоятельство выступает серьезным препятствием распространению «голубых» облигаций поскольку требуется тщательно выверенный подход к использованию этого инструмента для

финансирования проектов, имеющих разнообразные последствия, многие из которых трудно предвидеть. В каждом случае необходима критическая оценка «голубых» облигаций, чтобы убедиться, что они в достаточной мере финансово жизнеспособны, социально справедливы и экологически эффективны. Однако такая оценка затруднена поскольку на сегодняшний день «голубые» облигации все еще остаются малоизученным инструментом инвестирования, не имеющим должного теоретико-методического обеспечения и лишь поверхностно описанным в научной литературе. Анализ целесообразности и возможностей использования данного инструмента в российских условиях, равно как и в целом перспективы «голубой» экономики в нашей стране почти не нашли отражения в работах отечественных авторов.

**Целью исследования** является содействие устранению пробелов в методическом обеспечении «голубых» облигаций. Для этого мы последовательно рассматриваем их роль и место в системе долговых инструментов, анализируем основные параметры и выявляем главные тенденции рынка «голубых» облигаций, предлагаем возможные решения, открывающие перспективы использования этого инструмента для перехода рыбного хозяйства нашей страны к модели устойчивого развития.

**Материалы и методы исследования.** Вопросам устойчивого развития экономики, функционирования финансового рынка, в том числе в области «зеленых» и «голубых» финансовых инструментов, уделялось внимание не только отечественными и зарубежными учеными, но и международными организациями и правительственными структурами [1-28]. Рассмотрение данной проблематики через призму развития рыбохозяйственного комплекса, в том числе обоснование финансовых механизмов обеспечения продовольственной безопасности государства [29] и возможности использования принципов ESG в развитии рыбного хозяйства России [30]; исследование методологических особенностей управления стоимостью компании, осуществляющей «зеленые» инновации [31], а также экономических аспектов государственно-частного партнерства в сфере рыбохозяйственного комплекса [31] и т.п. способствовало определению ключевых направлений устойчивого развития с акцентом на применении современных финансовых инструментов и их роли в обеспечении рационального и экологически ответственного использования водных ресурсов.

Достижение цели исследования базировалось на использовании системного и комплексного подхода к решению обозначенной проблемы; диалектическом методе познания, абстрагировании и обобщении изученного материала, индукции и дедукции.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Облигация – долговая ценная бумага, удостоверяющая отношение займа между ее владельцем и лицом, выпустившим ее. Она закрепляет право владельца на получение от эмитента в предусмотренный срок ее номинальной стоимости и установленного в облигации процента от номинальной стоимости (купонного дохода). Размер купонных выплат фиксируется при выпуске облигаций и не меняется на протяжении всей «жизни» бумаги. Существуют также облигации с переменным купоном (размер выплаты «плавает», эмитент объявляет ее только на следующий купонный период) и даже нулевым (такие облигации продаются дешевле номинала, а доход инвестора формируется за счет разницы между ценой приобретения и ценой погашения).

Обычно облигации используются для мобилизации средств правительствами, различными государственными органами и муниципалитетами. Облигационные займы используют и коммерческие компании для получения финансирования, рефинансирования долга или инвестирования в определенные проекты.

Облигации имеют ряд преимуществ по сравнению с классическими способами кредитования, в частности, они обеспечивают больший объем и меньшую стоимость заимствований, часто не требуют залога и имеют более выгодные условия. В тоже время большое количество инвесторов – держателей облигаций затрудняет реструктуризацию долга, в случае возникновения финансовых сложностей. Ограничением использования облигаций в качестве способа привлечения финансирования также является длительность процесса их выпуска по сравнению со сроками получения обыкновенного или синдицированного кредита.

Хотя современный набор методов долгового финансирования инвестиций выглядит вполне завершенным, он пополняется новыми инструментами. Одним из таких инструментов, появившимся относительно недавно, но уже получившим широкое распространение стали так называемые «устойчивые» облигации. Данный инструмент, впервые предложенный в 2007 году Европейским инвестиционным банком, довольно быстро приобрел популярность – в 2021 году мировой объем выпуска устойчивых облигаций оценивался в размере 1,1 трлн долларов США [1]. Столь существенный рост рынка устойчивых облигаций обусловлен высоким спросом на них со стороны владельцев капитала, вызванным как привлекательностью этого инструмента, так и усиливающимся общественным (а вслед за ним, и административным) влиянием, склоняющим бизнес к переходу на устойчивые принципы хозяйствования.

Выделяют несколько типов устойчивых облигаций, в частности: «зеленые» облигации, социальные облигации, а также различные облигации, выпуск которых так или иначе основан на принципах устойчивости. В свою очередь, эти инструменты можно объединить в две группы: во-первых, непосредственно нацеленные на достижение конкретных результатов (показателей) устойчивости и, во-вторых, выполняющие узко утилитарную функцию мобилизации финансовых ресурсов для целей устойчивого развития.

Согласно определению Международной ассоциации рынков капитала (ISMA), первый тип облигаций – непосредственно ориентированные на устойчивость, представляют собой «любой тип облигационного инструмента, финансовые и структурные характеристики которого могут варьироваться в зависимости от того, достигает ли эмитент заранее определенных целей в области устойчивого развития» [2]. Эмитенты этих облигаций принимают на себя явные обязательства добиться «улучшения результатов устойчивого развития в течение определенного срока времени» [2]. Другой тип облигаций, как и большинство традиционных долговых инструментов, фокусируется, прежде всего, на вопросах финансового обеспечения проектов, призванных решать экологические, социальные и экологические проблемы. Например, широко распространенные «зеленые» облигации, которые предназначены для финансирования экологических проектов, используются «исключительно для финансирования или рефинансирования, частично или полностью, новых и текущих проектов, в частности, инвестиций в природоохранную инфраструктуру» [3]. Обе выделенные выше группы устойчивых облигаций – ориентированные на результат и финансирующего типа, несмотря на кажущуюся схожесть, имеют определенные различия. В частности, облигации, ориентированные на мобилизацию и использование финансовых ресурсов в отличие от облигаций, прямо преследующих достижение целей устойчивости не имеют прямой связи между показателями экономической эффективности и процентными выплатами по облигации, в то время как для вторых это условие является основным.

Одним из результатов бурного развития рынка «зеленых» облигаций стало появление узконаправленных долговых инструментов, специально созданных для решения проблем финансирования отдельных сегментов «зеленой» экономики. Таким инструментом, в частности, стали «голубые» облигации, первый выпуск которых состоялся в 2018 году [4]. Поскольку данный инструмент относительно нов и практика его применения ограничена, многие вопросы его теории и методологии пока мало изучены. В настоящее время не существует даже общепризнанного определения «голубых» облигаций, различные организации и авторы предлагают собственные его версии, порой сильно отличающиеся. Приведем некоторые из определений, на наш взгляд отражающих основные особенности и проблематику этого инструмента.

По версии Всемирного банка, «голубая» облигация представляет собой «долговой инструмент, выпущенный правительствами, банками развития или другими сторонами для привлечения капитала от инвесторов, оказывающих влияние на финансирование морских и океанических проектов, которые имеют положительные экологические, экономические и климатические преимущества» [5]. Данное определение опирается на ключевые положения

концепции «голубой экономики», суть которой состоит в «устойчивом использовании океанских ресурсов ради экономического роста, улучшения условий жизни и рабочих мест при сохранении здоровья океанской экосистемы» [5]. Отметим, что подобные взгляды на тесную связь экономической деятельности по использованию водных ресурсов с социальными, экологическими и экономическими последствиями, разделяет большинство авторов, исследующих проблемы «голубой» экономики (см., например [6, 7]). Существуют также более узкие трактовки «голубых» облигаций. В частности, Международная финансовая корпорация (IFC) определяет их как «инновационные инструменты финансирования», которые обеспечивают финансирование как проектов, связанных с океаном, так и «защиты важнейших чистых водных ресурсов» [8]. Эксперты ООН к инструментам данного типа относят суверенные, проектные и корпоративные облигации, фокусирующиеся на вопросах финансирования инвестиций в «морские отношения и восстановление, [...] связанную с водой инфраструктуру [...] которая может] положительно влиять на состояние океана и поддерживать устойчивое развитие» [9]. Следуя этому подходу, Программа ООН по окружающей среде (UNEP) в своих отчетах конкретизирует границы «голубой» экономики, включая в ее сферу такие виды деятельности, как добыча и производство морепродуктов, судоходство, порты, прибрежный и морской туризм, а также морские возобновляемые источники энергии [10]. Аналогичный подход разделяют также региональные банки развития, например, Азиатский банк развития (ADB), который помимо отмеченных выше областей также включает в сферу устойчивого развития проекты по контролю загрязнения и управлению водными экосистемами [11].

Помимо многообразия трактовок «голубых» облигаций не до конца ясной остается типология этого инструмента, отражающая его место в арсенале долговых инструментов финансирования. В то время как эксперты Международной финансовой корпорации видят «голубые» облигации разновидностью «зеленых» облигаций [8] (т. е., средством мобилизации финансовых ресурсов), другие авторы полагают, что «голубые» облигации должны в первую очередь непосредственно служить достижению целей устойчивости [12]. Отметим, что последняя точка зрения пока не нашла практического подтверждения поскольку все находящиеся в обращении «голубые» облигации служат, прежде всего, инструментами мобилизации финансовых ресурсов [13]. Это дает основание в настоящее время определять «голубые» облигации как подкатегорию «зеленых» облигаций – долговой инструмент, основным назначением которого является финансирование мероприятий рациональному использованию ресурсов Мирового океана, ведущих к важным экономическим, экологическим и социальным последствиям.

Несмотря на слабую теоретическую проработку «голубые» облигации играют все более заметную роль в качестве инструмента финансирования экологически ответственных инвестиций в проекты, связанные с использованием водных ресурсов. Важность таких инвестиций в настоящее время почти не оспаривается. Однако в силу разных причин по-прежнему существует их значительный дефицит. Развитие рынка «голубых» облигаций отчасти могло бы помочь устранению барьеров, препятствующих притоку инвестиций в этот сектор экономики.

Прежде чем оценивать перспективы интеграции данного инструмента достижения целей устойчивого развития в части рационального и экологически ответственного использования водных ресурсов в систему мер экономической политики РФ необходимо прояснить некоторые аспекты его текущего состояния. Судя по имеющимся публикациям, за период с 2018 по 2022 годы в мире было выпущено 26 «голубых» облигаций, причем большая их часть (11 выпусков) приходится на 2022 год. Общая стоимость находящихся в обращении облигаций составляет примерно 5 млрд долларов США и ожидается, что этот сегмент долгового рынка продолжит рост в ближайшие годы [13]. Однако его размер все еще остается незначительным по сравнению рынком «зеленых» облигаций – в 2020 году на долю «голубых» облигаций приходилось менее 0,5 % стоимостного объема выпуска всех экологических облигаций. Также незначительными остаются единичные размеры «голубых»

облигационных займов. Их средняя стоимость составляет 193 млн долларов США, что гораздо меньше размера сделок с «зелеными» облигациями, средняя величина которых в 2021 году превышала 500 млн долларов США [14]. Малый размер сделок является серьезным недостатком с точки зрения главных участников финансового рынка – частных институциональных инвесторов, обычно отдающих приоритет крупным инвестициям [7].

Как и для любых других долговых инструментов финансирующего типа основным показателем «голубых» облигаций является их доходность. Судя по представленным в открытом доступе данным, по состоянию на конец 2022 года примерно 2/3 «голубых» облигаций имели фиксированную купонную ставку, остальные – плавающую купонную ставку. Средняя доходность по облигациям с фиксированной ставкой составляла 3,15 %, в то время как плавающие купонные ставки были привязаны либо к 6-месячной ставке обеспеченного финансирования овернайт [15], либо к ставке свопа с постоянным сроком погашения [16], либо к межбанковским ставкам стран, в валюте которых номинировались облигации [13]. Пока не изученным остается важный вопрос наличия премии для покупателей «голубых» облигаций (известно, что спред доходности их «зеленых» аналогов в среднем составляет 8 базисных пунктов ниже по сравнению с обычными корпоративными облигациями [17]). Наличие такой премии может оказывать существенное влияние на стоимость облигаций и, соответственно, на принятие инвестиционных решений, связанных с использованием данного инструмента [18].

Наряду с текущей и ожидаемой доходностью важной характеристикой долговых инструментов также является продолжительность их обращения. Средний срок погашения «голубых» облигаций составляет около 9 лет, что сопоставимо с показателями «зеленых» облигаций [19]. При этом сроки обращения отдельных инструментов сильно варьируются – от двух до двадцати лет. Не следует также забывать, что для проектов «голубой» экономики типичны большие временные лаги между осуществлением инвестиций и получением положительного эффекта от них [20, 21]. Данная особенность обуславливает высокие риски инвестиций в такие проекты на начальной стадии их реализации и объясняет заметную роль государства и крупных институциональных субъектов в «голубой» экономике.

С точки зрения перспектив использования рассматриваемого инструмента в качестве источника финансирования устойчивого российского рыболовства интерес представляет состав потенциальных участников и другие ключевые характеристики рынка «голубых» облигаций. В настоящее время основными эмитентами этих ценных бумаг выступают международные финансовые организации, на долю которых приходится более половины находящихся в обороте облигаций. Кроме того, часть облигаций была выпущена правительствами стран и национальными банками при поддержке международных финансовых организаций. Некоторый, но пока ограниченный интерес к выпуску «голубых» облигаций проявляют частные корпорации, в основном специализирующиеся на производстве морепродуктов (Maruha Nichiro, Mowi, Grieg Seafood), а также занимающиеся морскими грузоперевозками (Seaspan Corporation) и оказанием инфраструктурных услуг (BRK Ambiental). При этом частные эмитенты часто не маркируют свои ценные бумаги как «голубые» предпочитая использовать более устоявшийся термин «зеленые» облигации. Данный факт объясняется как осторожностью инвесторов, так и неразвитостью инструмента. Поскольку механизмы функционирования финансовых рынков опираются на существующие, отлаженные и проверенные временем инструменты, концепция «зеленых» облигаций, имеющая довольно долгую историю, пока вызывает больше доверия у инвесторов [22].

Как отмечалось выше, немаловажным аттрактором для инвесторов является величина предлагаемого для инвестиций актива. Очевидно, что отдельным частным корпорациям трудно обеспечить требуемые крупными инвесторами масштабы облигационных займов. Данное обстоятельство, учитывая слабое развитие рынка «голубых» облигаций, вероятно, обуславливает ведущую роль международных финансовых организаций на этом рынке. Тенденцией также является стремление эмитентов «голубых» облигаций расширять границы



своих проектов и реализовывать комплексные программы, нацеленные на решение целого спектра проблем, часто носящих глобальный характер. Помимо прочего такие программы содействуют развитию рынка «голубого» финансирования. Примерами могут служить выпуск Всемирным банком пяти облигаций на общую сумму 324 млн долларов США, которые стали частью программы PROBLUE, реализуемой в рамках глобальной инициативы – «Целей устойчивого и комплексного развития океанических секторов в здоровых океанах» [23], а также выпуск Межамериканским банком развития трех «голубых» облигаций на сумму 96 млн долларов США в рамках Программы устойчивого долга [24]. Международные финансовые институты также играют ведущую роль в поддержке ряда частных и государственных инициатив, направленных на рациональное использование водных ресурсов, непосредственно не связанных с выпуском «голубых» облигаций, но положительно влияющих на этот рынок. Вместе с тем многие исследователи полагают, что решающее значение для дальнейшего расширения рынка «голубых» облигаций будет иметь участие частных банков и корпораций [25, 26].

Как отмечалось выше, привлекательность «голубых» облигаций, как и любого другого долгового инструмента во многом зависит от их доходности. Существует мнение, что инвестиции, служащие социально и экологически ответственному использованию ресурсов Мирового океана, также способны приносить высокую экономическую выгоду. По некоторым оценкам соотношение выгод и затрат в проектах «голубой» экономики может составлять от 3:1 до 12:1 [27]. Но не все инициативы в этой области обеспечивают столь высокую доходность, что влияет на круг потенциальных инвесторов, готовых участвовать в «голубом» финансировании и, в том числе, стать держателями облигаций. В то время как некоторые высокодоходные проекты могут быть реализованы только за счет средств частных инвесторов, другие требуют применения более сложных финансовых конструкций, например, смешанного финансирования, а ряд инициатив невозможен без спонсорской поддержки [7].

Одним из перспективных направлений инвестиций в «голубую» экономику является производство продуктов питания, которое в свою очередь базируется на устойчивом рыболовстве и рыбоводстве. Данное направление наиболее широко представлено в линейке существующих «голубых» облигаций. На долю устойчивого рыболовства и аквакультуры приходится примерно две трети всех выпущенных облигаций данного типа (все они являются финансирующими). Инициаторы таких облигаций, как правило, объясняют их выпуск необходимостью безотлагательного решения экономических и социальных проблем, вызванных чрезмерной эксплуатацией рыбных и других водных ресурсов в регионах с высокой ролью рыбного хозяйства. Общей целью таких облигаций является устойчивое, сбалансированное в экологическом, социальном и экономическом смыслах управление живыми природными комплексами. Другими измерениями «голубой» экономики, на развитие которых нацелены облигационные займы являются снижение антропогенного и техногенного воздействия на водную среду, а также содействие развитию рекреационного потенциала, включая образовательные программы по устойчивому рыболовству [28]. В сочетании с этими целями важным направлением использования облигаций также является участие рыбной отрасли в обеспечении широко трактуемой продовольственной безопасности [29].

Как отмечалось выше, рынок долгового финансирования проектов «голубой» экономики пока находится в стадии становления. Дефицит теоретических и практических разработок в этой области создает серьезные проблемы как для эмитентов, так и для инвесторов «голубых» облигаций. В числе этих проблем – отсутствие общепринятого подхода к оценке эффективности проектов, способного отражать все разнообразие их особенностей и последствий. В результате в настоящее время эмитенты и инвесторы «голубых» облигаций вынуждены применять собственные методики оценки эффективности привлечения и использования финансовых ресурсов. Отсутствие стандартизированного, позволяющего сравнивать облигации друг с другом и другими финансовыми инструментами

существенно усложняет процедуры получения этих ресурсов, делает их менее доступными. Чтобы устранить данное ограничение необходимы признаваемые всеми участниками рынка, удобные и надежные показатели и метрики, способные обеспечить ясность в отношении результатов эмиссии «голубых» облигаций.

Современное методическое обеспечение, используемое для оценки результатов выпуска «голубых» облигаций, не только не унифицировано, но и отличается неравномерностью развития. В то время как в некоторых областях «голубой» экономики (например, таких как экологически ориентированные энергетика и инфраструктура), имеются общепринятые способы оценки воздействия, в других сохраняется сильная разнородность подходов. Исследователи рынка «голубых» облигаций также отмечают, что наряду с нестандартностью (и, как следствие, низкой надежностью) показателей, используемых эмитентами таких облигаций, серьезным препятствием для финансирования является несклонность инициаторов проектов сообщать всю информацию, необходимую для принятия взвешенных инвестиционных решений. Требуется «гораздо большее раскрытие информации о «голубых» облигациях и проектах [...], чтобы подтвердить их устойчивость» [30]. Как показывает опыт «зеленой» экономики, оптимальное сочетание финансовой и нефинансовой информации является обязательным условием роста интереса инвесторов и притока финансовых ресурсов в эту сферу [31].

Краткий обзор состояния и тенденций развития глобального рынка «голубых» облигаций позволяет понять, как использование этого инструмента может содействовать переходу рыбного хозяйства нашей страны к модели устойчивого развития. Как известно, одним из главных препятствий на этом пути выступают более высокие по сравнению с традиционными способами хозяйствования издержки и риски, затрудняющие доступ компаний к источникам финансирования [32]. Концепция «голубых» облигаций имеет в числе своих целей повышение доступности капитала, достигаемое за счет использования различных механизмов и в том числе, посредством консолидации капитала. Специфика облигационных займов, нацеленных на устойчивое развитие, обычно предполагающих формирование пула проектов и реализацию программ, позволяет эффективно управлять рисками отдельных проектов, входящих в эти программы. Кроме того, увеличение масштабов инвестиций в результате комбинирования разных проектов увеличивает общий спрос на капитал, что повышает интерес крупных инвесторов. Последнее обстоятельство также позволяет использовать более широкий набор методов и инструментов финансирования, в том числе, недоступных единичным проектам.

Одним из способов агрегирования инвестиций может стать формирование фонда устойчивого рыболовства – специализированной структуры, действующей на основе механизмов ГЧП [33] и служащей финансированию перехода отечественной рыбной отрасли к новой модели развития. Участие в проектах данного фонда будет способствовать повышению их привлекательности для потенциальных инвесторов, в том числе, для покупателей «голубых» облигаций, например, за счет покрытия части проектных рисков, расширения возможностей для выбора инвесторами оптимальных для них масштабов участия в проектах и других мероприятий. Приоритетами деятельности такого фонда должны стать социальные, экологические и общеэкономические цели, а в числе основных задач – повышение операционной эффективности проектов, обеспечение их доступа к рынку инвестиционных ресурсов, а также содействие цифровизации отрасли, как одного из ключевых условий формирования устойчивого рыболовства [34]. Несмотря на многочисленные препятствия для создания такого фонда, учитывая современные тенденции развития российской экономики, он выглядит вполне очевидной институциональной структурой, способной оказать действенную поддержку процессам перехода отрасли к модели устойчивого развития.

Деятельность фонда устойчивого рыболовства помимо прочего может базироваться на механизме облигационного финансирования. Главным преимуществом этого инструмента является прозрачность условий привлечения и использования финансовых ресурсов. Причем,

в отличие от акционерного капитала, данный инструмент не приводит к распылению контроля над бизнесом, использующим средства инвесторов. Другое немаловажное преимущество облигационного займа для финансирования устойчивого рыболовства – его способность формировать авансовый капитал проектов на самом сложном и ответственном начальном этапе их реализации. Имеется ряд методических разработок, которые после некоторой модификации могут быть использованы для обоснования решений об оптимальных размере, сроках и других параметрах облигационного займа на цели устойчивого рыбного хозяйства, а также о формах и масштабах государственной поддержки таких инвестиций [35].

Учитывая, что традиционно основными держателями «зеленых» и «голубых» облигаций выступают крупные игроки, отдельные проекты в сфере устойчивого рыболовства обычно оказываются слишком малы, чтобы предложить им достаточно масштабный и надежный финансовый продукт. Однако благодаря соединению проектов в пул становится возможной секьюритизация, обеспечивающая требуемый уровень покрытия облигаций общими активами и денежными потоками. Поскольку в данном случае эмитентом облигаций выступает не единичный проект (предприятие), а консолидированный заемщик и их погашение гарантируется высокой общей кредитоспособностью всей совокупности проектов, такие облигации могут представлять интерес для консервативных инвесторов с низкой расположенностью к риску. Кроме того, для повышения инвестиционной привлекательности облигаций государство может оказывать дополнительную поддержку, например, в виде гарантий погашения или других форм защиты инвестиций и доходов, оплаты части расходов на эмиссию бумаг или предоставления преференций проектам, в которые будут инвестированы доходы от облигаций.

Как показывает мировой опыт, основными эмитентами «голубых» облигаций являются банки развития, а также крупные национальные институциональные игроки. Представляется, что «голубые облигации», выпускаемые Министерством финансов, национальным институтом развития (ВЭБ РФ) или Фондом устойчивого рыболовства, предназначенные для финансирования проектов перехода отечественного рыболовства к модели устойчивого развития, поддержанные государством и обеспеченные крупными российскими запасами рыбных ресурсов, могут стать эффективным способом привлечения капитала, представляющим интерес как для отечественных, так и для иностранных институциональных инвесторов, стремящихся к диверсификации и большей надежности своих инвестиционных портфелей. Хотя использование этого инструмента для финансирования перехода российского рыболовства к модели устойчивого развития в настоящее время сопряжено с определенными трудностями, они в большей части носят технический характер.

**Выводы.** Рынок «голубых» облигаций в настоящее время переживает этап начального развития, что объясняет многие его проблемы. Обычно данный инструмент рассматривается, прежде всего, как средство финансирования проектов «голубой» экономики в условиях жестких бюджетных ограничений. Его необходимость определяется тем, что объем капитала, доступного для инвестиций является недостаточным для реализации многих проектов устойчивого развития в данной сфере. Выпуск узко направленных облигаций призван облегчить доступ к финансовому капиталу, необходимому для осуществления масштабных преобразований в области устойчивого использования водных ресурсов.

Среди многочисленных барьеров, стоящих на пути внедрения «голубых» облигаций в нашей стране и за рубежом, выделяются несколько ключевых препятствий, в том числе, методологического характера. К их числу, прежде всего, относится недостаточная проработка организационных механизмов, в том числе отсутствие стандартизированных методов анализа проектов в столь специфической сфере деятельности как «голубая» экономика. Данный недостаток усиливается крайне ограниченным опытом использования облигационных займов для этих целей, а также тем, что «голубые» облигации, как и многие другие экологические облигации в настоящее время сталкиваются с проблемами неполноты

и несовершенства отчетности. Часто их эмитенты стремятся преподнести планируемые или достигнутые социальные или экологические результаты как более важные, чем они есть на самом деле. Для того чтобы избежать этой опасности необходима унификация методов оценки проектов, ориентированных на цели устойчивости с учетом специфики «голубой» экономики. Данная мера также должна сопровождаться более широким раскрытием информации о проектах и предприятиях, финансируемых «голубыми» облигациями, что будет служить лучшему информированию инвесторов при принятии ими решений. Развитие облигационного финансирования «голубой» экономики не будет успешным без создания соответствующей институциональной среды и инфраструктуры рынка. Одним из элементов этой инфраструктуры может стать фонд устойчивого рыболовства – специализированная организация, координирующая деятельность и консолидирующая ресурсы в области «голубой» экономики в нашей стране. Реализация данных мер будет способствовать переходу российской рыбной отрасли к модели устойчивого развития.

