ISSN 2619-0605

Вестник

Керченского государственного морского технологического университета

ВЫПУСК 2

2022

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): 08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством (по отраслям и сферам деятельности (экономические науки) с 25.03.2020 г.; 1.5.13 – Ихтиология (биологические науки) с 01.02.2022 г.; 4.3.3 – Пищевые системы (технические науки) с 27.04.2022 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	**Технические науки**		**Экономические науки**
Губанов Е.П.	Доровской В.А.	Алексанян И.Ю.	Бутова Т.Г.
Москул Г.А.	Емельянов В.А.	Антипов С.Т.	Гришкина С.Н.
Тюрин В.В.	Нырков А.П.	Косачев В.С.	Исраилов М.В.
Чебанов М.С.	Олейников А.М.	Максименко Ю.А.	Котенев А.Д.
Шибаев С.В.	Жуков В.А.	Нугманов А.Х.-Х.	Мнацаканян А.Г.
Булли Л.И.	Каторин Ю.Ф.	Соколов С.А.	Пискун Е.И.
Кулиш А.В.	Авдеев Б.А.	Панфилов В.А.	Подсолонко В.А.
Пашков А.Н.	Горбенко А.Н.	Фалько А.Л.	Сметанко А.В.
Тылик К.В.	Конюков В.Л.	Гукасян А.В.	Труба А.С.
Шляхов В.А.	Титов И.Л.	Яшонков А.А.	Яркина Н.Н.

Серёгин С.С. – ответственный секретарь
Бобарыкин О.В. – технический редактор, компьютерная верстка

Статьи в журнале издаются на русском и английском языках.
Позиция автора публикаций может не совпадать с точкой зрения редакционного совета и редакционной коллегии журнала.

Издается по решению НТС ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», протокол № 6 от 28.06.2022 г.

Адрес: 298309, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82
E-mail: vestnik@ejkgmtu.ru
Web: http://www.ejkgmtu.ru/

Редакционная коллегия журнала

Биологические науки

Научная специальность 1.5.13 «Ихтиология»

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

Технические науки

Научная специальность 4.3.3 «Пищевые системы (технические науки)»

1. Алексанян Игорь Юрьевич – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», профессор кафедры «Технологические машины и оборудование»
2. Антипов Сергей Тихонович – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», профессор кафедры машин и аппаратов пищевых производств
3. Косачев Вячеслав Степанович – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», профессор кафедры технологического оборудования и систем жизнеобеспечения Института машиностроения и автосервиса (ИМА)
4. 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»

5. Нугманов Альберт Хамед-Харисович – д-р техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», профессор кафедры «Технологические машины и оборудование»
6. 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
7. Соколов Сергей Анатольевич – д-р техн. наук, доцент, ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского», заведующий кафедрой общеинженерных дисциплин
8. Фалько Александр Леонидович – д-р техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», профессор кафедры машин и аппаратов пищевых производств
9. Гукасян Александр Валерьевич – канд. техн. наук, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», директор института механики, робототехники, инженерии транспортных и техн. систем (ИМРИТТС), заведующий кафедрой технологического оборудования и систем жизнеобеспечения
10. Яшонков Александр Анатольевич – канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», заведующий кафедрой машин и аппаратов пищевых производств

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

1. Доровской Владимир Алексеевич – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», профессор кафедры электрооборудования судов и автоматизации производства
2. Емельянов Виталий Александрович – д-р техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», профессор кафедры бизнес-информатики
3. Жуков Владимир Анатольевич – д-р техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова», заведующий кафедрой теории и конструкции судовых двигателей внутреннего сгорания
4. Каторин Юрий Федорович – д-р воен. наук, профессор ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова», профессор кафедры комплексного обеспечения информационной безопасности
5. Нырков Анатолий Павлович – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова», профессор кафедры комплексного обеспечения информационной безопасности
6. Олейников Александр Михайлович – д-р техн. наук, профессор, ФГУП «13 Судоремонтный завод Черноморского флота» Министерства обороны РФ, руководитель группы по развитию и новым технологиям
7. Авдеев Борис Александрович – канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», доцент кафедры электрооборудования судов и автоматизации производства

8. Горбенко Александр Николаевич – канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», доцент кафедры судовых энергетических установок
9. Конюков Вячеслав Леонтьевич – канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», доцент кафедры судовых энергетических установок
10. Титов Иван Леонидович – канд. техн. наук, ОАО «Проект», флагманский электромеханик

Экономические науки

Научная специальность 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством»

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»

Кузьминова Н.С., Мельникова Е.Б., Ковригина Н.П., Петрова Т.Н., Мальцев В.И., Завьялов А.В. БИОИНДИКАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ПРИБРЕЖНЫХ АКВАТОРИЙ КРЫМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЖАБР СКОРПЕНЫ 8

Maltsev V.I., Beletskaya M.A., Petrova T.N. THE FIRST FINDING OF THE EUROPEAN BARRACUDA SPHYRAENA SPHYRAENA (SPHYRAENIDAE) IN THE NORTH-EASTERN PART OF THE BLACK SEA NEAR THE CRIMEA COAST 25

Полин А.А., Денисова Т.В. ПИТАНИЕ МОРСКОГО ЕРША SCORPAENA PORCUS LINNAEUS, 1758 (PISCES: SCORPAENIDAE) КАВКАЗСКОГО И КРЫМСКОГО ШЕЛЬФОВ ЧЕРНОГО МОРЯ 33

Пятинский М.М., Надолинский В.П., Жукова С.В., Надолинский Р.В., Бурлачко Д.С., Козоброд И.Д. ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОЛЕНОСТИ АЗОВСКОГО МОРЯ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗАПАСА И ЧИСЛЕННОСТЬ ЛИЧИНКИ ТЮЛЬКИ В ПЕРИОД 2000-2020 ГГ. 54

Степанова О.Д., Серёгин С.С., Кибенко В.А. ПЕРСПЕКТИВЫ УВЕЛИЧЕНИЯ ОБЪЕМОВ ДОБЫЧИ ЦЕННЫХ ВИДОВ ГИДРОБИОНТОВ ЗА СЧЕТ РАЦИОНАЛИЗАЦИИ ИЗЪЯТИЯ ТРАДИЦИОННЫХ ВИДОВ ПРОМЫСЛА НА ПРИМЕРЕ ЧЕРНОМОРСКОЙ ТРАВЯНОЙ КРЕВЕТКИ (PALAEMON ADSPERSUS RATHKE, 1837) В АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОМ БАССЕЙНЕ 74

Сухаренко Е.В., Водолазкая И.В. ОЦЕНКА ЦИТОТОКСИЧНОСТИ МЕДИ В МОЗГЕ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ 88

Сытник Н.А. РАСЧЕТ РАЗМЕРА ВРЕДА ВОДНЫМ БИОЛОГИЧЕСКИМ РЕСУРСАМ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПОДХОДОВ К ТРАНСПОРТНОМУ ПЕРЕХОДУ ЧЕРЕЗ КЕРЧЕНСКИЙ ПРОЛИВ 104

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

Клименко Н.П., Богатырева Е.В., Гумена Т.И. К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ СИЛ ТРЕНИЯ НА ТЕМП ЗАТУХАНИЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ КОЛЕБАНИЙ 122

Конюков В.Л., Михайлык В.Э. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ОГРАНИЧИТЕЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ СРАВНЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГУЛИРУЕМОГО СОПЛОВОГО АППАРАТА ТУРБОКОМПРЕССОРА СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ 134

Научная специальность 4.3.3 «Пищевые системы»

Афенченко Д.С., Севаторов Н.Н., Яшонков А.А. ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В КАМЕРЕ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ 149

Смородинская С.В., Бугаев О.Г., Климов В.А. ВЛИЯНИЕ ЛИКОПИНА КАК ПЕРСПЕКТИВНОЙ ПИЩЕВОЙ ДОБАВКИ НА КУЛЬТИВИРУЕМУЮ МИКРОБИОТУ РАЗНЫХ ОТДЕЛОВ КИШЕЧНИКА DANIO RERIO 171

Соколов С.А., Зотова И.А., Кураш М.А. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОБРАБОТКИ ВЫСОКИМ ГИДРОСТАТИЧЕСКИМ ДАВЛЕНИЕМ НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ВИТАМИННЫЙ СОСТАВ ЯБЛОЧНОГО ЖМЫХА 185

Шилько Д.А. ПРИМЕНЕНИЕ УГЛЕКИСЛОТЫ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 200

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

Алексахина Л.В. РАЗВИТИЕ МОРСКОГО ТРАНСПОРТА КРЫМА КАК ОБЪЕКТ СТРАТЕГИРОВАНИЯ В НОВОЙ ГЕОПОЛИТИЧЕСКОЙ РЕАЛЬНОСТИ 222

Гамаюнов О.А. КЕРЧЕНСКИЙ ПОЛУОСТРОВ В РАЗРЕЗЕ ТУРИСТИЧЕСКОЙ СФЕРЫ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ 235

Иванов А.В., Дорофеева В.В., Ульяненкова О.А. ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ 246

Котенев А.Д., Жикривецкая Ю.В., Крыжевская Н.Н. ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В УСЛОВИЯХ ТУРБУЛЕНТНОСТИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ (НА ПРИМЕРЕ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ) 263

Меркушева М.В., Пономарёва Е.О. ИНТЕГРАЦИЯ МОЛОДЕЖИ В СИСТЕМУ ТРУДОВЫХ ОТНОШЕНИЙ: ОПЫТ ЕВРОПЕЙСКИХ СТРАН 276

Мнацаканян А.Г., Бильчак В.С., Харин А.Г. ОБ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ РОССИЙСКИХ РЕГИОНОВ И ФАКТОРАХ ЕЕ ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ (НА МАТЕРИАЛАХ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ) 293

Труба А.С., Абряндина В.В. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕХАНИЗМА РЕГУЛИРОВАНИЯ СОЦИАЛЬНО-ТРУДОВЫХ ОТНОШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ СРЕДЫ 313

Yarkina N.N., Logunova N.A., Osipova M.A. CONCEPTUAL APPROACH TO STRATEGIC MANAGEMENT OF FISHERY ACTIVITIES OF THE CRIMEA 332

УДК [597.556.31-142.8:502.175](262.5.04)

Кузьминова Н.С., Мельникова Е.Б., Ковригина Н.П., Петрова Т.Н., Мальцев В.И., Завьялов А.В.

БИОИНДИКАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ПРИБРЕЖНЫХ АКВАТОРИЙ КРЫМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЖАБР СКОРПЕНЫ

Аннотация. Проведены исследования параметров жабр черноморской скорпены, отловленной на разных участках акваторий Крыма в 2021 году. В статье указаны также данные о содержании кислорода, окисляемости, БПК$_5$ в воде северо-западной и юго-восточной частей Крыма. На основании изученности комплекса параметров установлено, что состояние рыб и бухт удовлетворительное. Вместе с тем, чувствительность морфофизиологических параметров жабр позволила выявить региональные отличия, связанные с различиями экологических условий. Так, средние показатели увеличения объема жаберного филамента наблюдались в бухтах Круглая и Стрелецкая и связаны с бóльшим уровнем загрязнения. В бухте Балаклавской высокие значения морфометрических параметров жабр зависят от высоких значений длины рыб, что, в свою очередь обусловлено отличным от других акваторий спектром питания. Степень благополучия акваторий в 2021 году можно расположить в таком ряду: юго-восточная часть Крыма > б. Балаклавская > б. Казачья > б. Круглая > б. Стрелецкая.
Ключевые слова: жабры, морской ерш, Черное море, кислород.

Kuzminova N.S., Melnikova E.B., Kovrigina N.P., Petrova T.N., Mal′tsev V.I., Zavjalov A.V.

BIOASSESMENT OF COASTAL AREA OF CRIMEA USING GILLS OF SCORPION FISH

Abstract. The parameters of the gills of the Black Sea scorpionfish caught in different parts of the Crimean waters in 2021 were studied. The paper also contains data on the oxygen content, oxidizability, BOD$_5$ in the water of the northwestern and southeastern parts of Crimea. Based on the study of the complex of parameters, it was established that the fish state and conditions of bays are normal. At the same time, the sensitivity of the morphophysiological parameters of the gills made it possible to identify regional differences connected with differences in environmental conditions. Thus, the average increase in the volume of the gill filament was observed in the Kruglaya and Streletskaya bays and is associated with a higher level of pollution. In Balaklavskaya bay, high values of morphometric parameters of gills depend on high values of fish length, which, in turn, is due to a food spectrum different from other water areas. The degree of state of different aquatic areas in 2021 can be arranged in the following order: the southeastern part of Crimea > b. Balaklavskaya > b. Kasachya > b. Kruglaya > b. Streletskaya.
Keywords: gills, scorpion fish, Black Sea, oxygen.

Введение. Изучение жабр рыб относится к области экологической физиологии и является результативным для характеристики самих объектов и среды обитания. Немногочисленные исследования биохимических параметров, концентрации токсикантов и патологических процессов в жабрах черноморских

рыб из прибрежной зоны Крыма [1-3] свидетельствуют об актуальности научных работ в этом направлении. Известно, что рыбы разного размера, но одного возраста, дышат с разной интенсивностью [4]. Следовательно, рассмотрение механизма дыхания должно учитывать оба этих фактора.

Черноморская скорпена является активным хищником, потребляя в основном рыб и ракообразных [5], а также сама представлет пищевой интерес для некоторых видов водоплавающих птиц и человека [6, 7]. Наряду с такой важной ролью в водном биоценозе, этот вид относится к мониторным по причине массовости, доступности на протяжении года и достаточной изученности биологических особенностей [8].

В связи с этим, **цель исследования** – оценка степени благополучия разных акваторий Крыма по состоянию жабр черноморской скорпены.

Материалы и методы исследования. У особей *Scorpaena porcus*, отловленных в бухтах г. Севастополя (б. Балаклавская, б. Стрелецкая, б. Круглая, б. Казачья), а также в акваториях юго-востока Крыма – в районе Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского, а также возле поселка Орджоникидзе (рис. 1) с помощью ставных неводов в 2021 г. проводили оценку состояния жабр. Биоанализ рыб включал также определение общей (*TL*) и стандартной (*SL*) длин с точностью до 0,1 см, массы рыбы и тушки с точностью до 0,01 г, пола и возраста. Возраст рыб определяли по отолитам при 20-ти кратном увеличении с использованием микроскопа Микромед, МС-1, вар. 1-В. После полного биологического анализа извлекали жабры, взвешивали их, после чего высчитывали индекс жабр (ИЖ) по формуле:

$$ИЖ = масса\ жабр \times 100\ \% : масса\ тушки\ (\%)$$

Изучали морфометрические параметры жабр: длину (*a*) и ширину (*b*) жаберных филаментов, их плотность распределения (*N*) на жаберной дуге (средний участок только на внешних дугах) с использованием микроскопа

Микромед, МС-1. Результаты этого анализа выражали в мм (для параметров *a* и *b*) и ед./мм (для N) соответственно.

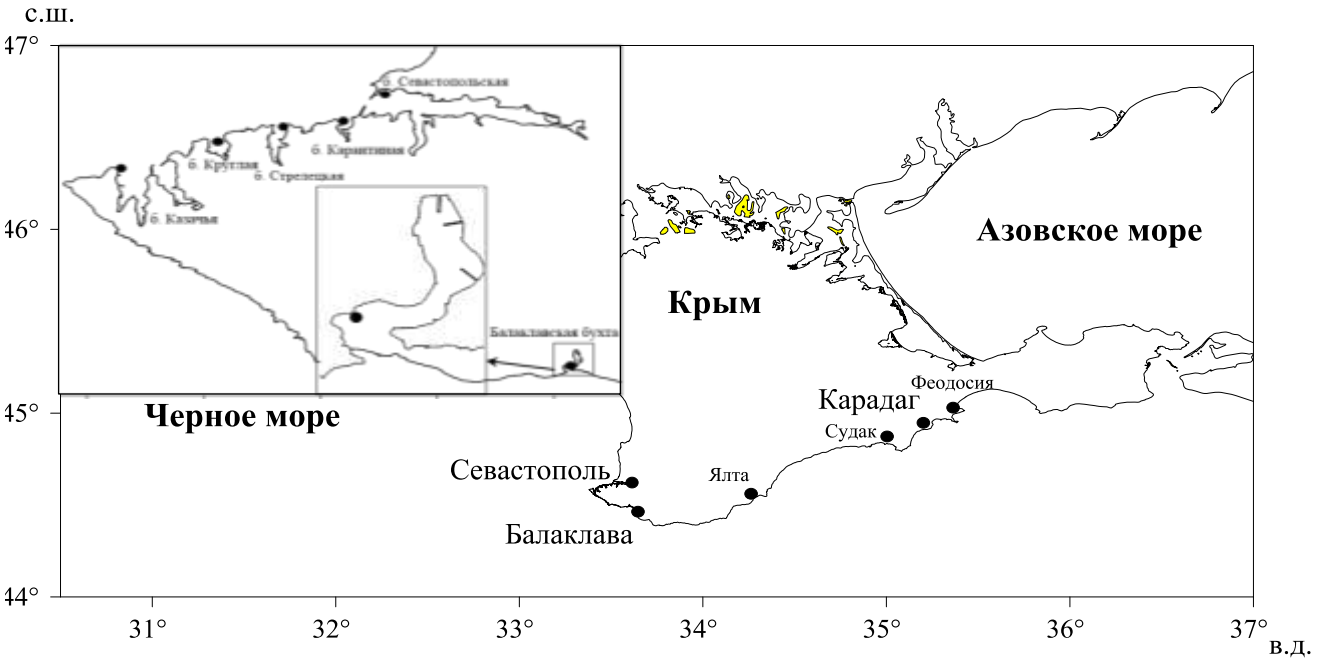


Рисунок 1 – Районы отлова рыб в прибрежной акватории города Севастополя и черноморских акваториях юго-восточной части Крыма

При расчете ИЖ, *a, b, N* ориентировались на размер рыб *SL*; данные были сгруппированы по размерам 6,1-9,0, 9,1-12,0, 12,1-15,0, 15,1-18,0 см. В каждой из этих групп оставляли для расчета данные по рыбам определенного возраста: 3-4 года, 5-6 лет, 7-8 лет и 9-10 лет соответственно.

Построены графики зависимости объема жаберного филамента от стандартной длины ерша (вышеуказанных групп) для каждого района исследований, а также получены уравнения линейного тренда для установления тенденции изменения объема жаберного филамента от стандартной длины ерша в каждой акватории.

Результаты измерения всех биологических показателей жабр обрабатывали статистически. Все расчеты изучаемых параметров проводили с помощью приложения «Excel 2016».

Для оценки экологического состояния вод Севастопольского взморья, а также акваторий в районе Карадагской научной станции, проводились

определения величины абсолютного содержания кислорода, степень насыщения воды кислородом и биохимическое ($БПК_5$) потребление кислорода. Пробы воды отбирали в 50-100 м от берега с глубины 0,5-0,7 м от поверхности. Концентрацию растворённого в воде кислорода измеряли с помощью термооксиметра-МАРК 303М и по методу Винклера. Перманганатную окисляемость в щелочной среде и биохимическое потребление кислорода ($БПК_5$) производили по общепринятым методикам [9-11].

Результаты исследования и их и обсуждение. Распределение величин содержания растворенного кислорода, окисляемости и $БПК_5$ представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Величины растворенного кислорода, $БПК_5$ и окисляемость в поверхностном слое разных акваторий Крыма

параметры / акватории	O_2, мл/л	O_2, %	$БПК_5$, мг/л поверхн.	окисляемость, мгО/л – поверх.
б. Казачья, h = 21 м	6,49	92,6	2,71	1,75
б. Круглая, h = 30 м	6,49	101,0	2,23	2,01
б. Стрелецкая (20 м)	6,50	92,9	2,21	1,98
акватории юго-восточного Крыма в районе Карадага (30 м)	5,2-9,0 (6,84)	100-168 (116)	0,5-3,6 (1,6)	3,1-4,0 (3,6)

Растворенный кислород. Величины абсолютного содержания кислорода в придонном слое бухт Казачья, Круглая и Стрелецкая, а также на акватории Карадагского природного заповедника имели высокие значения (6.47 – 6.84 мл/л). Случаев дефицита кислорода в придонном слое не наблюдали. Средние величины растворенного кислорода для придонного слоя исследованной акватории составляли 6,58 мл/л и 96,6 % насыщения. Их значения не опускались ниже предельно-допустимых концентраций (ПДК), равных 4,2 мл/л и 40 % насыщения, установленных для рыбохозяйственных водоёмов. Поскольку исследования проведены в теплый период года (средняя температура воды в придонном слое бухт 9 июля 2021 г. составила 11,47 °С), отмечено некоторое снижение величин абсолютного содержания кислорода. В акваториях юго-

восточного Крыма в мае-сентябре 2021 г. бóльшая часть значений концентрации растворенного кислорода находилась в «коридоре» 5,2-9,0 мл/л. Впродолжение одного и того же дня пробоотбора концентрация кислорода в поверхностном слое от станции к станции менялась незначительно на всем протяжении от пгт Коктебель до пгт Курортное.