Список использованной литературы:

1. Bloomberg New Energy Finance. Sustainable Debt Issuance Breezed Past \$1.6 Trillion in 2021. 2021. URL: <https://about.bnef.com/blog/sustainable-debt-issuance-breezed-past-1-6-trillion-in-2021/> (дата обращения: 10.08.2023).
2. Sustainability-Linked Bond Principles. ICMA. 2020. URL: <https://www.icmagroup.org/assets/documents/Regulatory/Green-Bonds/June-2020/Sustainability-Linked-Bond-Principles-June-2020-171120.pdf> (дата обращения: 10.08.2023).
3. *Deschryver P., de Mariz F.* What future for the green bond market? How can policymakers, companies, and investors unlock the potential of the green bond market? // *Journal of risk and Financial Management.* 2020. № 13. P. 61.
4. *Jouffray J.-B., Blasiak R., Nyström M., Österblom H., Tokunaga K., Wabnitz C., Norström A.* Blue Acceleration: An ocean of risks and opportunities. *Ocean Risk and Resilience Action Alliance Report.* 2021. 42 p.
5. World Bank. World Bank Launched Bonds to Highlight the Challenge of Plastic Waste in Oceans. 2019. URL: <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2019/04/03/world-bank-launches-bonds-to-highlight-the-challenge-of-plastic-waste-in-oceans> (дата обращения: 10.08.2023).
6. *Mathew J., Robertson C.* Shades of blue in financing: Transforming the ocean economy with blue bonds // *Journal of Investment Compliance.* 2021. №. 22. P. 243-247.
7. *Sumaila U., Walsh M., Hoareau K., Cox A., et al.* Financing a sustainable ocean economy // *Nature Communications.* 2021. №. 12. P. 32-59.
8. Guidelines for Blue Finance. IFC. 2022. URL: <https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/4a61d420-82b2-41e9-b2fd-b7fb0af38bba/IFC-Guidelines-for-Blue-Finance.pdf?MOD=AJPERES&CVID=ogvh-4f> (дата обращения: 15.08.2023).
9. UN Global Compact. Practical Guidance to Issue a Blue Bond. 2020. URL: <https://ungc-communications-assets.s3.amazonaws.com/docs/publications/Practical-Guidance-to-Issue-a-Blue-Bond.pdf> (дата обращения: 15.08.2023).
10. *Turning the Tide: How to Finance a Sustainable Ocean Recovery.* UNEPFI. 2021. URL: <https://www.unepfi.org/publications/turning-the-tide/> (дата обращения: 15.08.2023).
11. Asian Development Bank. Green and Blue Bond Framework. 2021. URL: <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/731026/adb-green-blue-bond-framework.pdf> (дата обращения: 15.08.2023).
12. *Requicha Ferreira M.* The New ESG Bond Markets. Berlin, Heidelberg // Springer International Publishing. 2022. P. 149-165.
13. *Bosmans P., de Mariz F.* The Blue Bond Market: A Catalyst for Ocean and Water Financing // *Journal Risk Financial Management.* 2023. № 16 (3). 184 p.

14. Climate Bonds Initiative. Climate Bonds Interactive Data Platform. 2022. URL: <https://www.climatebonds.net/market/data/> (дата обращения: 15.08.2023).
15. TMBThanachart. TTB Green and Blue Bond. 2022. URL: <https://www.ttbbank.com/en/ir/credit-rating-and-debenture/green-blue-bond> (дата обращения: 16.08.2023).
16. World Bank. World Bank EUR-Denominated Sustainable Development Bond Highlights the Importance of Water and Ocean Resources. 2019. URL: <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2019/05/10/world-bank-eur-denominated-sustainable-development-bond-highlights-the-importance-of-water-and-ocean-resources> (дата обращения: 16.08.2023).
17. *Caramichael J., Rapp A.* The Green Corporate Bond Issuance Premium // International Finance Discussion Papers. 2022. P. 13-46.
18. *Мнацаканян А.Г., Харин А.Г.* О некоторых особенностях применения концепции управления стоимостью для компаний, деятельность которых основана на использовании природных ресурсов // Финансы и кредит. 2012. № 1 (481). С. 12-19.
19. *Flammer C.* Corporate Green Bonds // Journal of Financial Economics. 2021. № 142. P. 499-516.
20. *Thompson B.* Blue bonds for marine conservation and a sustainable ocean economy: Status, trends, and insights from green bonds // Marine Policy. 2022. № 144.
21. *Мнацаканян А., Харин А.* Инвестиции и перспективы развития российского рыбного хозяйства // АПК: экономика и управление. 2022. № 2. С. 64-74.
22. *Roth N., Thiele T., Von Unger M.* Blue bonds: Financing resilience of coastal ecosystems. Key Points for Enhancing Finance Action. Blue Natural Capital Financing Facility: Technical Guideline Prepared for IUCN GMPP. 2019. URL: [https://www.4climate.com/dev/wp-content/uploads/2019/04/Blue-Bonds\\_final.pdf](https://www.4climate.com/dev/wp-content/uploads/2019/04/Blue-Bonds_final.pdf) (дата обращения: 16.08.2023).
23. World Bank. The World Bank's Blue Economy Program and PROBLUE: Supporting Integrated and Sustainable Economic Development in Healthy Oceans. 2022. URL: <https://www.worldbank.org/en/topic/environment/brief/the-world-banks-blue-economy-program-and-problue-frequently-asked-questions> (дата обращения: 16.08.2023).
24. Sustainable Debt Framework. IDB. 2020. URL: <https://www.idbinvest.org/en/download/12265> (дата обращения: 16.08.2023).
25. *Thiele T., Gerber L.* Innovative financing for the high seas // Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems. 2017. № 27. P. 89-99.
26. *Tirumala R., Tiwari P.* Innovative financing mechanism for blue economy projects // Marine Policy. 2022. № 139.
27. *Konar M., Ding H.* A Sustainable Ocean Economy for 2050. 2022. URL: [https://oceanpanel.org/wp-content/uploads/2022/05/Ocean-Panel\\_Economic-Analysis\\_FINAL.pdf](https://oceanpanel.org/wp-content/uploads/2022/05/Ocean-Panel_Economic-Analysis_FINAL.pdf) (дата обращения: 16.08.2023).
28. Accelerating Blue Bonds Issuances in Latin America and the Caribbean. IDB. 2021. URL: <https://idbinvest.org/en/download/13319> (дата обращения: 16.08.2023).
29. *Мнацаканян А.Г., Кузин В.И., Харин А.Г.* Финансовый механизм обеспечения продовольственной безопасности России в сфере рыбохозяйственного комплекса // Балтийский экономический журнал. 2020. № 4 (32). С. 12-23.
30. *Харин А.Г.* Методологические особенности управления стоимостью компании, осуществляющей «зеленые» инновации // Балтийский регион. 2012. № 3 (13). С. 47-58.
31. *Томкович А.В.* Использование принципов ESG в развитии рыбного хозяйства России // Балтийский экономический журнал. 2022. № 1 (37). С. 55-65.
32. *Мнацаканян Р.А.* Экономические аспекты государственно-частного партнерства в сфере рыбохозяйственного комплекса // Балтийский экономический журнал. 2021. № 1 (33). С. 73-82.
33. *Харин А.Г.* Цифровая экономика и ее перспективы в рыбной отрасли // Балтийский экономический журнал. 2019. № 3 (27). С. 75-87.

34. Карлов А.М., Мнацаканян Р.А. Метод определения параметров участия государства в финансировании проектов ГЧП в сфере РХК // Балтийский экономический журнал. 2022. № 3 (39). С. 64-75.

References:

1. Bloomberg New Energy Finance. Sustainable Debt Issuance Breezed Past \$1.6 Trillion in 2021. 2021. (In English). Available at: <https://about.bnef.com/blog/sustainable-debt-issuance-breezed-past-1-6-trillion-in-2021/> (accessed 10.08.2023).
2. Sustainability-Linked Bond Principles. ICMA. 2020. (In English). Available at: <https://www.icmagroup.org/assets/documents/Regulatory/Green-Bonds/June-2020/Sustainability-Linked-Bond-Principles-June-2020-171120.pdf> (accessed 10.08.2023).
3. Deschryver P., de Mariz F. What future for the green bond market? How can policymakers, companies, and investors unlock the potential of the green bond market? *Journal of risk and Financial Management*, 2020, no. 13, p. 61. (In English).
4. Jouffray J.-B., Blasiak R., Nyström M., Österblom H., Tokunaga K., Wabnitz C., Norström A. Blue Acceleration: An ocean of risks and opportunities. *Ocean Risk and Resilience Action Alliance Report*, 2021, 42 p. (In English).
5. World Bank. World Bank Launched Bonds to Highlight the Challenge of Plastic Waste in Oceans. 2019. (In English). Available at: <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2019/04/03/world-bank-launches-bonds-to-highlight-the-challenge-of-plastic-waste-in-oceans> (accessed 10.08.2023).
6. Mathew J., Robertson C. Shades of blue in financing: Transforming the ocean economy with blue bonds. *Journal of Investment Compliance*, 2021, no. 22, pp. 243-247. (In English).
7. Sumaila U., Walsh M., Hoareau K., Cox A., et al. Financing a sustainable ocean economy. *Nature Communications*, 2021, no. 12, pp. 32-59. (In English).
8. Guidelines for Blue Finance. IFC. 2022. (In English). Available at: <https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/4a61d420-82b2-41e9-b2fd-b7fb0af38bba/IFC-Guidelines-for-Blue-Finance.pdf?MOD=AJPERES&CVID=ogvh-4f> (accessed 15.08.2023).
9. UN Global Compact. Practical Guidance to Issue a Blue Bond. 2020. (In English). Available at: <https://ungc-communications-assets.s3.amazonaws.com/docs/publications/Practical-Guidance-to-Issue-a-Blue-Bond.pdf> (accessed 15.08.2023).
10. Turning the Tide: How to Finance a Sustainable Ocean Recovery. UNEPFI. 2021. (In English). Available at: <https://www.unepfi.org/publications/turning-the-tide/> (accessed 15.08.2023).
11. Asian Development Bank. Green and Blue Bond Framework. 2021. (In English). Available at: <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/731026/adb-green-blue-bond-framework.pdf> (accessed 15.08.2023).
12. Requicha Ferreira M. The New ESG Bond Markets. Berlin, Heidelberg. *Springer International Publishing*, 2022, pp. 149-165. (In English).
13. Bosmans P., de Mariz F. 2023. The Blue Bond Market: A Catalyst for Ocean and Water Financing. *Journal Risk Financial Management*, no. 16 (3), 184 p. (In English).
14. Climate Bonds Initiative. Climate Bonds Interactive Data Platform. 2022. (In English). Available at: <https://www.climatebonds.net/market/data/> (accessed 15.08.2023).
15. TMBThanachart. TTB Green and Blue Bond. 2022. (In English). Available at: <https://www.ttbbank.com/en/ir/credit-rating-and-debenture/green-blue-bond> (accessed 16.08.2023).
16. World Bank. World Bank EUR-Denominated Sustainable Development Bond Highlights the Importance of Water and Ocean Resources. 2019. (In English). Available at: <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2019/05/10/world-bank-eur-denominated-sustainable-development-bond-highlights-the-importance-of-water-and-ocean-resources> (accessed 16.08.2023).
17. Caramichael J., Rapp A. The Green Corporate Bond Issuance Premium. *International Finance Discussion Papers*, 2022, pp. 13-46. (In English).

18. Mnatsakanyan A.G., Kharin A.G. O nekotorykh osobennostyakh primeneniya kontseptsii upravleniya stoimost'yu dlya kompaniy, deyatel'nost' kotorykh osnovana na ispol'zovanii prirodnykh resursov [On some features of the application of the cost management concept for companies whose activities are based on the use of natural resources]. *Finansy i kredit* [Finance and Credit], 2012, no. 1 (481), pp. 12-19. (In Russian).
19. Flammer C. Corporate Green Bonds. *Journal of Financial Economics*, 2021, no. 142, pp. 499-516. (In English).
20. Thompson B. Blue bonds for marine conservation and a sustainable ocean economy: Status, trends, and insights from green bonds. *Marine Policy*, 2022, no. 144. (In English).
21. Mnatsakanyan A., Kharin A. Investitsii i perspektivy razvitiya rossiyskogo rybnogo khozyaystva [Investments and prospects for the development of the Russian fish industry]. *APK: ekonomika i upravleniye* [APK: Economics and Management], 2022, no. 2, pp. 64-74. (In Russian).
22. Roth N., Thiele T., Von Unger M. Blue bonds: Financing resilience of coastal ecosystems. Key Points for Enhancing Finance Action. *Blue Natural Capital Financing Facility: Technical Guideline Prepared for IUCN GMPP*. 2019. (In English). Available at: [https://www.4climate.com/dev/wp-content/uploads/2019/04/Blue-Bonds\\_final.pdf](https://www.4climate.com/dev/wp-content/uploads/2019/04/Blue-Bonds_final.pdf) (accessed 16.08.2023).
23. World Bank. The World Bank's Blue Economy Program and PROBLUE: Supporting Integrated and Sustainable Economic Development in Healthy Oceans. 2022. (In English). Available at: <https://www.worldbank.org/en/topic/environment/brief/the-world-banks-blue-economy-program-and-problue-frequently-asked-questions> (accessed 16.08.2023).
24. Sustainable Debt Framework. IDB. 2020. (In English). Available at: <https://www.idbinvest.org/en/download/12265> (accessed 16.08.2023).
25. Thiele T., Gerber L. 2017. Innovative financing for the high seas. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, no. 27, pp. 89-99. (In English).
26. Tirumala R., Tiwari P. Innovative financing mechanism for blue economy projects. *Marine Policy*, 2022, no. 139. (In English).
27. Konar M., Ding H. A Sustainable Ocean Economy for 2050. 2022. (In English). Available at: [https://oceanpanel.org/wp-content/uploads/2022/05/Ocean-Panel\\_Economic-Analysis\\_FINAL.pdf](https://oceanpanel.org/wp-content/uploads/2022/05/Ocean-Panel_Economic-Analysis_FINAL.pdf) (accessed 16.08.2023).
28. Accelerating Blue Bonds Issuances in Latin America and the Caribbean. IDB. 2021. (In English). Available at: <https://idbinvest.org/en/download/13319> (accessed 16.08.2023).
29. Mnatsakanyan A.G., Kuzin V.I., Kharin A.G. Finansovyy mekhanizm obespecheniya prodovol'stvennoy bezopasnosti Rossii v sfere rybokhozyaystvennogo kompleksa [Financial Mechanism for Ensuring Russia's Food Security in the Sphere of the Fisheries Industry]. *Baltiyskiy ekonomicheskyy zhurnal* [Baltic Economic Journal], 2020, no. 4 (32), pp. 12-23. (In Russian).
30. Kharin A.G. Metodologicheskiye osobennosti upravleniya stoimost'yu kompanii, osushchestvlyayushchey «zelenyye» innovatsii [Methodological features of cost management of a company implementing "green" innovations]. *Baltiyskiy region* [Baltic Region], 2012, no. 3 (13), pp. 47-58. (In Russian).
31. Tomkovich A.V. Ispol'zovaniye printsipov ESG v razvitiy rybnogo khozyaystva Rossi. [The use of ESG principles in the development of the Russian fish industry]. *Baltiyskiy ekonomicheskyy zhurnal* [Baltic Economic Journal], 2022, no. 1(37), pp. 55-65. (In Russian).
32. Mnatsakanyan R.A. Ekonomicheskkiye aspekty gosudarstvenno-chastnogo partnerstva v sfere rybokhozyaystvennogo kompleksa [Economic aspects of public-private partnership in the field of fisheries]. *Baltiyskiy ekonomicheskyy zhurnal* [Baltic Economic Journal], 2021, no. 1 (33), pp. 73-82. (In Russian).
33. Kharin A.G. Tsifrovaya ekonomika i yeye perspektivy v rybnoy otrasli [Digital economy and its prospects in the fishing industry]. *Baltiyskiy ekonomicheskyy zhurnal* [Baltic Economic Journal], 2019, no. 3 (27), pp. 75-87. (In Russian).

34. Karlov A.M., Mnatsakanyan R.A. Metod opredeleniya parametrov uchastiya gosudarstva v finansirovaniy proyektov GCHP v sfere RKHK [Method for determining the parameters of state participation in financing PPP projects in the field of RCC]. *Baltiyskiy ekonomicheskiy zhurnal* [Baltic Economic Journal], 2022, no. 3 (39), pp. 64-75. (In Russian).

Сведения об авторах / Information about authors

<b>Мнацакян Альберт Гургенович</b>	д-р экон. наук, профессор, директор института экономики и управления Калининградский государственный технический университет Российская Федерация, 236022, г. Калининград, Советский пр., 1 mag@klgtu.ru
Mnatsakanyan Albert Gurgenovich	Dr. Sci. (Econ.), Professor, Director of the Institute of Economics and Management Kaliningrad State Technical University 236022, Kaliningrad, Soviet ave., 1 mag@klgtu.ru
<b>Мнацакян Роберт Альбертович</b>	старший преподаватель кафедры экономической теории и математических методов Калининградский государственный технический университет Российская Федерация, 236022, г. Калининград, Советский пр., 1 mag@klgtu.ru
Mnatsakanyan Robert Albertovich	Senior Lecturer, Department of Economic Theory and Mathematical Methods Kaliningrad State Technical University 236022, Kaliningrad, Soviet ave., 1 mag@klgtu.ru
<b>Томкович Александра Валерьевна</b>	канд. экон. наук, доцент кафедры экономики и финансов Калининградский государственный технический университет Российская Федерация, 236022, г. Калининград, Советский пр., 1 mag@klgtu.ru
Tomkovich Aleksandra Valerievna	Ph.D. (Econ.), Associate Professor of the Department Economics and Finance Kaliningrad State Technical University 236022, Kaliningrad, Soviet ave., 1 mag@klgtu.ru



УДК 338.48

DOI: 10.26296/2619-0605.2023.3.3.017

Нехайчук Д.В., Верна В.В., Скараник С.С., Воробьева А.Н.  
**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОГО ТУРИЗМА В  
РЕСПУБЛИКЕ КРЫМ**

**Аннотация.** Статья посвящена анализу современных тенденций развития сельского туризма в Республике Крым. В исследовании определена сущность сельского туризма, выявлены его преимущества и недостатки, рассмотрена его роль в развитии сельских территорий и внутреннего туризма. В зависимости от потенциала агротуристической индустрии в разрезе районов Крыма выделены различные типы территорий для развития сельского туризма в регионе. Охарактеризована специфика функционирования объектов сельского туризма Республики Крым посредством их систематизации по основным группам в зависимости от масштабов и видов деятельности. Обоснован социально-экономический эффект функционирования сельского туризма в Республике Крым. Определены задачи и стратегические ориентиры развития сельского туризма Крыма, что позволит увеличить количество туристов, посещающих регион круглогодично, расширить ассортимент предоставляемых туруслуг в сфере сельского туризма, а также будет стимулировать развитие экономики сельских территорий.

**Ключевые слова:** сельский туризм, агротуризм, сельская местность, туристская отрасль, туристский продукт, туристские услуги, агротуристический потенциал.

Nekhaychuk D.V., Verna V.V., Skaranik S. S., Vorobyova A.N.  
**MODERN PROBLEMS IN THE DEVELOPMENT OF RURAL TOURISM IN THE  
REPUBLIC OF CRIMEA**

**Abstract.** The article is devoted to the analysis of current trends in the development of rural tourism in the Republic of Crimea. The study defines the essence of rural tourism, identifies its advantages and disadvantages, and examines its role in the development of rural areas and domestic tourism. Depending on the potential of the agrotourism industry in the context of the regions of Crimea, various types of territories have been identified for the development of rural tourism in the region. The specifics of the functioning of rural tourism objects in the Republic of Crimea are characterized by systematizing them into main groups depending on the scale and types of activity. The socio-economic effect of the functioning of rural tourism in the Republic of Crimea is substantiated. The objectives and strategic guidelines for the development of rural tourism in Crimea have been identified, which will increase the number of tourists visiting the region year-round, expand the range of tourism services provided in the field of rural tourism, and will also stimulate the development of the economy of rural areas.

**Keywords:** rural tourism, agrotourism, rural area, tourism industry, tourist product, tourist services, agrotouristic potential.

**Введение.** Сельский туризм является одним из приоритетных направлений развития внутреннего туризма в современной России. Данный вид туризма способствует бережному отношению к окружающей природной среде, а также знакомит с огромным разнообразием национальных культур России посредством участия в различных праздниках, фестивалях, мастер-классах и других мероприятиях.

В то же время сельский туризм выступает серьезным стимулом для развития сельских территорий, способствуя привлечению инвестиций, строительству и модернизации объектов инфраструктуры, благоустройству сельской местности. Для сельских жителей сельский туризм – это новый источник роста доходов и улучшения качества жизни, создания дополнительных рабочих мест, расширения возможностей для самозанятости и развития малого предпринимательства [1].

В Республике Крым в настоящее время сельский туризм является перспективным направлением развития туристской отрасли, спрос на который среди потребителей туруслуг из года в год неуклонно возрастает. В современных условиях регион имеет огромный потенциал и обладает всеми необходимыми ресурсами для развития сельского туризма. При этом наиболее благоприятными являются территории полуострова с недостаточно развитой инфраструктурой и неиспользованным рекреационным потенциалом.

Тем не менее, в полной мере развитие данного вида туризма в Крыму сдерживается воздействием современных геополитических факторов, а также отсутствием сформированной эффективной системы управления сельским туризмом. С учетом этого можно утверждать, что тема данного исследования является актуальной и имеет практическую значимость.

**Цель исследования** состоит в определении современных проблем развития сельского туризма в Республике Крым.

**Материалы и методы исследования.** Определению сущности, классификации видов, вопросам и механизмам правового регулирования, проблемам, тенденциям и преимуществам развития сельского туризма посвящены научные труды следующих авторов: Копыловой С. Л., Лебедевой И. В. [1, 7], Гамидовой А. Э. [2, 3], Антанс М. В. [4], Сарафановой А. Г., Шабалиной Н. В. [5], Камилова М. К. [6], Пантюхиной С. В., Корневой В. А. [8], Поляковой И. Л., Григорьевой М. П. [9], Гурова С. А. [10], Калафатова Э. А. [11], Воиновой Н. Е., Романовой Ю. А. [12; 13], Малиной В. В. [13], Тамова А. А. [14], Казначеевой С. Н. [15], Никоновой Т. В., Воронцовой Л. В. [16], Шостки В. И. [17], Уланова Д. А. [18], Иванищевой Н. А. [19], Фалиевой О. Ю. [20] и других. Их научные идеи и разработки составили теоретический фундамент данной статьи.

Наряду с научными трудами исходными материалами для проведения данного исследования послужили: «Стратегия развития туризма в Российской Федерации до 2035 года», Федеральный закон «Об основах туристской деятельности в Российской Федерации», законодательство Республики Крым, регламентирующее туристскую деятельность в регионе, а также данные статистической отчетности Крымстата, Министерства курортов и туризма Республики Крым, Министерства сельского хозяйства Республики Крым и другие нормативно-правовые документы и информационные ресурсы.

Методологической основой исследования являются диалектический, логический и системный подходы к рассмотрению сущности, закономерностей и проблем развития сельского туризма. В работе над статьей авторы использовали методы анализа и синтеза для обоснования теоретических положений, а также методы обобщения для формулировки итоговых выводов.

**Результаты исследования и их обсуждение.** В настоящее время сельский туризм является одним из приоритетных и востребованных видов туризма. Это обусловлено тем, что он не требует больших вложений от государства, а функционирует за счет уже имеющихся рекреационных ресурсов, жилого фонда сельской местности и продуктов хозяйственной деятельности.

В отечественной научной литературе и нормативно-правовых документах сформировались следующие определения сельского туризма (табл. 1).

В результате анализа мнений авторов и определений в законодательной базе, установлено, что сельский туризм – это вид деятельности, которая предполагает формирование и предоставление комплексной туристской услуги в сельской местности с сохранением природной и национальной специфики региона, и обеспечивает получение экономической выгоды для принимающей стороны.

Акцентируем, что сельский туризм является комплексным понятием, активно взаимодействующим и развивающимся консолидированно с другими видами туризма в сельской местности (рис. 1).

Таблица 1 – Определение сущности сельского туризма в научной литературе и нормативно-правовых документах

Автор (источник)	Определение сельского туризма
Воинова Н. Е., Романова Ю. А.	«Сельский туризм – это разновидность туризма, предполагающая временные выезды (путешествия) в сельскую местность с целью отдыха с предоставлением услуг гостеприимства, ориентированная на сохранение природного и культурного наследия и использование природных, культурно-исторических и других ресурсов, характерных для данной местности с учетом ее специфики» [12].
Полякова И.Л., Григорьева М.П.	«Сельский туризм – специализированный вид туризма, включающий в себя элементы организованного и неорганизованного отдыха путешественников на сельской территории с целью их приобщения к местной природе, образу жизни населения и ознакомления с местными этнокультурными комплексами и их ценностями» [9].
Лебедева И. В., Копылова С. Л.	«Сельский туризм – деятельность по организации отдыха в сельской местности или в малых городах (при отсутствии промышленных зон и застройки) с предоставлением услуг гостеприимства в частном секторе с возможностью трудового участия, ориентированная на использование природных, культурно-исторических и других ресурсов, традиционных для данной местности» [7; 8].
«Стратегия развития туризма в РФ до 2035 года»	«Сельский туризм – вид туризма, который предполагает временное размещение туристов в сельской местности с целью отдыха и (или) участия в сельскохозяйственных работах без извлечения туристом материальной выгоды» [21].
ФЗ «Об основах туристской деятельности в Российской Федерации»	«Сельский туризм – туризм, предусматривающий посещение сельской местности, малых городов с численностью населения до тридцати тысяч человек, в целях отдыха, приобщения к традиционному укладу жизни, ознакомления с деятельностью сельскохозяйственных товаропроизводителей и (или) участия в сельскохозяйственных работах без извлечения материальной выгоды с возможностью предоставления услуг по временному размещению, организации досуга, экскурсионных и иных услуг» [22].

Источник: составлено авторами на основании данных [7, 8, 12, 21, 22]



Рисунок 1 – Взаимосвязь сельского туризма с другими видами туризма

Источник: составлено авторами

Основываясь на [16, с. 168], считаем целесообразным проанализировать роль сельского туризма в комплексном развитии сельских территорий РФ, которая сопровождается следующими эффектами:

– экономический эффект (получение дополнительных доходов, диверсификация экономики, увеличение налоговых поступлений в бюджет, рост занятости населения,

стимулирование инвестиционной активности, развитие малых форм бизнеса и др.);

– социокультурный эффект (расширение возможностей для общения между городскими и сельскими жителями, преобразование досуга и создание его новых форм, положительное влияние на изменение культурного сознания населения и др.);

– этнокультурный (сохранение и возрождение национальных традиций и обычаев, стимулирование интереса к народному творчеству и искусству, сохранение природной и историко-культурной среды обитания и т.п.);

– социальный (увеличение числа сельских жителей, приобщение к здоровому образу жизни, увеличение комфортности проживания на селе и др.);

– личностный эффект (моральное удовлетворение от реализации потребности личностного роста, получение новых знаний и расширение кругозора).

Для выявления современных тенденций развития сельского туризма в рамках данного исследования считаем целесообразным систематизировать его преимущества и недостатки (рис. 2).



Рисунок 2 – Преимущества и недостатки сельского туризма

Источник: составлено авторами на основании данных [2, 5, 8, 11, 13, 17, 20]

Следует отметить, что несколькими годами ранее во многих научных публикациях в качестве одного из проблемных вопросов развития сельского туризма обозначалось несовершенство законодательной базы, регулирующей данный вид туризма. Но в настоящее время на федеральном уровне эта проблема уже не является столь актуальной. В 2021 г. Президентом РФ был подписан Федеральный закон «О внесении изменений в ФЗ «Об основах туристской деятельности в Российской Федерации» и статью 7 ФЗ «О развитии сельского хозяйства» [23].

Федеральное законодательство относит сельский туризм к одному из приоритетных направлений развития туризма в субъектах России и в муниципалитетах. Органы государственной власти РФ наделяются полномочиями по установлению требований к оказанию услуг в сфере сельского туризма, в том числе к средствам размещения, используемым для осуществления деятельности по оказанию услуг в сфере сельского туризма в сельской местности.

Постановление Правительства РФ от 16 декабря 2021 года № 2309 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства РФ» вносит изменения в Государственную

программу развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, дополняя ее Приложением № 12 – «Правила предоставления и распределения субсидий из федерального бюджета бюджетам субъектов федерации на развитие сельского туризма», в соответствии с которыми малые формы хозяйствования могут получить грант «Агротуризм» размером до 10 млн рублей в зависимости от доли инвестирования в проект [24].

11 ноября 2022 г. Минэкономразвития России своим Приказом № 617 утвердило Требования к средствам размещения, используемым для осуществления деятельности по оказанию услуг в сфере сельского туризма в сельской местности. Благодаря данному нормативному акту сельскохозяйственные товаропроизводители получили право оказывать услуги в сфере сельского туризма, в том числе, с использованием средств размещения, расположенных в сельской местности [25]. Установленные требования являются первым шагом к регулированию деятельности сельских средств размещения, используемых в туристических целях.

Как было отмечено выше, потребительский спрос на турпродукт сельского туризма в нашей стране динамично растет, и «все большее количество сельхозпроизводителей видят в развитии этого направления дополнительные возможности для повышения доходности бизнеса и расширения каналов сбыта продукции. Благодаря грантовой поддержке от Минсельхоза России в 2023 г. гранты получают 73 проекта в 51 регионе РФ, а общий объем финансирования по этому направлению составит 500 млн. рублей» [26].

Согласно прогнозам Минсельхоза, «результатом грантового финансирования станет привлечение на сельские территории порядка 400 тыс. туристов и создание 350 новых рабочих мест. При этом за счет дополнительного вида деятельности объемы реализации продукции сельхозтоваропроизводителей будут увеличиваться на 3-5% ежегодно» [26].

В Республике Крым развитию сельского туризма уделяется серьезное внимание в связи с тем, что данный вид туризма выступает эффективным способом решения проблемы неравномерного пространственного развития районов полуострова, а также способствует более продуктивному использованию туристско-рекреационных ресурсов Крыма и росту величины турпотока в регион.

Законом РК «О туристской деятельности в Республике Крым» сельский туризм определен как «путешествия, предполагающие проживание туристов в индивидуальных или малых средствах размещения сельской местности Республики Крым, их приобщение к традиционному укладу жизни сельских жителей» [27].

Фундаментом эффективного процесса развития сельского туризма в Республике Крым являются выгодное географическое положение, благоприятный климат, разнообразные туристические ресурсы региона (исторические, этнографические, социально-экономические и др.).

Рассматривая условия развития сельского туризма по потенциалу развития агротуристической индустрии в различных районах Крыма и опираясь на исследования Э.А. Калафатова, можно выделить следующие типы территорий [11].

1. Развитые районы с точки зрения перспектив сельского туризма, с соответствующей сельхозспециализацией, обладающие благоприятными природно-климатическими и рекреационными ресурсами, а также инфраструктурой (Бахчисарайский, Белогорский, Симферопольский, Кировский и Ленинский районы). На этих территориях максимально полно представлено видовое разнообразие объектов агро-событийной и природно-демонстрационной индустрии (культурно-исторические памятники, заповедники и т.п.).

2. Развивающиеся районы Крыма в контексте перспектив сельского туризма, с возможностями диверсификации устойчивого развития сельских поселений (Черноморский район, Красногвардейский район, Сакский район, Джанкойский район, Раздольненский район).

3. Районы Крыма с формирующимися признаками перспектив развития сельского туризма, не обладающие значительным туристским потенциалом (Красноперекопский район, Первомайский, Советский, Кировский и Нижнегорский районы Крыма). Данные территории можно использовать в качестве транзитных коридоров с перенесением акцентов на развитие

в них сопутствующей транспортной, дорожной и коммуникационной инфраструктуры [11].

Анализируя перспективы развития сельского туризма в Республике Крым, подчеркнем, что аграрный сектор – одна из ведущих отраслей экономики Крыма, на долю которой приходится порядка 7,4 % валового регионального продукта. В 2022 году по результатам работы агропромышленного комплекса республики темп роста валовой продукции составил 18% [28]. Свыше 80% инвестиций сельского хозяйства приходится на растениеводство. Основное направление капитальных вложений в сельское хозяйство – это увеличение площадей фруктовых садов и виноградников.

В настоящее время в сферу сельского хозяйства Крыма вовлечено 80 тыс. человек. Это составляет около 10% всех занятых в экономике полуострова. Благодаря государственной поддержке, начиная с 2015 года, в республике было создано порядка 487 фермерских хозяйств, 28 семейных ферм, что способствовало трудоустройству сельских жителей [28].

Важным ресурсом для развития сельского туризма Крыма является наличие в районах полуострова фермерских хозяйств, количество которых с каждым годом увеличивается. Так, в 2023 году в республике работают 3 335 крестьянско-фермерских хозяйств и индивидуальных предпринимателей, которые в основном специализируются на производстве растениеводческой продукции – зерна, овощей [28].

Характеризуя тенденции развития сельского туризма, отметим, что по данным Министерства курортов и туризма РК, число объектов агропромышленного комплекса, расположенных в сельской местности Республики Крым и предлагающих услуги туристам, за период 2020-2022 увеличилось на 42,2 % (с 45 объектов до 64) [29].

Учитывая особенности действующих туристических предприятий, работающих в сфере сельского туризма Крыма, считаем целесообразным систематизировать их по следующим группам (табл. 2).

Таблица 2 – Группировка объектов сельского туризма Республики Крым

Группа объектов сельского туризма	Объекты сельского туризма
1	2
крупные усадьбы для размещения туристов	– Симферопольский район: усадьба «Гартенталь», усадьба «Эко-Рест»; – Бахчисарайский район: усадьба «Алимова балка», усадьба «Мангуп», гостевой дом «Зеленый дворик», усадьба «Ковчег», поместье «Керменчик», гостевой дом «Лесной кордон», гостевой дом «Бельбек», база отдыха «Кабаний перевал», эко-усадьба «Эски-Кермен»; – Белогорский район: усадьба «Розенталь», эко-комплекс «Бурульча», усадьба «Межгорье»; – Нижнегорский район: Введенский замок.
аграрные фермы с экскурсиями и дегустациями	– Бахчисарайский район: КФХ «Козье царство», КФХ «Батутин В.М.», Ферма «Чудо-Ослик», ферма «Крымский хуторок», ослиная ферма «Ишачок», ферма «Нюся», «Агротуристическая молочная ферма в Бельбекской долине»; – Симферопольский район: козья ферма «Чистые ключи»; – Сакский район: Кролико-ферма, КФХ «Грин Лэнд Плюс»; – Городской округ Судак: эко-подворье «Коза-Егоза».
сыроварни	– Бахчисарайский район: мастерская сыра «Маркур», сыроварня «С миром за сыром»; – Симферопольский район: крафт-сыроварня «Сырное дело», сыроварня «Таврика»; – Белогорский район – сыроварня «Феодоро»; – Городской округ Алушта – Горная сыроварня; – Ленинский район – сыроварня «Едим свое»; – Сакский район: КФХ «Донцов Л.Н.».
рыбные фермы	– Бахчисарайский район: рыбная ферма «Капитан Крюк», усадьба «Рыбацкий хутор», рыбацкая деревня «Черные камни»; – Городской округ Алушта: Алуштинское форелевое хозяйство; – зона Большой Ялты: хозяйство «Форелево».

Продолжение таблицы 2

1	2
мидийно-устричные и улиточные фермы	– Сакский район: мидийно-устричные фермы «Аква-Альянс», «Крым-морепродукт»; – Черноморский район: ООО «Черноморстрой-Индустрия»; – Городской округ Судак: улиточная ферма «82»; – Городской округ Алушта – улиточная ферма «Мама Де́ма».
страусиные фермы	– Бахчисарайский район: ферма «Арт Страус»; – Ленинский район: страусиная ферма «Экзотик».
винодельни и винзаводы	– Бахчисарайский район: винодельня Alma Valley, винодельня «Бурлюк», ГК «Дом Захарьиных», винодельня Lucky Winery, винодельня VIVO, Сатера; – Зона Большой Ялты: Массандра Магарач, винный парк Mriya; – Городской округ Судак: Завод шампанских вин «Новый свет», Солнечная долина, Винный парк долины Святого Саввы; – пгт. Коктебель – Завод марочных вин «Коктебель».
лавандовые фермы	– Бахчисарайский район: ООО «Лаванда», КФХ «Полякова Н.К.», Lavender Family, ООО «АФ «Тургеневская», ООО «Лавандовое поле», фирма «Лавандовый замок», Viva Lavanda.

Источник: составлено авторами на основании данных Министерства курортов и туризма РК [29].

Анализ специфики деятельности объектов сельского туризма Крыма позволяет отметить, что одной из «визитных карточек» Крымского полуострова в сфере сельского туризма в настоящее время становится бренд лаванды. Эфиромасличные культуры способны привлекать значительное количество туристов в регион и приносить доход от туристической деятельности. Также в этом направлении у Крыма есть перспективы объединения цветочного и этнографического видов туризма. В последние годы уже созданы ряд лавандовых ферм, которые ежегодно в период цветения привлекают туристов на лавандовые плантации, реализуют косметические средства и сувениры из лаванды, лавандовое эфирное масло, проводят экскурсии, мастер-классы и фестивали.

Как показывает практический опыт, развитие сельского туризма в Крыму является первоочередным для тех районов, где недостаточно развита инфраструктура и рекреационный потенциал. В этой связи считаем необходимым согласиться с мнением Шостки В. И. о том, что сельский туризм можно рассматривать в качестве альтернативного способа решения проблемы неравномерного использования туристско-рекреационных ресурсов Крыма, позволяющего снизить рекреационную нагрузку на прибрежные территории и привлечь туристов в предгорные и степные районы полуострова [17, с. 98]. Одновременно развитие сельского туризма сглаживает и такой весомый негативный фактор, как сезонность работы туристской отрасли Крыма.

Информационный интернет-ресурс СОТИ (Система обмена туристской информацией), созданный для продвижения туристских продуктов регионов РФ, аккумулирует информацию о наиболее популярных объектах сельского туризма Крыма, которые сосредоточены в основном в некурортных районах РК (табл. 3).

Согласно данным Министерства сельского хозяйства РК, примерами успешной реализации проектов по сельскому туризму на территории Республики Крым в 2022 г. можно назвать следующие: сыроварня торговой марки «С Миром за Сыром» кооператива «Добрый молочник» с производственной мощностью переработки молока до 2 тонн ежедневно (Бахчисарайский район); сыроварня ООО «Лакон Групп» с дегустационным залом и экскурсиями (Белогорский район); КФХ Помагалов И.Н. (Бахчисарайский район), специализирующееся на разведении ослов сомалийской и нубийской породы (прогулки на осликах по горным маршрутам, дегустация ослиного молока, посещение контактного зоопарка и пр.); КФХ Галстян О. К. (Джанкойский район) по разведению осетровых пород рыб [31]. Отметим, что последний проект получил в 2022 году грант на развитие сельского

туризма от Минсельхоза России.

Таблица 3 – Популярные объекты-усадьбы сельского туризма Крыма

Название	Описание
Усадьба «Гартенталь» (Симферопольский р-н, с. Донское)	Инфраструктурный комплекс, включающий в себя все необходимое для отдыха (уютные домики в немецком стиле, русская баня, финская сауна, аромакомната, поле для игры в мини-гольф и футбол, площадка для волейбола, стрельбы из лука и пр. Проводятся культурно-развлекательные мероприятия, мастер-классы. В усадьбе разбиты плодовые сады и огороды с разнообразными ягодами и овощами. Выращенные на собственной ферме животные обеспечивают кухню свежим мясом.
Усадьба «Алимова Балка» (Бахчисарайский р-н, п. Баштановка)	Отдых в атмосфере уюта и гостеприимства. Размещение в 3 отдельно стоящих корпусах различной степени комфортности и гостевом доме. Отдыхающим предоставляется: финская сауна с гидромассажем и душем Шарко, русская баня, современный конференц-зал. На территории расположены открытые бассейны, беседки для отдыха, розарий, площадки для игры в футбол, баскетбол, волейбол. На территории растут овощи и находится мини-птицеферма.
Рыбацкая деревня «Черные камни» (Бахчисарайский р-н, с.Холмовка)	Рыбацкая деревня расположена в 18 км от побережья Черного моря. К услугам отдыхающих представлены: экологические домики со всеми удобствами, банный комплекс, открытый летний бассейн, спортивные площадки для мини-футбола, пляжного волейбола, игровое поле для пейнтбола и др.
Усадьба «Розенталь» (Белогорский район, с. Ароматное)	Для отдыха предусмотрены беседки, детский и взрослый бассейны, сауна. Гостям предлагаются конные прогулки, прогулки на квадроциклах, лазерные бои, стрельба в тире, катание на лодке. На территории усадьбы можно посетить кроликоферму, пасеку, зоопарк, порыбачить на пруду с изумрудной водой.
Введенский замок (Нижнегорский р-н, с. Изобильное)	К услугам гостей предлагаются 4 комнаты для отдыха. Вокруг построенного по старинным технологиям замка раскинулись степи со стадами овец. Здесь можно попробовать шашлык, сыр, разносолы и хлеб – вся продукция собственного производства. Вниманию гостей предлагается прогулка на конной упряжке к берегу Сиваша, рыбалка.

Источник: составлено авторами на основании данных СОТИ [30]

Как было рассмотрено выше, сельский туризм напрямую или косвенно влияет на эффективность социально-экономического развития сельских территорий. Схематически социально-экономический эффект от развития сельского туризма в селах и поселках Республики Крым можно представить следующим образом (рис. 3).

В соответствии с рисунком 3 отметим, что социально-экономический эффект развития сельского туризма связан, прежде всего, с решением проблемы занятости сельского населения и созданием новых рабочих мест, а также направлен на создание возможностей для оздоровления населения и организации их активного досуга. Благодаря сельскому туризму расширяются общественные контакты и осуществляется межкультурное взаимодействие, имеет место взаимное обогащение новыми знаниями. Для сельских жителей, в той или иной мере, оторванных от окружающего мира, это имеет особое значение.

Кроме того, развитие сельского туризма побуждает к улучшению благоустройства сельских усадеб и территорий, стимулирует развитие местной социальной инфраструктуры. Все это требует финансовых вложений не только на региональном уровне, но и на уровне конкретно взятого хозяйства. Также развитие сельского туризма положительно сказывается на развитии демографических процессов на селе, содействует сохранению сельских населенных пунктов, в том числе и тех, которые уже попали в категорию депрессивных.

Нельзя не отметить также и тот аспект, что развитие сельского туризма одновременно стимулирует развитие сопутствующих областей экономики (транспорт, торговлю, связь,



систему общественного питания, индустрию организации досуга и развлечений, предоставление оздоровительных и лечебно-оздоровительных услуг и т.п.).

Рассматривая современные тенденции развития сельского туризма в Республике Крым, следует отметить, что данный вид туризма в регионе имеет все предпосылки для своего развития в качестве современного высокоэффективного, конкурентоспособного и высокодоходного направления.

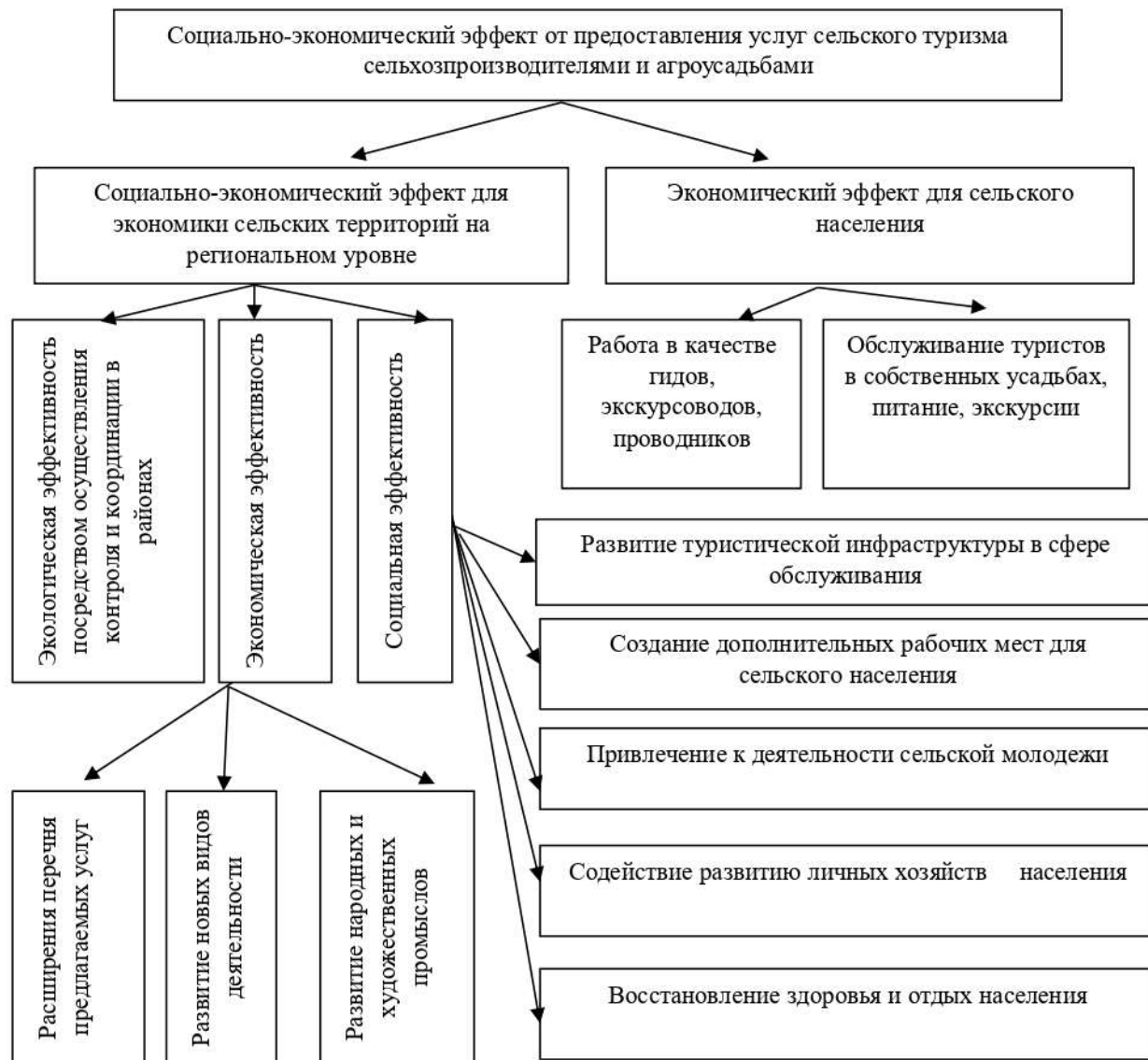


Рисунок 3 - Структурно-логическая схема эффективного функционирования сельского туризма в Крыму

Источник: составлено авторами

К числу первоочередных задач развития сельского туризма в Республике Крым, по нашему мнению, необходимо отнести следующие:

- совершенствование государственной политики в части стимулирования инициатив и создания возможностей для развития сельского туризма как вида деятельности, направленной на развитие сельских территорий региона;
- разработка Стратегии развития сельского туризма в Республике Крым с определением направлений и моделей развития данной отрасли в регионе с учетом региональной специфики;
- разработка региональной целевой программы развития сельского туризма как

сектора муниципальной экономики сельских поселений и малых городов Крыма, с учетом формирования механизмов нормативно-правового, финансового, организационного, информационного обеспечения развития сельского туризма, в том числе и с использованием инструментов государственно-частного партнерства;

– формирование условий для создания аутентичных, уникальных комплексных региональных и муниципальных агротуристических продуктов, востребованных на туристическом рынке как региона, так и материковой части России.

Стратегические ориентиры концепции развития сельского туризма в Республике Крым обобщены на рисунке 4.

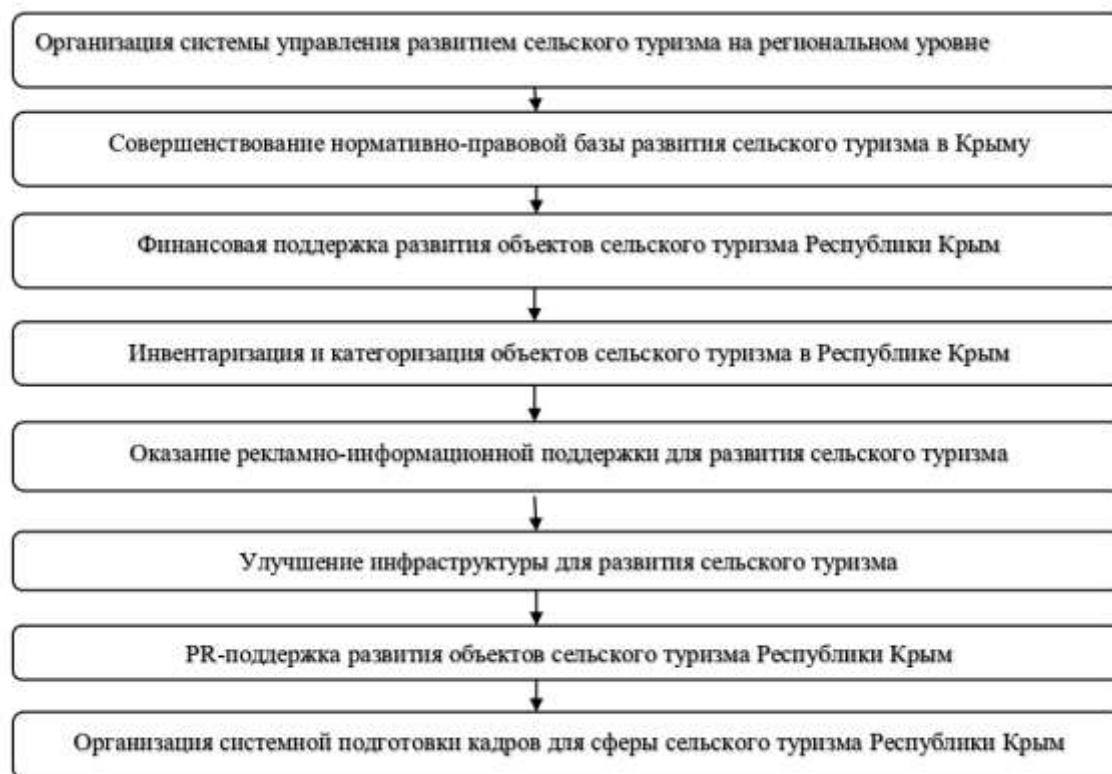


Рисунок 4 – Стратегические ориентиры концепции развития сельского туризма в Республике Крым

Источник: составлено авторами

Реализация данных задач будет способствовать динамичному социально-экономическому развитию Республики Крым, позволит модернизировать инженерную, транспортную и социальную инфраструктуру региона, окажет стимулирующее воздействие на развитие приоритетных для региона секторов экономики. Интегрированный подход к реализации региональной политики в сфере развития сельского туризма приведет к решению многих проблем населения в сельской местности, повышению уровня занятости и к стимулированию предпринимательской активности на селе.

**Выводы.** Сельский туризм является одним из перспективных направлений развития внутреннего туризма и решения социально-экономических проблем сельских территорий в Республике Крым. Интегральный социально-экономический эффект от развития данной отрасли связан с решением проблем занятости на селе, созданием новых рабочих мест, расширением социальных контактов и возможностей для межкультурного взаимодействия в регионе. Развитие сельского туризма сопровождается улучшением благоустройства и совершенствованием инфраструктуры сельских территорий, а также стимулирует развитие взаимосвязанных с туризмом сфер экономики с учетом действия мультипликативного

эффекта в туристской индустрии.