Средняя величина относительного содержания кислорода (96,6 %) была несколько ниже нормы (100 %). В целом зафиксирована достаточно высокая обеспеченность кислородом на всей исследованной акватории.

Биохимическое потребление на пятые сутки (БПК$_5$). Диапазон изменчивости величин БПК$_5$ на поверхности составлял 1.43-2,71 мг/л при средней величине, равной 2,14 мг/л, которая была на 0,14 мг/л выше ПДК (2.0 мг/л), установленной для рыбохозяйственных водоёмов. В бухтах величины БПК$_5$ немного превышают ПДК: от 0,21 до 0,71 мг/л вследствие высокой рекреационной нагрузки в тёплый период года. И только на акватории Карадагского природного заповедника величина БПК$_5$ была ниже ПДК и ниже величин БПК$_5$, полученных в бухтах. Диапазоны БПК$_5$ здесь составили – от 0,5 до 3,6 мг/л, а наибольшие величины БПК$_5$ в этой акватории в 2021 г. были отмечены в июле-августе.

Перманганатная окисляемость в щелочной среде имела на поверхности низкие величины от 1,98 до 2,81 мгО/л, при среднем значении 2,13 мгО/л. Полученные нами величины окисляемости в бухтах были в 1,9, а на Карадаге в 1,4 раза ниже ПДК (4,0 мгО/л) для рыбохозяйственных водоёмов, что указывает на «чистоту» исследуемых бухт и акватории Карадагского заповедника. Показатели перманганатной окисляемости в щелочной среде в юго-восточной части Крыма колебались в пределах 3,1 мгО/л до 4,0 мгО/л.

По сравнению с величиной окисляемости, полученной в Карадагском природном заповеднике в июне 2020 г., равной 3.31 мгО/л, а также в мае 2018 г., равной 4,23 мгО/л, в настоящее время величина окисляемости была существенно ниже.

Величина коэффициента загрязнения (Кз), рассчитанного по Скопинцеву [12] как отношение $БПК_5$ к окисляемости, равная 0,51, не превышала 1,0, что характеризовало санитарную обстановку на акватории Карадага как благоприятную. Величины Кз, рассчитанные для вод в бухтах, имели значения от 1,11 до 1,55, превышающие 1,0, что указывает на некоторое загрязнение исследуемых бухт вследствие повышенных значений величин $БПК_5$. В целом, величины абсолютного и относительного содержания кислорода, и величины окисляемости во время съёмки имели равномерное распределение и не превышали ПДК. Особенностью распределения величин $БПК_5$ явились его повышенные величины в бухтах, немного превышающие ПДК вследствие высокой температуры и повышенной рекреационной нагрузки в теплый период.

Последние данные по аналогичным химическим параметрам вод Балаклавской бухты свидетельствовали, что средняя величина насыщения вод кислородом составила 94,6 %, а концентрация кислорода – 6,7 мл/л, что авторы рассматривали как тенденцию к восстановлению акватории [13].

Размер и масса морского ерша из прибрежной зоны г. Севастополя близки у рыб из разных бухт (табл. 2), вместе с тем можно определить такую последовательность в их величинах: б. Балаклавская > б. Круглая > б. Стрелецкая. Интересно, что величины популяционных характеристик скорпены из Карадагской бухты и вблизи поселка Орджоникидзе оказались в 2021 году близки таковым параметрам рыб из б. Стрелецкая. Например, самки в возрасте 4 лет имели массу 40,9±8,5 г и размер (*SL*) 9,9±0,7 см, а аналогичные особи из прибрежья Феодосии 42,07±5,2 см и 10,3±0,4 г соответственно. Наименьшая выборка пришлась на особей из бухты Казачьей, поэтому расчет популяционных параметров ерша был нецелесообразным.

Сравнительный анализ индекса жабр скорпены с учетом разного возраста из всех рассмотренных акваторий не показал достоверных отличий. Наибольшие величины этого параметра были отмечены для самок в возрасте 6 и 7 лет из Стрелецкой бухты (5,05±0,32 % у 7 годовалых особей). Однако, при

дифференциации массива данных и по размеру особей, и по возрасту достоверные отличия были отмечены при сопоставлении бухт Севастополя и юго-восточной части Крыма (рис. 2).

Таблица 2 – Размер и масса, индекс жабр скорпены из разных бухт города Севастополя в 2021 году (в числителе – самки, в знаменателе – самцы)

акватории	возраст, годы / параметр	4	5	6	7
б. Стрелецкая	*TL*, см	12,6±0,7 12,3±0,5	13,5±0,5 13,9±0,5	18,4±1,9 15,2±0,2	17,2±0,7
	SL, см	9,9±0,7 9,8±0,4	10,7±0,4 10,9±4,3	14,6±1,7 12,2±0,2	13,7±0,6
	масса рыбы, г	40,9±8,5 31,1±3,7	42,98±4,9 43,4±4,3	131,05±45,5 62,4±5,1	104,2±12,6
	индекс жабр, %	4,5±0,2 4,1±0,1	4,4±0,2 4,4±0,1	5,0±0,4 4,3±0,2	5,0±0,3
б. Круглая	*TL*, см	13,6±0,6	14,6±1,2	16,0±0,6 15,4±0,4	18,3±0,7 15,9±0,6
	SL, см	10,8±0,5	11,6±0,9	12,7±0,5 12,3±0,3	14,7±0,5 12,7±0,5
	масса рыбы, г	46,1±7,3	76,09±16,5	77,7±11,4 63,5±4,6	128,3±15,4 66,4±6,9
	индекс жабр, %	4,1±0,1	4,5±0,1	3,9±0,7 4,6±0,1	4,4±0,2 4,6±0,2
б. Балаклавская	*TL*, см		15,4±0,6 15,8±0,7	17,3±0,5 16,8±0,8	19,4±1,3 17,8±1,1
	SL, см		12,2±0,6 12,5±0,6	13,8±0,4 13,5±0,6	15,7±1,03 14,2±0,9
	масса рыбы, г		71,9±10,8 80,5±10,4	113,8±12,7 103,4±15,2	186,3±44,9 120,2±25,9
	индекс жабр, %		4,8±0,2 4,7±0,2	4,0±0,3 4,4±0,1	4,1±0,3 4,5±0,3
акватории юго-восточного Крыма в районе Карадага	*TL*, см	12,9±0,5 12,4±0,3	14,4±0,5		
	SL, см	10,35±0,5 9,7±0,2	11,4±0,4		
	масса рыбы, г	42,1±5,2 35,8±2,9	57,1±5,7		
	индекс жабр, %	3,8±0,1 3,9±0,1	4,1±0,1		

Плотность жаберных филаментов у морского ерша была близкой у особей из всех изученных акваторий (рис. 3). У 7-8-летних особей из юго-восточной

части Крыма данный параметр был выше, чем в бухте Стрелецкой ($p < 0,05$).

Длина и ширина филаментов морского ерша из акваторий юго-восточного Крыма в районе Карадага также достоверно отличались от таковых у рыбы из севастопольского региона, особенно для особей в возрасте 5-10 лет (с *SL* 9,1-18,0 см). Величины этих параметров имели одинаковую тенденцию изменения у скорпены из разных точек отбора.

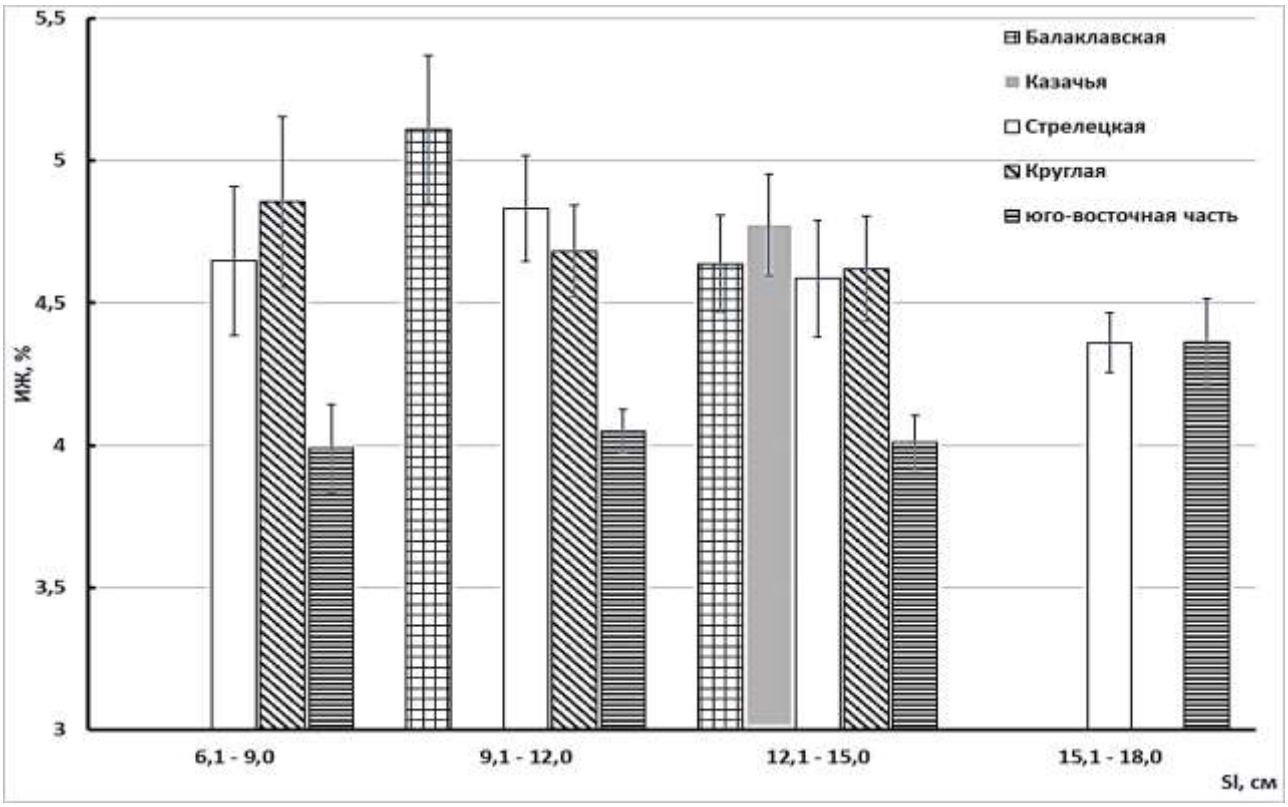


Рисунок 2 – Индекс жабр скорпены из разных акваторий Крыма в зависимости от длины и возраста в 2021 году

Повышенные величины индекса жабр скорпены из прибрежья Севастополя могут быть связаны как с их большими размерами рыб, так и с меньшим уровнем кислорода в воде (см. табл. 1).

Такую реакцию – в условиях достаточно повышенных в сравнительном аспекте концентраций кислорода в воде жаберные филаменты расположены на жаберной дуге плотнее – мы описывали по данным предыдущих лет [14].

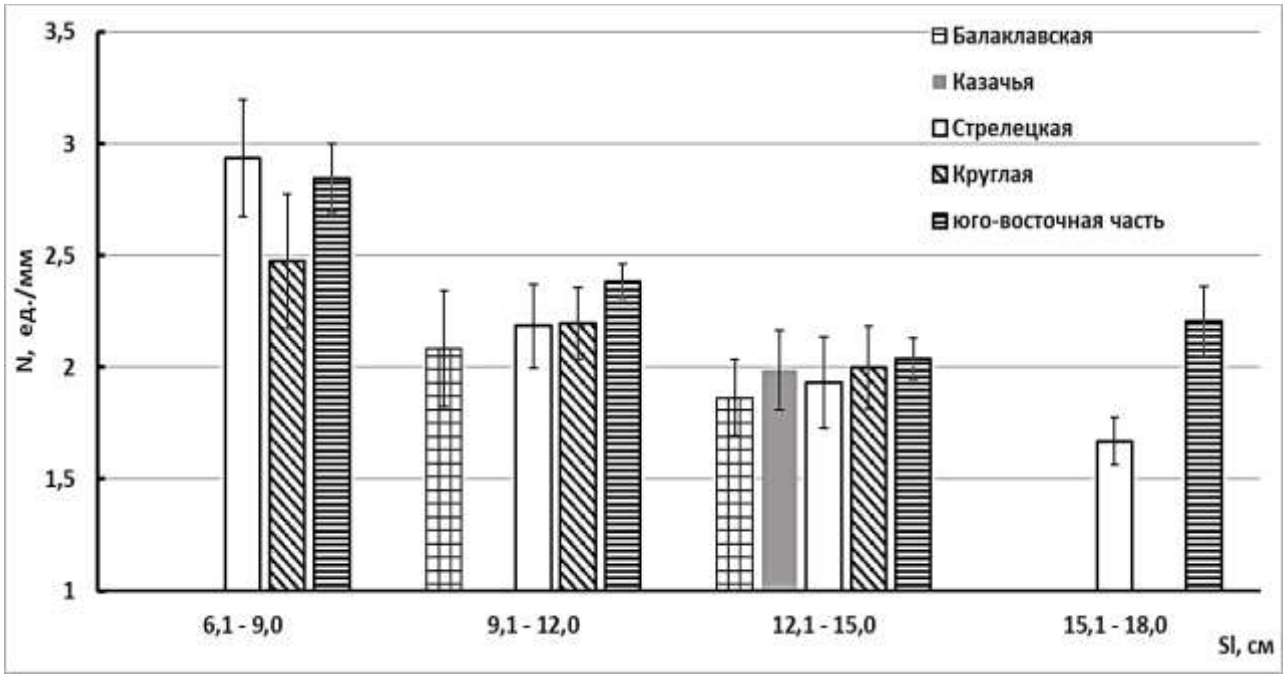
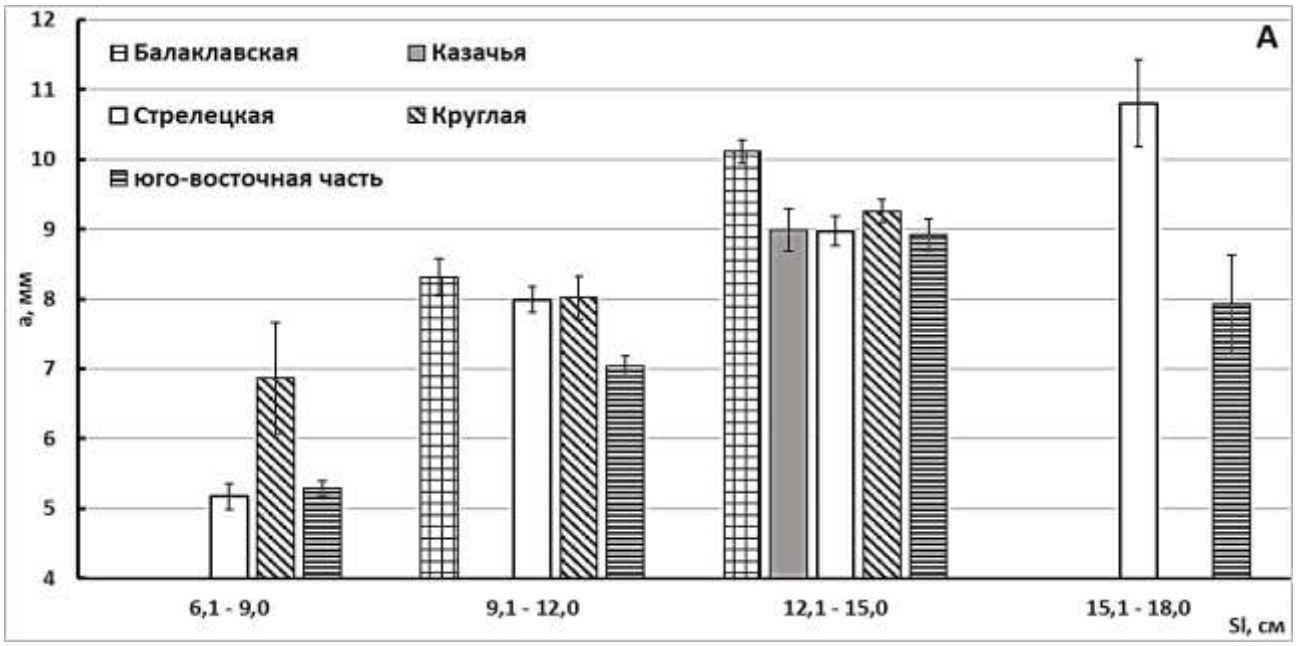


Рисунок 3 – Количество жаберных филаментов (ед./мм) скорпены из разных акваторий Крыма в зависимости от длины и возраста в 2021 году

Вместе с тем, ширина филаметов была минимальной у одновозрастных экземпляров ершей из Карадагской бухты (рис. 4), даже при сопоставимых размерах и весе рыб из Стрелецкой и Круглой (Севастополь). Об этом мы также говорили в предыдущие годы – филаменты скорпены были у́же в акваториях, более обеспеченных кислородом. В бухте Балаклавской, следовательно, все морфометрические параметры жабр зависели преимущественно в исследованный период от размера рыб.

Более длинные филаменты у представителей одинаковых размерно-возрастных групп были у рыб из Балаклавской бухты (см. рис. 4), что также подтверждает как хорошую обеспеченность кислородом, но и связано с большими размерами *S.porcus*. Это, как и индекс жабр подтверждают наши предыдущие исследования, а также литературные данные [15-18].



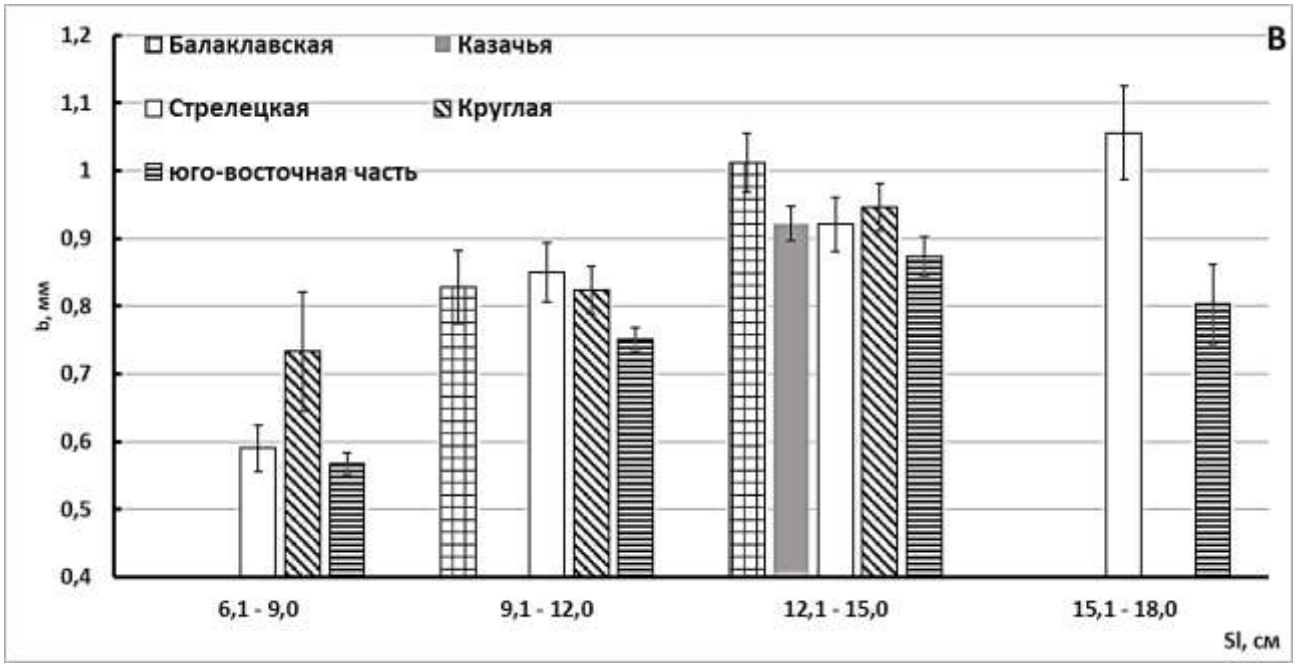


Рисунок 4 – Длина (А) и ширина (В) жаберных филаментов скорпены из разных акваторий Крыма в зависимости от длины (и возраста) в 2021 году

Несмотря на близость величин как размера и массы рыб, так и индекса, и морфометрических параметров жабр, особи из юго-восточной части Крыма имеют физиологические отличия. На основании совместных данных по уровню кислорода в морской воде и биологических характеристик рыб можно

подытожить: в бухте Балаклавская параметры жабр зависят, при достаточной обеспеченности кислородом, от размера (возраста) рыб, что определяется в свою очередь скорее кормовыми условиями в данной бухте. В юго-восточной части Крыма, несмотря на более низкие величины размера и массы ерша в 2021 г., состояние жабр лучше: при наибольшей концентрации кислорода и обеспеченности им, индекс жабр и ширина жаберных филаментов минимальные по сравнению с таковыми параметрами скорпены из других акваторий Крыма, а высота и плотность расположения филаментов максимальная.