В Республике Крым развитие сельского туризма является действенным способом решения проблемы неравномерного использования туристско-рекреационных ресурсов Крыма, позволяет снизить рекреационную нагрузку на прибрежные территории и привлечь туристов в некурортные районы полуострова, в том числе, в низкий сезон.

Для развития сельского туризма в Крыму имеются все предпосылки – благоприятные природно-климатические факторы и разнообразные туристические ресурсы региона (исторические, социально-экономические и др.). Тем не менее, к числу факторов, сдерживающих развитие сельского туризма в Крыму, можно отнести: недостаточный уровень развития инфраструктуры и благоустройства крымских сел, невысокий уровень сервиса в сельской местности, отсутствие квалифицированных кадров для развития сельского туризма и другие. Также необходимо учитывать воздействие современных геополитических факторов, которые негативно влияют на результативность функционирования туристской отрасли регионов Юга России в целом. В этих условиях сельский туризм выступает альтернативной формой дорогого отдыха на морских курортах.

Реализация стратегических ориентиров развития сельского туризма в Республике Крым позволит увеличить количество туристов, посещающих регион круглогодично, расширить ассортимент предоставляемых туруслуг в сфере сельского туризма, а также стимулировать развитие экономики сельских территорий.

#### Список использованной литературы:

1. *Копылова С. Л., Лебедева И. В.* Проект программы развития сельского туризма в России до 2030 года. 2019. 78 с.
2. *Гамидова А. Э.* Сельский туризм в период социально-экономических трансформаций // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и право. 2021. № 12. С. 27-32.
3. *Гамидова А. Э.* Механизмы регулирования сельского туризма // Известия СПбГЭУ. 2022. № 2 (134). С. 132-138.
4. *Антанс М. В.* Правовое регулирование сельского туризма на землях сельскохозяйственного назначения // Вопросы российского и международного права. 2022. Т. 12. № 2А. С. 188-192.
5. *Сарафанова А. Г., Шабалина Н. В., Сарафанов А. А.* Сельский и агротуризм: подходы к определению // Современные проблемы сервиса и туризма. 2020. Т. 14. № 1. С. 100-108.
6. *Камилов М. К., Камилова П. Д., Камилова З. М.* Сельский туризм как фактор устойчивого развития территорий // Экономика сельского хозяйства России. 2016. № 12. С. 85-89.
7. *Лебедева И. В., Копылова С. Л.* Сельский туризм как средство развития сельских территорий. 2018. 164 с.
8. *Лебедева И. В., Копылова С. Л. и др.* Сельский туризм: основы, принципы, партнерства. 2021. 104 с.
9. *Полякова И. Л., Григорьева М. П.* Сельский туризм: классификации и особенности организации // Сервис в России и за рубежом. 2017. Т. 11. Вып. 5. С. 31-43.
10. *Гуров С. А.* Сельский туризм: динамика и трансформации // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2022. Т. 8 (18). Вып. 3. С. 110-128.
11. *Калафатов Э. А.* Оценка перспектив аграрного туризма в контексте устойчивого развития сельских территорий // Вестник АГУ. 2016. Вып. 4. С. 169-174.
12. *Воинова Н. Е., Романова Ю. А.* Анализ концепции развития сельского туризма в Российской Федерации // Актуальные исследования. 2020. № 5 (8). С. 10-14.
13. *Малина В. В., Романова Ю. А.* Современное состояние сельского туризма в Российской Федерации // Актуальные исследования. 2020. № 6 (9). С. 25-28.
14. *Тамов А. А., Илясова Е. В., Крылова Е. М.* Развитие сельского туризма в условиях карантинных мер // Вестник АГУ. 2020. Вып. 3. С. 119-124.
15. *Казначеева С. Н., Челнокова Е. А., Коровина Е. А.* Агротуризм как одно из

- перспективных направлений индустрии туризма // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2017. № 3 (2). С. 248-252.
16. Никонова Т. В., Воронцова Л. В. Роль сельского туризма и направления его развития в современной экономике России // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2021. № 9-2. С. 167-172.
  17. Шостка В. И. Перспективы развития сельского зеленого, экологического и этнографического видов туризма в Крыму // Современные проблемы сервиса и туризма. 2015. Т. 9. № 1. С. 96-101.
  18. Уланов Д. А. Туризм на сельских территориях: опыт, проблемы, перспективы // Молодой ученый. 2013. № 6 (53). С. 455-459.
  19. Иванничева Н. А. Сельский туризм в формировании имиджа территории // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2021. Т. 7. № 3. С. 45-54.
  20. Фалиева О. Ю., Михайлова М. А. Роль сельского туризма в сохранении культурно-исторического наследия // Вестник Восточно-Сибирского государственного института культуры. 2021. № 1 (17). С. 103-108.
  21. «Стратегия развития туризма в Российской Федерации на период до 2035 года»: распоряжение Правительства Российской Федерации № 187-р от 07.02.2022 г. URL: <http://government.ru/docs/all/123838/> (дата обращения: 29.05.2023 г.).
  22. «Об основах туристской деятельности в Российской Федерации»: федеральный закон Российской Федерации № 132-ФЗ от 24.11.1996 г. (ред. от 28.05.2022 г.). URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_12462/bb9e97fad9d14ac66df4b6e67c453d1be3b77b4c/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_12462/bb9e97fad9d14ac66df4b6e67c453d1be3b77b4c/). (дата обращения: 29.05.2023 г.).
  23. «О внесении изменений в Федеральный закон «Об основах туристской деятельности в Российской Федерации» и статью 7 Федерального закона «О развитии сельского хозяйства»: федеральный закон Российской Федерации № 318-ФЗ от 02.07.2021 г. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_389013/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389013/). (дата обращения: 29.05.2023).
  24. «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации»: постановление Правительства Российской Федерации № 2309 от 16.12.2021 г. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/403174128/>. (дата обращения: 30.05.2023).
  25. Приказ Минэкономразвития России № 617 от 11.11.2022 г. URL: [https://www.economy.gov.ru/material/file/763ba30a43be0f227b227834465869ff/617\\_11112022.pdf](https://www.economy.gov.ru/material/file/763ba30a43be0f227b227834465869ff/617_11112022.pdf) (дата обращения: 30.05.2023).
  26. Аграрные новости Крыма и России (Агромир). URL: <https://агромир82.рф/realizovannie-proekti-agroturizma-p/> (дата обращения: 31.05.2023).
  27. «О туристской деятельности в Республике Крым»: закон Республики Крым № 51-ЗПК от 14.08.2014 г. URL: [https://mtur.rk.gov.ru/file/pub/pub\\_235245.pdf](https://mtur.rk.gov.ru/file/pub/pub_235245.pdf) (дата обращения: 31.05.2023).
  28. Управление Федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю (Крымстат). URL: <https://82.rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 01.06.2023).
  29. Министерство курортов и туризма Республики Крым. URL: <https://mtur.rk.gov.ru/ru/structure/634> (дата обращения: 03.06.2023).
  30. Система обмена туристской информацией (СОТИ). URL: <https://www.nbcrs.org/regions/respublika-krym/obekty-selskogo-turizma> (дата обращения: 05.06.2023).
  31. Министерство сельского хозяйства Республики Крым. URL: <https://msh.rk.gov.ru/ru/article/show/1648> (дата обращения: 06.06.2023).

#### References:

1. Кору`лова S. L., Lebedeva I. V. *Proekt programmy` razvitiya sel'skogo turizma v Rossii do 2030 goda* [Draft program for the development of rural tourism in Russia until 2030], 2019, 78 p. (In Russian).

2. Gamidova A. E. Sel'skij turizm v period social'no-e'konomicheskix transformacij [Rural tourism in the period of socio-economic transformations]. *Sovremennaya nauka: aktual'ny'e problemy` teorii i praktiki. Seriya: E'konomika i parvo* [Coordinated Science: Current Theoretical Problems and Practices], 2021, no. 12, pp. 27-32. (In Russian).
3. Gamidova A. E. Mexanizmy` regulirovaniya sel'skogo turizma [Mechanisms of regulation of rural tourism]. *Izvestiya SPbGE`U* [Tidings SPbGE`U], 2022, no. 2 (134), pp. 132-138. (In Russian).
4. Antans M. V. Pravovoe regulirovanie sel'skogo turizma na zemlyax sel'skoxozyajstvennogo naznacheniya [Legal regulation of rural tourism on agricultural lands]. *Voprosy` rossijskogo i mezhdunarodnogo prava* [Issues of Russian and International Law], 2022, vol. 12, no. 2A, pp. 188-192. (In Russian).
5. Sarafanova A. G., Shabalina N. V., Sarafanov A. A. Sel'skij i agroturizm: podxody` k opredele-niyu [Rural and agrotourism: approaches to the definition]. *Sovremenny`e problemy` servisa i turizma* [Modern Problems of Service and Tourism], 2020, vol. 14, no. 1, pp. 100-108. (In Russian).
6. Kamilov M. K., Kamilova P. D., Kamilova Z. M. Sel'skij turizm kak faktor ustojchivogo razvitiya territorij [Rural tourism as a factor of sustainable development of territories]. *E'konomika sel'skogo xozyajstva Rossii* [The Economy of Agriculture in Russia], 2016, no. 12, pp. 85-89. (In Russian).
7. Lebedeva I. V., Kopy`lova S. L. Sel'skij turizm kak sredstvo razvitiya sel'skix territorij [Rural tourism as a means of rural development], 2018, 164 p. (In Russian).
8. Lebedeva I. V., Kopy`lova S. L. (ed.) Sel'skij turizm: osnovy`, principy`, partnerstva [Rural tourism: fundamentals, principles, partnerships], 2021, 104 p. (In Russian).
9. Polyakova I. L., Grigor`eva M. P. Sel'skij turizm: klassifikacii i osobennosti organizacii [Rural tourism: classifications and organization features]. *Servis v Rossii i za rubezhom* [Service in Russia and Abroad], 2017, vol. 11, no. 5, pp. 31-43. (In Russian).
10. Gurov S. A. Sel'skij turizm: dinamika i transformacii [Rural tourism: dynamics and transformations]. *Geopolitika i e`kogeodinamika regionov* [Geopolitics and Ecogeodynamics of Regions], 2022, vol. 8 (18), no. 3, pp. 110-128. (In Russian).
11. Kalafatov E. A. Ocenka perspektiv agrarnogo turizma v kontekste ustojchivogo razvitiya sel'skix territorij [Assessment of agricultural tourism prospects in the context of sustainable rural development]. *Vestnik AGU* [Bulletin AGU], 2016, no. 4, pp. 169-174. (In Russian).
12. Voinova N. E., Romanova Yu. A. Analiz koncepcii razvitiya sel'skogo turizma v Rossijskoj Federacii [Analysis of the concept of rural tourism development in the Russian Federation]. *Aktual'ny`e issledovaniya* [Current Research], 2020, no. 5 (8), pp. 10-14. (In Russian).
13. Malina V. V., Romanova Yu. A. Sovremennoe sostoyanie sel'skogo turizma v Rossijskoj Federacii [The current state of rural tourism in the Russian Federation]. *Aktual'ny`e issledovaniya* [Current Research], 2020, no. 6 (9), pp. 25-28. (In Russian).
14. Tamov A. A., Ilyasova E. V., Kry`lova E. M. Razvitie sel'skogo turizma v usloviyax karantinny`x mer [Development of rural tourism under quarantine measures]. *Vestnik AGU* [Bulletin AGU], 2020, no. 3, pp. 119-124. (In Russian).
15. Kaznacheeva S. N., Chelnokova E. A., Korovina E. A. Agroturizm kak odno iz perspektivny`x naprav-lenij industrii turizma [Agrotourism as one of the promising areas of the tourism industry]. *Mezhdunarodny`j zhurnal prikladny`x i fundamental'ny`x issledovanij* [International Journal of Applied and Fundamental Research], 2017, no. 3(2), pp. 248-252. (In Russian).
16. Nikonova T. V., Voronzova L. V. Rol' sel'skogo turizma i napravleniya ego razvitiya v sovremen-noj e'konomie Rossii [The role of rural tourism and the directions of its development in the modern economy of Russia]. *Vestnik Altajskoj akademii e'konomiki i prava* [Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law], 2021, no. 9-2, pp. 167-172. (In Russian).
17. Shostka V. I. Perspektivy` razvitiya sel'skogo zelenogo, e`kologicheskogo i e`tnograficheskogo vi-dov turizma v Kry`mu [Prospects for the development of rural green, ecological and

- ethnographic types of tourism in Crimea]. *Sovremennyye problemy` servisa i turizma* [Modern Problems of Service and Tourism], 2015, vol. 9, no. 1, pp. 96-101. (In Russian).
18. Ulanov D. A. Turizm na sel'skix territoriyax: opyt, problemy, perspektivy [Tourism in rural areas: experience, problems, prospects]. *Molodoj uchenyj* [Young Scientist], 2013, no. 6 (53), pp. 455-459. (In Russian).
  19. Ivanishheva N. A. Sel'skij turizm v formirovanii imidzha territorii [Rural tourism in the formation of the image of the territory]. *Geopolitika i e'kogeodinamika regionov* [Geopolitics and Ecogeodynamics of Regions], 2021, vol. 7, no. 3, pp. 45-54. (In Russian).
  20. Faliyeva O. Yu., Mixajlova M. A. Rol' sel'skogo turizma v soxranenii kul'turno-istoricheskogo naslediya [The role of rural tourism in the preservation of cultural and historical heritage]. *Vestnik Vostochno-Sibirskogo gosudarstvennogo instituta kul'tury* [Bulletin of the East Siberian State Institute of Culture], 2021, no. 1 (17), pp. 103-108. (In Russian).
  21. Russian Federation. Decree of the Government of the Russian Federation № 187-r of July 2, 2022, «*Strategiya razvitiya turizma v Rossijskoj Federacii na period do 2035 goda*» [“Strategy for the development of tourism in the Russian Federation for the period until 2035”]. (In Russian). Available at: <http://government.ru/docs/all/123838/>. (accessed 29.05.2023).
  22. Russian Federation. The Federal Law of the Russian Federation № 132-FZ of May 28, 2022, «*Ob osnovax turistskoj deyatel'nosti v Rossijskoj Federacii*» [“On the fundamentals of tourism activities in the Russian Federation”]. (In Russian). Available at: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_12462/bb9e97fad9d14ac66df4b6e67c453d1be3b77b4c/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_12462/bb9e97fad9d14ac66df4b6e67c453d1be3b77b4c/). (accessed 29.05.2023).
  23. Russian Federation. The Federal Law of the Russian Federation № 318-FZ of July 2, 2021, «*O vnesenii izmenenij v Federal'nyj zakon «Ob osnovax turistskoj deyatel'nosti v Rossijskoj Federacii»* [“On amendments to the Federal Law “On the Fundamentals of Tourism Activities in the Russian Federation”] i stat'yu 7 Federal'nogo zakona «*O razvitii sel'skogo xozyajstva*» [“On the Development of Agriculture”]. (In Russian). Available at: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_389013/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389013/). (accessed 29.05.2023).
  24. Russian Federation. Decree of the Government of the Russian Federation № 2309 of December 16, 2021 «*O vnesenii izmenenij v nekotorye akty Pravitel'stva Rossijskoj Federacii*» [“On amendments to certain acts of the Government of the Russian Federation”]. (In Russian). Available at: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/403174128/>. (accessed 30.05.2023).
  25. Russian Federation. Order of the Ministry of Economic Development of Russia № 617 of November 11, 2022. (In Russian). Available at: [https://www.economy.gov.ru/material/file/763ba30a43be0f227b227834465869ff/617\\_11112022.pdf](https://www.economy.gov.ru/material/file/763ba30a43be0f227b227834465869ff/617_11112022.pdf) (accessed 30.05.2023).
  26. *Agrarnyye novosti Kry'ma i Rossii (Agromir)* [Agrarian news of Crimea and Russia (Agromir)]. (In Russian). Available at: <https://agromir82.rf/realizovannie-proekti-agroturizma-p/> (accessed 31.05.2023).
  27. Russian Federation. Law of the Republic of Crimea № 51-ZRK of August 14, 2014 «*O turistskoj deyatel'nosti v Respublike Kry'm*» [On tourism activities in the Republic of Crimea]. (In Russian). Available at: [https://mtur.rk.gov.ru/file/pub/pub\\_235245.pdf](https://mtur.rk.gov.ru/file/pub/pub_235245.pdf) (accessed 31.05.2023).
  28. *Upravlenie Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki po Respublike Kry'm i g. Sevastopolyu (Kry'mstat)* [Office of the Federal State Statistics Service for the Republic of Crimea and the city of Sevastopol (Crimeastat)]. (In Russian). Available at: <https://82.rosstat.gov.ru/> (accessed 01.06.2023).
  29. *Ministerstvo kurortov i turizma Respubliki Kry'm* [Ministry of Resorts and Tourism of the Republic of Crimea]. (In Russian). Available at: <https://mtur.rk.gov.ru/ru/structure/634> (accessed 03.06.2023).
  30. *Sistema obmena turistskoj informaciej (SOTI)*. [System of exchange of tourist information (SOTI)]. (In Russian). Available at: <https://www.nbcrs.org/regions/respublika-krym/obekty->

selskogo-turizma (accessed 05.06.2023).

31. *Ministerstvo sel'skogo khozyajstva Respubliki Kry`m* [Ministry of Agriculture of the Republic of Crimea]. (In Russian). Available at: <https://msh.rk.gov.ru/ru/article/show/1648> (accessed 06.06.2023).

Сведения об авторах / Information about authors

- Нехайчук  
Дмитрий Валериевич** д-р экон. наук, профессор, заместитель директора  
Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова  
(Севастопольский филиал)  
299053, г. Севастополь, ул. Вакуленчука, д. 29  
dimchikn@mail.ru
- Nekhaychuk  
Dmitriy Valerievich Dr. Sci. (Econ.), Professor, Deputy Director Plekhanov Russian  
University of Economics  
(Sevastopol branch)  
299053, Sevastopol, Vakulenchuk str., 29.  
dimchikn@mail.ru
- Верна  
Вероника Валериевна** канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры туризма  
Крымский университет культуры, искусств и туризма,  
доцент кафедры менеджмента, туризма и гостиничного бизнеса  
Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова  
(Севастопольский филиал)  
295017, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 39;  
nica2605@rambler.ru
- Verna  
Veronica Valerievna Ph.D. (Econ.), Associate Professor, Associate Professor of the  
Department of Tourism  
Crimean University of Culture, Arts and Tourism  
Associate Professor of the Department of Management, Tourism and  
Hotel Business  
Plekhanov Russian University of Economics  
295017, Republic of Crimea, Simferopol, Kievskaya str., 39  
nica2605@rambler.ru
- Скараник  
Станислава  
Степановна** канд. экон. наук, доцент кафедры «Туризм, сервис и гостиничный  
бизнес»  
Институт развития города, Севастопольский государственный  
университет  
299015, г. Севастополь, ул. Курчатова, 7
- Skaranik  
Stanislava Stepanovna Ph.D. (Econ.), Associate Professor, Associate Professor of the  
Department of Tourism, Service and Hotel Business  
City Development Institute, Sevastopol State University  
299015, Sevastopol, Kurchatov str., 7
- Воробьева  
Анастасия Николаевна** студент 4-го курса направления подготовки «Туризм»  
Крымский университет культуры, искусств и туризма,  
295017, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 39  
nastena\_vorobeveva\_8800@mail.ru
- Vorobyova  
Anastasiya  
Nikolaevna student of the 4th year of the bachelor's degree in the direction of  
training "Tourism"  
Crimean University of Culture, Arts and Tourism  
295017, Republic of Crimea, Simferopol, Kievskaya str., 39  
nastena\_vorobeveva\_8800@mail.ru

УДК 338.2

DOI: 10.26296/2619-0605.2023.3.3.018

Самонова Т.Г., Сушко Н.А.

## АНАЛИЗ МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ УРОВНЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

**Аннотация.** Классифицированы разработанные ранее методические подходы к оценке уровня экономической безопасности предприятия. Выделена сущность каждого из представленных методических подходов. Раскрыты преимущества и недостатки методических подходов к оценке уровня экономической безопасности предприятия. Раскрыта сущность ресурсно-функционального подхода, предусматривающего оценку составляющих экономической безопасности предприятия. Охарактеризован индикаторный подход, основанный на использовании системы показателей и сравнении полученных фактических значений с индикаторами. Представлена характеристика экспертного метода оценки уровня экономической безопасности предприятия, предусматривающего использования мнений экспертов для оценки отдельных составляющих или всего предприятия в целом. Раскрыта сущность матричного подхода, основанного на применении матриц для оценки различных аспектов экономической безопасности предприятия. Выявлена целесообразность применения метода экономико-математического моделирования для оценки уровня экономической безопасности предприятия.

**Ключевые слова:** экономическая безопасность, метод, подход, оценка, уровень, преимущества, недостатки.

Samonova T.G., Sushko N.A.

## ANALYSIS OF METHODOLOGICAL APPROACHES TO ASSESSING THE LEVEL OF ECONOMIC SECURITY OF THE ENTERPRISE

**Abstract.** The previously developed methodological approaches to assessing the level of economic security of an enterprise are classified. The essence of each of the presented methodological approaches is highlighted. The advantages and disadvantages of methodological approaches to assessing the level of economic security of an enterprise are disclosed. The essence of the resource-functional approach, which provides for the assessment of the components of the economic security of the enterprise, is revealed. The indicator approach based on the use of a system of indicators and comparison of the actual values obtained with indicators is characterized. The characteristic of the expert method of assessing the level of economic security of an enterprise is presented, which provides for the use of expert opinions to evaluate individual components or the entire enterprise as a whole. The essence of the matrix approach based on the use of matrices to assess various aspects of the economic security of the enterprise is revealed. The expediency of using the method of economic and mathematical modeling to assess the level of economic security of the enterprise is revealed.

**Keywords:** economic security, method, approach, assessment, level, advantages, disadvantages.

**Введение.** На современном этапе экономического развития предприятия вынуждены решать финансовые, производственные, технологические, инвестиционные и информационные вопросы, что обуславливает актуальность оценки уровня их экономической безопасности. Предприятия по своей сути являются открытыми системами и функционируют под влиянием непостоянной, изменчивой внешней среды. Нестабильность внешней среды предопределяет приоритеты управления предприятием, предусматривающих выделение качественных и количественных свойств предприятия по отношению к способности обеспечения развития в условиях отсутствия возможности спрогнозировать динамику факторов внутренней и внешней среды.

Перманентно возрастающая значимость места предприятия в конкурентной среде,



формирование его экономической безопасности, отсутствие надлежащего методического обеспечения процесса решения проблем функционирования предприятия свидетельствуют об актуальности исследуемой проблемы и необходимости предоставления практических рекомендаций по ее решению.

Главной целью экономической безопасности предприятия является создание необходимых условий для минимально допустимого уровня эффективного функционирования предприятия. Это возможно путем обеспечения рационального и эффективного использования всех имеющихся у предприятия групп ресурсов, охраны коммерческой тайны, обеспечения финансовой автономии, устойчивости и платежеспособности, гарантирования защиты персонала предприятия, его имущества, информации и пр.

Применение действенных методов оценки уровня экономической безопасности предприятий на всех уровнях даст возможность обеспечить предсказуемость воздействия любых внешних угроз.

**Целью исследования** является проведение анализа современных методов оценки уровня экономической безопасности предприятия с выделением их преимуществ и недостатков.

**Материалы и методы исследования.** В статье использованы результаты научных исследований учёных-экономистов, изучающих особенности применения определенных методов оценки уровня экономической безопасности предприятия.

Вопросы 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: Khusniddin Uktamov [1], Tin Primorac, Toni Kozina, Ivan Turčić [2], Алиева К.С., Брикошина И.С. [3], Голованова Н.Б. [4], Демчук О.В., Баранова Н.А. [5], Кавыршина О.А. [6], Самонова Т.Г. [7], Сергеева И.А., Чунаев С.Ю. [8], Сушко Н.А. [9] и др.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Эффективное функционирование предприятия предполагает его способность к сохранению достигнутых результатов деятельности путем предотвращения отклонения планового (минимально необходимого) уровня экономической безопасности и его удержания в пределах целевых нормативных значений в результате гибкого реагирования на динамические внешние и внутренние воздействия бизнес-среды на различных этапах развития. При этом стоит уточнить, что целевой уровень экономической безопасности предприятия может быть определен такими результативными показателями, как защищенность предприятия от угроз внутренней и внешней среды, достижение согласования интересов экономических субъектов на конкретном этапе жизненного цикла предприятия, наличие необходимого ресурсного обеспечения для поддержания безопасного состояния функциональных подсистем.

Поскольку предприятие является сложной динамической системой, функционирующей на уровне влияния внутренних и внешних взаимосвязей, обеспечение его экономической безопасности требует применения совокупности методов, которые должны соответствовать таким критериям, как адекватность, своевременность, реагирование на угрозы бизнес-среды; иметь высокий уровень гибкости управления; отражать практическую реализацию стратегических, тактических мер и оперативных действий по обеспечению экономической безопасности; иметь высокую эффективность реализации принятых управленческих мер и стимулировать заинтересованность всех ответственных лиц в обеспечении высокого уровня экономической безопасности.

Для оценки уровня экономической безопасности предприятия могут применяться различные методы, отличающиеся между собой базовым уровнем информационного обеспечения, необходимым для использования конкретного метода, применяемым алгоритмом и сложностью. Это предопределяет необходимость систематизации существующих методических подходов с выделением их преимуществ и недостатков (рис. 1).

<b>Основные методические подходы к оценке уровня экономической безопасности предприятия</b>					
<b>Название подхода</b>	<b>Ресурсно-функциональный</b> (по функциональным составляющим ЭБП)	<b>Индикаторный</b> (пороговый)	<b>Экспертный</b> (по результатам экспертного опроса)	<b>Матричный</b> (матрица McKinsey, Shell, Мак-Нейма, офера-Шендела)	<b>Экономико-математического моделирования</b>
<b>Сущность подхода</b>	предполагает выделение составляющих ЭБП (функциональных подсистем) и показателей для последующего их измерения и определения комплексного показателя уровня ЭБП	предусматривает сравнение фактических значений выбранных показателей (индикаторов) с их нормативными значениями (эталоны)	предусматривает анализ и оценку отдельных процессов обеспечения ЭБП (не поддающихся формализации и однозначной интерпретации) с помощью экспертов	предполагает использование алгоритмизированных методов, основанных на логических выводах и рекомендациях	предусматривает использование экономико-математических моделей с четко определенным математическим инструментарием
<b>Преимущества подхода</b>	логичность и научная обоснованность, детализация единичных показателей для определения комплексного показателя, возможность выбора разного количества показателей	простота использования при условии качественной методической базы, возможность многовариантности оценки уровня ЭБП	проявление антропогенности как свойства системы ЭБП, возможность оценки сложных по расчету элементов системы	удобство и относительная простота использования, оперативность получения результата, точность оценки, применение системного подхода	точность и логичность оценки, высокий уровень формализации и абстрактного описания элементов системы, возможность прогнозирования уровня ЭБП
<b>Недостатки подхода</b>	несоответствие полученных результатов и реального уровня ЭБП, использование ретроспективных значений показателей, отсутствие обоснованных рекомендаций относительно выбора показателей и их нормативных значений	сложность и необоснованность выбора показателей, необходимость взаимосвязи диапазона нормативных значений показателей для их дальнейшей систематизации и измерения	недостаточная квалификация экспертов, субъективизм в принятии решений, некачественно подготовленные системы опроса, изменчивость объектов оценки	ограниченность выбора показателей оценки, неполнота оценки некоторых элементов системы, отсутствие методических рекомендаций к расчету отдельных показателей	необходимость использования больших массивов исходных данных, сложность выбора соответствующей к требованиям оценки модели, ограниченность параметров оценки

Рисунок 1 – Синтез основных методических подходов к оценке уровня экономической безопасности предприятий

«Основные методы оценки уровня экономической безопасности предприятия можно сгруппировать по следующим подходам:

– ресурсно-функциональный подход базируется на оценке экономической безопасности предприятия по ее функциональным составляющим и для предприятия в целом» [10]. Хронологически этот подход появился первым, во многом повторяя и копируя имеющиеся подходы к квантификации других явлений или процессов в деятельности предприятия. Этот подход является наиболее точным и разнообразным, поскольку учитывает мнение экспертов при определении значимости отдельных составляющих экономической безопасности предприятия, что может быть связано с отраслевой принадлежностью предприятия, его организационной правовой формой, уровнем развития, территориальным размещением и пр. Существенным дискуссионным моментом в использовании этого подхода является определение функциональных составляющих экономической безопасности предприятия и выбор показателей оценки с последующей их нормализацией и приведением к единому виду;

– «индикаторный подход основан на оценке каждой функциональной составляющей экономической безопасности предприятия» [2] с использованием системы специальных показателей, имеющих свои пороговые оптимальные значения. Сравнение полученных фактических показателей с их пороговыми значениями позволяет оценить в целом уровень экономической безопасности предприятия. Этот подход является достаточно известным и самым простым методом оценки уровня экономической безопасности предприятия, который не требует много времени и специальных умений, а также дает возможность быстро отслеживать негативные тенденции в деятельности предприятия.

При этом использование такого подхода позволяет оперативно и разносторонне оценить уровень экономической безопасности предприятия при условии совершенной методической базы и качественной системы индикаторов. Система таких индикаторов должна быть сформирована таким образом, чтобы вовремя и точно выявить возможные угрозы эффективному функционированию предприятия с целью предотвращения их дестабилизирующего воздействия на экономике предприятия.

Также довольно сложным является вопрос нормативных значений показателей, которые не всегда учитывают изменения во внешней среде предприятия и саму специфику его деятельности. Как результат, «качество оценки экономической безопасности предприятия является сомнительным из-за значительного субъективизма определения индикаторов и их пороговых значений, которые являются динамическими в условиях неопределенной бизнес-среды» [4];

– «экспертный подход предусматривает проведение оценки уровня экономической безопасности предприятия на основе экспертных оценок. Данный подход подразделяется на два вида. Согласно первому виду для оценки уровня экономической безопасности предприятия применяются» [2] исключительно экспертные оценки. Второй вид предполагает использование экспертных оценок только в отношении некоторых составляющих экономической безопасности. Оценка общего уровня экономической безопасности проводится при помощи расчетов специальных показателей.

«Методики первого вида, имея очень высокий уровень субъективизма, не могут быть основой для эффективного управления предприятием, то есть оценка экономической безопасности по такой методике не позволяет принимать обоснованные управленческие решения. Второй вид методик – более четкий и объективный, но существует проблема выделения составляющих экономической безопасности предприятия и формирования системы показателей по каждой составляющей. Следовательно, существует громоздкость, неоднозначность и противоречивость расчетов; отсутствие всестороннего, комплексного и объективного результата, который бы служил инструментом эффективного управления предприятием» [2]. Следует отметить, что методы экспертной оценки в экономической безопасности не нашли широкого применения вследствие отсутствия достаточного количества экспертов «по экономической безопасности предприятия, их недостаточной квалификации и субъективизма» [8];

– «матричные подходы предусматривают использование матриц для оценки уровня экономической безопасности предприятия, построенные на основе четких и логических алгоритмов. Методы матричного подхода считаются простыми в использовании, позволяют достаточно точно и эффективно оценить уровень экономической безопасности предприятия без больших затрат» [9]. Преимуществом этих методов является их наибольшая системность в сравнении с другими, что позволяет упорядочить как составные элементы системы, так и взаимосвязи между ними. Использование соответствующих матриц позволяет оценить различные аспекты экономической безопасности предприятия в статике и динамике. Однако, матричный подход в методологии оценки экономической безопасности не получил широкого применения в виду сложности подготовки исходной информации, в частности качественного описания соотношения переменных, которые должны использоваться для оценки экономической безопасности предприятия, а также в традиционной недоверии к качественным оценкам, часто субъективным;

– «методы экономико-математического моделирования предусматривают использование математических моделей, показывающих влияние определенных показателей (факторов) на уровень безопасности предприятия и позволяющих предусмотреть различные сценарии развития предприятия при условии изменения того или иного фактора. Целесообразность использования этого подхода обусловлена возможностью выявить основные (прямые) и линейные (нелинейные) взаимосвязи между различными факторами, которые определяют направления и возможности повышения экономической безопасности предприятия» [1]. Характеризуется этот подход получением четких и достоверных результатов на теоретическом уровне исследования, но в то же время сложными математическими расчетами, трудностью интерпретации и применения полученных результатов в практическом использовании. Также недостатком методов «экономико-математического моделирования для оценки экономической безопасности предприятия является то, что прогнозирование указанных процессов осуществляется на основе ретроспективного анализа и линейной проекции рядов динамики отдельных факторов» [4].

Таким образом, анализ имеющихся методических подходов к оценке уровня экономической безопасности предприятия позволяет констатировать, что практически каждый из них «базируется на выборе совокупности показателей деятельности предприятия, состав которых является неоднозначным и недостаточно обоснованным для конкретных методик» [7]. Кроме того, в приведенных методиках расчета показателей используются критические или пороговые значения, в пределах величины отклонения которых необходимым условием является градация уровней экономической безопасности предприятия для ее качественной оценки. Также проблемным аспектом является наличие необходимого информационного обеспечения, поскольку для расчета большинства экономических и финансовых показателей данные можно получить из бухгалтерской или финансовой отчетности, но остается группа показателей (это касается, например, ресурсно-функционального подхода), для определения которых требуется дополнительная информация. Часто обработанная информация носит противоречивый характер или дублируется, поскольку базируется на использовании различных источников.

**Выводы.** К основным методическим подходам к оценке уровня экономической безопасности предприятия следует отнести следующие: ресурсно-функциональный, индикаторный, экспертный, матричный подходы, методы экономико-математического моделирования. Целесообразность применения каждого из указанных методических подходов в отношении конкретного предприятия обусловлена полнотой исходных информационных данных, целью исследования и скоростью получения корректных выводов об уровне экономической безопасности.

#### Список использованной литературы:

1. *Khusniddin Uktamov*. Problems of Evaluation and Procuring Economic Security At Enterprises // *Asian Journal of Technology & Management Research*. 2020. № 1. P. 123-129.

2. Tin Primorac, Toni Kozina, Ivan Turčić. Economic security of enterprises // *Poslovna izvrsnost zagreb – Business excellence*. 2018. № 2. P.167-176.
3. Алиева К.С., Брикошина И.С. Методы оценки экономической безопасности предприятия // *Материалы Всероссийской научно-практической конференции*. 2019. С.31-37.
4. Голованова Н.Б. Формирование подходов к оценке экономической безопасности субъекта хозяйствования // *Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники*. 2014. № 2. С. 294-300.
5. Демчук О.В., Баранова Н.А. Экономическая безопасность предприятия, алгоритм и способы её формирования // *Вестник КГМТУ*. 2019. № 1. С. 108-117.
6. Кавыршина О.А. Экспресс-оценка уровня экономической безопасности предприятия // *Таврический научный обозреватель*. 2015. № 4-1. С.49-52.
7. Самонова Т.Г. Методические подходы к оценке уровня экономической безопасности предприятия // *Научное сообщество студентов XXI столетия. Экономические науки: Сборник статей по материалам СХИИ студенческой международной научно-практической конференции*. 2022. № 3. С. 105-110.
8. Сергеева И.А., Чунаев С.Ю. Анализ методических подходов оценки экономической безопасности предприятия. // *Современная экономика: проблемы и решения*. 2019. № 8 (116). С. 65-78.
9. Сушко Н.А. Разработка механизма обеспечения экономической безопасности рыбохозяйственного предприятия // *Вестник КГМТУ*. 2021. № 2. С. 322-332.
10. Оценка экономической безопасности предприятия. URL: <https://idaten.ru/economic/ocenka-ekonomicheskoi-bezopasnosti-predpriyatiya> (дата обращения: 10.08.2023).

#### References:

1. Khusniddin Uktamov. Problems of Evaluation and Procuring Economic Security At Enterprises. *Asian Journal of Technology & Management Research.*, 2020, no. 1, pp.123-129. (In English).
2. Tin Primorac, Toni Kozina, Ivan Turčić. Economic security of enterprises. *Poslovna izvrsnost zagreb – Business excellence*, 2018, no. 2, pp. 167-176. (In English).
3. Alieva K.S., Brikoshina I.S. Metody ocenki ekonomicheskoy bezopasnosti predpriyatiya [Methods of assessing the economic security of an enterprise]. *Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Materials of the All-Russian Scientific and practical Conference], 2019, pp. 31-37. (In Russian).
4. Golovanova N.B. Formirovanie podhodov k ocenke ekonomicheskoy bezopasnosti sub"ekta hozyajstvovaniya [Formation of approaches to the assessment of economic security of a business entity]. *Doklady Tomskogo gosudarstvennogo universiteta sistem upravleniya i radioelektroniki* [Reports of Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics], 2014, no. 2. pp. 294-300. (In Russian).
5. Demchuk O.V., Baranova N.A. Ekonomicheskaya bezopasnost' predpriyatiya, algoritm i sposoby eyo formirovaniya [Economic security of the enterprise, algorithm and methods of its formation]. *Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kerch State Marine Technological University], 2019, no. 1, pp. 108-117. (In Russian).
6. Kavyrshina O.A. Ekspress-ocenka urovnya ekonomicheskoy bezopasnosti predpriyatiya [Express assessment of the level of economic security of the enterprise]. *Tavrisheskij nauchnyj obozrevatel'* [The Tauride scientific observer], 2015, no. 4-1, pp. 49-52. (In Russian).
7. Samonova T.G. Metodicheskie podhody k ocenke urovnya ekonomicheskoy bezopasnosti predpriyatiya [Methodological approaches to assessing the level of economic security of an enterprise]. *Sbornik statej po materialam 113 studencheskoj mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Nauchnoe soobshchestvo studentov 21 stoletiya. Ekonomicheskie nauki»* [A collection of articles based on the materials of the 113rd students' International

- Scientific and Practical conference “Scientific community of students of the 21st century. Economic sciences”], 2022, no. 3, pp. 105-110. (In Russian).
8. Sergeeva I.A., Chunaev S.Yu. Analiz metodicheskikh podhodov ocenki ekonomicheskoy bezopasnosti predpriyatiya [Analysis of methodological approaches to assessing the economic security of the enterprise]. *Sovremennaya ekonomika: problemy i resheniya* [Modern Economy: Problems and Solutions], 2019, no. 8 (116), pp. 65-78. (In Russian).
  9. Sushko N.A. Razrabotka mekhanizma obespecheniya ekonomicheskoy bezopasnosti rybohozyajstvennogo predpriyatiya [Development of a mechanism to ensure the economic security of the fishing enterprise Novosibirsk fish farm]. *Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kerch State Marine Technological University], 2021, no. 2, pp. 322-332. (In Russian).
  10. Ocenka ekonomicheskoy bezopasnosti predpriyatiya [Assessment of the economic security of the enterprise]. (In Russian). Available at: <https://idaten.ru/economic/ocenka-ekonomicheskoi-bezopasnosti-predpriyatiya> (accessed 10.08.2023).

Сведения об авторах / Information about authors

<b>Самонова Татьяна Георгиевна</b>	магистрант 3-го курса направления подготовки «Экономика» Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82
Samonova Tatiana Georgievna	master's student of the 3rd year of the training direction “Economics” Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str.,82
<b>Сушко Надежда Александровна</b>	канд. экон. наук, доцент кафедры экономики и гуманитарных дисциплин Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 nadejdasushko@yandex.ru
Sushko Nadezhda Alexandrovna	Ph.D. (Econ.), Associate Professor of the Department of Economics and Humanities Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str.,82 nadejdasushko@yandex.ru

Бойко Е.А., Шестак О.И.

### ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ТРАНСФОРМАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫМ КОМПЛЕКСОМ РОССИИ: 1917-2022 ГГ.

**Аннотация.** В предлагаемом исследовании мы попытаемся не просто изучить и оценить эффективность системы государственного управления рыбохозяйственным комплексом России, а определить те решения и положительный опыт государственного управления в прошлом, а также вычленив именно те управленческие практики, которые могут быть использованы в настоящем. Для выявления особенностей управления процессами развития рыбохозяйственного комплекса мы будем использовать не только традиционную описательно-аналитическую методику работы с источниками информации, но и метод контент-анализа, позволяющий путем обсчета сходных по происхождению и характеру документов достаточно объективно выявить основные механизмы, стратегии и инструменты управления рыбохозяйственной отраслью, опыт которых имеет теоретическую и практическую значимость для повышения эффективности управления рыбохозяйственной отраслью Российской Федерации.

**Ключевые слова:** Рыбохозяйственный комплекс России, управление рыбохозяйственным комплексом, эволюция управления рыбохозяйственным комплексом России в XX-XXI веке; управленческие подходы, механизмы управления, эффективность государственного управления.

Boyko E.A., Shestak O.I.

### INSTITUTIONAL ASPECTS OF TRANSFORMATION OF THE MANAGEMENT OF THE FISHERY COMPLEX OF RUSSIA: 1917-2022

**Abstract.** In the proposed study, we will try not only to study and evaluate the effectiveness of the system of public management of the Russian fishery complex, but to identify those decisions and positive experiences of public administration in the past, as well as to identify exactly those management practices that can be used in the present. To identify the features of managing the development processes of the fishery complex, we will use not only the traditional descriptive-analytical methodology of working with sources of information, but also the method of content analysis, which allows, by calculating documents of similar origin and nature, to fairly objectively identify the main mechanisms, strategies and tools for managing fisheries industry, whose experience has theoretical and practical significance for improving the management efficiency of the fishing industry of the Russian Federation.

**Keywords:** Fishery complex of Russia, management of the fishery complex, evolution of management of the fishery complex of Russia in the 20th – 21st centuries; management approaches, management mechanisms, efficiency of public administration.

**Введение.** Управление рыбохозяйственным комплексом в России формировалось на протяжении длительного периода, и, по большому счету, до настоящего времени окончательно не завершено. Причины на первый взгляд очевидны – сложная хозяйственная структура отрасли, региональная разбросанность производств, постоянные изменения институтов власти и форм собственности не способствуют стабильности отраслевого управления. Но так ли это по факту?

**Цель исследования** – изучение и оценка эффективности системы государственного управления рыбохозяйственным комплексом России, а также выявление возможности использования ранее сформулированных управленческих практик для их применения в настоящем.

**Материалы и методы исследования.** Исследовательский интерес к вопросам

управления отраслью, к сожалению, незначительный, и научных работ по данной тематике относительно немного [1-10]. Однако актуальность данной темы высока, поскольку отраслевые изменения продолжают, в особенности в последние годы под влиянием внешнеэкономических факторов.

Методологической основой исследования являются диалектический, логический и системный подходы к рассмотрению закономерностей и проблем функционирования рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации. Авторы были использовали методы анализа и синтеза для обоснования теоретических положений, а также методы обобщения для формулировки итоговых выводов.

**Результаты исследования и их обсуждение.** В Российской империи рыбное хозяйство с самого начала своего зарождения носило бассейновый характер и не представляло собой единого целого, а потому единой, в строгой ведомственной иерархии, системы отраслевого управления на общегосударственном уровне также не существовало, хотя попытки его отстроить предпринимались на протяжении всей второй половины XIX века, но до 1917 года так и не были завершены [9, 10].

Формирование единой системы управления рыбохозяйственной отраслью связано с советским историческим периодом.

Первым органом, руководящим рыбной промышленностью молодого советского государства являлось Главное управление по рыболовству и рыбной промышленности России при Наркомпроде – «Главрыба». Дата его создания – 9 декабря 1918 г.

С момента начала своего формирования система управления рыбохозяйственной отраслью претерпела большое количество изменений и трансформаций. Некоторые современные исследователи выделяют в развитии отрасли доприватизационный (советский) и постприватизационный (постсоветский) периоды в развитии рыбного хозяйства [11-13], принципиально различающиеся между собой по форме собственности на производство и роли государственного регулирования.

С 1959 г. до 1992 г. управление рыбным хозяйством происходило через государственные производственные объединения: «Дальрыба», «Севрыба», «Запрыба», «Югрыба» и «Каспрыба». В состав каждого из них входили не только морские рыбные порты, базы рыбопромыслового флота, судоремонтные заводы, а также инфраструктура, включающая рыбоперерабатывающие предприятия, и даже холодильники, складские помещения, снабженческие конторы [14]. В результате была сформирована единая технологическая модель, которая включала как добычу, так и переработку, к тому же хранение, транспортировку и реализацию добытых биологических ресурсов.

30 сентября 1965 года в соответствии с распоряжением ЦК КПСС и Совета Министров СССР № 728 было сформировано Министерство рыбного хозяйства СССР в ведение которого вошел Соврыбфлот, всесоюзное промышленное объединение промышленности СССР в заграничном плавании [15]. Смысл функционирования Соврыбфлота состоял в «разработке и осуществлении мероприятий по привлечению в страну иностранной валюты, проверка и оплата в централизованном порядке дисбурсментских счетов за расходы судов флота рыбной промышленности в иностранных портах» [16, с. 107].

Министерство рыбного хозяйства СССР, как высшее звено управления, осуществляло общее администрирование отрасли и отвечало за результаты деятельности рыбохозяйственного комплекса. Оно являлось союзно-республиканским министерством, осуществляющим общее управление рыбодобывающей и рыбообрабатывающей промышленностью, и занималось вопросами рыбоводства и охраны рыбных запасов.

Далее находились организации, подчиняющиеся Министерству рыбного хозяйства – Главремфлот, Главрыбсбыт, Главрыбснаб, а также бассейновые объединения: Дальрыба, Севрыба, Запрыба, Югрыба, Каспрыба. Структура соотношения организаций, находящихся в подчинении Минрыбхоза, представлена на рисунке 1.



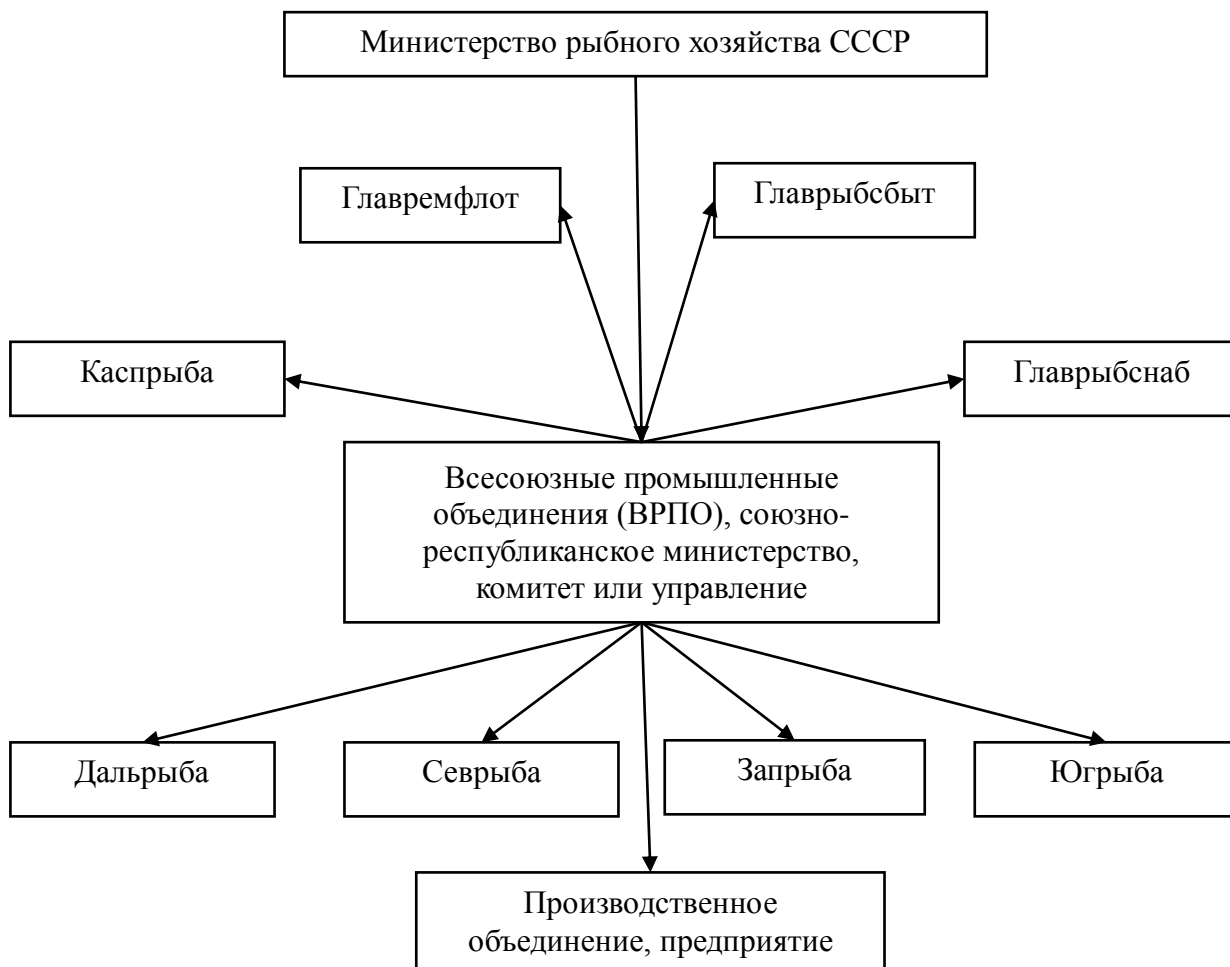


Рисунок 1 – Организационная структура управления рыбохозяйственной отраслью в 1960-е – 1980-е гг.

К концу 1980-х гг. Советский Союз по вылову рыбы и других объектов промысла был в мире на первом месте, осуществляя вылов почти во всех районах Мирового океана. В 1990 г. потребление рыбных продуктов на душу населения достигло 20,3 кг при рекомендованном Академией медицинских наук уровне потребления в 23,7 кг [17, с. 63], [18, с. 197]. К этому времени у рыбной промышленности СССР имелись как мощный рыболовный и транспортно-рефрижераторный флот, так и множество береговых рыбоперерабатывающих комбинатов, судоремонтных предприятий, а также широкая портовая инфраструктура (таблица 1).

Таблица 1 – Флот и береговая инфраструктура рыбной промышленности СССР на конец 1980-х гг.

Показатели	Дальрыба	Запрыба	Севрыба	Азчеррыба	Каспрыба	ИТОГО
Рыболовный флот	1260	99	35	121	34	1549
Транспортно-рефрижераторный флот	74	69	17	82	18	260
Судоремонтные предприятия	49	52	15	31	11	158
Порты	22	7	18	17	4	68

Примечание: составлено автором на основе источников: [19, 20]

По количеству рыболовного и транспортно-рефрижераторного флота СССР занимал 2-е

место в Мире после Японии [21].

Успехи в развитии рыбной отрасли, которых Советский Союз добился к концу 1980-х годов, объясняются не только экономическими и социальными факторами, вызваны они были особенностями государственного управления [22, с. 22-23].

Государство, владея средствами производства, осуществляло прямое законодательное регулирование хозяйственной деятельности, при этом занималось перераспределением ресурсов, а также само устанавливало цены, что, в итоге, обеспечивало на протяжении длительного периода положительную динамику основных экономических показателей работы рыбопромышленных предприятий страны и постоянное, без перерывов, снабжение населения страны рыбопродукцией. Высокие заработные платы при сдельной системе оплаты труда, установленной в рыбохозяйственном комплексе с 1953 г. [23, с. 26], способствовали формированию устойчивой мотивации и устанавливали прямую заинтересованность персонала предприятий в производственных результатах (таблица 2). Можно сказать, что государство само являлось источником экономического роста в деятельности рыбохозяйственной отрасли.