Полученные коэффициенты детерминации находятся в пределах от 0,4 до 0,7. Это не высокие показатели, указывающие на то, что в исследуемой модели стандартная длина является одним из важных факторов, но есть и другие (район исследования), которые влияют на объем жаберного филамента. Во всех исследованных районах наблюдался положительный нарастающий тренд (с увеличением размера рыбы увеличивался и объема жаберного филамента) (рис. 5). Однако, надо отметить, что в районе Карадага и бухте Казачья показатели увеличения объема жаберного филамента были самые низкие (0,19 и 0,20 соответственно) (табл. 3), а самый высокий показатель в акватории Балаклавской бухты 0,47 при сравнительно высоком коэффициенте детерминации $R^2 = 0,7$.

Таблица 3 – Основные показатели линейного тренда объема филамента (мм^3) от стандартной длины (*SL*, см) для разных акваторий Крыма

Район исследования	Изменение жаберного филамента от длины	Коэффициент детерминации (R^2)
юго-восточная часть	0,1918	0,4
Казачья бухта	0,1992	0,5
Балаклавская бухта	0,4711	0,7
Круглая бухта	0,2221	0,4
Стрелецкая бухта	0,2563	0,6

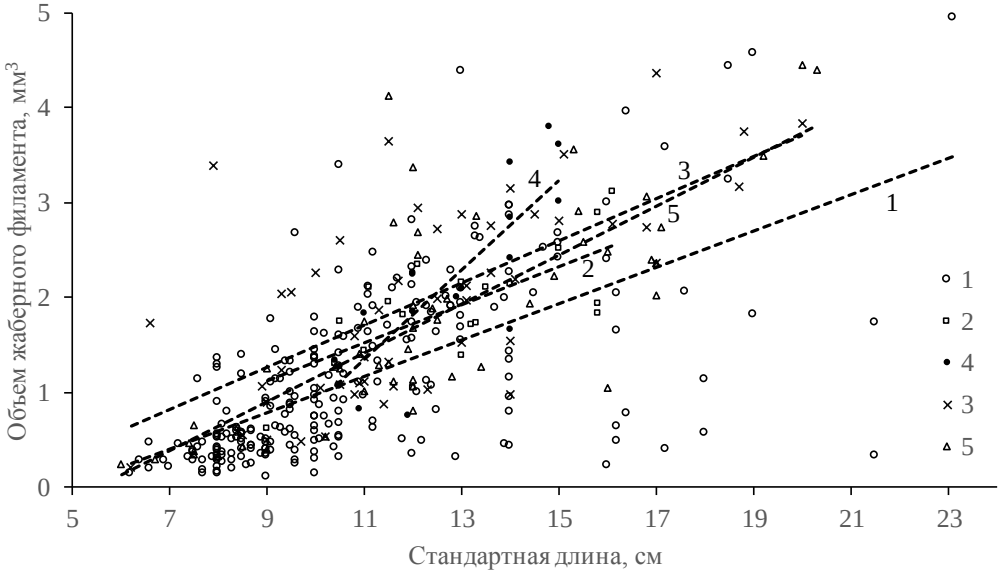


Рисунок 5 – Зависимости объема жаберного филамента от стандартной длины ерша, обитающего в пяти районах: 1 – район Карадага; 2 – бухта Казачья; 3– бухта Круглая; 4 – Балаклавская бухта; 5 – Стрелецкая бухта

Акватория Балаклавской бухты, по сравнению с районом прибрежных вод Севастополя (бухты Севастополя), характеризуется более высокой средней многолетней скоростью ветра [19]. Наибольшая повторяемость сильных ветров типична для южных и северных направлений, вызывающих сгонно-нагонные явления, приводящие к эвтрофикации вод [20, 21]. Температура воды наряду с плавными сезонными колебаниями, может резко изменяться во время апвеллингов. Причем длительность температурной аномалии, вызванной апвеллингом, сказывается на развитии, распределении по глубине и видовом составе фито- и зоопланктона, являющихся кормовой базой рыб [22, 23]. О хорошей обеспеченности пищей (рыбой) скорпены в Балаклавской бухте мы сообщали и ранее [5].

Выводы. Как и в предыдущий период аналогичных биоиндикационных работ [14], состояние скорпены и акваторий удовлетворительное, так как в большинстве случаев морфофизиологический анализ рыб из разных акваторий и содержание кислорода в воде северо-западной и юго-восточной частей Крыма имеют сходные значения. Вместе с тем, можно заключить, что состояние жабр у

скорпены имеет региональные отличия, связанные с различиями экологических условий: если средние показатели увеличения объема жаберного филамента наблюдались в бухтах Круглая (0,22) и Стрелецкая (0,26) и связаны с бóльшим уровнем загрязнения [14], и, в частности, мéньшей концентрацией кислорода), то в случае с бухтой Балаклавской причина высоких значений морфометрических параметров жабр имеет другую причину – зависит от высоких значений длины рыб, что, в свою очередь обусловлено отличным от других акваторий спектром питания. Согласно комплексным данным, полученным методом биоиндикации, можно выразить степень благополучия акваторий в таком ряду: юго-восточная часть Крыма > б. Балаклавская > б. Казачья > б. Круглая > б. Стрелецкая.

Работа проведена согласно бюджетным темам Института биологии южных морей им. Ковалевского РАН «Молисмологические и биогеохимические основы гомеостаза морских экосистем» (№ 075- 007-44-21-00, регистрационный номер 121031500515-8), № 121030300149-0 «Исследование механизмов управления продукционными процессами в биотехнологических комплексах с целью разработки научных основ получения биологически активных веществ и технических продуктов морского генезиса», № 121032300019-0 «Изучение фундаментальных физических, физиолого-биохимических, репродуктивных, популяционных и поведенческих характеристик морских гидробионтов», № 121030100028-0 «Закономерности формирования и антропогенная трансформация биоразнообразия и биоресурсов Азово-Черноморского бассейна и других районов Мирового океана», а также по теме Института природных и технических систем 0012-2019-0002 «Фундаментальные исследования процессов в климатической системе, определяющих пространственно-временную изменчивость природной среды глобального и регионального масштабов».

Список использованной литературы:

1. *Гаврюсева Т.В.* Исследование визуальных патологий у рыб Юго-Западного побережья Черного моря // Юг России: экология, развитие. 2020. Т. 15. № 1. С. 118-129. DOI: 10.18470/1992-10982020-1-118-129.
2. *Солдатов А.А., Головина И.В., Колесникова Е.Э., Сысоева И.В., Сысоев А.А., Кухарева Т.А., Кладченко Е.С.* Активность ферментов энергетического обмена и содержание АТФ в тканях мозга и жабр морского ерша *Scorpaena porcus* Linnaeus при кратковременной гипоксии // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. 2020. Т. 56. № 3. С. 213-223.
3. *Stetsiuk A., Niemiec M., Kuzminova N.* Distribution of mercury in the liver and gills of the scorpion fish (*Scorpaena porcus* Linnaeus, 1758) from the Sevastopol bays // Journal of Elementology. 2021. 26 (2). P. 507-517. DOI: 10.5601/jelem.2021.26.2.2145.
4. *Строганов Н.С.* Экологическая физиология рыб. Т. 1. М.: Изд-во МГУ, 1962. 443 с.
5. *Тимофеев В.А., Кузьминова Н.С., Бондаренко Л.В., Куликов Г.В.* Современные сведения о пищевом спектре черноморской скорпены *Scorpaena porcus* Linnaeus, 1758 // Вестник ин-та биологии Коми. 2020. № 1. С. 2-12.
6. *Гирагосов В.Е.* Скорпена *Scorpaena porcus* как объект питания материкового подвида большого баклана *Phalacrocorax carbo sinensis* в прибрежной акватории Крыма // Русский

орнитологический журнал. 2020. Т. 29. Экспресс-выпуск 1954. С. 3417-3422.
7. *Болтачев А.Р., Карпова Е.П.* Морские рыбы Крымского полуострова. Симферополь: Бизнес-Информ, 2012. 224 с.
8. *Овен Л.С., Руднева И.И., Шевченко Н.Ф.* Ответные реакции морского ерша *Scorpaena porcus* (Scorpaenidae) на антропогенное воздействие // Вопросы ихтиологии. 2000. Т. 40. № 1. С. 75-78.
9. Руководство по гидрологическим работам в океанах и морях. Л.: Гидрометеоиздат, 1977. 725 с.
10. Методические указания № 30. М.: Гидрометеоиздат, 1966. 139 с.
11. Методы гидрохимических исследований основных биогенных элементов. М.: ВНИРО, 1988. 119 с.
12. *Скопинцев Б.А.* Формирование современного химического состава вод Черного моря. Л.: Гидрометеоиздат, 1975. 335 с.
13. Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2015 / Под ред. А.Н. Коршенко. М.: Наука, 2016. 184 с.
14. *Кузьминова Н.С., Ковригина Н.П., Зозуль А.Ю., Короткова А.В., Волков Н.Г.* Морфофизиологические характеристики жабр черноморской скорпены и уровень кислорода на Севастопольском взморье в 2019-2020 гг. // Научные труды Дальрыбвтуза. 2021. Т. 55. № 1. С. 23-34.
15. *Романова Е.М., Спирина Е.В.* Морфофизиологические адаптации *Carassius auratus gibelio* Bloch. в биоиндикации состояния пресноводных экосистем // Вестник УГСХА. 2010. № 2 (12). С. 31-36.
16. *Шайдуллина Ж.М.* Сезонная и возрастная динамика морфофизиологических показателей леща реки Урал: автореф. дис. … канд. биол. наук: 03.00.10 / Жанар Мухитовна Шайдуллина. Астрахань, 2009. 24 с.
17. *Hughes G.M., Perry S.F., Piiper J.* Morphometry of the gills of the Elasmobranch *Scyliorhinus stellaris* in relation to body size // Y. exp. Biol. 1986. No. 121. P. 27-42.
18. *Timmerman C. M., Chapman L.J.* Hypoxia and interdemic variation in *Poecilia latipinna* // J. of Fish Biology. 2004. No. 65. P. 635-650. DOI: 10.1111/j.1095-8649.2004.00474.x
19. *Ломакин П.Д., Попов М.А.* Современное состояние основных компонентов экосистемы Балаклавской бухты по материалам комплексного мониторинга ИнБЮМ НАН Украины // Вестник Гидрометцентра Черного и Азовского морей. 2011. Вып. 1 (12). С. 83-95.
20. *Ациховская Ж.М., Субботин А.А.* Динамика вод Балаклавской бухты и прилегающей акватории Черного моря // Экология моря. 2000. № 50. С. 5-8.
21. *Ломакин П.Д., Попов М.А., Куфтаркова Е.А., Ковригина Н.П.* Проявление апвеллинга в полях гидрофизических и гидрохимических элементов на акватории Балаклавской бухты // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2010. Вып. 23. С. 180-192.
22. *Попов М.А.* Геоморфологический очерк залива Мегало-Яло и Балаклавской бухты // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. 2006. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. Вып. 14. С. 209-214.

References:

1. Gavrjuseva T.V. Issledovanie vizual'nyh patologij u ryb Jugo-Zapadnogo poberezh'ja Chernogo morja [Investigation of visual pathologies in fish of the South-Western coast of the Black Sea]. *Jug Rossii: jekologija, razvitie* [South of Russia: ecology, development], 2020, vol. 15, no. 1, pp. 118-129. (In Russian). DOI: 10.18470/1992-10982020-1-118-129.
2. Soldatov A.A., Golovina I.V., Kolesnikova E.Je., Sysoeva I.V., Sysoev A.A., Kuhareva T.A., Kladchenko E.S. Aktivnost' fermentov jenergeticheskogo obmena i soderzhanie ATF v tkanjah mozga i zhabr morskogo ersha *Scorpaena porcus* Linnaeus pri kratkovremennoj gipoksii [Energy

metabolism enzyme activity and ATP content in the brain and gill tissues of the scorpion fish *Scorpaena porcus* Linnaeus during short-term hypoxia]. *Zhurnal jevoljucionnoj biohimii i fiziologii* [J. of evolutionary biochemistry and physiology], 2020, vol. 56, no. 3, pp. 213-223. (In Russian).

3. Stetsiuk A., Niemiec M., Kuzminova N. Distribution of mercury in the liver and gills of the scorpion fish (*Scorpaena porcus* Linnaeus, 1758) from the Sevastopol bays. *Journal of Elementology*, 2021, 26 (2), pp. 507-517. (In English). DOI: 10.5601/jelem.2021.26.2.2145.
4. Stroganov N.S. *Jekologicheskaja fiziologija ryb* [Ecological physiology of fish]. Vol. 1. Moscow, Moscow State University Publ., 1962, 443 p. (In Russian).
5. Timofeev V.A., Kuz'minova N.S., Bondarenko L.V., Kulikov G.V. Sovremennye svedenija o pishhevom spektre chernomorskoj skorpeny *Scorpaena porcus* Linnaeus, 1758 [Modern information about the food spectrum of the Black Sea scorpion fish *Scorpaena porcus* Linnaeus, 1758]. *Vestnik instituta biologii Komi* [Bulletin of the Komi Institute of Biology], 2020, no. 1, pp. 2-12. (In Russian).
6. *Giragosov V.E.* Skorpena *Scorpaena porcus* kak ob"ekt pitanija materikovogo podvida bol'shogo baklana *Phalacrocorax carbo sinensis* v pribrezhnoj akvatorii Kryma [The scorpion fish *Scorpaena porcus* as a food item for the mainland subspecies of the great cormorant *Phalacrocorax carbo sinensis* in the coastal waters of the Crimea]. *Russkij ornitologicheskij zhurnal* [Russian Ornithological Journal], 2020, vol. 29, express release 1954, pp. 3417-3422. (In Russian).
7. Boltachev A.R., Karpova E.P. *Morskie ryby Krymskogo poluostrova* [Marine fish of the Crimean Peninsula]. Simferopol', Biznes-Inform Publ., 2012, 224 p. (In Russian).
8. Oven L.S., Rudneva I.I., Shevchenko N.F. Otvetnye reakcii morskogo ersha *Scorpaena porcus* (Scorpaenidae) na antropogennoe vozdejstvie [Responses of the scorpion fish *Scorpaena porcus* (Scorpaenidae) to anthropogenic impact]. *Voprosy ihtiologii* [J. of Ichthyology], 2000, vol. 40, no. 1, pp. 75-78. (In Russian).
9. *Rukovodstvo po gidrologicheskim rabotam v okeanah i morjah* [Guidelines for hydrological work in the oceans and seas]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1977, 725 p. (in Russian).
10. *Metodicheskie ukazanija № 30* [Guidelines No. 30]. Moscow, Gidrometeoizdat Publ., 1966, 139 p. (In Russian).
11. *Metody gidrohimicheskih issledovanij osnovnyh biogennyh jelementov* [Methods of hydrochemical studies of the main biogenic elements]. Moscow, VNIRO Publ., 1988, 119 p. (In Russian).
12. Skopincev B.A. *Formirovanie sovremennogo himicheskogo sostava vod Chernogo morja* [Formation of the modern chemical composition of the Black Sea waters]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1975, 335 p. (In Russian).
13. Korshenko A.N. (ed.) *Kachestvo morskih vod po gidrohimicheskim pokazateljam. Ezhegodnik 2015* [The quality of sea waters in terms of hydrochemical indicators. Yearbook 2015]. Moscow, Nauka Publ., 2016, 184 p. (In Russian).
14. Kuz'minova N.S., Kovrigina N.P., Zozul' A.Ju., Korotkova A.V., Volkov N.G. Morfofiziologicheskie harakteristiki zhabr chernomorskoj skorpeny i uroven' kisloroda na Sevastopol'skom vzmor'e v 2019-2020 gg. [Morphophysiological characteristics of the gills of the Black Sea scorpion fish and the level of oxygen in the Sevastopol seaside in 2019-2020]. *Nauchnye trudy Dal'rybvtuza* [Scientific works of Dalrybvtuz], 2021, vol. 55, no. 1, pp. 23-34. (In Russian).
15. Romanova E.M., Spirina E.V. Morfofiziologicheskie adaptacii *Sarassius auratus gibelio* Bloch. v bioindikacii sostojanija presnovodnyh jekosistem [Morphophysiological adaptations of *Carassius auratus gibelio* Bloch. at bioindication of the state of freshwater ecosystems]. *Vestnik UGSHA* [Bulletin of the Ural State Agricultural Academy], 2010, no. 2 (12), pp. 31-36. (In Russian).

16. Shajdullina Zh.M. *Sezonnaja i vozrastnaja dinamika morfofiziologicheskih pokazatelej leshha reki Ural. Avtoref. diss. … kand. biol. nauk* [Seasonal and age dynamics of morphophysiological indicators of the Ural river bream. Cand. biol. sci. diss. abstr]. Astrahan', 2009, 24 p. (In Russian).
17. Hughes G.M., Perry S.F., Piiper J. Morphometry of the gills of the Elasmobranch Scyliorhinus stellaris in relation to body size. *Y. exp. Biol*., 1986, no. 121, pp. 27-42. (In English).
18. Timmerman C. M., Chapman L.J. Hypoxia and interdemic variation in Poecilia latipinna. *J. of Fish Biology*, 2004, no. 65, pp. 635-650. (In English). DOI: 10.1111/j.1095-8649.2004.00474.x.
19. Lomakin P.D., Popov M.A. Sovremennoe sostojanie osnovnyh komponentov jekosistemy Balaklavskoj buhty po materialam kompleksnogo monitoringa InBJuM NAN Ukrainy [The current state of the main components of the ecosystem of the Balaklavskaya bay based on the materials of the integrated monitoring of the IBSS NAS of Ukraine]. *Vestnik Gidrometcentra Chernogo i Azovskogo morej* [Bulletin of the Hydrometeorological Center of the Black and Azov Seas], 2011, vol. 1 (12), pp. 83-95. (In Russian).
20. Acihovskaja Zh.M., Subbotin A.A. Dinamika vod Balaklavskoj buhty i prilegajushhej akvatorii Chernogo morja [Dynamics of the waters of the Balaklavskaya bay and the adjacent waters of the Black Sea]. *Jekologija morja* [Ecology of the sea], 2000, no. 50, pp. 5-8. (In Russian).
21. Lomakin P.D., Popov M.A., Kuftarkova E.A., Kovrigina N.P. Projavlenie apvellinga v poljah gidrofizicheskih i gidrohimicheskih jelementov na akvatorii Balaklavskoj buhty [The upwelling forming in the fields of hydrophysical and hydrochemical elements in the water of Balaklavskaya bay]. *Jekologicheskaja bezopasnost' pribrezhnoj i shel'fovoj zon i kompleksnoe ispol'zovanie resursov shel'fa* [Ecological safety of coastal and shelf zones and integrated use of shelf resources]. Sevastopol', JeKOSI-Gidrofizika Publ., 2010, vol. 23, pp. 180-192. (In Russian).
22. Popov M.A. Geomorfologicheskij ocherk zaliva Megalo-Jalo i Balaklavskoj buhty [Geomorphological outline of Megalo-Yalo Bay and Balaklavskaya bay]. *Jekologicheskaja bezopasnost' pribrezhnoj i shel'fovoj zon i kompleksnoe ispol'zovanie resursov shel'fa*. [Ecological safety of coastal and shelf zones and integrated use of shelf resources]. Sevastopol', JeKOSI-Gidrofizika Publ., 2006, vol. 14, pp. 209-214. (In Russian).