Таблица 2 – Рост уровня заработной платы рыбака относительно минимального размера оплаты труда 1950-1980 годы

Показатели	1950	1960	1970	1975	1980	1985
Средняя заработная плата рыбака (руб./год)	900	1200	3147	1944	2220	2448
Минимальный размер оплаты труда (руб./год)	711	967	1620	1740	2016	2220

Примечание: Составлено автором на основе источников [24, с. 93-97]

Начавшиеся в 1990-е годы процессы реформирования государства и экономики, запуск, по сути, бесконтрольной приватизации, затронули и рыбохозяйственный комплекс. Разрушение хозяйственных связей, разукрупнение и разделение рыбопромышленного производства привели к тому, что рыбохозяйственный комплекс фактически прекратил существование, разорвались вертикальные и горизонтальные связи между предприятиями, регионами, смежными отраслями. Начался новый период реорганизации системы отраслевого управления.

С 1991 по 2022 годы рыбохозяйственная отрасль прошла несколько этапов в своем развитии.

1 этап: 1991-1993 гг., характеризовался стремительным уменьшением объемов улова и выпуска пищевой рыбной продукции при кардинальном изменении всей системы управления отраслью.

Рыбохозяйственный комплекс пострадал одним из первых во время социально-экономического кризиса 1990-х гг. Причиной чего стали отдаленность многих рыбохозяйственных территорий от центров переработки в условиях неразвитости транспортной инфраструктуры, а также сезонный характер работы. Кроме того, в результате отмены государственного управления рыбное хозяйство, которое состояло из множества крупных предприятий и международных компаний, которые занимались выловом в экономической зоне других государств, распалось на разобщенные узконаправленные предприятия. В результате в 2,7 раза уменьшился объем добычи водных биологических ресурсов (с 8,5 млн т в 1987 г. до 3,1 млн т в 2004 г.) [25, с. 24]. Государство практически перестало регулировать отрасль, оставив себе лишь некоторые направления воздействия в области воспроизводства и охраны водных биоресурсов, контроль за их изъятием, надзор за безопасностью рыбопромысловых судов и обеспечение сохранности человеческой жизни на море. По оценке Экспертного института социальных исследований [25, с. 26], отказ от государственного регулирования рыбохозяйственного комплекса и прекращение финансовой поддержки привели к развалу отрасли.

2 этап: 1993-2003 гг., отметился усилением рыночного влияния в отрасли, нестабильностью государственной отраслевой политики, а также тем, что были введены платные аукционы на распределение квот. Это сопровождалось сокращением объёма допустимого улова, усилением отраслевой регионализации.

Добыча водных биологических ресурсов стала вестись в исключительной экономической зоне Российской Федерации, при этом стремление выловить побыстрее и продать подороже, слабо контролируемое государством, привело к взрывному росту незаконного вылова, как следствие, сокращению водных биоресурсов [26]. Российскую продукцию стала замещать ввезенная из соседних стран, из-за этого существенно повысились цены и уменьшилось потребление рыбы населением (таблица 3).

Таблица 3 – Динамика потребления рыбы и рыбной продукции: 1970 – 1999 гг.

Годы	Импорт рыбных товаров, тыс. т	Розничные цены на рыбу 1970-1990 гг., руб./кг	Потребление рыбы и рыбопродуктов на душу населения, кг/год
1970	38,3	0,71	24,8
1975	26,7	0,70	28,5
1980	176,5	0,75	26,5
1985	418,9	0,77	29,6
1989	577,5	0,85	27,1
1990	546,1	1,05	24,8

Примечание: таблица составлена автором на основе источника [27]

Поиск организационных решений, которые способны повлиять на ситуацию при небольших финансовых ресурсах государства, привел лишь к беспорядочному изменению структур управления. За период с 1992 г. по 2004 г. структура государственного управления рыбной отраслью страны менялась пять раз (таблица 4).

Таблица 4 – Модернизация структуры управления рыбохозяйственным комплексом, 1992-2004 гг.

Дата создания	Наименование отраслевого органа управления рыбным хозяйством	Наименование органа управления, принявшего решение
30.09.1992	Комитет Российской Федерации по рыболовству	Указ Президента Российской Федерации
14.08.1996	Государственный Комитет Российской Федерации по рыболовству	Указ Президента Российской Федерации
17.03.1997	Департамент по рыболовству Минсельхозпрода России	Указ Президента Российской Федерации
22.08.1998	Государственный комитет Российской Федерации по рыболовству	Указ Президента Российской Федерации
09.03.2004	Федеральное Агентство по рыболовству (в системе Минсельхоза России)	Указ Президента Российской Федерации

Примечание: составлено по источнику [28]

Постоянные изменения в системе управления рыбной отрасли 1990-х годов, по сути вели не к усилению отраслевого регулирования, а, напротив, к его полному развалу. Только после принятия в начале 2000-х годов серии решений, направленных на стабилизацию управления, устранение коррупционных схем и криминальных практик, а также усилению роли государства в отраслевом регулировании, привели к постепенному возрастанию рыбодобычи [29].

3 этап: 2004 – настоящее время, по сути, представляет собой непрекращающийся поиск

оптимального сочетания госрегулирования и рыночных механизмов, направленных на рост отраслевых показателей и развитие отрасли в целом.

В 2008 г. была введена система долгосрочного закрепления долей квот добычи (вылова) со сроком на 10 лет водных биоресурсов на основании «исторического принципа» [30], именно это позволило повысить доступность кредитно-финансовых механизмов для отраслевиков под строительство рыболовного флота. Обычно, в мировой практике средний срок возврата кредитов, привлеченных под строительство судов – от 10 до 20 лет, их стоимость и доступность напрямую зависят не только от устойчивости работы предприятий, но и от обеспеченности этих предприятий квотами на период возврата привлеченных средств [31-33]. Система долгосрочного закрепления квот создала условия, при которых финансовые институты, получив гарантию кредитоспособности заемщиков, стали выдавать рыбопромышленным компаниям долгосрочные кредиты, что, в последствии, привело к росту социально-экономического вклада отрасли в жизнь страны. Включение механизма «инвестиционных квот» – позволило продолжить наращивать экономическую отдачу, повышать эффективность промысла и обеспечивать продуктивную работу предприятий. Если в 2007 г. каждая тонна общероссийского вылова обеспечивала 2,9 тыс. руб. налоговых поступлений, то в 2017 г. – 10 тыс. руб. с тонны. В 2007 г. отраслевые инвестиции составили менее 1,5 млрд руб., а уже в 2017 г. приблизились к 14 млрд руб. [31, с. 20].

В 2008-2009 гг. был принят ряд государственных решений, нацеленных на преобразование рыбохозяйственного комплекса страны и его функционирование; инициировано принятие порядка трех десятков нормативно-правовых актов и более полусотни поправок к закону о рыболовстве; реализовано распределение рыбопромышленных участков на два десятилетия и квот добычи водных биоресурсов для Российской Федерации на десятилетие. [33, с. 113]. Правительством России была также одобрена Концепция развития рыбного хозяйства страны до 2020 г., принята Государственная программа Российской Федерации «Развитие рыбохозяйственного комплекса» [34].

Основными результатами проведенных изменений стали следующие:

– в 2008 г. отечественный вылов водных биоресурсов составил около 3,7 млн тонн, при этом произошел рекордный за последние сто лет вылов лососевых видов рыб – около 540 тыс. тонн;

– с 2009 г. наделение рыбаков долями квот стало осуществляться на 10 лет, а закрепление рыбопромышленных участков – на 20 лет [35];

– с 2009 г. осуществляется обязательная доставка улова и продукции из водных биологических ресурсов, выловленных в экономической зоне Российской Федерации, на российскую таможенную территорию, также был сокращен перечень видов ВБР, вылов которых регулируется путем установления объемов допустимых уловов [36];

– в 2010 г. была утверждена Концепция развития рыбохозяйственной науки в РФ до 2020 г. [37, 38];

– была запущена в реализацию Федеральная целевая программа «Повышение эффективности использования и развитие ресурсного потенциала рыбохозяйственного комплекса в 2009-2013 годы», в рамках которой началась модернизация портовой инфраструктуры, реконструкция заводов по воспроизводству рыбных запасов, строительство научных и рыбоохранных судов [39];

– в 2017 г. на цели субсидирования процентных ставок по кредитам выделено более 1,1 млрд рублей бюджетных средств; [40]

– для малых предприятий был решен вопрос по уплате единого сельскохозяйственного налога [41].

– Началась возрождение специализированных магазинов «Океан», массово закрывшихся в 1990-е годы (на сегодняшний день их открыто уже более 60 в 32 регионах страны) [42].

Результатом принятия необходимого пакета нормативных правовых актов, а также долгосрочное закреплением квот добычи водных биоресурсов стало позитивным толчком

для развития отрасли (таблица 5).

Таблица 5 – Динамика вылова водных биологических ресурсов по бассейнам в РФ, тыс. т.

Показатели	Период				
	2015	2016	2017	2018	2019
Вылов водных биологических ресурсов-всего	4382,1	4682,2	4774,5	4148,4	4 062,1
Дальневосточный бассейн	2853,2	3134,3	3111,8	2 902,1	2 903,9
Северный бассейн	550,9	566,7	569,2	520,7	429,5
Западный бассейн	65,2	74,0	75,8	58,5	62,5
Азово-Черноморский бассейн	95,7	103,5	90,1	51,6	52,5
Волжско-Каспийский бассейн	68,2	68,8	71,9	37,3	43,9

Примечание: таблица приведена по источнику [43, с. 103]

Таким образом, на государственном уровне в качестве стратегического направления развития были определены квотирование добычи водных биологических ресурсов и закрепление квот на определенный установленный срок за добывающими предприятиями. Было установлено, что все добываемые водные биологические ресурсы в исключительной экономической зоне России с целью вывоза в другие страны обязаны проходить таможенный контроль и регистрацию.

Так, Федеральным законом от 29 июня 2015 г. № 208-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» с 1 января 2016 г. введен запрет на применение плавных (дрифтерных) сетей при промысле тихоокеанских лососей в исключительной экономической зоне Российской Федерации [44]. В результате запрета уловы лососей на Камчатке, вдоль восточного побережья которой работали японские и российские дрифтерные суда, увеличились на 78%. Если в 2013 г. вылов тихоокеанских лососей составлял 132 тыс. тонн, то в 2017 г. – 241,3 тыс. тонн лососей.

Значительные изменения в правовой базе произошли в связи с принятием Федерального закона от 3 июля 2016 г. № 349-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» и отдельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования распределения квот добычи (вылова) водных биологических ресурсов» [45]. В частности, законом был увеличен с 10 до 15 лет срок заключения договора о предоставлении квоты добычи водных биоресурсов в морских водах. При этом право на добычу водных биоресурсов может быть прекращено, если добыча водных биоресурсов осуществляется в течение 2 лет подряд в объеме менее 70% полученной квоты добычи (ранее было 50 %).

При Росрыболовстве в 2008 г. был создан специальный центр – «Центр системы мониторинга рыболовства» для проведения государственного учета и анализа поступающей информации от добычи до реализации рыбной продукции, а все рыбопромысловые суда должны быть оснащены средствами оперативного технического контроля. Дополнительно к этому Росрыболовство было наделено функциями контроля за водными биологическими ресурсами во внутренних водах, охраны и изучения водно-биологических ресурсов и среды их обитания, управления необходимым для выполнения расширенных полномочий государственным имуществом [46]. Эти решения усилили регулирующие и контролирующие функции государства и, как показала практика, ускорили развитие рыночных отношений и активизацию предпринимательских инициатив в сфере рыбного хозяйства [47 с. 121].

Для дальнейшего комплексного развития была разработана, а далее, после широкого обсуждения в профессиональном сообществе в ноябре 2019 г., утверждена Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 г. [48] Реализация документа будет способствовать обновлению производственных фондов, развитию перерабатывающих мощностей, и созданию привлекательных условий для притока инвестиций в отрасль.

Характерной чертой для сложившейся после ликвидации СССР модели функционирования рыбохозяйственного комплекса являлось наращивание вылова, однако глубина переработки и структура производства, по причине недостатка инвестиций, оставались неизменными. Если ранее активное сокращение количества рыболовецких судов касалось, главным образом, судов малых и средних размеров, то в послереформенные годы это затронуло крупные и большие суда [25].

Вопрос обновления рыболовецкого флота, на фоне острой конкуренции в рыболовстве с Японией, Норвегией, Китаем, Перу, США и др. обострившейся в последнее десятилетие, встал особенно остро. По данным Росрыболовства, износ рыболовецкого флота составляет порядка 80-90%. С 2017 г. заработал механизм стимулирования строительства новых судов на отечественных верфях, предусмотренный Федеральным законом от 3 июля 2016 г. № 349-ФЗ [43]. Росрыболовством изымалось из общего допустимого улова 20 % квот на наиболее востребованные рынком виды рыбы, а затем передавалось компаниям, которые обязуются построить новые суда [49].

Несмотря на имеющиеся проблемы рыболовецких предприятий, с середины 2010-х гг., рыбохозяйственная отрасль стала самой рентабельной в стране, [50]. Для решения этой проблемы в стратегии развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 [48] была заложена возможность долгосрочного кредитования рыбопромышленных компаний за счет обеспечения их квотами на период возврата привлеченных средств и субсидирования строительства новых современных судов и предприятий переработки.

**Выводы.** Таким образом, рыбохозяйственный комплекс России представляет собой производственно-хозяйственный комплекс с многоотраслевой системой и объединяет: рыболовство, рыбоводство, производство пищевой, кормовой и технической продукции, обеспечивающими отраслями, межрегиональными и международными связями. Первостепенной же ролью комплекса является снабжение населения продуктами питания, обеспечивая тем самым продовольственную безопасность страны. Существенная роль в обеспечении устойчивого развития рыбохозяйственного комплекса отводится органам государственной власти. В настоящее время управленческая деятельность Минсельхоза России и Росрыболовства носит многофункциональный характер, в связи с чем в системе государственного управления рыбохозяйственного комплекса происходят изменения в территориальной структуре, нормативно-правовой базе, происходит трансформация понятий от «рыбного хозяйства», «рыбной отрасли» до «рыбохозяйственного комплекса».

#### Список использованной литературы:

1. *Акиндинова Н.В.* Перспективы восстановления экономического роста в России // Вопросы экономики. 2020. № 7. С. 5-50.
2. *Азизов Я.М., Левянт М.Я.* Организация управления рыбным хозяйством. М.: Агропромиздат, 1985. 176 с.
3. *Акимов Б.Н.* Экономическая эффективность концентрации производства в рыбной промышленности. М.: Пищевая промышленность, 1974. 152 с.
4. *Юшкова И.Е.* К вопросу восстановления министерства рыбного хозяйства // Рыбное хозяйство. 2017. № 2. С. 12-16.
5. *Астахов В.Е., Рогачева И.А., Футтер Э.И.* Организация работы флота рыбной промышленности. М.: Агропромиздат, 1986. 141 с.
6. Проблемы управления рыбной промышленностью: сборник научных трудов. М.: ЦНИИТЭИ РХ, 1988. 147 с.
7. *Санкин Е.В., Зиновьев В.П.* Государственное регулирование рыболовства в России в XIX – начале XX в. // Известия Иркутского государственного университета. Серия: История. 2021. Т. 38. С. 72-85.
8. Совершенствование планирования и управления рыбной промышленностью: сборник научных трудов. Калининград: Анлант-НИРО, 1982. 104 с.

9. *Шестак О.И., Образцова Е.Ю.* Эволюция системы государственного управления рыбохозяйственной отраслью в России: историографический обзор // Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации: материалы VI Национальной научно-технической конференции. Владивосток, 2023. С. 404-413.
10. *Шестак О.И., Образцова Е.Ю.* Зарождение и эволюция Советской системы государственного управления рыбным хозяйством: 1917-1940 гг. // Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации: материалы VI Национальной научно-технической конференции. Владивосток, 2023. С. 414-423.
11. *Корнейко О.В.* Сценарные варианты развития рыбохозяйственной деятельности Приморского края как основы национальной продовольственной безопасности // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. 2016. Т. 8. № 4 (35). С. 110-116.
12. *Корнейко О.В.* Государственное регулирование рыбохозяйственной деятельности в России: этапы развития и обоснование сохранения в рыночных условиях // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. 2017. № 7 (67). С. 260-267.
13. *Янышев Нестерова И.* Советский рыболовный флот и внешняя политика СССР в 1960–1970-е гг. // Департамент исторических наук. 2017. 107 с.
14. *Корнейко О.В., Латкин А.П.* Теоретические подходы к управлению развитием промышленного рыболовства // Рыбное хозяйство. 2014. № 3. С. 35-37.
15. Об улучшении управления промышленностью: постановление Совета Министров СССР № 728 от 30.09.1965 г. URL: [https://www.libussr.ru/doc\\_ussr/usr\\_6302.htm](https://www.libussr.ru/doc_ussr/usr_6302.htm) (дата обращения: 10.06.2023).
16. *Янышев Нестерова И.* Советский рыболовный флот и внешняя политика СССР в 1960-1970-е гг. // Департамент исторических наук. 2017. 106 с.
17. *Карасева О.В.* Инструменты государственного регулирования предпринимательства в рыбохозяйственной деятельности (на примере Приморского Края): дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Ольга Валентиновна Карасева. Владивосток, 2010. 174 с.
18. *Скульская Л.В., Широкова Т.К.* О проблемах рыбохозяйственного комплекса России // Экономика и бизнес: теория и практика. 2022. № 1-1 (83). С. 193-203.
19. История создания предприятий и организаций рыбной промышленности СССР. URL: <https://rybflot.com/home/istoriya-sozdaniya-predpriyatij-i-organizatsij-rybnoj-promyshlennosti-sssr/vsoyuznoe-rybopromyshlennoe-proizvodstvennoe-obedinenie-sevryba/> (дата обращения: 11.06.2023).
20. Народное хозяйство СССР в 1990 г.: статистический ежегодник. М.: Финансы и статистика, 1991. 752 с.
21. Рыболовство в СССР. URL: <https://su90.ru/uriba.html> (дата обращения: 11.06.2023).
22. *Войтоловский Г.К., Куреев В.Е., Корзун В.А. и др.* Размышления о рыболовстве: поиск подходов к устойчивому развитию // Теория и практика морской деятельности. М.: СОПС, 2003. Вып. 1. 144 с.
23. *Сальников А.М.* Государственное регулирование национальной экономики: учебное пособие. Ярославль: ООО ПКФ СОЮЗ-ПРЕСС, 2021. 108 с.
24. Повышение народного благосостояния, заработная плата рабочих и служащих в народном хозяйстве СССР: сборник статистических материалов. М.: Финансы и статистика, 1986. 694 с.
25. *Колончин К.В., Бетин О.И., Рудашевский В.Д.* Платформенная модель организации управления рыбным хозяйством России (системно-экономический подход) // Экономика и управление: проблемы, решения. 2021. Т. 1. № 12 (120). С. 21-35.
26. *Бажутов С.А.* О состоянии борьбы с незаконной добычей водных биологических ресурсов и мерах по её оптимизации (на примере Камчатского региона) // Право и безопасность. 2006. № 3-4 (20-21). URL: [https://dpr.ru/pravo/pravo\\_19\\_12.htm](https://dpr.ru/pravo/pravo_19_12.htm). (дата

обращения: 23.08.2023).

27. Рыболовство в СССР. URL: <https://su90.ru/uriba.html> (дата обращения: 23.08.2023).
28. Сайт Федерального агентства по рыболовству. URL: <http://fish.gov.ru/component/tags/tag/408-rybnaaya-otrasl> (дата обращения: 23.08.2023).
29. Римская Т.Г. Развитие рыбной промышленности дальнего востока в условиях рыночных реформ (середина 1980-х – 2004 гг.). дис. ... канд. ист. наук: 07.00.02 / Татьяна Григорьевна Римская. Владивосток, 2005. 187 с.
30. Об утверждении Правил распределения квот добычи (вылова) водных биологических ресурсов для осуществления промышленного рыболовства на континентальном шельфе Российской Федерации и в исключительной экономической зоне Российской Федерации: постановление Правительства РФ № 605 от 12.08.2008 г. URL: <https://base.garant.ru/57508467/> (дата обращения: 23.08.2023).
31. Долматова Е.В. Государственное управление структурными преобразованиями в рыбной отрасли: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Елена Владимировна Долматова. Мурманск, 2006. 211 с.
32. Ужахова Л.М., Вакорин Д.В. Особенности развития рыбопромышленной отрасли России // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2019. № 4. С. 14-23.
33. Семенова С.А. Рыбохозяйственный комплекс современной России: состояние, проблемы, перспективы развития // Вестник МГТУ. 2011. Т. 14. № 1. С.110-116.
34. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие рыбохозяйственного комплекса: постановление Правительства Российской Федерации № 314 от 15.04.2014 г. URL: <https://base.garant.ru/70644222/> (дата обращения: 23.08.2023).
35. О закреплении долей квот добычи (вылова) водных биологических ресурсов во внутренних водах Российской Федерации, за исключением внутренних морских вод Российской Федерации, для осуществления промышленного рыболовства за лицами, у которых срок действия договоров о закреплении долей квот добычи (вылова) водных биологических ресурсов для осуществления промышленного рыболовства в пресноводных водных объектах истекает до 31 декабря 2018 г.: постановление Правительства Российской Федерации № 131 от 8.02.2018 г. URL: <https://base.garant.ru/71876820/> (дата обращения: 23.08.2023).
36. О порядке доставки уловов водных биологических ресурсов, добытых (выловленных) при осуществлении промышленного рыболовства во внутренних морских водах Российской Федерации, в территориальном море Российской Федерации, на континентальном шельфе Российской Федерации, в исключительной экономической зоне Российской Федерации, и произведенной из них рыбной и иной продукции в морские порты Российской Федерации, а также в иные места доставки: постановление Правительства Российской Федерации № 184 от 5.03.2013 г. URL: <https://base.garant.ru/70329690/> (дата обращения: 23.08.2023).
37. Об утверждении Концепции развития рыбохозяйственной науки в Российской Федерации до 2020 года: приказ Федерального агентства по рыболовству № 330 от 13.04.2010 г. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/2071617/> (дата обращения: 23.08.2023).
38. Об утверждении Стратегии развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2020 года: приказ Федерального агентства по рыболовству № 246 от 30.03.2009 г. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/2068101/> (дата обращения: 23.08.2023).
39. О федеральной целевой программе «Повышение эффективности использования и развитие ресурсного потенциала рыбохозяйственного комплекса в 2009-2012 годах: постановление Правительства Российской Федерации № 606 от 12.08.2008 г. URL: <https://base.garant.ru/2166132/> (дата обращения: 23.08.2023).
40. Об утверждении Правил предоставления из федерального бюджета субсидии



- акционерному обществу «Российский экспортный центр», г. Москва, на цели субсидирования процентных ставок по экспортным кредитам и иным инструментам финансирования, аналогичным кредиту по экономической сути, предоставляемым коммерческими банками: постановление Правительства Российской Федерации № 620 от 24.05.2017 г. URL: <https://base.garant.ru/71683634/> (дата обращения: 23.08.2023).
41. О внесении изменений в государственную программу Российской Федерации «Развитие рыбохозяйственного комплекса: постановление Правительства Российской Федерации № 319 от 3.04.2015 г. URL: <https://base.garant.ru/70955228/> (дата обращения: 23.08.2023).
  42. Государственная поддержка сельскохозяйственного производства в России в 2013-2015 гг. URL: <https://eee-region.ru/article/4811/> (дата обращения: 23.08.2023).
  43. Аношина Ю.Ф., Наумкина Т.В. Государственное регулирование рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации в современных условиях // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки. 2020. № 2. С. 102-107.
  44. О внесении изменений в Федеральный закон «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов»: федеральный закон Российской Федерации № 208-ФЗ от 29.07.2015 г. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_181908/4811/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_181908/4811/) (дата обращения: 23.08.2023).
  45. О внесении изменений в Федеральный закон «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» и отдельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования распределения квот добычи (вылова) водных биологических ресурсов»: федеральный закон Российской Федерации № 349-ФЗ от 3.07.2016 г. URL: <https://base.garant.ru/71435858/> (дата обращения: 23.08.2023).
  46. О Федеральном агентстве по рыболовству: постановление Правительства Российской Федерации № 444 от 11.06.2008 г. URL: <https://base.garant.ru/12160949/> (дата обращения: 24.08.2023).
  47. Колончин К.В., Бетин О.И. Рыбохозяйственный комплекс: экономика и развитие. М.: ВНИРО, 2022. 368 с.
  48. Об утверждении Стратегии развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года: распоряжение Правительства Российской Федерации № 2798-р от 26.11.2019 г. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_338713/6e3a64cd9cd4e3cebbb260df3eb608e5bbc76578/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_338713/6e3a64cd9cd4e3cebbb260df3eb608e5bbc76578/) (дата обращения: 24.08.2023).
  49. О внесении изменений в Федеральный закон «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» и отдельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования распределения квот добычи (вылова) водных биологических ресурсов»: федеральный закон Российской Федерации № 349-ФЗ от 3.07.2016 г. URL: <https://base.garant.ru/71435858/> (дата обращения: 24.08.2023).
  50. Бетин О.И., Труба А.С., Мухамедова Т.О. Рыбохозяйственный комплекс: понятие, определение, структура // Труды ВНИРО. 2022. Т. 188. С. 166-173.

#### References:

1. Akindinova N.V. Perspektivy vosstanovleniya ekonomicheskogo rosta v Rossii [Prospects for restoring economic growth in Russia]. *Voprosy ekonomiki* [Questions of Economics], 2020, no. 7, pp. 5-50. (In Russian).
2. Azizov Ya.M., Levyant M.Ya. *Organizatsiya upravleniya rybnym khozyaystvom* [Organization of fisheries management]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1985, 176 p. (In Russian).
3. Akimov B.N. *Ekonomicheskaya effektivnost' kontsentratsii proizvodstva v rybnoy promyshlennosti* [Economic efficiency of concentration of production in the fishing industry]. Moscow, Pishchevaya promyshlennost' Publ., 1974, 152 p. (In Russian).
4. Yushkova I.Ye. K voprosu vosstanovleniya ministerstva rybnogo khozyaystva [On the issue of restoring the Ministry of Fisheries]. *Rybnoye khozyaystvo* [Fisheries], 2017, no. 2, pp. 12-16. (In Russian).

5. Astakhov V.Ye., Rogacheva I.A., Futter E.I. *Organizatsiya raboty flota rybnoy promyshlennosti* [Organization of the work of the fishing industry fleet]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1986, 141 p. (In Russian).
6. *Sbornik nauchnykh trudov «Problemy upravleniya rybnoy promyshlennost'yu»* [Collection of scientific papers "Problems of Management of the Fishing Industry"]. Moscow, TSNIITEIR KH Publ., 1988, 147 p. (In Russian).
7. Sankin Ye.V., Zinov'yev V.P. Gosudarstvennoye regulirovaniye rybolovstva v Rossii v XIX - nachale XX v. [State regulation of fisheries in Russia in the 19th - early 20th centuries]. *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Istoriya* [News of Irkutsk State University. Series: History], 2021, vol. 38, pp. 72-85. (In Russian).
8. *Sbornik nauchnykh trudov «Sovershenstvovaniye planirovaniya i upravleniya rybnoy promyshlennost'yu»* [Collection of scientific papers "Improving Planning and Management of the Fishing Industry"]. Kaliningrad, Anlant-NIRO Publ., 1982. 104 p. (In Russian).
9. Shestak O.I., Obraztsova Ye.YU. Evolyutsiya sistemy gosudarstvennogo upravleniya rybokhozyaystvennoy otrasl'yu v Rossii: istoriograficheskiy obzor [The evolution of the system of state management of the fishing industry in Russia: a historiographical review]. *Trudy 6 Natsional'noy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Innovatsionnoye razvitiye rybnoy otrasli v kontekste obespecheniya prodovol'stvennoy bezopasnosti Rossiyskoy Federatsii»* [Proceedings of the 6th National Scientific and Technical Conference "Innovative Development of the Fishing Industry in the Context of Ensuring Food Security of the Russian Federation"]. Vladivostok, 2023, pp. 404-413. (In Russian).
10. Shestak O.I., Obraztsova Ye.YU. Zarozhdeniye i evolyutsiya Sovetskoy sistemy gosudarstvennogo upravleniya rybnym khozyaystvom: 1917-1940 gg. [The origin and evolution of the Soviet system of state management of fisheries: 1917-1940]. *Trudy 6 Natsional'noy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Innovatsionnoye razvitiye rybnoy otrasli v kontekste obespecheniya prodovol'stvennoy bezopasnosti Rossiyskoy Federatsii»* [Proceedings of the 6th National Scientific and Technical Conference "Innovative Development of the Fishing Industry in the Context of Ensuring Food Security of the Russian Federation"]. Vladivostok, 2023, pp. 414-423. (In Russian).
11. Korneyko O.V. Stsenarnyye varianty razvitiya rybokhozyaystvennoy deyatel'nosti Primorskogo kraya kak osnovy natsional'noy prodovol'stvennoy bezopasnosti [Scenario options for the development of fishery activities in the Primorsky Territory as the basis of national food security]. *Territoriya novykh vozmozhnostey. Vestnik Vladivostokskogo gosudarstvennogo universiteta ekonomiki i servisa* [Territory of New Opportunities. Bulletin of Vladivostok State University of Economics and Service]. 2016, vol. 8, no 4 (35), pp. 110-116. (In Russian).
12. Korneyko O.V. Gosudarstvennoye regulirovaniye rybokhozyaystvennoy deyatel'nosti v Rossii: etapy razvitiya i obosnovaniye sokhraneniya v rynochnykh usloviyakh [State regulation of fishery activities in Russia: stages of development and rationale for conservation in market conditions]. *Rossiyskiy zhurnal sel'skokhozyaystvennykh i sotsial'no-ekonomicheskikh nauk* [Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences]. 2017, no. 7 (67), pp. 260-267. (In Russian).
13. Yanyshchev Nesterova I. Sovetskiy rybolovnyy flot i vneshnyaya politika SSSR v 1960-1970-ye gg. [Soviet fishing fleet and foreign policy of the USSR in the 1960-1970s.]. *Departament istoricheskikh nauk* [Department of Historical Sciences], 2017, 107 p. (In Russian).
14. Korneyko O.V., Latkin A.P. Teoreticheskiye podkhody k upravleniyu razvitiyem promyshlennogo rybolovstva [Theoretical approaches to managing the development of industrial fishing]. *Rybnoye khozyaystvo* [Fisheries], 2014, no 3, pp. 35-37. (In Russian).
15. Resolution of the Council of Ministers of the USSR № 728 of September 30, 1965 «*Ob uluchshenii upravleniya promyshlennost'yu*» ["On improving industrial management"]. (In Russian). Available at: [https://www.libussr.ru/doc\\_ussr/usr\\_6302.htm](https://www.libussr.ru/doc_ussr/usr_6302.htm) (accessed 10.06.2023).
16. Yanyshchev Nesterova I. Sovetskiy rybolovnyy flot i vneshnyaya politika SSSR v 1960-1970-ye gg. [Soviet fishing fleet and foreign policy of the USSR in the 1960-1970s.]. *Departament*

- istoricheskikh nauk* [Department of Historical Sciences], 2017, 106 p. (In Russian).
17. Karaseva O.V. *Instrumenty gosudarstvennogo regulirovaniya predprinimatel'stva v rybokhozyaystvennoy deyatelnosti (na primere Primorskogo Kraya). Diss. ... kand. ekon. nauk* [Instruments of state regulation of entrepreneurship in fishing activities (on the example of Primorsky Krai). Cand. econ. sci. diss.]. Vladivostok, 2010, 174 p. (In Russian).
  18. Skul'skaya L.V., Shirokova T.K. O problemakh rybokhozyaystvennogo kompleksa Rossii [On the problems of the Russian fishery complex]. *Ekonomika i biznes: teoriya i praktika* [Economics and Business: Theory and Practice], 2022, no 1-1 (83), pp. 193-203. (In Russian).
  19. *Istoriya sozdaniya predpriyatij i organizatsiy rybnoj promyshlennosti SSSR*. (In Russian). Available at: <https://rybflot.com/home/istoriya-sozdaniya-predpriyatij-i-organizatsij-rybnoj-promyshlennosti-sssr/vsesoyuznoe-rybopromyshlennoe-proizvodstvennoe-obedinenie-sevryba/> (accessed 11.06.2023).
  20. *Narodnoye khozyaystvo SSSR v 1990 g.: statisticheskiy yezhegodnik*. Moscow, Finansy i statistika Publ., 1991, 752 p. (In Russian).
  21. *Rybolovstvo v SSSR* [Fishing in the USSR]. (In Russian). Available at: <https://su90.ru/uriba.html> (accessed 11.06.2023).
  22. Voytolovskiy G.K., Kireyev V.Ye., Korzun V.A. (ed.) *Razmyshleniya o rybolovstve: poisk podkhodov k ustoychivomu razvitiyu* [Reflections on fishing: the search for approaches to sustainable development]. *Teoriya i praktika morskoy deyatelnosti* [Theory and Practice of Marine Activities]. Moscow, SOPS Publ., 2003, no. 1, 144 p. (In Russian).
  23. Sal'nikov A.M. *Gosudarstvennoye regulirovaniye natsional'noy ekonomiki* [State regulation of the national economy]. Yaroslavl, LLC PKF SOYUZ-PRESS Publ., 2021, 108 p. (In Russian). (In Russian).
  24. *Povysheniye narodnogo blagosostoyaniya, zarabotnaya plata rabochikh i sluzhashchikh v narodnom khozyaystve SSSR: sbornik statisticheskikh materialov* [Increasing the people's well-being, wages of workers and employees in the national economy of the USSR: collection of statistical materials]. Moscow, Finansy i statistika Publ., 1986. 694 p. (In Russian).
  25. Kolonchin K.V., Betin O.I., Rudashevskiy V.D. *Platfornennaya model' organizatsii upravleniya rybnym khozyaystvom Rossii (sistemno-ekonomicheskij podkhod)* [Platform model for organizing fisheries management in Russia (system-economic approach)]. *Ekonomika i upravleniye: problemy, resheniya* [Economics and Management: Problems, Solutions], 2021, vol. 1, no 12 (120), pp. 21-35. (In Russian).
  26. Bazhutov S.A. O sostoyanii bor'by s nezakonnoy dobychey vodnykh biologicheskikh resursov i merakh po yeyo optimizatsii (na primere Kamchatskogo regiona) [On the state of the fight against illegal extraction of aquatic biological resources and measures to optimize it (using the example of the Kamchatka region)]. *Pravo i bezopasnost'* [Law and Security], 2006, no 3-4 (20-21). (In Russian). Available at: [https://dpr.ru/pravo/pravo\\_19\\_12.htm](https://dpr.ru/pravo/pravo_19_12.htm). (accessed 23.08.2023).
  27. *Rybolovstvo v SSSR* [Fishing in the USSR]. (In Russian). Available at: <https://su90.ru/uriba.html> (accessed 23.08.2023).
  28. *Sayt Federal'nogo agentstva po rybolovstvu* [Site of the Federal Fisheries Agency]. (In Russian). Available at: <http://fish.gov.ru/component/tags/tag/408-rybnaya-otrasl> (accessed 23.08.2023).
  29. Rimskaya T.G. *Razvitiye rybnoj promyshlennosti dal'nego vostoka v usloviyakh rynochnykh reform (seredina 1980-kh-2004 gg.). Diss. kand. ist. nauk* [Development of the fishing industry of the Far East in the conditions of market reforms (mid-1980s-2004). Cand. ist. sci. diss.]. Vladivostok, 2005, 187 p. (In Russian).
  30. Russian Federation. Decree of the Government of the Russian Federation № 605 of Desember 08, 2008, «*Ob utverzhdenii Pravil raspredeleniya kvot dobychi (vylova) vodnykh biologicheskikh resursov dlya osushchestvleniya promyshlennogo rybolovstva na kontinental'nom shel'fe Rossiyskoy Federatsii i v isklyuchitel'noy ekonomicheskoy zone Rossiyskoy Federatsii*» [“On approval of the Rules for the distribution of quotas for production

- (catch) of aquatic biological resources for industrial fishing on the continental shelf of the Russian Federation and in the exclusive economic zone of the Russian Federation”]. (In Russian). Available at: <https://base.garant.ru/57508467/> (accessed 23.08.2023).
31. Dolmatova Ye.V. *Gosudarstvennoye upravleniye strukturnymi preobrazovaniyami v rybnoy otrasli. Diss. kand. ekon. nauk* [State management of structural transformations in the fishing industry. Cand. econ. Sci. diss.]. Murmansk, 2006, 211 p. (In Russian).
  32. Uzhakhova L.M., Vakorin D.V. Osobennosti razvitiya rybopromyshlennoy otrasli Rossii [Features of the development of the fishing industry in Russia]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoye khozyaystvo* [Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Fisheries], 2019, no 4, pp. 14-23. (In Russian).
  33. Semenova S.A. Rybokhozyaystvennyy kompleks sovremennoy Rossii: sostoyaniye, problemy, perspektivy razvitiya [Fishery complex of modern Russia: state, problems, development prospects]. *Vestnik MGTU* [Bulletin of MSTU], 2011, vol. 14, no 1, pp.110-116. (In Russian).
  34. Russian Federation. Decree of the Government of the Russian Federation № 314 of April 15, 2014, «Ob utverzhdenii gosudarstvennoy programmy Rossiyskoy Federatsii «Razvitiye rybokhozyaystvennogo kompleksa» [“On approval of the state program of the Russian Federation “Development of the fishery complex”]. (In Russian). Available at: <https://base.garant.ru/70644222/> (accessed 23.08.2023).
  35. Russian Federation. Decree of the Government of the Russian Federation № 131 February 8, 2018, «O zakreplenii doley kvot dobychi (vylova) vodnykh biologicheskikh resursov vo vnutrennikh vodakh Rossiyskoy Federatsii, za isklyucheniye vnutrennikh morskikh vod Rossiyskoy Federatsii, dlya osushchestvleniya promyshlennogo rybolovstva za litsami, u kotorykh srok deystviya dogovorov o zakreplenii doley kvot dobychi (vylova) vodnykh biologicheskikh resursov dlya osushchestvleniya promyshlennogo rybolovstva v presnovodnykh vodnykh ob'yektakh istekayet do 31 dekabrya 2018 g.» [“On assigning shares of quotas for the production (catch) of aquatic biological resources in the internal waters of the Russian Federation, with the exception of the internal sea waters of the Russian Federation, for the implementation of industrial fishing for persons whose agreements on assigning shares of quotas for the production (catch) of aquatic biological resources for industrial fishing in freshwater bodies expire before December 31, 2018”]. (In Russian). Available at: <https://base.garant.ru/71876820/> (accessed 23.08.2023).
  36. Russian Federation. Decree of the Government of the Russian Federation № 184 of March 5, 2013, «O poryadke dostavki ulovov vodnykh biologicheskikh resursov, dobytykh (vylovlennykh) pri osushchestvlenii promyshlennogo rybolovstva vo vnutrennikh morskikh vodakh Rossiyskoy Federatsii, v territorial'nom more Rossiyskoy Federatsii, na kontinental'nom shel'fe Rossiyskoy Federatsii, v isklyuchitel'noy ekonomicheskoy zone Rossiyskoy Federatsii, i proizvedennoy iz nikh rybnoy i inoy produktsii v morskiye porty Rossiyskoy Federatsii, a takzhe v inyye mesta dostavki» [“On the procedure for the delivery of catches of aquatic biological resources obtained (caught) during industrial fishing in the internal sea waters of the Russian Federation, in the territorial sea of the Russian Federation, on the continental shelf of the Russian Federation, in the exclusive economic zone of the Russian Federation, and fish products produced from them and other products to the seaports of the Russian Federation, as well as to other places of delivery”]. (In Russian). Available at: <https://base.garant.ru/70329690/> (accessed 23.08.2023).
  37. Russian Federation. Order of the Federal Fisheries Agency № 330 of April 13, 2010, «Ob utverzhdenii Kontseptsii razvitiya rybokhozyaystvennoy nauki v Rossiyskoy Federatsii do 2020 goda» [“On approval of the Concept for the development of fisheries science in the Russian Federation until 2020”]. (In Russian). Available at: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/2071617/> (accessed 23.08.2023).
  38. Russian Federation. Order of the Federal Fisheries Agency № 246 of March 30, 2009, «Ob utverzhdenii Strategii razvitiya rybokhozyaystvennogo kompleksa Rossiyskoy Federatsii na period do 2020 goda» [“On approval of the Strategy for the development of the fishery

- complex of the Russian Federation for the period until 2020”]. (In Russian). Available at: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/2068101/> (accessed 23.08.2023).
39. Russian Federation. Decree of the Government of the Russian Federation № 606 of August 12, 2008, «*O federal'noy tselevoy programme «Povysheniye effektivnosti ispol'zovaniya i razvitiye resursnogo potentsiala rybokhozyaystvennogo kompleksa v 2009 - 2012 godakh»* [“On the federal target program “Increasing the efficiency of use and developing the resource potential of the fishery complex in 2009 - 2012”]. (In Russian). Available at: <https://base.garant.ru/2166132/> (accessed 23.08.2023).
40. Russian Federation. Decree of the Government of the Russian Federation № 620 of May 24, 2017, «*Ob utverzhdenii Pravil predostavleniya iz federal'nogo byudzheta subsidii aktsionernomu obshchestvu «Rossiyskiy eksportnyy tsentr», g. Moskva, na tseli subsidirovaniya protsentnykh stavok po eksportnym kreditam i inym instrumentam finansirovaniya, analogichnym kreditu po ekonomicheskoy suti, predostavlyayemym kommercheskimi bankami»* [“On approval of the Rules for providing subsidies from the federal budget to the joint stock company “Russian Export Center”, Moscow, for the purpose of subsidizing interest rates on export loans and other financing instruments similar in economic essence to loans provided by commercial banks”]. (In Russian). Available at: <https://base.garant.ru/71683634/> (accessed 23.08.2023).
41. Russian Federation. Decree of the Government of the Russian Federation № 319 of April 3, 2015, «*O vnesenii izmeneniy v gosudarstvennyuyu programmuy Rossiyskoy Federatsii «Razvitiye rybokhozyaystvennogo kompleksa»* [“On amendments to the state program of the Russian Federation “Development of the fishery complex”]. (In Russian). Available at: <https://base.garant.ru/70955228/> (accessed 23.08.2023).
42. *Gosudarstvennaya podderzhka sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva v Rossii v 2013-2015 gg.* [State support for agricultural production in Russia in 2013-2015]. (In Russian). Available at: <https://eee-region.ru/article/4811/> (accessed 23.08.2023).
43. Anoshina YU.F., Naumkina T.V. Gosudarstvennoye regulirovaniye rybokhozyaystvennogo kompleksa Rossiyskoy Federatsii v sovremennykh usloviyakh [State regulation of the fishery complex of the Russian Federation in modern conditions]. *Gosudarstvennoye i munitsipal'noye upravleniye. Uchenyye zapiski* [State and municipal management. Scientific notes], 2020, no 2, pp. 102-107. (In Russian).
44. Russian Federation. The Federal Law of the Russian Federation № 208-FZ of July 29, 2015, *O vnesenii izmeneniy v Federal'nyy zakon «O rybolovstve i sokhranenii vodnykh biologicheskikh resursov»* [“On Fisheries and Conservation of Aquatic Biological Resources”]. (In Russian). Available at: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_181908/4811/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_181908/4811/) (accessed 23.08.2023).
45. Russian Federation. The Federal Law of the Russian Federation № 349-FZ of July 3, 2016 *O vnesenii izmeneniy v Federal'nyy zakon «O rybolovstve i sokhranenii vodnykh biologicheskikh resursov» i otdel'nyye zakonodatel'nyye akty Rossiyskoy Federatsii v chasti sovershenstvovaniya raspredeleniya kvot dobychi (vylova) vodnykh biologicheskikh resursov»* [“On Fisheries and Conservation of Aquatic Biological Resources” and certain legislative acts of the Russian Federation in terms of improving the distribution of quotas for production (catch) of aquatic biological resources”]. (In Russian). Available at: <https://base.garant.ru/71435858/> (accessed 23.08.2023).
46. Russian Federation. Decree of the Government of the Russian Federation № 444 of June 11, 2008, «*O Federal'nom agentstve po rybolovstvu»* [“On the Federal Fisheries Agency”] (In Russian). Available at: <https://base.garant.ru/12160949/> (accessed 24.08.2023).
47. Kolonchin K.V., Betin O.I. *Rybokhozyaystvennyy kompleks: ekonomika i razvitiye* [Fishery complex: economics and development]. Moscow, VNIRO Publ., 2022, 368 p. (In Russian).
48. Russian Federation. Decree of the Government of the Russian Federation № 2798-r of November 26, 2019, «*Ob utverzhdenii Strategii razvitiya rybokhozyaystvennogo kompleksa Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda»* [“On approval of the Strategy for the

- Development of the Fisheries Complex of the Russian Federation for the period up to 2030”]. (In Russian). Available at: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_338713/6e3a64cd9cd4e3cebbb260df3eb608e5bbc76578/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_338713/6e3a64cd9cd4e3cebbb260df3eb608e5bbc76578/) (accessed 24.08.2023).
49. Russian Federation. The Federal Law of the Russian Federation № 349-FZ of July 3, 2016, *O vnesenii izmeneniy v Federal'nyy zakon «O rybolovstve i sokhranenii vodnykh biologicheskikh resursov» i otdel'nyye zakonodatel'nyye akty Rossiyskoy Federatsii v chasti sovershenstvovaniya raspredeleniya kvot dobychi (vylova) vodnykh biologicheskikh resursov* [“On Fisheries and Conservation of Aquatic Biological Resources” and certain legislative acts of the Russian Federation in terms of improving the distribution of quotas for production (catch) of aquatic biological resources”]. (In Russian). Available at: <https://base.garant.ru/71435858/> (accessed 24.08.2023).
50. Betin O.I., Truba A.S., Mukhamedova T.O. Rybokhozyaystvennyy kompleks: ponyatiye, opredeleniye, struktura [Fishery complex: concept, definition, structure]. *Trudy VNIRO* [Proceedings of VNIRO], 2022, vol. 188, pp. 166-173. (In Russian).

Сведения об авторах / Information about authors

<b>Бойко Елена Алексеевна</b>	магистрант 2-го курса направления подготовки «Рыболовство и аквакультура» Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет 690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52 Б, каб. 412 nauka@dgtru.ru
Boyko Elena Alekseevna	master's student of the 3rd year of the training direction "Fisheries and Aquaculture" Far Eastern State Technical Fisheries University 690087, Vladivostok, st. Lugovaya, 52 B, office 412 nauka@dgtru.ru
<b>Шестак Ольга Игоревна</b>	канд. ист. наук, доцент, начальник научного управления Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет 690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52 Б, каб. 412 nauka@dgtru.ru
Shestak Olga Igorевна	Ph.D. (Ist.), Associate Professor, Head of Scientific Department Far Eastern State Technical Fisheries University 690087, Vladivostok, st. Lugovaya, 52 B, office 412 nauka@dgtru.ru

УДК 621.771.23.09

DOI: 10.26296/2619-0605.2023.3.3.020

Максимов А.Б., Гадеев А.В.,  
**КОЭРЦИТИМЕТРИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И  
СООРУЖЕНИЙ**

**Аннотация.** В работе обоснована и откорректирована методика определения остаточного ресурса стали неразрушающим коэрцитиметрическим способом. Показано, что параметрами методики является коэрцитивная сила и степень повреждаемости стали при усталости. Эти характеристики сочетают несложность экспериментального получения и адекватно отражают изменение дислокационной структуры. Принято, что максимальная повреждаемость (равная единицы) соответствует наибольшей истинной равномерной деформации при растяжении. Величина остаточного ресурса стали определяется из зависимости коэрцитивной силы от степени пластической деформации. Остаточный ресурс стали без деформации принимается за 100 %. При максимальной нагрузке при испытании на растяжение принимается за 0 %. Промежуточная повреждаемость определяется отношением истинной деформации к истинной деформации при наибольшей нагрузке, то есть при временном сопротивлении нагрузке. Верхняя граница обратимой повреждаемости составляет 0,3 от максимальной повреждаемости.

**Ключевые слова:** углеродистые и низколегированные стали, неразрушающий контроль, коэрцитивная сила, дислокационная структура, обратимая и необратимая повреждаемость, истинная деформация.

Maksimov A.B., Gadeev A.V.,  
**COERCIVE MONITORING OF STEEL STRUCTURES AND STRUCTURES**

**Abstract.** The paper substantiates and corrects the methodology for determining the residual life of steel by a non-destructive coercimetric method. It is shown that the parameters of the technique are the coercive force and the degree of damage to steel under fatigue. These characteristics combine the simplicity of experimental preparation and adequately reflect the change in the dislocation structure. It is assumed that the maximum damage (equal to one) corresponds to the greatest true uniform strain under tension. The value of the residual life of steel is determined from the dependence of the coercive force on the degree of plastic deformation. The residual life of steel without deformation is taken as 100 %. At maximum load, the tensile test is assumed to be 0 %. Intermediate damage is determined by the ratio of the true strain to the true strain at the highest load, that is, with a temporary load resistance. The upper limit of reversible damage is 0.3 of the maximum damage.

**Keywords:** carbon and low-alloy steels, non-destructive testing, coercive force, dislocation structure, reversible and irreversible damage, true deformation.

**Введение.** Мониторинг технического состояния строительных конструкций и сооружений является гарантией их безопасной эксплуатации и поможет заблаговременно предотвратить катастрофическое разрушение. Проверка технического состояния металла конструкции в различных местах без вывода ее из эксплуатации невозможна без применения неразрушающего контроля.

Структура металла определяет его механические свойства и ресурс эксплуатации [1-4]. В процессе эксплуатации на конструкцию действуют постоянные и (или) переменные нагрузки, вызывающие изменение дислокационной структуры металла, проявляющееся в увеличении их плотности и характере распределения.

Большинство металлических конструкций и сооружений изготавливают из углеродистых (ГОСТ380-2005) и низколегированных сталей (ГОСТ 19281-89) в горячекатаном и нормализованном состояниях. В исходном состоянии (до эксплуатации)

дислокационная структура представляет одиночные дислокации или их скопления. В работе [5] предложена методика определения остаточного ресурса металла конструкции, не выводя ее из эксплуатации, неразрушающим методом. Основными параметрами методики являются коэрцитивная сила и степень повреждаемости.

Показано [6], что наиболее информативной физической характеристикой, отражающей изменение тонкой структуры стали, является коэрцитивная сила. Поэтому применение коэрцитиметрического способа неразрушающего контроля позволяет адекватно проследивать изменение дислокационной структуры сталей.

Целью настоящей работы являлось обоснование и уточнение параметров методики неразрушающего определения остаточного ресурса стальной конструкции в процессе ее эксплуатации.

#### Материалы и методы исследования

В работе для решения поставленной цели были использованы экспериментальные данные работы [5]. Исследовалась углеродистая сталь Ст3сп и низколегированная сталь 10Г2С1 промышленного производства. От листов толщиной  $8 \times 10^{-3}$  м отбирали заготовки. Их подвергали нагреву в электропечи до  $950^{\circ}\text{C}$  со временем выдержки 1,5 мин/мм с последующим охлаждением на воздухе. Из заготовок поперек направления прокатки изготавливали плоские образцы по ГОСТ 1497-84 «Металлы. Методы испытания на растяжение». База испытания образцов составляла  $100 \times 10^{-3}$  м.

Образцы из стали Ст3сп испытывали на растяжение со степенью деформации соответственно 1, 3, 5, 14 %. Деформация 14 % соответствовала максимальной равномерной относительной деформации, после чего происходила сосредоточенная деформация с образованием шейки. Для стали 10Г2С1 максимальная равномерная относительная деформация составляла 17 %.