Сведения об авторах / Information about authors

Кузьминова Наталья Станиславовна	канд. биол. наук, старший научный сотрудник отдела морской санитарной гидробиологии ФИЦ Института биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН 299011, г. Севастополь, пр. Нахимова, 2 kunast@rambler.ru
Kuzminova Natalya Stanislavovna	Ph.D. (Biol.), Senior researcher of department of marine sanitary hydrobiology A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of the RAS 299011, Sevastopol, Nakhimov ave., 2 kunast@rambler.ru
Мельникова Елена Борисовна	канд. биол. наук, старший научный сотрудник Институт природно-технических систем ФГБНУ 299011, г. Севастополь, ул. Ленина, 28 helena_melnikova@mail.ru
Melnikova Elena Borisovna	Ph.D.(Biol.), Senior researcher Institute of Natural and Technical Systems 299011, Sevastopol, Lenin str., 28 helena_melnikova@mail.ru
Ковригина Нелли Петровна	канд. геогр. наук, старший научный сотрудник ФИЦ Института биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН 299011, г. Севастополь, пр. Нахимова, 2 npkovrigina@yandex.ru

Kovrigina Nelli Petrovna	Ph.D. (Geogr.), Senior researcher A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of the RAS 299011, Sevastopol, Nakhimov ave., 2 npkovrigina@yandex.ru
Петрова Татьяна Николаевна	инженер 2-ой категории лаборатории биохимии и физиологии гидробионтов ФИЦ Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН, Карадагская научная станция имени Т.И. Вяземского – природный заповедник РАН 298188, г. Феодосия, п. Курортное, ул. Науки, 24 tanysha_07011977@mail.ru
Petrova Tatjana Nikolaevna	engineer of laboratory of biochemistry and physiology of hydrobionts A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas, T.I. Vyazemsky Karadag scientific station – Nature Reserve of the RAS, 298188, Feodosia, Kurortnoe, Nauki str. 24 tanysha_07011977@mail.ru
Мальцев Владимир Иннокентьевич	канд. биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории биохимии и физиологии гидробионтов ФИЦ Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН, Карадагская научная станция имени Т.И. Вяземского – природный заповедник РАН 298188, г. Феодосия, п. Курортное, ул. Науки, 24
Mal′tsev Vladimir Innokentjevich	Ph.D.(Biol.), Senior researcher A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas, T.I. Vyazemsky Karadag scientific station – Nature Reserve of the RAS 298188, Feodosia, Kurortnoe, Nauki str., 24
Завьялов Андрей Вениаминович	канд. биол. наук, младший научный сотрудник отдела ихтиологии ФИЦ Института биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН 299011, г. Севастополь, пр. Нахимова, 2 andrej-zavyalov@yandex.ua
Zavjalov Andrey Veniaminovich	Ph.D. (Biol.), Junior researcher A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of the RAS 299011, Sevastopol, Nakhimov ave., 2 zavyalov@yandex.ua

UDC 597.556.334.1 (262.5)

Maltsev V.I., Beletskaya M.A., Petrova T.N.

THE FIRST FINDING OF THE EUROPEAN BARRACUDA *SPHYRAENA SPHYRAENA* (SPHYRAENIDAE) IN THE NORTH-EASTERN PART OF THE BLACK SEA NEAR THE CRIMEA COAST

Abstract. European barracuda *Sphyraena sphyraena* Linnaeus, 1758 is reported for the first time in the North-Eastern part of the Black Sea off the coast of Crimea (44º 57` 27``N, 35º 22` 45``E). This alien species from the Mediterranean Sea had previously been found near the West and North-West Black Sea coast. The specimen caught on September 27, 2021 in the water area of Dvuyakornaya Bay (Ordzhonikidze settlement, South-Eastern Crimea near the city of Feodosia) has total body length *TL* 358.0 mm, standard length *SL* 320.0 mm, and mass 171.3 g. The age is 1+(2). Description of the morphology of the main fish body elements is given.
Keywords: *Sphyraena sphyraena*, European barracuda, Black Sea, Crimean Peninsula, invasive alien fish species.

Мальцев В.И., Белецкая М.А., Петрова Т.Н.

ПЕРВАЯ НАХОДКА ЕВРОПЕЙСКОЙ БАРРАКУДЫ *SPHYRAENA SPHYRAENA* (SPHYRAENIDAE) В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ У ПОБЕРЕЖЬЯ КРЫМА

Аннотация. Европейская барракуда *Sphyraena sphyraena* Linnaeus, 1758 впервые отмечена в северо-восточной части Черного моря у берегов Крыма (44° 57` 27` с.ш., 35° 22` 45` в.д.). Этот чужеродный вид из Средиземного моря ранее встречался у западного и северо-западного побережья Черного моря. Экземпляр, пойманный 27 сентября 2021 г. в акватории бухты Двуякорная (пос. Орджоникидзе, Юго-Восточный Крым в районе г. Феодосия), имеет общую длину тела *TL* 358,0 мм, стандартную длину *SL* 320,0 мм, массу 171,3 г. Возраст 1+(2). Дано описание морфологии основных элементов тела рыб.
Ключевые слова: *Sphyraena sphyraena*, европейская барракуда, Черное море, Крымский полуостров, инвазивные чужеродные виды рыб.

Introduction. The European barracuda *Sphyraena sphyraena* Linnaeus, 1758 is a fish species belonging to the family Sphyraenidae. Its native range is the tropical and subtropical waters of the Atlantic Ocean (both at Eastern and Western coasts) and adjacent seas, in particular, the Mediterranean. From the Mediterranean Sea it can penetrate into the Black Sea. Being a coastal predator, it lives mainly in the upper sublittoral, preferring locations where the bottom is characterized by a variety of habitats for its hunting objects – usually it is a sandy and rocky bottom with stones of different size covered by macrophytes.

In the Black Sea *S. sphyraena* is extremely rare – for 100 years, single finds of this species have been known near the southern (Turkey) [1], western (Bulgaria,

Romania) coasts and in the northwest (Odessa region) [2] as well as off the Crimean coast near Sevastopol [3, 4]. Off the coast of Crimea, the earliest known capture of *S. sphyraena* dates back to 1905 – 1 specimen was caught at the water area near the city of Balaklava [5]. In 2007 2 specimen were caught nearby Sevastopol [6]; after 2007, this species had sometimes got into the stationary seine fishing net at the same location [4]: to date, this is the latest mention of the *S. sphyraena* capture off the Crimean coast.

To the east of the city of Balaklava, in the northwestern part of the Black Sea, this species was never found.

The objective of the study is to present information concerning specimen of *S. sphyraena* firstly caught in the North-East part of the Black Sea near the coast of Crimea.

Material and research methods. The material for this study is one specimen of European barracuda caught with stationary seine fishing net on September 27, 2021 in the North-Eastern part of the Black Sea near the coast of Crimea. The site of caught (44° 57` 27`` N, 35$^{o}$ 22` 45`` E) is at a distance of 160-170 m from the coast in the western part of Dvuyakornaya Bay to the North of the Kiik-Atlama Cape (fig. 1), near Ordzhonikidze Settlement, Feodosia, Crimea. The depth at the place of capture is 12 m, the bottom is sandy, with separate stones covered with macroalgae.

At the place of fishing, the specimen was placed into a 10% formaldehyde solution and then processing and description was carried out in the laboratory. When determining the species of specimen, the diagnostic keys [2, 5, 7, 8], as well as descriptions [6, 9 (pp. 243-244)] were used.

Measurements were carried out according to [10, 11]. Age of the specimen is determined from scales.

Research results and their discussion. The specimen caught has total body length *TL* 358.0 mm, standard length *SL* 320.0 mm, and mass 171.3 g; the age is 1+(2). Description of the morphology of the main fish body elements follows.

Figure 1 – Place of catch (●) of the *Sphyraena sphyraena* on September 27, 2021
Scale: 800 m

Body shape is elongated, arrow-like (fig. 2A), no longitudinal stripes on the sides. Scales are comparatively small, cycloid. Lateral line (*ll*) with 140 scales, 11 scales above *ll*, 15 scales under *ll*, 36 scales before first dorsal fin base. Pre-operculum and operculum are covered with scales smaller than those on the body; the middle part of the inter-operculum space and abdomen are also scaled. There are no gill rakers on gill arches.

D_1 V (fifth ray is lost during catch), D_2 II 8; *A* III 8; *P* IV 7; *V* VI 4 (fig. 3A, B). Caudal fin is forked, homocercal (fig. 2A). The bases of the pelvic fins are located behind the tops of the pectoral fins. The first dorsal fin begins at the level of the base of the pelvic fins.

Mouth is large, jaws are narrow and elongated (fig. 2B). The upper and lower jaws each have one row of conical dispersed teeth, the upper jaw has two pairs of canines in the anterior part (the anterior pair is smaller than the posterior one) and 3 pairs in the posterior part; one pair of canines is located on the anterior edge of the lower jaw.

Figure 2 – Specimen of the *Sphyraena sphyraena* caught on September 27, 2021 (A) and its head (B)

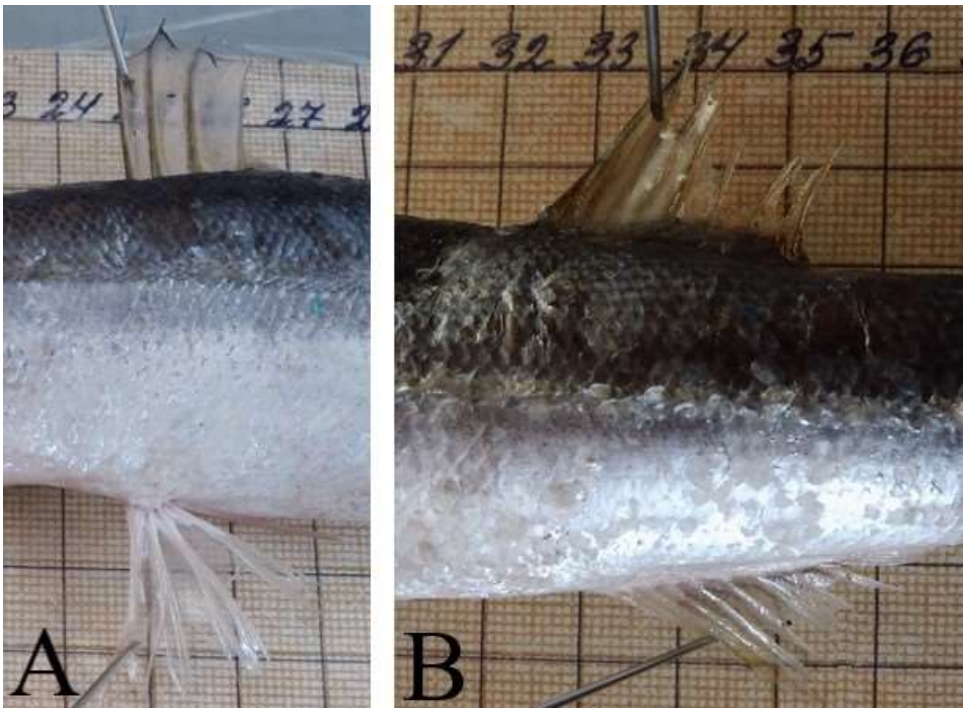


Figure 3 – Specimen of the *Sphyraena sphyraena* caught on September 27, 2021 (A) and its head (B)

Morphometric measurements

Body parts managements, % of *SL*: Maximal body depth – 11.8; Minimal body depth – 5.5; Caudal peduncle length – 19.8; Antedorsal distance – 47.0; Postdorsal (D_1) distance – 21.4; Postdorsal (D_2) distance – 45.3; Interdorsal distance – 17.2; Anteventral distance – 45.1; Anteanal distance – 71.9; Pectoventral distance – 15.5; Ventroanal distance – 26.0; Pectoral fin length – 2.3; Pectoral fin base height – 9.4; Pelvic fin length – 2.0; Anterior dorsal fin base length (D_1) – 7.0; Posterior dorsal fin base length (D_2) – 8.1; Anterior dorsal fin height (D_1) – 8.6; Posterior dorsal fin height (D_2) – 8.8; Anal fin base length – 2.3; Anal fin height – 8.6; Caudal fin length – 14.5; Head length ($c = 94.9$ *mm*) – 29.7.

Head parts measurements, % of *c*: Head depth – 29.5; Snout length – 50.2; Length of maxilla bone – 37.8; Length of mandible bone – 56.6; Horizontal diameter of eye – 13.9; Vertical diameter of eye – 13.5; Preorbital distance – 38.6; Postorbital distance – 33.2; Interorbital distance – 15.8.

The specimen of *S. sphyraena* caught on September 27, 2021 is stored at the Laboratory of Biochemistry and Physiology of Water Organisms of the T.I. Vyazemsky Karadag Scientific Station – Nature Reserve of the RAS.

This is the report on the first finding of the European barracuda *Sphyraena sphyraena* Linnaeus, 1758 in the North-Eastern part of the Black Sea off the coast of Crimea.

Presented indicators of barracuda specimen caught on September 27, 2021 in the northeastern part of the Black Sea off the coast of Crimea correspond to the species *S. sphyraena*. It seems that habitat in which the specimen of *S. sphyraena* was caught meets requirements of this species. Bluefish *Pomatomus saltatrix* (Linnaeus, 1766) and horse mackerel *Trachurus mediterraneus* (Steindachner, 1868) dominated in the same net catch.

A.R. Boltachev et al. [6] gave detailed description of a specimen of *S. sphyraena* caught in 2007 in Streletskaya Bay, Sevastopol, Crimea. That specimen of *TL* 330 mm, *SL* 272 mm, and mass 120.5 g, it differs little from the dimensions of the

specimen we described. Morphological and meristic parameters were also similar. It is the only description of concrete specimen of this species caught from the Black Sea. N.M. Knipowitsch [5], A.N. Svetovidov [12] 1964), Yu.V. Movchan [7, 9], and E.D. Vasil'eva [2] gave morphometric and meristic indicators for *S. sphyraena* in connection with its mentions for the Black Sea only in a general form. In other analyzed works [1, 4, 13, 14], this species is mentioned among others in the list of the Black Sea fish species based on the analysis of literature data. It is noteworthy that this species is not mentioned in the generalizing article regarding the invasive species of the Black Sea [3].

As it is mentioned above, the age of the specimen caught is 1+(2). It can be explained with presence of a reproducing population of the European barracuda off the Crimean coast in the North-East part of the Black Sea.

Acknowledgments. The authors are deeply grateful express their deep gratitude to fishmen V.V. Sigeikin and D.V. Shugaley, who graciously made the specimen of European barracuda available for study.

References:

1. Slastenenko Ye.P. *Katalog ryb Chernogo i Azovskogo morej* [Catalog of fish of the Black and Azov Seas]. *Trudy Novorossiyskoy biologicheskoy stantsii im. V.M. Arnol'di* [Proceedings of the Novorossiysk Biological Station named after V.M. Arnoldi], 1938, vol. II (2), pp. 109-149. (In Russian).
2. Vasil’eva E.D. *Ryby Chernogo morya: opredelitel' morskih, solonovatovodnyh, evrigalinnyh i anadromnyh vidov s cvetnymi illyustraciyami, sobrannymi S.V. Bogorodskim* [Fish of the Black Sea: Key to marine, brackish-water, euryhaline, and anadromous species with color illustrations collected by S.V. Bogorodsky]. Moscow, VNIRO Publ., 2007, 238 p. (In Russian).
3. Boltachev A.R., Karpova E.P. Faunistic Revision of Alien Fish Species in the Black Sea. *Russian Journal of Biological Invasions*, 2014, vol. 5, no. 4, pp. 225-241. (In English).
4. Boltachev A.R., Karpova E.P. *Morskie ryby Krymskogo Poluostrova* [Marine Fishes of the Crimean Peninsula]. 2nd edition. Simferopol, Biznes-Inform Publ., 2017, 376 p. (In Russian).
5. Knipowitsch N.M. *Opredelitel' ryb Chernogo i Azovskogo morej* [Diagnostic keys to fishes of the Black Sea and Sea of Azov]. Moscow, 1923, 127 p. (In Russian).
6. Boltachev A.R., Karpova E.P., Danilyuk O.N. Nahodki novyh i redkih vidov ryb v pribrezhnoj zone Kryma (Chernoe more) [Findings of the new and rare species of fishes in the coastal zone of Crimea (Black Sea)]. *Voprosy ikhtiologii* [Questions of ichthyology], 2009, no. 49 (3), pp. 318-332. (In Russian).
7. Movchan Yu.V. *Ryby Ukrayiny* [Fishes of Ukraine]. Kiev, Zoloti Vorota Publ., 2011, 444 p. (In Ukrainian).
8. J.-C. Hureau (ed.) Fishes of the NE Atlantic and the Mediterranean. Barracuda (*Sphyraena sphyraena*). (In English). Available at: http://species-identification.org/species.php?species_group=fnam&id=1714 (accessed 28.04.2022).

9. Movchan Yu.V. *Fauna Ukrainy. Tom 8. Ryby. Vypusk 3* [Fauna of Ukraine. Volume 8. Pisces. Issue 3]. Kiev, Naukova Dumka, 368 p. (In Russian).
10. Pravdin I.F. *Rukovodstvo po izucheniyu ryb* [Guide to the study of fish]. Moscow, Pishchevaya promyshlennost' Publ., 1966, 373 p. (In Russian).
11. Ayo-Olalusi C.I., Ayoade A.A. Biometric Characteristics of *Sphyraena afra* from Coastal Waters of Lagos State, Nigeria. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 2017, no.**7** (8), pp. 8-16. (In English).
12. Svetovidov A.N. *Ryby Chernogo morya. Opredeliteli po faune SSSR, izdavaemye Zoologicheskim institutom Akademii nauk SSSR. Vypusk 86* [Fishes of the Black Sea. Diagnostic keys to the fauna of the USSR, published by the Zoological Institute of the Academy of Sciences of the USSR. Issue 86]. Moscow-Leningrad, Nauka Publ., 1964, 553 p. (In Russian).
13. Rass T.S. Ihtiofauna Chernogo morya i ee ispol'zovanie [Ichthyofauna of the Black Sea and its use]. *Trudy Instituta okeanologii* [Proceedings of the Institute of Oceanology], 1949, vol. IV, pp. 103-123. (In Russian).
14. Abliazov E.R., Boltachev A.R., Karpova E.P., Pashkov A.N., Danilyuk O.N. Ihtiofauna pribrezhnoj zony Chyornogo moray v rajone buhty Laspinskaya (Krym) [Ichthyofauna of the Black Sea coastal zone in the Laspi Bay area (Crimea)]. *Morskoy Biologicheskiy Zhurnal*, [Marine Biological Journal], 2021, vol. 6, no. 2, pp. 3-17. (In Russian). Available at: https://doi.org/10.21072/mbj.2021.06.2.01 (accessed 28.04.2022).

Information about authors / Сведения об авторах

Мальцев Владимир Иннокентьевич	канд. биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории биохимии и физиологии гидробионтов Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского – природный заповедник РАН – филиал ФГБУН ФИЦ «ИнБЮМ им. А.О. Ковалевского РАН» доцент кафедры водных биоресурсов и марикультуры Керченский государственный морской технологический университет maltsev1356@gmail.com
Maltsev Vladimir Innokentiyevich (https://orcid.org/0000-0001-9347-7825)	Ph.D. (Biol.), Senior Researcher of the Laboratory of Biochemistry and Physiology of Aquatic Organisms T.I. Vyazemsky Karadag Scientific Station – Nature Reserve of the RAS – Branch of A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS 24 Nauki str., Kurortnoye stlm., Feodosia 298188 Crimea Associate Professor at the Department of Aquatic Bioresources and Mariculture Kerch State Maritime Technological University 82 Ordzhonikidze str., Kerch 298309 Republic of Crimea maltsev1356@gmail.com
Белецкая Марина Александровна	техник, Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского – природный заповедник РАН – филиал ФГБУН ФИЦ «ИнБЮМ им. А.О. Ковалевского РАН» магистрант направления подготовки «Водные биоресурсы и аквкультуры» Керченский государственный морской технологический университет marinabeletskaya9@gmail.com
Beletskaya Marina Aleksandrovna	Technician, T.I. Vyazemsky Karadag Scientific Station – Nature Reserve of the RAS – Branch of A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS

	24 Nauki str., Kurortnoye stlm., Feodosia 298188 Crimea Master`s student at the Department of Aquatic Bioresources and Mariculture Kerch State Maritime Technological University. 82 Ordzhonikidze str., Kerch 298309 Republic of Crimea marinabeletskaya9@gmail.com
Петрова Татьяна Николаевна	инженер лаборатории биохимии и физиологии гидробионтов Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского – природный заповедник РАН – филиал ФГБУН ФИЦ «ИнБЮМ им. А.О. Ковалевского РАН»; tanysha_07011977@mail.ru
Petrova Tatyana Nikolaevna	Engineer of the Laboratory of Biochemistry and Physiology of Aquatic Organisms T.I. Vyazemsky Karadag Scientific Station – Nature Reserve of the RAS – Branch of A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS 24 Nauki str., Kurortnoye stlm., Feodosia 298188 Crimea tanysha_07011977@mail.ru

УДК 597.556.31(262.5)

Полин А.А., Денисова Т.В.

ПИТАНИЕ МОРСКОГО ЕРША *SCORPAENA PORCUS* LINNAEUS, 1758 (PISCES: SCORPAENIDAE) КАВКАЗСКОГО И КРЫМСКОГО ШЕЛЬФОВ ЧЕРНОГО МОРЯ

Аннотация. В статье представлены актуальные сведения о питании фонового вида черноморских ихтиоценозов – морского ерша *Scorpaena porcus* Linnaeus, 1758. В сравнительном аспекте рассмотрены особенности питания выборок из четырех акваторий Кавказского и двух акваторий Крымского шельфов Черного моря, а именно в районах: Севастополя, Феодосии, Большого Утриша, Геленджика, Магри, Адлера. По результатам анализа степени и индексов наполнения желудков особей, показаны сезонные и географические различия в интенсивности питания. Описан видовой состав добычи морских ершей в разных районах. Определены предпочтения морских ершей в объектах питания разных экологических и таксономических групп. Проанализированы географические и сезонные различия коэффициентов упитанности особей. По результатам исследования, установлено, что группировки морских ершей способны успешно заселять акватории со значительно отличающимися трофическими условиями.
Ключевые слова: морской ерш, Черное море, Севастополь, Феодосия, Большой Утриш, Геленджик, Магри, Адлер, питание, степень наполнения желудка, индекс наполнения желудка, спектр питания, кормовые предпочтения, упитанность.

Polin A.A., Denisova T.V.

FEEDING OF THE BLACK SCORPIONFISH *SCORPAENA PORCUS* LINNAEUS, 1758 (PISCES: SCORPAENIDAE) FROM THE CAUCASIAN AND CRIMEAN SHELF OF THE BLACK SEA

Abstract. The current information on the feeding of the background species of the Black Sea ichthyocenoses - the black scorpionfish *Scorpaena porcus* Linnaeus, 1758 are presents in this article. The feeding habits of samples from four water areas of the Caucasian and two water areas of the Crimean shelves of the Black Sea compared there. There are samples from the area of Sevastopol, Feodosia, Bolshoy Utrish , Gelendzhik, Magri and Adler.According to the results of the analysis of the degree and indices of stomach filling in individuals, seasonal and geographical differences in the intensity of feeding are shown. The composition of black scorpionfishs prey from different regions are described. The preferences in ecological and taxonomic groups of prey are defined. The geographic and seasonal differences in the fatness coefficients of individuals are analyzed. According to the research results, established that groups of black scorpionfish are able to successfully populate water areas with significantly different trophic conditions.
Keywords: black scorpionfish, Black Sea, Sevastopol, Feodosia, Bolshoy Utrish, Gelendzhik, Magri, Adler, feeding, degree of stomach filling, stomach filling index, food spectrum, feed preferences, fatness.

Введение. Одним из обычных, а местами – массовых видов рыб прибрежных черноморских ихтиоценозов является морской ерш *Scorpaena porcus* Linnaeus, 1758 [1-3]. Хищный образ жизни и практически полное отсутствие врагов фактически ставят данный вид на вершину трофической цепи

аккумулирования энергии в экосистеме верхней сублиторали [4].

Питание морского ерша в Черном море изучено достаточно подробно. В литературе имеются данные, полученные как в естественных, так и в экспериментальных условиях. Однако большинство литературных источников, посвященных изучения питания данного вида в российском секторе Черного моря относится к середине-концу прошлого столетия [5-12].

Современные исследования питания морского ерша [13, 14] свидетельствуют о происходящих изменениях в пищевом спектре рассматриваемого вида, которые являются, вероятно, следствием происходящей в последние годы общей перестройки экосистемы Черного моря.

Целью исследования являлось получение актуальных сведений об особенностях питания морского ерша из разных акваторий Кавказского и Крымского шельфов Черного моря.

Материалы и методы исследования. Материалом для данной работы послужили выборки морских ершей из двух акваторий в пределах Крымского и четырех Кавказского шельфов Черного моря, а именно районов: Севастополя (б. Казачья), Феодосии (Феодосийский залив), Большого Утриша, Геленджика (б. Голубая), Магри и Адлера (рис. 1).

Рисунок 1 – Карта-схема точек отбора фактического материала:
1 – Севастополь, 2 – Феодосия, 3 – Большой Утриш; 4 – Геленджик,
5 – Магри, 6 – Адлер

Материал исследования – случайные выборки из уловов рыболовецких бригад, которые были отобраны в весенний, летний и осенний сезоны 2017-2020 гг. Общий объем выборки – 567 экз. (табл. 1)

Таблица 1 – Объем выборки морских ершей

Акватория	Весна, экз.	Лето, экз.	Осень, экз.	Всего, экз.
Севастополь	22	—	82	104
Феодосия	49	27	29	105
Большой Утриш	23	33	56	112
Геленджик	18	36	52	106
Магри	—	29	28	57
Адлер	44	18	21	83
В целом	156	143	268	567

Все рыбы были исследованы стандартными ихтиологическими методами, включающими изучение длины тела до конца чешуйчатого покрова (*SL*), полной массы тела (*M*), массы тела без внутренностей (*m*), массы пищевого комка желудка ($m_{пк}$) [15].

Степень наполнения желудков особей оценивали по шестибалльной шкале: 0 – желудок пуст, 1 – наполнение желудка очень слабое, видны слизь и слабые следы пищи, 2 – наполнение желудка слабое, 3 – наполнение желудка среднее, 4 – наполнение желудка хорошее, 5 – желудок растянут пища просвечивается через его стенки [16].

Для оценки интенсивности питания рассчитывали индексы наполнения желудков – отношение массы пищевого комка желудка ($m_{пк}$) к полной массе тела (*M*) выраженное в процентах [16].

Для оценки упитанности рыб рассчитывали соответствующие коэффициенты по формуле Ф.Н. Кларк: $k=w/l^3$, в которой k – коэффициент упитанности, l – длина тела в мм, w – масса тела без внутренностей [17].

Математическая обработка данных осуществлена на основе общепринятых методов вариационной статистики [18, 19] с использованием программного пакета Statistica ver. 10.

Результаты исследования и их обсуждение. В исследованной выборке морских ершей из шести прибрежных акваторий Кавказского и Крымского шельфов Черного моря встречались особи с длиной тела (*SL*) от 49 до 233 мм, и с массой тела без внутренностей (*m*) от 4,3 до 396,6 г (табл. 2).

Таблица 2 – Линейно-массовые показатели морских ершей рассматриваемых акваторий

Акватория	*N*, экз.	*SL*, мм		*m*, г	
		$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$	*min–max*	$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$	*min–max*
Севастополь	104	134,1±2,53	85,0–191,0	83,9±3,41	20,9–159,9
Феодосия	104	126,2±3,92	49,0–233,0	88,8±6,76	4,3-257,6
Большой Утриш	112	126,1±4,93	54,0–231,0	101,0±9,79	5,8–396,6
Геленджик	106	130,0±2,37	85,0–214,0	81,3±4,88	22,4-346,8
Магри	57	132,9±3,56	87,0–211,0	83,5±5,97	18,5–227,8
Адлер	83	123,2±2,42	73,0–181,0	70,6±3,81	16,9–200,9

Из 567 изученных морских ершей у 289 особей (51,0 %) в желудках были отмечены остатки пищи (табл. 3). В выборке единично встречались особи без остатков пищи в желудках, но с ее следами в кишечнике. Указанных рыб в данном исследовании не учитывали.

На основе анализа доли рыб с остатками пищи в желудках можно сделать вывод о том, что из общего числа изученных особей (без учета сезонности) наиболее активно питались морские ерши районов Севастополя (61,5 % особей имели остатки пищи в желудках) и Феодосии – 59,6 %, наименее – рыбы районов Адлера (кормовые объекты обнаружены в желудках 41,0 % исследованных рыб) и Геленджика – 42,6 %.

В целом наибольшее количество рыб с остатками пищи в желудках было отмечено в летний сезон года (57,3 % от общего числа изученных рыб). При этом в отдельных акваториях выявлено отхождение от указанной закономерности.

Для большинства исследованных рыб была характерна низкая степень наполнения желудка – в пределах от 0 до 3 баллов. В весенний период в

районах Севастополя и Большого Утриша степень наполнения желудков рыб и вовсе не превышала 2 баллов. Только в летний сезон в районах Магри и Адлера единично были отмечены случаи поимки морских ершей с 4 баллом наполнения желудка. Особи со степенью наполнения желудков равной 5 баллам в рассмотренной выборке не встречались (табл. 4).

Таблица 3 – Данные о наличии пищи в желудках морских ершей рассматриваемых акваторий

Показатель	Сезон	Севастополь	Феодосия	Большой Утриш	Геленджик	Магри	Адлер	Всего
Всего исследовано желудков, шт.	Весна	29	49	23	18	—	44	156
Желудки с остатками пищи, шт.		13	23	6	9	—	17	68
Доля питавшихся рыб, %		44,8	46,9	26,1	50,0	—	38,6	43,6
Всего исследовано желудков, шт.	Лето	—	27	33	36	29	18	143
Желудки с остатками пищи, шт.		—	20	30	11	15	6	82
Доля питавшихся рыб, %		—	74,1	90,9	30,6	51,7	33,3	57,3
Всего исследовано желудков, шт.	Осень	82	29	56	52	28	21	268
Желудки с остатками пищи, шт.		51	19	15	25	18	11	139
Доля питавшихся рыб, %		62,2	65,5	26,8	48,1	64,3	52,4	51,9
Всего исследовано желудков, шт.	Всего	104	104	112	106	57	83	567
Желудки с остатками пищи, шт.		64	62	51	45	33	34	289
Доля питавшихся рыб, %		61,5	59,6	45,5	42,6	57,9	41,0	51,0

В среднем наибольшая среднегодовая степень наполнения желудков была характерна для рыб акваторий Крымского шельфа. Так средние значения степени наполнения желудков варьировали от 1,07±0,121 балла у рыб района Севастополя до 1,20±0,114 балла у морских ершей района Феодосии. Тогда как значения рассматриваемого показателя у рыб Кавказского шельфа не достигали 1-го балла, колеблясь в пределах от 0,65±0,085 у рыб района Геленджика до 0,96±0,111 и 0,96±0,167 в районах Большого Утриша и Магри соответственно.

Таблица 4 – Степень наполнения желудков морских ершей рассматриваемых акваторий

Акватория	Сезон	*N*, экз.	Степень наполнения желудка, балл	
			$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$	*min–max*
Севастополь	Весна	22	0,27±0,135	0,00—2,00
	Лето	—	—	—
	Осень	82	1,28±0,140	0,00—3,00
	Всего	104	1,07±0,121	0,00—3,00
Феодосия	Весна	49	0,96±0,170	0,00—3,00
	Лето	27	1,52±0,209	0,00—3,00
	Осень	29	1,31±0,217	0,00—3,00
	Всего	105	1,20±0,114	0,00—3,00
Большой Утриш	Весна	23	0,39±0,151	0,00—2,00
	Лето	33	2,27±0,153	0,00—3,00
	Осень	56	0,41±0,107	0,00—3,00
	Всего	112	0,96±0,111	0,00—3,00
Геленджик	Весна	18	0,89±0,267	0,00—3,00
	Лето	36	0,44±0,122	0,00—2,00
	Осень	52	0,71±0,118	0,00—3,00
	Всего	106	0,65±0,085	0,00—3,00
Магри	Весна	—	—	—
	Лето	29	0,90±0,207	0,00—4,00
	Осень	28	0,96±0,167	0,00—3,00
	Всего	57	0,93±0,132	0,00—4,00
Адлер	Весна	44	0,73±0,154	0,00—3,00
	Лето	18	1,28±0,378	0,00—4,00
	Осень	21	0,76±0,206	0,00—3,00
	Всего	83	0,86±0,127	0,00—4,00
В целом	Весна	156	0,71±0,083	0,00—3,00
	Лето	143	1,27±0,103	0,00—4,00
	Осень	268	0,92±0,067	0,00—3,00
	Всего	567	0,94±0,047	0,00—4,00

В целом наибольшее количество рыб с высокой степенью наполнения желудков было отмечено в летний период года (среднее значение показателя для рыб без географического деления 1,27±0,103 балла).

Более детализированную информацию об интенсивности питания рыб дает анализ индексов наполнения их желудков. У морских ершей

рассматриваемых акваторий данный показатель варьировал от 0 до 17,47 % при среднем значении 1,83±0,157 % (табл. 5).

Таблица 5 – Индексы наполнения желудков морских ершей рассматриваемых акваторий

Акватория	Сезон	*N*, экз.	Индекс наполнения желудка, %	
			$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$	*min–max*
Севастополь	Весна	22	0,16±0,093	0,00—1,74
	Лето	—	—	—
	Осень	82	3,60±0,594	0,00—16,31
	Всего	104	2,87±0,488	0,00—16,31
Феодосия	Весна	49	1,92±0,537	0,00—13,89
	Лето	27	4,46±0,890	0,00—15,09
	Осень	29	1,52±0,563	0,00—10,75
	Всего	105	2,47±0,388	0,00—15,09
Большой Утриш	Весна	23	0,35±0,176	0,00—3,17
	Лето	33	7,25±0,758	0,00—17,47
	Осень	56	0,24±0,132	0,00—6,25
	Всего	112	2,33±0,382	0,00—17,47
Геленджик	Весна	18	0,66±0,309	0,00—4,14
	Лето	36	0,36±0,156	0,00—4,38
	Осень	52	0,67±0,222	0,00—8,48
	Всего	106	0,57±0,132	0,00—8,48
Магри	Весна	—	—	—
	Лето	29	0,81±0,438	0,00—12,39
	Осень	28	0,64±0,231	0,00—4,38
	Всего	57	0,72±0,248	0,00—12,39
Адлер	Весна	44	1,42±0,536	0,00—15,01
	Лето	18	2,83±1,215	0,00—15,63
	Осень	21	0,32±0,154	0,00—2,062
	Всего	83	1,45±0,396	0,00—15,63
В целом	Весна	156	1,16±0,236	0,00—15,01
	Лето	143	3,13±0,374	0,00—17,47
	Осень	268	1,54±0,217	0,00—16,31
	Всего	567	1,83±0,157	0,00—17,47

Как видно из данных таблицы в среднем наибольшие значения индексов наполнения желудков были характерны для морских ершей района Севастополя

(среднегодовой индекс наполнения желудка 2,87±0,488 %), Феодосии (2,47±0,388) и Большого Утриша (2,33±0,382 %). Для более восточных акваторий значения данного показателя варьировали от 0,57±0,132 % у рыб района Геленджика до 1,45±0,396 % у адлерских рыб. У морских ершей района Магри среднегодовое значение индекса наполнения желудка было равно 0,72±0,248 %.

Набольшее значение индексов наполнения было характерно для рыб, пойманных в летний период года (3,13±0,374 %), что согласуется с проведенным ранее анализом доли рыб с остатками пищи в желудках и изучением степени наполнения желудков рыб. При этом, как и в предыдущих анализах в отдельных акваториях выявлено отхождение от общей закономерности.

Для проверки достоверности имеющихся различий был проведен статистический анализ. Проверка нормальности распределения значений индексов наполнения желудков показала, что оно не является нормальным (по критерию Колмогорова-Смирнова $KS\ d = 0{,}034$, $p < 0{,}010$, по критерию Шапиро-Уилка, $W = 0{,}995$, $p = 0{,}000$). Таким образом, на средние значения показателей значительное влияние оказывали «выбросы» − точки, сильно выбивающиеся из выборки и не вписывающиеся в общую модель. В данной связи в дальнейшем анализе были использованы методы непараметрической статистики.

С помощью критерия Краскела-Уоллиса была проведена оценка степени влияния фактора «сезон года» на индексы наполнения желудков морских ершей. Было установлено, что время года оказывает статистически достоверное влияние на питание особей ($H = 24{,}211$, $p = 0{,}000$). Таким образом, время года имеет важную роль в пищевой активности морских ершей.

Для оценки достоверности имеющихся географических различий использовали критерий Манна-Уитни. Анализ географических различий проводили с учетом сезона года.

Было установлено, что в весенний период значения индексов наполнения желудков морских ершей района Феодосии были статистически достоверно выше, чем у особей районов Севастополя (p = 0,025) и Большого Утриша (p = 0,040).

В летний период индексы наполнения желудков морских ершей района Феодосии были достоверно выше, чем у рыб районов Геленджика (p = 0,000) и Магри (p = 0,001) и ниже, чем у особей района Большого Утриша (p = 0,018). Кроме того в летний период интенсивность питания рыб района Большого Утриша была достоверно выше чем у особей районов Магри (p = 0,000), Геленджика (p = 0,000) и Адлера (p = 0,001). А у рыб района Гленеджика – выше, чем у особей района Адлера (p = 0,039).

Осенью индексы наполнения желудков морских ершей района Севастополя была статистически достоверно выше, чем у рыб районов Большого Утриша (p = 0,000) и Геленджика (p = 0,026). При этом у рыб района Большого Утриша интенсивность питания осенью была ниже, чем у рыб районов Феодосии (p = 0,000), Магри (p = 0,002) и Геленджика (p = 0,025). А у морских ершей района Геленджика значения индексов наполнения желудков в осенний период были достоверно ниже у рыб района Феодосии (p = 0,043).

В исследованных желудках морских ершей обнаружены кормовые объекты, относящиеся к трем типам, четырем классам, 19 семействам, 19 родам животных и минимум 20 видам животных. Наибольшим видовым разнообразием среди пищи изученных морских ершей характеризовались представители типов хордовые (класс лучеперые рыбы) – 10 родов и минимум 11 видов животных и членистоногие – 8 родов и минимум 8 видов. Тип моллюски включал всего один вид. В разных акваториях таксономический состав пищи морских ершей различался (табл. 6).

Таблица 6 – Таксономический состав пищи морских ершей рассматриваемых акваторий

	Кормовой объект	Севастополь	Феодосия	Б. Утриш	Геленджик	Магри	Адлер
	тип Моллюски (Mollusca) класс Двустворчатые (Bivalvia)						
1	Митилястер *Mytilaster lineatus* (Gmelin, 1791)	—	—	+	—	+	+
	тип Членистоногие (Arthropoda) класс Высшие раки (Malacostraca) отряд Десятиногие (Decapoda)						
2	Мраморный краб *Pachygrapsus marmoratus* (Fabricius, 1787)	—	—	+	—	+	+
3	Краб-водолюб *Xantho poressa* (Olivi, 1792)	+	—	+	+	+	+
4	Краб-плавунец *Liocarcinus vernalis* (Risso, 1827)	—	+	+	—	+	—
5	Каменный краб *Eriphia verrucosa* (Forskal, 1775)	—	—	—	—	+	—
6	Морской крот *Upogebia pusilla* (Petagna, 1792)	—	—	—	—	+	—
7	Креветка-палемон *Palaemon spp.*	+	+	+	+	+	+
	отряд Равноногие (Isopoda)						
8	Морской таракан *Idotea spp.*	+	+	—	—	—	+
	класс морские пауки (Pycnogonida) отряд Пантоподы (Pantopoda)						
9	Краб-паук *Macropodia czernjawskii (Brandt, 1880)*	—	+	—	—	—	—
	тип Хордовые (Chordata) класс Лучеперые рыбы (Actinopterygii)						
10	Барабуля черноморская *Mullus barbatus ponticus* Essipov, 1927	+	+	+	+	+	+
11	Ставрида черноморская *Trachurus mediterraneus ponticus* Aleev, 1956	+	+	+	—	—	+
12	Губан-перепелка *Symphodus roissali* (Risso, 1810)	—	—	—	+	+	+
13	Сарган черноморский *Belone belone euxini* Gűnther, 1866	—	+	—	+	—	—
14	Рыба-игла *Syngnathus spp.*	—	—	+	—	—	—
15	Песчанка *Ammodytes spp.*	—	—	—	+	—	—
16	Бычок-песочник *Neogobius fluviatilis* (Pallas, 1814)	—	+	—	—	—	—
17	Бычок-кругляк *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814)	—	+	—	—	—	—
18	Смарида *Spicara flexuosa* Rafinesque, 1810	+	—	—	—	—	—
19	Мерланг черноморский *Merlangius merlangus euxinus* (Nordmann, 1840)	+	—	—	—	—	—
20	Морской ерш *Scorpaena porcus* (Linnaeus, 1758)	—	+	—	—	—	—
Всего		7	10	8	6	9	8

Как видно из таблицы 6, наибольшим видовым разнообразием кормовых объектов морских ершей характеризовалась акватория района Феодосии, где в качестве пищи морских ершей были отмечены представители 10 видов

животных, наименьшим – Геленджик (шесть видов животных). В районе Магри в питании морских ершей были отмечены представители девяти видов, в районах Большого Утриша и Адлера – по восемь видов, и для морских ершей района Севастополя в питании было отмечено семь видов животных.