Истинную деформацию образца при растяжении определяли по формуле:

$$e_i = \ln \frac{l_i}{l_0}, \quad (1)$$

где  $e_i$  –  $i$ -я истинная деформация;

$l_i$  – длина образца при  $i$ -ой деформации;

$l_0$  – исходная длина (база) образцов.

Коэрцитивную силу на образцах измеряли коэрцитиметром КИФМ-1.

После проведения предварительной деформации образцы испытывали на растяжение с определением предела текучести и временного сопротивления разрыву.

Повреждаемость стали ( $\Psi$ ) оценивали по соотношению:

$$\Psi_i = \frac{e_i}{e_p}, \quad (2)$$

где  $\Psi_i$  – повреждаемость, соответствующая степени деформации  $e_i$ ;

$e_p$  – величина максимальной равномерной относительной деформации при растяжении.

Математическую обработку экспериментальных данных проводили с помощью прикладного пакета Excel.

#### Результаты исследования и их обсуждение

На рисунке 1 представлены графики изменения коэрцитивной силы сталей марок 10Г2С1 и Ст3Сп в нормализованном состоянии при одноосной деформации растяжением. Уравнения корреляции этих зависимостей имеет вид:

$$\text{для стали 10Г2С1} \quad H_C = 6,1 + 5,9 \sqrt{\Psi}, \quad (3)$$

$$\text{для стали Ст3сп} \quad H_C = 5,6 + 4,1 \sqrt{\Psi}, \quad (4)$$



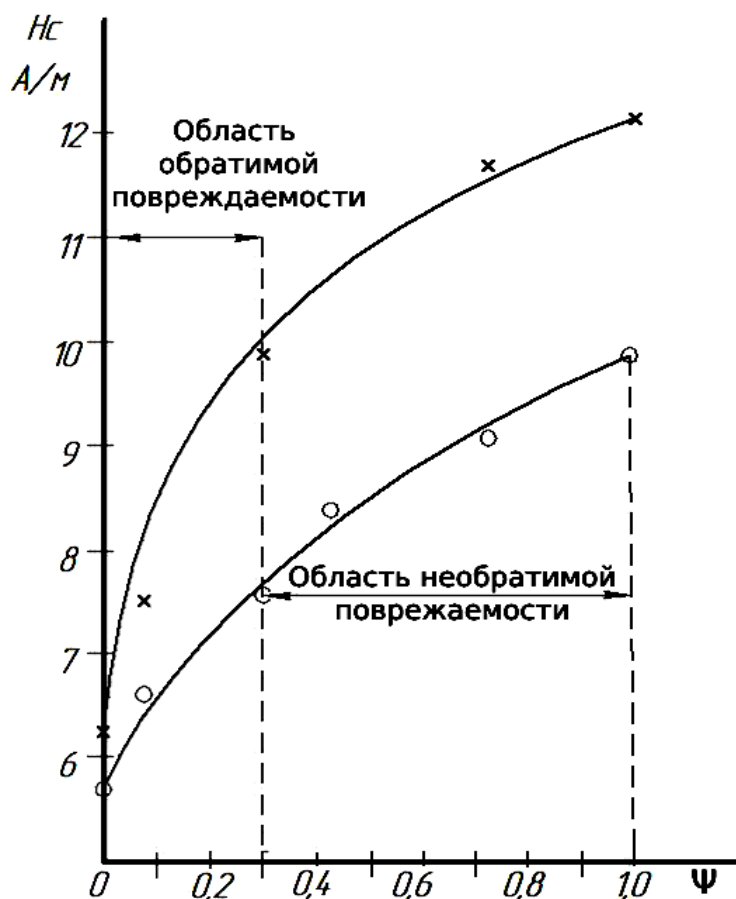


Рисунок 1 – Изменение коэрцитивной силы сталей в зависимости от повреждаемости:  
 × – сталь 10Г2С1, • – сталь СтЗсп.

Коэффициент корреляции  $r$  составляет не менее 0,92. В общем виде корреляционную зависимость между коэрцитивной силой и повреждаемостью можно представить в виде:

$$H_c = H_{c0} + A \sqrt{\Psi}, \quad (5)$$

где  $H_{c0}$  – исходное значение коэрцитивной силы стали,

$A$  – параметр, зависящий от марки стали, численно равный разности между значением коэрцитивной силы при максимальном значении истинного равномерного удлинения и исходным значением коэрцитивной силы –  $(H_{CP} - H_{c0})$

Для определения скорости изменения коэрцитивной силы дифференцировали выражение (5) по повреждаемости. Обозначая скорость изменения коэрцитивной силы от повреждаемости символом  $\Omega$ , получим:

$$\frac{dH_c}{d\Psi} = \Omega = \frac{A}{2\sqrt{\Psi}}, \quad (6)$$

или

$$\Omega = \frac{H_c - H_{c0}}{2\sqrt{\Psi}}. \quad (7)$$

Уравнения корреляции скорости изменения коэрцитивной силы от повреждаемости имеют вид:

для стали 10Г2С1 
$$\Omega = \frac{2,95}{\sqrt{\Psi}}, \quad (8)$$

для стали СтЗсп 
$$\Omega = \frac{2,05}{\sqrt{\Psi}}, \quad (9)$$

На рисунке 2 представлены графики скорости изменения коэрцитивной силы от повреждаемости для сталей марок 10Г2С1 и СтЗсп.

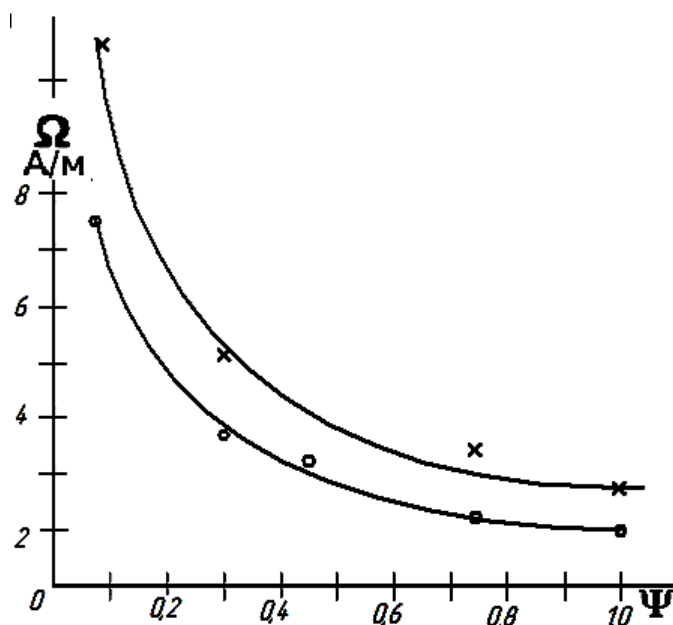


Рисунок 2 – Влияние скорости изменения коэрцитивной силы от повреждаемости:  
 × – сталь 10Г2С1, • – сталь СтЗсп.

На рисунке 3 изображены графики изменения предела текучести сталей 12Г2С1 и СтЗсп в зависимости от накопления повреждаемости при одноосном растяжении. Корреляционные зависимости имеют вид:

для стали 10Г2С1 
$$\sigma_T = 320 + 180 \sqrt{\Psi}, \quad (10)$$

для стали СтЗсп 
$$\sigma_T = 300 + 140 \sqrt{\Psi}, \quad (11)$$

Коэффициент корреляции  $r$  составляет 0,925.

Анализ приведенных соотношений (1-11) показывает, что существует взаимосвязь между неизменными (исходными) параметрами стали и изменяющимися характеристиками (коэрцитивной силой и пределом текучести) в процессе эксплуатации металла конструкции.

Неизменными параметрами являются:  $\sigma_{T0}$  – исходный предел текучести,  $H_{C0}$  – исходное значение коэрцитивной силы,  $H_{CP}$  – значения коэрцитивной силы при максимальном значении истинной равномерной деформации.

При одноосном пластическом растяжении (2-3 %) низколегированных сталей плотность дислокаций возрастает, образуя структуру типа «леса дислокаций». Дальнейшее деформирование трансформирует «лес дислокаций» к выстраиванию дислокационных стенок с последующим образованием ячеистой дислокационной структуры.

Такая дислокационная структура является наиболее благоприятной для комплекса механических свойств. При этом повышение прочностных характеристик сопровождается частичным восстановлением пластичности и ударной вязкости [7]. Деформирование свыше 8-14 % приводит к образованию полосовой дислокационной структуры. Вначале в виде вытянутый ячеек, а затем, вследствие аннигиляции дислокаций в поперечных стенках, образуется полосовая структура. По мнению автора [8], полосовая дислокационная структура является предвестником образования микротрещин. Установлено [9], что

независимо от характера деформирования: растяжением, сжатием, прокаткой, знакопеременной деформацией при усталости описанное изменение дислокационной структуры проходит в той же последовательности.

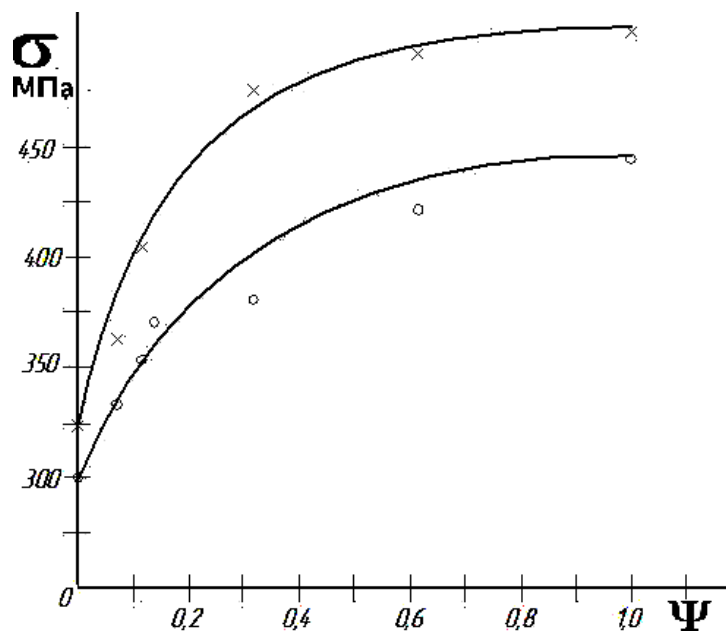


Рисунок 3 – Изменение предела текучести сталей в зависимости от повреждаемости:  
x – сталь 10Г2С1, o – сталь СтЗсп.

При многоциклового усталости с уменьшением амплитуды деформации возрастает количество вакансий, образовавшихся при обратном движении дислокаций по полосам скольжения [10]. Это приводит к образованию вакансионных микропор и в дальнейшем к микротрещинам.

Повреждаемость – это совокупность дефектов структуры, возникающих при деформации. Наибольшее влияние на механические свойства оказывают дислокации, их плотность и распределение. Вакансии в меньшей степени влияют на механические свойства, если не происходит значительного разрыхления структуры металла. Поэтому в данной работе в основном дислокации и вакансии понимаются под повреждаемостью.

Среди механических свойств стали истинное равномерное удлинение занимает особенное место [11]. Физическая сущность этой пластической характеристики состоит в том, что определяет максимальную равномерную деформацию образца при одноосном растяжении. Дальнейшее деформирование происходит за счет локализации деформации в шейке. При равномерной деформации весь объем деформированного металла поглощает энергию, подводимую к образцу при деформировании. Чем больше значение относительного равномерного удлинения, тем пластичнее металл.

Максимальное значение относительного равномерного удлинения соответствует наибольшему напряжению при одноосном растяжении, то есть временному сопротивлению разрыву.

Так как с началом локализации пластической деформации происходит массовое образование микротрещин и слияние их в магистральную трещину то за предельную деформацию образца логично было принято завершение процесса равномерной деформации. Этому моменту соответствует максимальная повреждаемость равная единицы.

В работе [12] показано, что при деформации составляющей 0,2-0,3 от максимальной относительной деформации возникающая повреждаемость является обратимой. Известно [13], что неравновесная структура стремится понизить свою внутреннюю энергию, то есть самоорганизоваться. Это означает, что происходит самопроизвольное «залечивание» дефектов и тем самым снижение внутренней энергии. Для конструкционных сталей с

феррито-перлитной структурой (после горячей прокатки или нормализации) в этой области происходит «залечивание» дефектов путем выстраивания дислокационных стенок и формирования ячеистой дислокационной структуры. При этом новая конфигурация дислокаций обладает меньшей энергией, чем предыдущее состояние. Поэтому новая структура менее дефектна, чем предыдущая. В этом смысле происходит «залечивание» дефектов. Таким образом, восстанавливается способность металла к деформации по всему объему равномерно поглощать подводимую энергию на генерирование дефектов типа дислокаций и вакансий. Это область безопасной эксплуатации конструкции.

Дальнейшее деформирование приводит к трансформации ячеистой дислокационной структуры в полосовую. Это тоже самопроизвольный процесс, снижающий внутреннюю энергию, которая переходит в поверхностную энергию потенциальных микротрещин. При этом одновременно с процессом равномерного поглощения металлом подводимой энергии начинается процесс локального поглощения энергии с переходом ее в поверхностную энергию микротрещин в соответствии с теорией флуктуации В.И. Новожилова [14, 15]. Таких центров поглощения энергии становится больше. Процесс равномерного поглощения энергии затухает, так как у металла начинает заканчиваться ресурс пластичности. Когда на этот процесс расходуется меньше энергии, чем на избирательное поглощение, то заканчивается равномерное удлинение образца. С этого момента начинается разрушение образца. Поэтому момент максимальной истинной равномерной деформации был принят за наибольшую повреждаемость, то есть  $\Psi = 1$ . Это область необратимой повреждаемости. Под необратимостью понимается образование потенциальных центров микротрещин.

После равномерной деформации наступает принципиально новый характер деформации, когда только в шейке происходит дальнейшая деформация. Здесь подводимая энергия идет на образование поверхностей раздела при образовании микротрещин.

Эксплуатация конструкции в области необратимой повреждаемости связана с небольшой степенью риска разрушения, которая определяется экспериментально перед эксплуатацией.

При деформировании свыше равномерной деформации, по-видимому, металл незначительно поглощает энергию на генерирование новых дислокаций и тем самым в какой-то степени восстанавливает пластичность, а большая ее часть расходуется на раскрытие локальных трещин и их слияние в магистральную. Фактически это область долома, когда катастрофическое разрушение может произойти в любой момент, в том числе и без внешней нагрузки вследствие перераспределения внутренних напряжений.

Низколегированные стали с феррито-перлитной структурой при циклическом деформировании в области малоциклового усталости вначале интенсивно упрочняются и затем процессы упрочнения и разупрочнения взаимно компенсируются [7]. Степень упрочнения уменьшается при снижении амплитуды деформации. Те же стали с феррито-мартенситной структурой (с более высокой исходной прочностью и меньшей пластичностью и вязкостью) сразу разупрочняются при циклической деформации. При малоциклового усталости степень упрочнения не превышает 10 %, а затем происходит разупрочнение.

В работе [5] изменение коэрцитивной силы представлено в зависимости от истинной деформации. В настоящей работе зависимости зависимости коэрцитивной силы представлено от степени повреждаемости, причем максимальное повреждение  $\Psi = 1$  соответствует наибольшему значению равномерного удлинения. В этой случае коэффициент  $A$  приобретает конкретный физический смысл – равный разности между коэрцитивной силой при наибольшем значении относительного удлинения и исходным значением.

Характер изменения скорости коэрцитивной силы ( $\Omega$ ) от повреждаемости (рис. 2), показывает, что для рассматриваемых сталей с увеличением повреждаемости более 0,3-0,35, скорости изменения коэрцитивной силы резко снижается. Такой характер изменения скорости коэрцитивной силы от величины повреждаемости, очевидно, свидетельствует, что после значений повреждаемости более (0,3-0,35) подводимая к металлу энергия расходуется не только на образование новых дислокаций, а, в основном, тратится на трансформацию

дислокационной структуры. В частности, на образование полосовой дислокационной структуры. То есть приближает состояние металла к предразрушению.

Деформирование в области, превышающей максимальную повреждаемость (больше единицы), вызывает внезапное катастрофическое разрушение. Так как усталостное разрушение происходит хрупко, практически без значительной пластической деформации, то это свидетельствует, что металл уже исчерпал возможность к пластической деформации.

Также на графиках изменения предела текучести от повреждаемости (рис. 3), видно, что при повреждаемости более 0,3-0,35 скорость уменьшения предела текучести значительно снижается. Это подтверждает качественное изменение в структуре стали при деформации.

### **Выводы**

На основании анализа полученных данных установлено, что основными параметрами неразрушающего контроля остаточного ресурса стали являются коэрцитивная сила и повреждаемость. Коэрцитивная сила является наиболее информативной характеристикой тонкой структуры стали. За максимальное значение повреждаемости (равное единице) рекомендовано принять состояние стали соответствующее наибольшему равномерному истинному удлинению. Характер изменения предела текучести и коэрцитивной силы сталей показывает, что при деформации растяжением соответствующей степени повреждаемости менее (0,3-0,35) металл равномерно поглощает подводимую энергию с образованием дефектов структуры. Эта область обратимой повреждаемости. Далее наблюдается смена механизма образования повреждаемости. Подводимая энергия деформирования, в основном, расходуется на трансформацию дислокационных и других дефектов в металле в поверхностную энергию раздела будущих микротрещин.

Сосредоточенная деформация в шейке является областью долома и характеризуется непрогнозируемым разрушением.

Методика неразрушающего контроля остаточного ресурса стальных конструкций рекомендуется к использованию.

### Список используемой литературы:

1. Вакуленко К.В., Казак И.Б., Безлюдько Г.Я., Ярещенко В.Г., Елкина Е.И. Изменение коэрцитивной силы при усталостных испытаниях образцов из стали 40 // Проблемы машиностроения. 2015. Т. 18. № 2. С. 66-71.
2. Мацевитый В.М., Безлюдько Г.Я., Козак И.Б., Вакуленко К.Б., Белоус Е.В., Маслов Л.Г. Изменение коэрцитивной силы при статическом и усталостном нагружении образцов из стали ШХ15 // Проблемы прочности. 2012. № 3. С. 151-155.
3. Максимов А.Б., Кузьменко С.Н. Влияние трансформации дислокационной структуры на механические и магнитные характеристики стали // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2023. № 2. С. 255-264.
4. Дронов В.С., Селиверстов Г.В. Кинетика развития усталостной повреждаемости в малоуглеродистой стали // Известия Тульского государственного университета. Серия: Подъемно-транспортные машины и оборудование. 2006. Вып. 7. С. 207-212.
5. Maksimov A.B., Erokhina I.S. Nondestructive Method for Determining the Lifetime of Carbon and Low-Alloy Steels // Inorganic Materials: Applied Research. 2022. Vol. 13. № 4. P. 914-918.
6. Максимов А.Б., Ерохина И.С., Гуляев М.В. Влияние повреждаемости низколегированных сталей на физико-механические свойства // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2017. Т. 60. № 5. С. 364-368.
7. Maksimov A.B., Erokhina I.S. Thermal Reinforcement of Rolled Sheet // Steel in Translation. 2017. Vol. 47. № 8. P. 571-575.
8. Изотов В.И., Поздняков В.А., Лукьяненко Е.В., Гетманов М.Е., Филиппов Г.А. Эволюция дислокационной структуры и образование микротрещин при усталости феррито-перлитной стали // Физика металлов и металловедение. 2008. Т. 105. Вып. 5. С. 549-559.
9. Иванова В.С., Терентьев В.Ф. Природа усталости металлов. М.: Металлургия, 1975. 456с.

10. Hempel M., Shader A. Gleitspuren an der Oberfläche von beigen echselbeanpuchtem Reinstaluminium // *Archiv für das Eisenhiittenwstn.* 1957. № 9. P. 547-556.
11. Густов Ю.И., Аллаттуф Х. Однопараметрическое определение равномерной пластической деформации стандартных сталей // *Вестник МГСУ. Проектирование и конструирование строительных систем. Проблемы механики в строительстве.* 2013. № 6. С. 57-62.
12. Ровинский Б.М. Рыбакова Л.М. Обратимость пластической деформации при повторном растяжении и сжатии // *Физика металлов и металловедение.* 1970. Т. 29. Вып. 5. С. 1081-1087.
13. Иванова В.С., Терентьев В.Ф. Синергетика. Прочность и разрушение металлических материалов: монография. М.: Наука, 1992. 158 с.
14. Владимиров В.И. Физическая природа разрушения. М.: Metallurgiya, 1984. 280 с.
15. Регель В.Р. Слуцкер А.И., Томашевский Э.И. Кинетическая природа прочности твердых тел: монография. М.: Наука. 1974. 560 с.

References:

1. Vakulenko K.V., Kazak I.B., Bezlyud'ko G.Ya., Yareshchenko V.G., Elkina E.I. Izmenenie koercitivnoj sily pri ustalostnyh ispytaniyah obrazcov iz stali 40 [Change in coercive force during fatigue tests of steel samples 40]. *Problemy mashinostoroeniya* [Problems of mechanical engineering], 2015, vol. 18, no. 2, pp. 66-71. (In Russian).
2. Macevityj V.M., Bezlyud'ko G.Ya, Kozak I.B, Vakulenko K.B, Belous E.V. Maslov L.G. Izmenenie koercitivnoj sily pri staticheskom i ustalostnom nagruzhennii obrazcov iz stali SHKH15 [Change in coercive force during static and fatigue loading of steel samples SHKH15]. *Problemy prochnost* [Strength problems], 2012, no. 3, pp. 151-155. (In Russian).
3. Maksimov A.B., Kuz'menko S.N. Vliyanie transformacii dislokacionnoj struktury na mekhanicheskie i magnitnye harakteristiki stali [Influence of dislocation structure transformation on mechanical and magnetic characteristics of steel]. *Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kerch State Marine Technological University], 2023, no. 2, pp. 255-264. (In Russian).
4. Dronov V.S. Seliverstov G.V. Kinetics of fatigue damage development in low-carbon steel. [Kinetics of fatigue damage development in low-carbon steel]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Pod'emno-transportnye mashiny i oborudovanie* [Proceedings of Tula State University. Series: Lifting and transport machines and equipment], 2006, issue 7, pp. 207-212. (In Russian).
5. Maksimov A.B., Erokhina I.S. Nondestructive Method for Determining the Lifetime of Carbon and Low-Alloy Steels. *Inorganic Materials: Applied Research*, 2022, vol. 13, no. 4, pp. 914-918. (In English).
6. Maksimov A.B., Erokhina I.S., Gulyaev M.V. Vliyanie povrezhdaemosti nizkolegirovannyh stalej na fiziko-mekhanicheskie svojstva [The effect of the damage of low-alloy steels on the physical and mechanical properties]. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Chernaya metallurgiya* [News of higher educational institutions. Ferrous metallurgy], 2017, vol. 60, no. 5, pp. 364-368. (In Russian).
7. Maksimov A.B., Erokhina I.S. Thermal Reinforcement of Rolled Sheet. *Steel in Translation*, 2017, vol. 47, no. 8, pp. 571-575. (In English).
8. Izotov V.I. Pozdnyakov V.A., Luk'yanenko E.V., Getmanov M.E., Filippov G.A. Evolyuciya dislokacionnoj struktury i obrazovanie mikrotreshchin pri ustalosti ferrito-perlitnoj stali [Evolution of dislocation structure and formation of microcracks during fatigue of ferrite-pearlite steel]. *Fizika metallov i metallovedenie* [Physics of metals and metallurgy], 2008, vol. 105, no. 5, pp. 549-559. (In English).
9. Ivanova V.S., Terent'ev V.F. *Priroda ustalosti metallov* [The nature of metal fatigue]. Moscow, Metallurgiya Publ., 1975, 456 p. (In Russian).
10. Hempel M., Shader A. Gleitspuren an der Oberfläche von beigen echselbeanpuchtem

- Reinstaluminium. *Archiv für das Eisenhüttenwesen*, 1957, no. 9, pp. 547-556. (In German).
11. Gustov Yu.I., Allattuf H. Odnoparametricheskoe opredelenie ravnomernoj plasticheskoj deformacii standartnyh stalej [One-parameter determination of uniform plastic deformation of standard steels]. *Vestnik MGSU. Proektirovanie i konstruirovaniye stroitel'nyh sistem. Problemy mekhaniki v stroitel'stve* [Bulletin of Moscow State University of Civil Engineering. Design and construction of building systems. Problems of mechanics in construction], 2013, no. 6, pp. 57-62. (In Russian).
  12. Rovinskij B.M. Rybakova L.M. Obratimost' plasticheskoj deformacii pri povtornom rastyazhenii i szhatii. [Reversibility of plastic deformation during repeated stretching and compression]. *Fizika metallov i metallovedenie* [Physics of metals and metallurgy], 1970, vol. 29, no. 5, pp. 1081-1087. (In Russian).
  13. Ivanova V.S., Terent'ev V.F. *Sinergetika. Prochnost' i razrushenie metallicheskih materialov* [Synergetics. Strength and fracture of metal materials]. Moscow, Nauka Publ., 1992, 158 p. (In Russian).
  14. Vladimirov V.I. *Fizicheskaya priroda razrusheniya* [The physical nature of destruction]. Moscow, Metallurgiya Publ., 1984, 280 p. (In Russian).
  15. Regel' V.R. Slucker A.I., Tomashevskij E.I. *Kineticheskaya priroda prochnosti tverdyh tel.* [Kinetic nature of the strength of solids]. Moscow, Nauka, 1974, 560 p. (In Russian).

Сведения об авторах / Information about authors

<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
Maximov Alexander Borisovich	Ph.D. (Engin.), Associate professor, Associate Professor of the Department of machines and production apparatuses of food Kerch State Marine Technological University 298309, Russia, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82 aleksandrmks@yandex.ru
<b>Гадеев Александр Васильевич</b>	д-р филос. наук, профессор кафедры экономики и гуманитарных дисциплин Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82, av_gadeev@mail.ru
Gadeev Alexander Vasilyevich	Dr. Sci (Philos.), Professor of the Department of Economic and Humanitarian Disciplines Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82 av_gadeev@mail.ru