Как видно, спектр питания морского ерша включает преимущественно донные (бентосные) или придонные (нектобентосные) виды рыб и беспозвоночных. К числу донных можно отнести двустворчатых моллюсков – митилястеров, ракообразных – крабов и морского крота, рыб – барабулю черноморскую, бычка-песочника. Из группы нектобентосных форм в пище морского ерша отмечены креветки, морские тараканы, ставрида черноморская, губан-перепелка, сарган черноморский, рыба-игла, песчанка, бычок-кругляк, и морской ерш.

Для анализа предпочтений морских ершей в добыче оценивали долю особей с остатками в желудках кормовых объектов разных групп (рыбы, членистоногие, моллюски) от общего числа сытых рыб в рассматриваемом районе (рис. 2).

В четырех из шести рассмотренных акваторий (Севастополь, Большой Утриш, Геленджик, Адлер) в питании изученных морских ершей доминировали лучеперые рыбы, их доля составила 80,7, 81,6, 64,0 и 60,0 % соответственно. Субдоминантной группой в питании морских ершей указанных районов были членистоногие, доля которых колебалась от 22,6 % в рационах севастопольских особей до 44,0 % в питании рыб района Геленджика.

В двух акваториях (район Феодосии и Магри) приоритетной добычей морских ершей были членистоногие (доля в питании – 65,3 и 66,7 % соответственно). При этом рыбы также имели важное значение в рационах морских ершей данных районов (в районе Феодосии их доля составила 48,4 %, в районе Магри – 38,1 %).

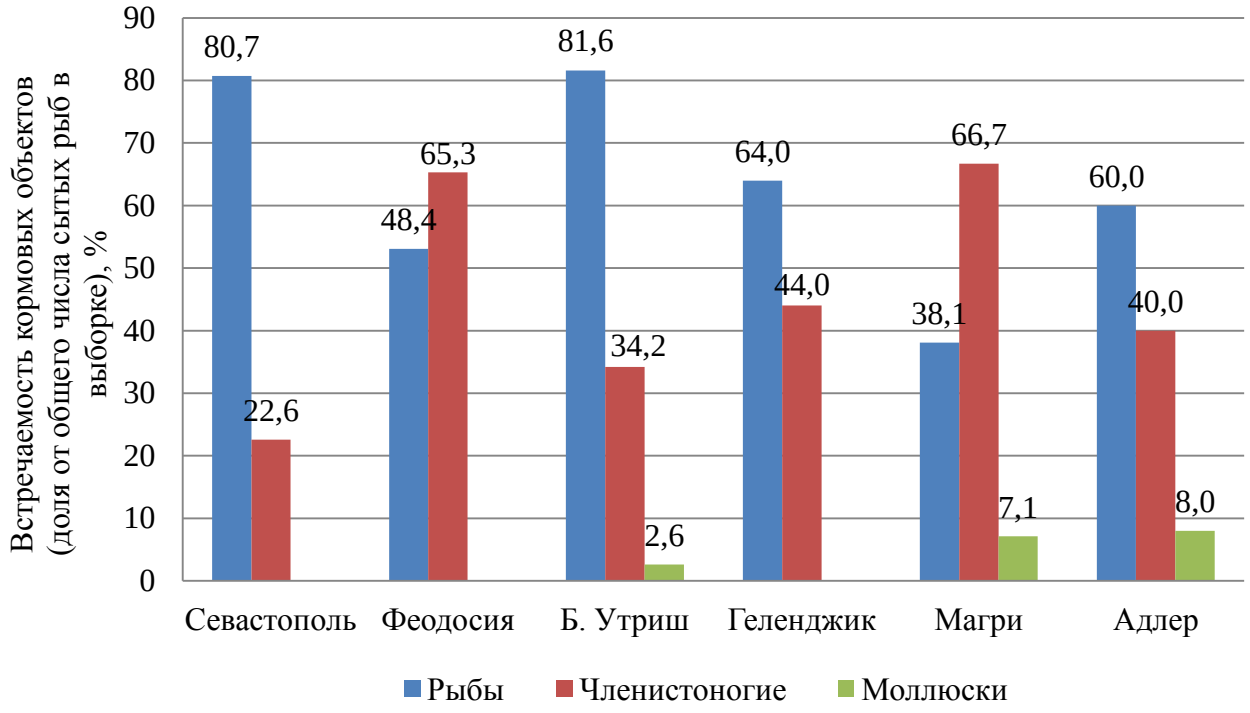


Рисунок 2 – Соотношение объектов питания в пищевых комках морских ершей рассматриваемых акваторий

Моллюски (митилястер) единично встречались в питании морских ершей районов Большого Утриша (2,6 %), Магри (7,1 %) и Адлера (8,0 %) и не были отмечены в желудках особей районов Севастополя, Феодосии и Геленджика.

В целом, ярко выраженного доминирующего кормового объекта, преобладавшего по численности в желудках рассматриваемых особей не выявлено. Наиболее многочисленным объектами питания являлись лучеперые рыбы и крабы. При этом у многих особей в желудках одновременно встречались представители разных таксономических групп.

Отдельно стоит отметить, что для морских ершей района Феодосии зафиксирован случай каннибализма, а в районах Магри и Геленджика в желудках морских ершей единично отмечены фрагменты бурых водорослей. Ряд авторов отмечают водоросли качестве случайной пищи морских ершей [20, 21] в том числе бурые водоросли [7, 10] и пирофитовые [22]. Наиболее вероятно, что водоросли попадают в желудок морских ершей случайно при захвате добычи с субстрата [13, 23]. В подтверждение этого косвенно указывает

единичное присутствие камней и мелкой гальки в желудках морских ершей, что было отмечено нами для большинства рассмотренных акваторий.

В целом, видовое разнообразие объектов питания, так и кормовые предпочтения морских ершей разных районов несколько различались, но при этом во всех рассмотренных акваториях морские ерши предпочитали в качестве пищи подвижную добычу (лучеперых рыб, десятиногих ракообразных, морских тараканов).

Данный факт, вероятно, в значительной степени связан со способом обнаружения пищи морским ершом, который активно использует хорошо развитую боковую линию. О важности этого рецептора в добывании пищи рассматриваемым видом свидетельствует тот факт, что даже ослепленные ерши практически безошибочно захватывают добычу [9]. У ослепленных ершей колебания водной толщи на расстоянии 30–35 см от рыбы вызывают поднятие спинного плавника, при повторении этого раздражения – поворот к источнику колебаний, а с приближением его на расстояние 5–6 см – хватательную реакцию [12].

Об условиях нагула особей можно судить по важному физиологическому показателю – коэффициенту упитанности. Чем выше упитанность особей, тем лучше условия их нагула и наоборот [24]. Наиболее объективным является использование коэффициентов упитанности рассчитанных по методу по Ф.Н. Кларк [17], т.к. при расчете данного показателя используют массу тела без внутренностей, в результате чего масса пищевого комка и степень развития половых продуктов особи не оказывают влияние на показатель упитанности, в отличие показателя, предложенного Т.В. Фультоном [25].

Значения коэффициентов упитанности морских ершей шести рассматриваемых акваторий Черного моря в разные сезоны года приведены в таблице 7.

Для более полного представления о распределении значений коэффициентов упитанности были построены диаграммы «ящики с усами»

медиан рассматриваемого показателя, т.к. в отличие от среднего арифметического медиана не искажается крайними случайными значениями (рис. 3).

Таблица 7 – Значения коэффициентов упитанности по Кларк морских ершей рассматриваемых акваторий

Акватория	Сезон	*N*, экз.	Коэффициент упитанности по Кларк	
			$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$	*min–max*
Севастополь	Весна	22	3,71±0,080	3,08—4,42
	Лето	—	—	—
	Осень	82	3,29±0,032	2,52—4,08
	Всего	104	3,38±0,035	2,52—4,42
Феодосия	Весна	49	3,83±0,043	3,32—4,51
	Лето	27	3,58±0,057	3,00—4,05
	Осень	29	3,51±0,065	2,89—4,69
	Всего	105	3,68±0,033	2,89—4,69
Большой Утриш	Весна	23	3,78±0,100	2,81—4,53
	Лето	33	3,42±0,064	2,77—4,52
	Осень	56	3,76±0,053	2,72—4,78
	Всего	112	3,67 ±0,041	2,72—4,78
Геленджик	Весна	18	3,78±0,062	3,27—4,33
	Лето	36	3,38±0,054	2,68—4,27
	Осень	52	3,48±0,0,49	2,84—4,30
	Всего	106	3,50 ±0,034	2,68—4,33
Магри	Весна	—	—	—
	Лето	29	3,51±0,058	3,00—4,05
	Осень	28	3,62±0,071	2,81—4,33
	Всего	57	3,56±0,045	2,81—4,33
Адлер	Весна	44	3,65±0,057	2,96—4,25
	Лето	18	3,60±0,066	2,70—3,99
	Осень	21	3,80±0,106	3,00—4,53
	Всего	83	3,68±0,043	2,70—4,53
В целом	Весна	156	3,75±0,030	2,81—4,53
	Лето	143	3,48±0,280	2,68—4,52
	Осень	268	3,52±0,025	2,52—4,78
	Всего	567	3,57±0,017	2,52—4,78

Как видно из данных таблицы 7 и рисунка 3, значения упитанности особей были достаточно высокими (среднегодовое значение показателя варьировало от 3,38±0,035 у особей района Севастополя до 3,68±0,033 и 3,68±0,043 у особей районов Феодосии и Адлера соответственно). Данный факт свидетельствует о схожих хороших условиях нагула во всех рассмотренных акваториях.

Однако, как в значениях коэффициентов упитанности рыб разных акваторий имелись некоторые отличия. Для оценки достоверности этих отличий был проведен сравнительный статистический анализ.

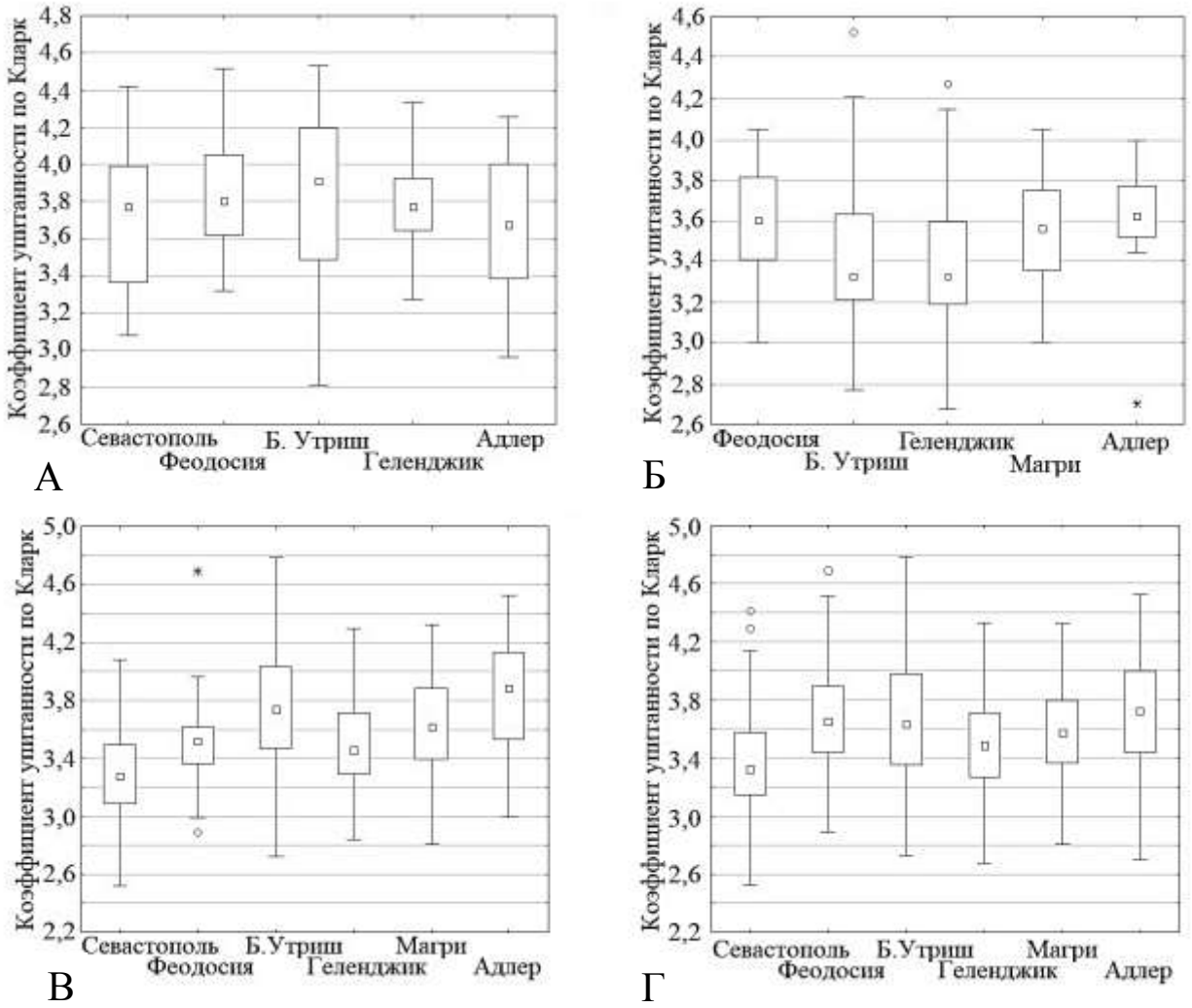


Рисунок 3 – Коэффициенты упитанности морских ершей рассматриваемых акваторий: А – весна; Б – лето; В – осень; Г – все сезоны

Предварительная проверка нормальности распределения показала, что распределение значений коэффициентов упитанности по Кларк носит нормальный характер (по Колмогорову-Смирнову *FS d* = 0,034, *p* > 20, по Шапиро-Уилку *W* = 0,995, *p* = 0,080). В данной связи, в дальнейшем нами были использованы методы параметрической статистики.

Однофакторный дисперсионный анализ степени влияния фактора «сезон года» на значения коэффициентов упитанности морских ершей, показал, что время года оказывает статистически достоверное влияние на упитанность особей (*F* = 23,740, *p* = 0,000). Таким образом, как и в случае с интенсивностью питания, время года закономерно оказывает значительное влияние на упитанность морских ершей.

Оценка достоверности имеющихся географических различий была проведена с помощью *t*-критерия Стьюдента с учетом сезона года.

Статистический анализ показал, что в весенний период показатели коэффициентов упитанности морских ершей района Адлера были достоверно ниже, чем у особей Феодосийского залива (*p* = 0,013, *t* = 2,532).

В летний период упитанность морских ершей района Геленджика была достоверно ниже, чем у рыб Феодосии (*t* =2,538, *p* = 0,014) и Адлера (*t* = 2,484, *p* = 0,016).

Наиболее различна упитанность рыб была в осенний период. Так осенью значения коэффициентов упитанности морских ершей района Севастополя были ниже, чем у рыб всех других рассматриваемых акваторий (при сравнении упитанности морских ершей района Севастополя с особями района Феодосии *t* = 3,328, *p* = 0,001, Большого Утриша – *t* = 8,172, *p* = 0,001, Геленджика – *t* = 3,448, *p* = 0,001, Магри *t* = 4,936, *p* = 0,000, Адлера – *t* = 6, 207, *p* = 0,000). У рыб Феодосийского залива упитанность была достоверно ниже, чем у особей Большого Утриша (*t* = 2,952, *p* = 0,004) и Адлера (*t* = 2,479, *p* = 0,017). У рыб района Геленджика ниже, чем у морских ершей Большого Утриша (*t* = 3,478,

p = 0,000) и Адлера (t = 3,798, p = 0,003).

В целом, несмотря на существующие различия в интенсивности питания, видовом составе пищи и кормовых предпочтениях морских ершей разных акваторий, упитанность особей всех районов была на относительно высоком уровне. Данный факт может свидетельствовать о высокой степени адаптационных способностей рассматриваемого вида, позволяющей группировкам морских ершей успешно заселять районы со значительно отличающимися трофическими условиями.

Выводы

1. В ходе проведенного исследования было установлено, что во всех рассмотренных акваториях морские ерши активно питались (в выборках доля рыб с остатками пищи в желудках колебалась от 41,0 % в районе Адлера до 61,5 % в районе Севастополя). Анализ индексов наполнения желудков показал, что в среднем наибольшие значения данного показателя были характерны для морских ершей района Севастополя (среднегодовой индекс наполнения желудка 2,87±0,488 %), Феодосии (2,47±0,388 %) и Большого Утриша (2,33±0,382 %). Для более восточных акваторий значение рассматриваемого показателя варьировало от 0,57±0,132 % у рыб района Геленджика до 1,45±0,396 % у адлерских рыб и составляло 0,72±0,248 % у морских ершей района Магри. В ходе исследования статистически подтверждена зависимость интенсивности питания от сезона года.

2. Наибольшее видовое разнообразие объектов питания изученных морских ершей было отмечено для рыб района Феодосии (не менее 10 видов), наименьшее – для особей района Геленджика (не менее 6 видов). Спектр питания изученных морских ершей включал преимущественно донные (бентосные) или придонные (нектобентосные) виды рыб и беспозвоночных. Во всех рассмотренных акваториях морские ерши предпочитали в качестве пищи подвижную добычу (лучеперых рыб, десятиногих ракообразных, морских тараканов).

3. В четырех из шести рассмотренных акваторий (Севастополь, Большой Утриш, Геленджик, Адлер) в питании изученных морских ершей доминировали лучеперые рыбы, субдоминантной группой были членистоногие. В двух акваториях (район Феодосии и Магри) приоритетной добычей морских ершей были членистоногие и в несколько меньшей степени рыбы. Моллюски были единично отмечены лишь в рационах морских ершей районов Большого Утриша, Магри и Адлера. При этом характерно, что у многих особей в желудках одновременно встречались представители разных таксономических групп.

4. Во всех шести рассмотренных акваториях значения упитанности морских ершей были достаточно высокими (среднегодовое значение коэффициента упитанности по Кларк варьировало от 3,38±0,035 у особей района Севастополя до 3,68±0,033 и 3,68±0,043 у особей районов Феодосии и Адлера соответственно). Данный факт свидетельствует о хороших условиях нагула во всех рассмотренных районах. Установлена статистическая зависимость упитанности особей от времени года.

Благодарности. Авторы выражают глубокую благодарность ведущему научному сотруднику Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), к.б.н. А.Н. Пашкову за оказанную помощь в проведении исследования.

Список использованной литературы:

1. *Пашков А.Н., Шевченко Н.Ф., Овен Л.С. и др.* Распределение, численность и основные популяционные характеристики морского ерша *Scorpaena porcus* в условиях антропогенного загрязнения Черного моря // Вопросы ихтиологии. 1999. Т. 39. № 5. С. 661-668.
2. *Boissin E., Micu D., Janczyszyn-Le Goff M., Neglia V.,Bat L.,Todorova V., Panayotova M., Kruschel C., Macic V., Milchakova N., Keskin C., Anastasopoulou A., Nasto I., Zane L., Planes S.* Contemporary genetic structure and postglacial demographic history of black scorpionfish *Scorpaena porcus*, in the Mediterranean and the Black Seas // Molecular Ecology. 2016. V. 25. P. 2195-2209.
3. *Малахова Л.В., Скуратовская Е.Н., Малахова Т.В., Болтачев А.Р., Лобко В.В.* Хлорорганические соединения в ерше *Scorpaena porcus* Linnaeus, 1758 в акватории Севастополя (Черное море): пространственное распределение и биологический отклик на уровень накопления загрязнителей // Морской биологический журнал. 2018. Т. 3. №. 4. С. 51-63. DOI: 10.21072/mbj.2018.03.4.06.

4. *Пашков А.Н.* Ихтиофауна прибрежного шельфа Черного моря в полигалинных акваториях: автореферат дис. … канд. биол. наук: 03.00.10 / Андрей Николаевич Пашков. Москва, 2001. 25 с.
5. *Андрияшев А.П.* Способы добывания пищи у морского ерша (*Scorpaena porcus* L.) // Журнал общей биологии. 1944. Т. 5. № 1. С. 56-59.
6. *Фортунатова К.Р.* Биология питания морского ерша // Труды Севастопольской биологической станции. 1949. Т. 7. С. 193-236.
7. *Виноградова З.А.* О явлении линьки у некоторых рыб Черного моря // Труды Карадагской биологической станции. 1950. Вып. 9. С. 70-81.
8. *Смирнов А.Н.* Материалы по биологии рыб Черного моря в районе Карадага // Труды Карадагской биологической станции. 1959. Вып. 15. С. 32-102.
9. *Протасов В.Р.* Зрение и ближняя ориентация рыб. М.: Наука, 1968. 200 с.
10. *Дука Л.А., Гордина А.Д.* Видовой состав и питание молоди рыб Черного моря в зарослях цистозиры // Биология моря. 1971. Вып. 23. С. 133-149.
11. *Гирса И.И.* Освещенность и поведение рыб. М., 1981. 164 с.
12. *Смирнов А.И.* Окунеобразные, скорпенообразные, камбалообразные, удильщикообразные, присоскоперообразные / Фауна Украины. В 40-а т. Т. 8. Рыбы. Вып. 4. Киев, 1986. 384 с.
13. *Кузьминова Н.С., Чеснокова И.И., Архипова С.В.* Современные сведения о питании и пищеварении черноморской скорпены (*Scorpaens porcus* L.) // Экосистемы. 2017. Вып. 10. С. 52-63.
14. *Тимофеев В.А., Кузьминова Н.С., Бондаренко Л.В., Куликов Г.В.* Современные сведения о пищевом спектре черноморской скорпены *Scorpaaena porcus* Linnaeus, 1758 // Вестник ИБ Коми НЦ УрО РАН. 2020. № 1. С. 2-12.
15. *Пряхин Ю.В., Шкицкий В.А.* Методы рыбохозяйственных исследований: учебное пособие. Краснодар, 2006. 214 с.
16. Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях. М.: Наука, 1974. 254 с.
17. *Clark F.N.* The weight-length relationship of the California sardine (*Sardina caerulea*) at San Pedro // Fish Bulletin. 1928. № 12. P. 5-59.
18. *Лакин Г.Ф.* Биометрия. М., 1990. 352 с.
19. *Животовский Л.А.* Популяционная биометрия. М.: Наука, 1991. 271 с.
20. *Arculeo M., Froglia C., and Riggio, S.* Food partitioning between *Serranus scriba* and *Scorpaena porcus* (Perciformes) on the infralittoral ground of the south Tyrrhenian Sea // Cybium: International Journal of Ichthyology. 1993. V. 17. № 3. P. 251-258.
21. *Rosca I., Arteni O.M.* Feeding ecology of black scorpion fish (*Scorpaena porcus* Linnaeus, 1758) from the Romanian Black Sea (Agigea-Eforie Nord area) // Animal Biology and Animal Husbandry. International Journal of the Bioflux Society. 2010. V. 2. № 1. P. 39-46.
22. *Pallaoro A., Jardas, I.* Food and feeding habits of black scorpionfish (*Scorpaena porcus* L. 1758) (Pisces, Scorpaenidae) along the Adriatic coast // Acta Adriatica. 1991. V. 32. № 2. P. 895-898.
23. *Harmelin-Vivien M.L., Kaim-Malka R.A., Ledoyer M., Jacob-Abraham S.S.* Food partitioning among scorpaenid fishes in Mediterranean seagrass beds // Journal of Fish Biology. 1989. V. 34. P. 715-734.
24. *Никольский Г.В.* Экология рыб. М., 1974. 357 с.
25. *Fulton T.W.* Rate of growth of Sea Fish // Fishery Board for Scotland. 1902. V. 20, № 3. P. 226-334.

References:

1. Pashkov A.N., Shevchenko N.F., Oven L.S. et al. Raspredelenie, chislennost' i osnovnye populyacionnye harakteristiki morskogo ersha *Scorpaena porcus* v usloviyah antropogennogo

zagryazneniya Chernogo morya [Distribution, assessment and prevalence of population characteristics of the black scorpionfish *Scorpaena porcus* under the conditions of anthropogenic damage to the Black Sea]. *Voprosy ihtiologii* [Journal of Ichtyology], 1999, vol. 39, no. 5, pp. 661-668. (In Russian).

2. Boissin E., Micu D., Janczyszyn-Le Goff M., Neglia V.,Bat L.,Todorova V., Panayotova M., Kruschel C., Macic V., Milchakova N., Keskin C., Anastasopoulou A., Nasto I., Zane L., Planes S. Contemporary genetic structure and postglacial demographic history of black scorpionfish *Scorpaena porcus*, in the Mediterranean and the Black Seas. *Molecular Ecology*, 2016, vol. 25, pp. 2195-2209. (In English).
3. Malahova L.V., Skuratovskaya E.N., Malahova T.V., Boltachev A.R., Lobko V.V. Hlororganicheskie soedineniya v ershe *Scorpaena porcus* Linnaeus, 1758 v akvatorii Sevastopolya (Chernoe more): prostranstvennoe raspredelenie i biologicheskij otklik na uroven' nakopleniya zagryaznitelej [Organochlorine compounds in scorpion fish *Scorpaena porcus* Linnaeus, 1758 in the Sevastopol marine area (Black Sea): spatial distribution and biological response]. *Morskoj biologicheskij zhurnal* [Marine Biological Journal], 2018, vol. 3, no. 4, pp. 51-63. (In Russian). DOI: 10.21072/mbj.2018.03.4.06.
4. Pashkov A.N. *Ikhtiofauna pribrezhnogo shelfa Chernogo morya v poligalinnykh akvatoriyakh. Avtoref. diss. ... kand. biol. nauk* [Ichthyofauna of the coastal shelf of the Black Sea in polyhaline water areas. Cand. biol. sci. diss. abstr.]. Moscow, 2001, 25 p. (In Russian).
5. Andriyashev A.P. Sposoby dobyvaniya pishchi u morskogo ersha (*Scorpaena porcus* L.) [Methods of obtaining food from the black scorpionfish (*Scorpaena porcus* L.)]. *Zhurnal obshchej biologii* [Journal of General Biology], 1944, vol. 5, no. 1, pp. 56-59. (In Russian).
6. Fortunatova K.R. Biologiya pitaniya morskogo ersha [Nutritional biology of the black scorpionfish]. *Trudy Sevastopol'skoj biologicheskoj stancii* [Proceedings of the Sevastopol Biological Station], 1949, vol. 7, pp. 193-236. (In Russian).
7. Vinogradova Z.A. O yavlenii lin'ki u nekotoryh ryb Chernogo morya [On the phenomenon of molting in some fish of the Black Sea]. *Trudy Karadagskoj biologicheskoj stancii* [Proceedings of the Karadag Biological Station], 1950, no. 9, pp. 70-81. (In Russian).
8. Smirnov A.N. Materialy po biologii ryb Chernogo morya v rajone Karadaga [Materials on the biology of Black Sea fish in the Karadag region]. *Trudy Karadagskoj biologicheskoj stancii* [Proceedings of the Karadag Biological Station], 1959, no. 15, pp. 32-102. (In Russian).
9. Protasov V.R. *Zrenie i blizhnyaya orientaciya ryb* [Vision and near orientation of fish]. Moscow, 1968, 200 p. (In Russian).
10. Duka L.A., Gordina A.D. Vidovoj sostav i pitanie molodi ryb Chernogo morya v zaroslyah cistoziry [Species composition and nutrition of juvenile fish of the Black Sea in cystoseira thickets]. *Biologiya morya* [Marine Biology], 1971, no. 23, pp. 133-149. (In Russian).
11. Girsa I.I. *Osveshchennost' i povedenie ryb* [Lighting and fish behavior]. Moscow, 1981, 164 p. (In Russian).
12. Smirnov A.I. *Okuneobraznye, skorpenoobraznye, kambaloobraznye, udil'shchikoobraznye, prisoskoperoobraznye. Fauna Ukrainy v 40-a tomakh* [Perciformes, scorpaeniformes, flatfish, anglerfish, gobiesociformes. Fauna of Ukraine In the 40th vols]. Vol. 8. Fish, iss. 4. Kiev, 1986. 384 p. (In Russian).
13. Kuz'minova N.S., Chesnokova I.I., Arhipova S.V. Sovremennye svedeniya o pitanii i pishchevarenii chernomorskoj skorpeny (*Scorpaens porcus* L.) [Modern information about the nutrition and digestion of the black scorpionfish (*Scorpaens porcus* L.)]. *Ekosistemy* [Ecosystems], 2017, no. 10, pp. 52-63. (In Russian).
14. Timofeev V.A., Kuz'minova N.S., Bondarenko L.V., Kulikov G.V. Sovremennye svedeniya o pishchevom spektre chernomorskoj skorpeny *Scorpaaena porcus* Linnaeus, 1758 [Modern information on the food spectrum of the black scorpionfish *Scorpaaena porcus* Linnaeus, 1758]. *Vestnik IB Komi NC UrO RAN* [Messenger of Komi UB SC of RAS], 2020, no 1, pp. 2-12. (In Russian).

15. Pryahin Yu.V., Shkickij V.A. *Metody rybohozyajstvennyh issledovanij* [Methods of fisheries research]. Krasnodar, 2006, 214 p. (In Russian).
16. *Metodicheskoe posobie po izucheniyu pitaniya i pishchevyh otnoshenij ryb v estestvennyh usloviyah* [Methodological manual for the study of nutrition and nutritional relations of fish in special conditions]. Moscow, 1974, 254 p. (In Russian).
17. Clark F.N. The weight-length relationship of the California sardine (*Sardina caerulea*) at San Pedro. *Fish Bulletin*, 1928, no. 12, pp. 5-59. (In English).
18. Lakin G.F. *Biometriya* [Biometrics]. Moscow, 1990, 352 p. (In Russian).
19. Zhivotovskij L.A. *Populyacionnaya biometriya* [Population Biometrics]. Moscow, 1991, 271 p. (In Russian).
20. Arculeo M., Froglia C., and Riggio, S. Food partitioning between *Serranus scriba* and *Scorpaena porcus* (Perciformes) on the infralittoral ground of the south Tyrrhenian Sea. *Cybium: International Journal of Ichthyology*, 1993, vol. 17, no. 3, pp. 251-258. (In English).
21. Rosca I., Arteni O.M. Feeding ecology of black scorpion fish (*Scorpaena porcus* Linnaeus, 1758) from the Romanian Black Sea (Agigea-Eforie Nord area). *Animal Biology and Animal Husbandry. International Journal of the Bioflux Society*, 2010, vol. 2, no 1, pp. 39-46. (In English).
22. Pallaoro A., Jardas I. Food and feeding habits of black scorpionfish (*Scorpaena porcus* L., 1758) (Pisces, Scorpaenidae) along the Adriatic coast. *Acta Adriatica*, 1991, vol. 32, no. 2, pp. 895-898. (In English).
23. Harmelin-Vivien M.L., Kaim-Malka R.A., Ledoyer M., Jacob-Abraham S.S. Food partitioning among scorpaenid fishes in Mediterranean seagrass beds. *Journal of Fish Biology*, 1989, vol. 34, pp. 715-734. (In English).
24. *Nikol'skij G.V. Ekologiya ryb* [Ecology of fish]. Moscow, 1974, 357 p. (In Russian).
25. Fulton T.W. Rate of growth of Sea Fish. *Fishery Board for Scotland*, 1902, vol. 20, no. 3, pp. 226-334. (In English).

Сведения об авторах / Information about authors

Полин Антон Алексеевич	начальник отдела рыбоводства Азово-Черноморского филиала Главное бассейновое управление по рыболовству и сохранению водных биологических ресурсов (Главрыбвод) 350038, Краснодар, ул. Филатова, 17 polin_a_a@mail.ru
Polin Anton Alekseevich	Head of fish farming department of Azov-Black Sea Branch The Main Basin Department for Fisheries and Conservation of Aquatic Biological Resources (Glavrybvod) 350038, Krasnodar, Filatova str., 17 polin_a_a@mail.ru
Денисова Татьяна Викторовна	д-р биол. наук, профессор кафедры экологии и природопользования Академии биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского Южный Федеральный университет 344090, Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 194, к.1 e-mail: denisova777@inbox.ru
Denisova Tatyana Viktorovna	Dr. Sci. (Biol.), Professor of Department of Ecology and Nature Management of D.I. Ivanovsky Academy of Biology and Biotechnology Southern Federal University 344000, Rostov-on-Don, Stachki str., 194/1 denisova777@inbox.ru

УДК 639.2.03

Пятинский М.М., Надолинский В.П., Жукова С.В., Надолинский Р.В., Бурлачко Д.С., Козоброд И.Д.

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОЛЕНОСТИ АЗОВСКОГО МОРЯ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗАПАСА И ЧИСЛЕННОСТЬ ЛИЧИНКИ ТЮЛЬКИ В ПЕРИОД 2000-2020 ГГ.

Аннотация. Представлены результаты анализа многолетних данных научного мониторинга состояния популяции тюльки и показателей солености в Азовском море. Многолетний анализ показал наличие значимой отрицательной связи между продуктивностью запаса тюльки и изменениями показателей солености и отсутствие связи между средней численностью личинки в Таганрогском заливе и показателем солености в период 2000-2020 гг. Отмечено отсутствие значимой связи между средней численностью личинки и нерестовой биомассой запаса и численностью пополнения. Детальный пространственный кросс-корреляционный анализ показал наличие стационарной, преимущественно отрицательной, связи между показателями солености Таганрогского залива и численностью личинки тюльки в 2006, 2015, 2018 гг. Результаты указывают на существенные изменения в распределении тюльки в Таганрогском заливе в 2015 г. по сравнению с 2006 и 2018 гг.
Ключевые слова: тюлька, соленость, Азовское море, Таганрогский залив, пространственный анализ, временной анализ.

Piatinskii M.M., Nadolinskii V.P., Zhukova S.V., Nadolinskii R.V., Burlachko D.S., Kozobrod I.D.

INFLUENCE OF AZOV SEA SALINITY INTO COMMON TYULKA REPRODUCTION POTENTIAL RATE AND LARVA NUMBERS DURING THE PERIOD 2000-2020

Abstract. Long-term scientific monitoring data of Azov Sea common tyulka and salinity observation analysis results are presented. Significant negative relationship between stock productivity and salinity trend, non-significant relationship between larva numbers and salinity in long-term assessment during the period 2000-2020 are confirmed. No significant relationship between spawning stock biomass and larva numbers are noted. Detailed spatial cross-correlation assessment shows significant stationary spatial, mostly negative, relationship between salinity factor and common tyulka larva numbers in 2006, 2015 and 2018. In 2015 there is significant changes in common tyulka distribution in Taganrog Bay was observed compared within 2006 and 2018.
Keywords: common tyulka, salinity, Azov Sea, Taganrog Bay, spatial analysis, time-series analysis.

Введение. Черноморско-азовская тюлька *Clupeonella cultriventris* является представителем семейства мелкосельдевых рыб *Clupeidae*, обитающей в бассейнах Каспийского, Черного и Азовских морей. Тюлька является стайным, пелагическим планктоноядным представителем ихтиоценозов этих морей. В Азовском море тюлька является одним из самых массовых аборигенных видов рыб [1].

В Азовском море размножение тюльки происходит преимущественно в акватории Таганрогского залива. Гидрологические условия бассейна оказывают ключевое влияние на условия воспроизводства [2]. Среди наиболее значимых факторов среды выделяют: соленость и температуру воды, волнение и освещенность [2, 3]. Другим, наиболее значимым фактором, регулирующим долю выжившей личинки и молоди, является обеспеченность кормовым зоопланктоном.

Нерест тюльки происходит преимущественно в мае. Икрометание – порционное, с начала мая до конца июня. Размножение её происходит преимущественно в Таганрогском заливе. Гидрологические условия бассейна влияют на условия воспроизводства. Так, величина солёности моря определяет ареал размножения и кормовую базу, температура воды влияет на сроки миграций и нерест. По одним из результатов исследований, соленость от 2 до 9 ‰ является наиболее благоприятной для икры и личинки тюльки, при солености от 9 до 11 ‰ выживаемость и выклев из икры резко снижается, а при солености выше 11 ‰ выжившая личинка после выклева практически не наблюдается [2]. Более новая работа свидетельствует о том, что нерест тюльки происходит при температуре воды от 5 до 24 °С и солёности не выше 7 ‰, массовый нерест в мае при 13–20 °С и солёности ниже 5,5 ‰, но наиболее благоприятный режим создается при солености до 4 ‰ [3]. Развитие икры при 10 °С длится 98 часов, при 14 °С – 62 часа, при 18 °С – 35 час. и при 22 °С – 25 часов. Икринки и личинки дрейфуют с течением в толще воды от поверхности до дна [4].

Личинка тюльки начинает активное питание с длин 2-3 мм. У личинок длиной 3,6-3,8 мм в пищевом комке преобладают науплиусы копепод, у личинок 6-10 мм науплиальные и копеподитные стадии развития копепод, у более крупных особей встречаются и взрослые копеподы [5].

Начиная с 2007 г., в Азовском море наблюдается продолжительный тренд повышения солености [6-8]. В результате, как и в середине 1970-х гг., в зоопланктонном сообществе моря стали отмечаться структурные изменения,

вследствие замены аборигенных солоноватоводных видов менее продуктивными черноморскими мигрантами. В период 2008-2011 гг. для солоноватоводных видов зоопланктона соленость уже превышала оптимальную, а для морских — еще ее не достигла. В результате численность мелкого корма для личинок тюльки в заливе была недостаточной, что привело к низкому уровню выживаемости ранней молоди [9]. Начиная с 2012 г., соленость воды стала приближаться к оптимальной, для развития морских видов зоопланктона, и численность мелкого корма для личинок значительно возросла. Однако, по своей биологии морские виды зоопланктона являются более теплолюбивыми, чем солоноватоводные, и дают максимальную численность науплий в конце июня, что снижает выживаемость ранней молоди тюльки при переходе на внешнее питание [10].

Осолонение Азовского моря привело к сокращению благоприятного ареала для размножения тюльки. В период 1974-1983 гг. он сократился с 5 до 3 тыс. км^2 [3]. В современный период он ограничен только восточной частью Таганрогского залива.

Промысловый запас тюльки и уловы в период 1980-1990 гг. были на высоком уровне: промысловый запас колебался от 350 до 540 тыс. т., общий годовой вылов – от 36 до 126 тыс. т [1]. В последующий период, 1992-1997 гг. промысловый запас находился на минимальном историческом уровне в пределах 100-250 тыс. т, общий годовой вылов составлял 0,3-4,4 тыс. т. Такое резкое снижение промыслового запаса и уловов тюльки было обусловлено резким сокращением доступности кормовых объектов, которое было обусловлено вселением хищного гребневика *Mnemiopsis leidyi* [11]. Начиная с 1998 г. промысловый запас тюльки смог существенно восстановиться и в период 1998-2011 гг. колебался в пределах 200-600 тыс. т, а промысловые уловы составляли от 10,8 тыс. т до 27,2 тыс. т. Такое продолжительное восстановление запаса обуславливалось вселением другого хищного гребневика *Beroe ovata*, который резко сократил общую биомассу и численность мнемиопсиса в летний период,

увеличив количество и доступность кормовых объектов мезозоопланктона в Азовском море [11].

Учитывая рассмотренную многолетнюю динамику состояния популяции азовской тюльки отдельного внимания заслуживает исследование новых гидрологических изменений режима солености в Азовском море и их влияние на популяцию тюльки в современный период.

Целью исследования является изучение влияния такого гидрологического фактора как соленость воды на продуктивность нерестового запаса и процессы воспроизводства тюльки в Азовском море.

Материалы и методы исследования. Сбор биологического материала тюльки для данной работы выполнен ихтиопланктонной конусной сетью (ИКС-80) с борта судна при его циркуляции в период массового нереста в июне в Таганрогском заливе Азовского моря в период 2000-2020 гг. за исключением 2003, 2004, 2012, 2016, 2017 гг., в которые мониторинг не выполнялся. Обловы ИКС-80 осуществлялись в Таганрогском заливе на каждой из 18 станций (рис. 1) в верхних слоях воды (от поверхности до глубины 0,5 м) в течение 5 мин. Сбор проб воды для определения солености Азовского моря, биологического материала и учета гидробиологических показателей произведен по стандартной сетке станций Азовского моря (рис. 1), в соответствии с методикой [12]. Определение солености проведено аргентометрическим методом [6].

Отобранный биологический материал фиксировался 4%-ным раствором формалина и просматривался в полном объеме в лаборатории под бинокуляром [12]. Определение видовой принадлежности ранней молоди тюльки проводили согласно монографии Коблицкой А.Ф. [13].

В качестве оценок величины нерестового запаса, численности пополнения в возрасте 1+ использовались оценки Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО», выполненные на основе лампарных съемок площадным методом прямого учета [14] в период 2000-2020 гг. Полученные многолетние оценки общей биомассы запаса и численности тюльки пересчитаны в когортную

структуру – биомассу и численность по возрастным когортам (1+, 2+, 3+) при помощи биологических данных о возрастной структуре популяции и массовых характеристиках возрастных когорт за каждый год. На основе имеющихся оценок был выполнен расчет продуктивности запаса, характеризующий численность пополнения на единицу биомассы нерестового стада:

$$R/B_t = \frac{R_{t+1}}{B_t}, \quad (1)$$

где R/B – продуктивность запаса;

R – численность пополнения в возрасте созревания;

B – биомасса нерестового запаса;

t – момент времени (год).

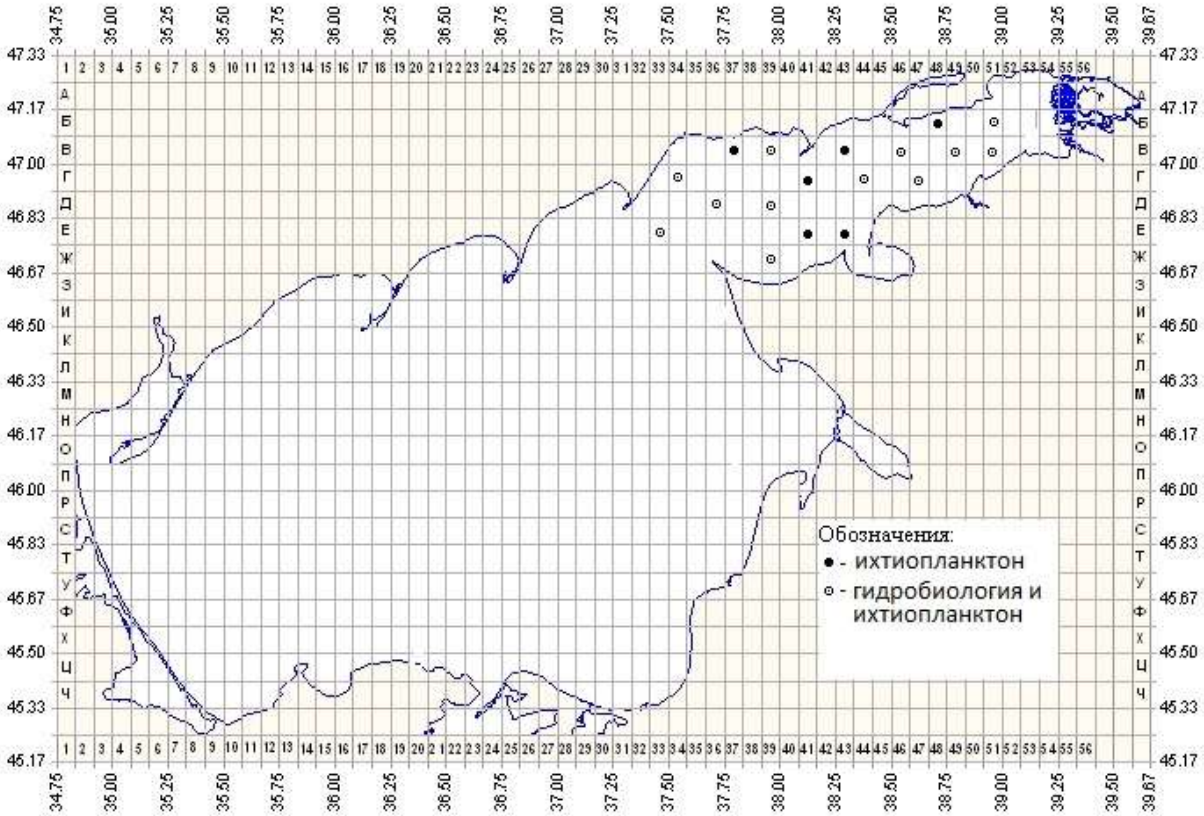


Рисунок 1 – Район исследований и отбора ихтиологических и гидрологических проб

Для определения многолетних трендов изменений состояния популяции тюльки и солености Азовского моря выполнен расчет среднегодовых многолетних показателей солености, продуктивности запаса и численности личинки в Таганрогском заливе. Далее выполнялась проверка гипотез наличия связи между:

- продуктивностью запаса тюльки и средней соленостью в Азовском море и Таганрогском заливе в период 2000-2020 гг.,

- средней численностью личики тюльки в Таганрогском заливе в момент научной съемки и оценками нерестовой биомассой запаса в предшествующий год, породившей ее в период 2000-2020 гг.,

- средней численностью личинки тюльки в Таганрогском заливе в момент ихтиопланктонной съемки и средней соленостью в Азовском море и Таганрогском заливе в период 2000-2020 гг.,

при помощи кросс-корреляционного теста Пирсона [15] в среде R [16] со смещениями рядов данных на максимальный горизонт до 5 лет.

Основываясь на полученных результатах многолетней динамики выполнялся тест проверки пространственных корреляций между показателями солености в Таганрогском заливе и численностью личинки тюльки. Анализ пространственных кросс-корреляций выполнен по новой методике, предложенной китайским исследователем Chen [17]. Суть данной методики заключается в расчете пространственных коэффициентов корреляций (глобальной Пирсона, и локальной частичной корреляции) с учетом пространственной удаленности точек наблюдений друг от друга, для чего выполняется расчет матриц евклидовых, взвешенных расстояний.

Для применения данной методики пространственных кросс-корреляций одним из условий является требование к одинаковому положению точек в пространстве для двух наблюдаемых факторов. Имеющиеся пространственные данные собраны для одной пространственной области, однако по различающейся сетке станций. Для приведения данных к единой стационарной

пространственной сетке была выполнена пространственная интерполяция методом Кригинга в среде R [18], после чего из пространственных непрерывных растров были созданы стационарные сетки матрицы 30×40 ячеек с равным пространственным шагом. Для каждой ячейки в сетке матрицы были вычислены оба значения исследуемых факторов, значения факторов были отмасштабированы на логарифмическую шкалу для устранения высокой вариативности и лайнеаризации наблюдаемых значений, после чего для этой стационарной сетки выполнен кросс-корреляционный анализ Chen'a. После выполнения анализа пространственных кросс-корреляций были рассчитаны площади областей с различными характерами связи.

Результаты исследования и их обсуждение. Обобщенные результаты обработки многолетних данных гидрологических проб солености в Азовском море и результаты учета личинки тюльки в ходе научного мониторинга представлены на рис. 2. Многолетняя динамика изменения солености (рис. 2а) свидетельствует о устойчивом положительном тренде роста солености начиная с 2007 г. как в акватории Азовского моря, так и в Таганрогском заливе, что хорошо согласуется с работами других исследователей [7, 8]. В отличие от динамики солености, визуальный анализ средней численности личинки (рис. 2б) не указывает на наличие какого-либо устойчивого тренда.

Результаты анализа продуктивности запаса по данным прямого учета представлены на рисунке 3. Многолетняя динамика продуктивности запаса демонстрирует ярко выраженный тренд резкого сокращения начиная с 2008 г. В последние годы в 2017-2019 гг. отмечается умеренная тенденция к увеличению продуктивности запаса.

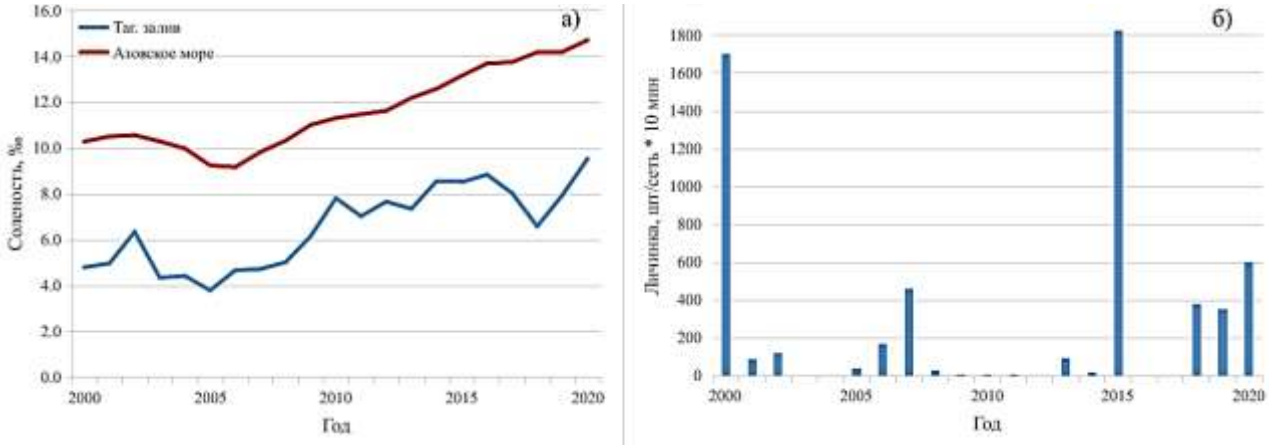


Рисунок 2 – Многолетние показатели солености Азовского моря и Таганрогского залива (а) и средняя численность личинки в уловах ихтиопланктонной сетью в Таганрогском заливе (б)

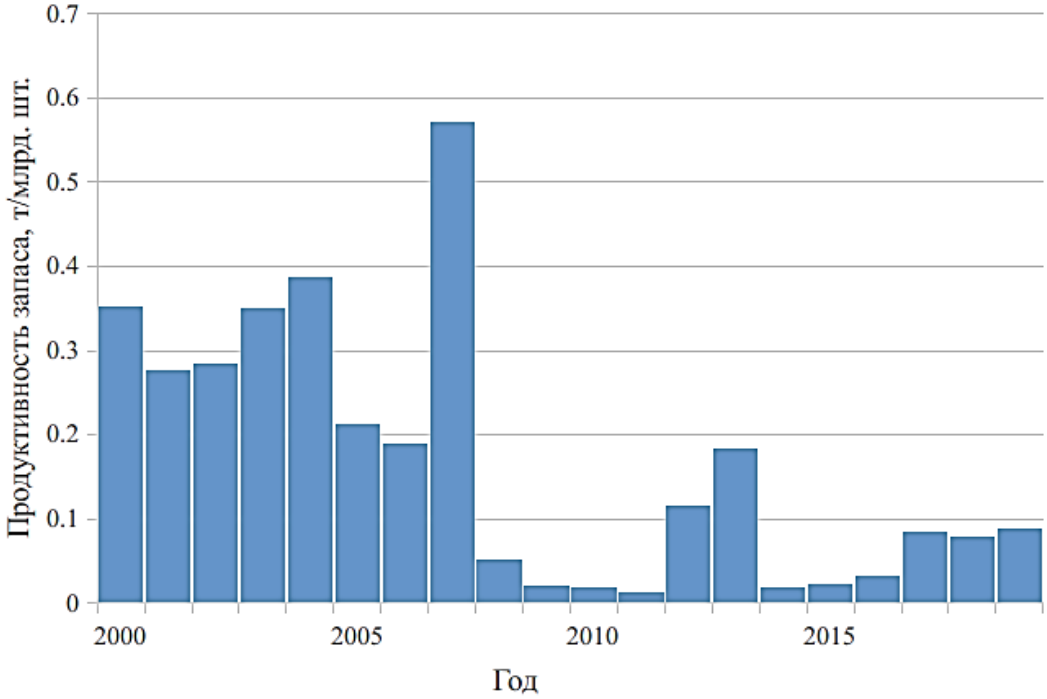


Рисунок 3 – Многолетняя динамика продуктивности нерестового запаса тюльки в Азовском море (млрд шт. пополнения в возрасте 1+ относительно биомассы нерестового запаса в т)

Анализ многолетней динамики численности личинки и продуктивности запаса указывает на наличие разнонаправленных тенденций. Так, в период 2000-

2007 гг. продуктивность нерестового запаса была на высоком уровне (от 0,2 до 0,6 млрд. пополнения на 1 т запаса), а численность личинки за исключением 2001 г. находилась на невысоком уровне (от 42 до 462 шт. в уловах сети за 10 минут). Последующий период 2008-2017 г. имеет частично согласующуюся динамику продуктивности запаса и численности личинки за исключением 2015 г. В период 2017-2019 гг. отмечается соответствие в некотором увеличении продуктивности запаса и численности личинки в Таганрогском заливе.

Проверка гипотез о наличии связи между показателем солености Азовского моря, Таганрогского залива, величиной нерестового запаса, численностью пополнения в возрасте 1+ и численностью личинки, связи между нерестовым запасом и численностью личинки и пополнения при помощи кросс-корреляционного теста со смещением на горизонт до 5 лет представлены на рисунке 4. Выполненный анализ свидетельствует об отсутствии значимой связи между средней численностью личинки тюльки и биомассой нерестового запаса и численностью пополнения в возрасте 1+ за период 2000-2020 гг. (рис. 4 а, б). Такой результат свидетельствует о том, что у популяции азовской тюльки наблюдаются существенные флуктуации уровня естественной смертности в первый год жизни и первоначальное количество личинки имеет существенные флуктуации.

Результаты проверки гипотезы о наличии многолетней связи между показателем солености Азовского моря или Таганрогского залива со средней численностью личинки (рис. 4 в, г) свидетельствуют об ее отсутствии. Такой результат является вполне объяснимым, ведь в многолетнем представлении численность пополнения, как показано ранее, напрямую не связана с численностью личинки, а выживаемость личинки регулируется и другими факторами среды, такими как температура воды и наличие кормовых объектов [2].

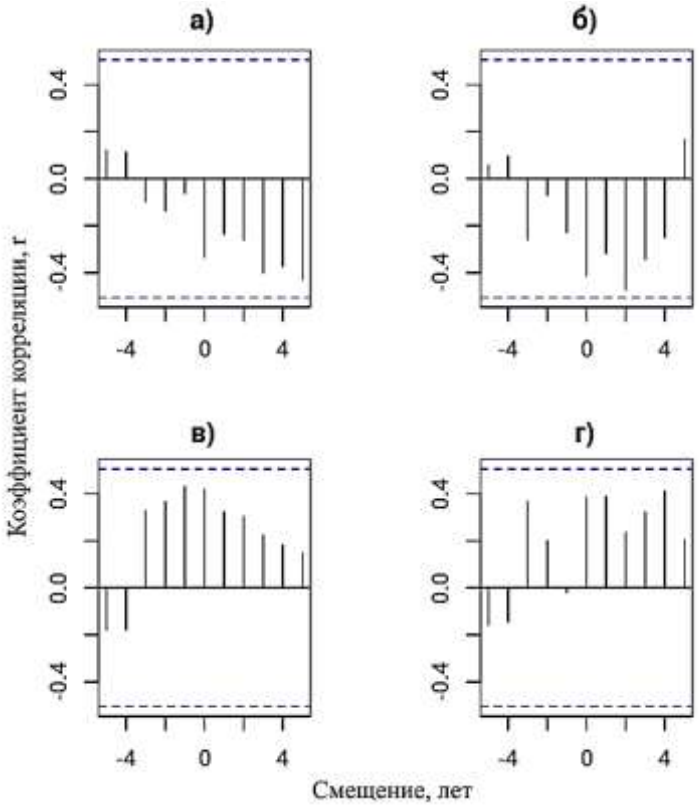


Рисунок 4 – Кросс-корреляционный тест значимости связей со смещением до 5 лет:

а) средняя численность личинки тюльки и численность пополнения в возрасте 1+; б) средняя численность личинки тюльки и нерестовая биомасса запаса; в) средняя численность личинки тюльки и средняя соленость в Азовском море; г) средняя численность личинки тюльки и средняя соленость в Таганрогском заливе

Результаты проверки наличия связи между запасом и численностью пополнения тюльки в возрасте 1+, продуктивностью запаса и соленостью в Азовском море и Таганрогском заливе представлены на рисунке 5. Выполненный анализ демонстрирует значимую, сильную положительную связь между нерестовой биомассой запаса и численностью пополнения (рис. 5а) вплоть до смещения на 4 года (без смещения r = 0,77, максимальная корреляция со смещением на 1 год r = 0,83) на уровне значимости a = 0,05.

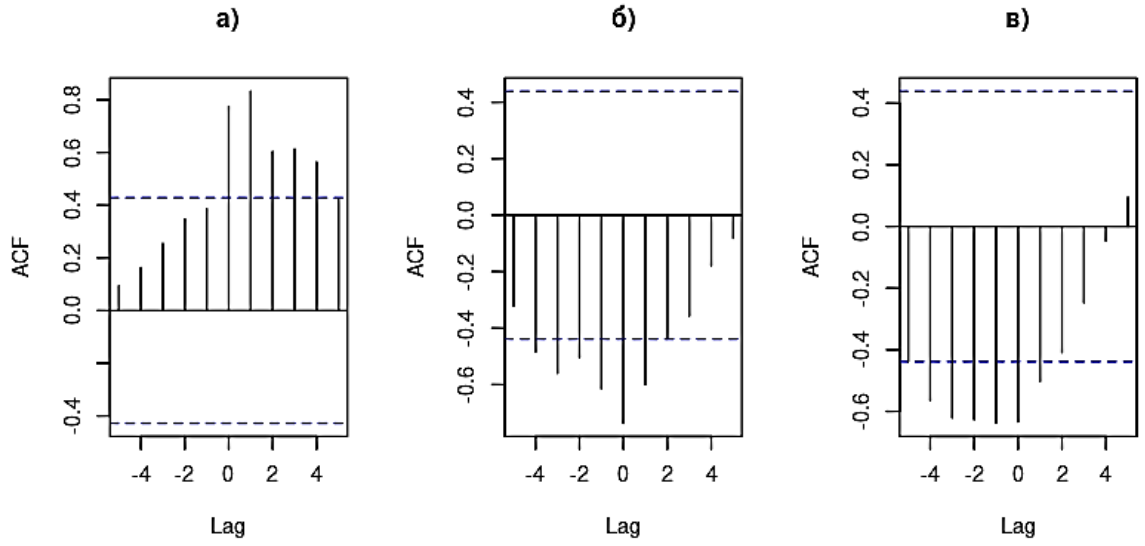


Рисунок 5 – Кросс-корреляционный тест значимости связей со смещением до 5 лет:

а) нерестовая биомасса запаса тюльки и численность пополнения в возрасте 1+; б) продуктивность нерестового запаса тюльки и среднемноголетняя соленость в Таганрогском заливе; в) продуктивность нерестового запаса тюльки и среднемноголетняя соленость в Азовском море

Результаты анализа демонстрируют наличие значимой (на уровне значимости a = 0,05), сильной отрицательной связи между продуктивностью запаса и среднемноголетней соленостью как Азовского моря, так и Таганрогского залива (рис. 5 б, в). Коэффициент корреляции между среднемноголетней соленостью Таганрогского залива и продуктивностью запаса тюльки составил r = 0,74 (без смещений), такая же связь со среднемноголетними показателями всего Азовского моря – r = 0,63 (без смещений). Данная многолетняя динамика свидетельствует о более значимой роли показателя солености Таганрогского залива, чем, собственно всего Азовского моря в формировании продуктивности популяции тюльки.

Учитывая результаты многолетней динамики и выполненного анализа, расчет пространственных корреляций между показателями солености в

Таганрогском заливе и численностью личинки тюльки был выполнен за следующие годы: 2006, 2015, 2018. Выбор моментов времени для детального анализа был обусловлен изменением тренда солености (тренд на рост после 2007 г., рис. 2а) а также нетипичную ситуацию численности личинки и продуктивности запаса в 2015 г. (рис. 2б, рис. 3). 2018 г. для пространственного анализа выбран по причине появления нового тренда в динамике продуктивности запаса и средней численности личинки в Таганрогском заливе. Анализ пространственной кросс-корреляции между показателями солености и средней численностью личинки (рис. 6) показал наличие значимой связи на уровне значимости исследований a = 0,05. Устойчивая отрицательная связь между численностью личинки и показателями солености отмечена в центральной части Таганрогского залива за все годы исследования. Такая отрицательная связь является демонстрацией особенностью развития икры и личинки тюльки на ранних стадиях онтогенеза. Соленость в данной части Таганрогского залива варьировала в пределах 4-6 ‰ в 2006 г. и в пределах 7-9 ‰ в 2015 г., что является верхним пределом толерантности выживаемости личинки при выклеве из икры [2, 3]. Таким образом, повышение солености в большей части Таганрогского залива приводит к уменьшению численности встречаемой личинки тюльки.

В 2006 и 2015 г. отмечается наличие областей с положительной корреляцией факторов по мере приближения к стоку р. Дон. В данных областях положительной корреляции соленость колебалась в пределах 2,5-3 ‰ в 2006 г. и 4-6 ‰ в 2015 г. Авторы имеющихся работ не отмечают наличия нижнего предела толерантности икры или личинки тюльки к показателям солености и такая закономерность является необъяснимой. Вероятно, увеличение численности личинки тюльки по мере увеличения солености в данных областях связано с процессом ската личинки тюльки (по течению) и структурой кормового зоопланктона в наиболее распресненной области залива.

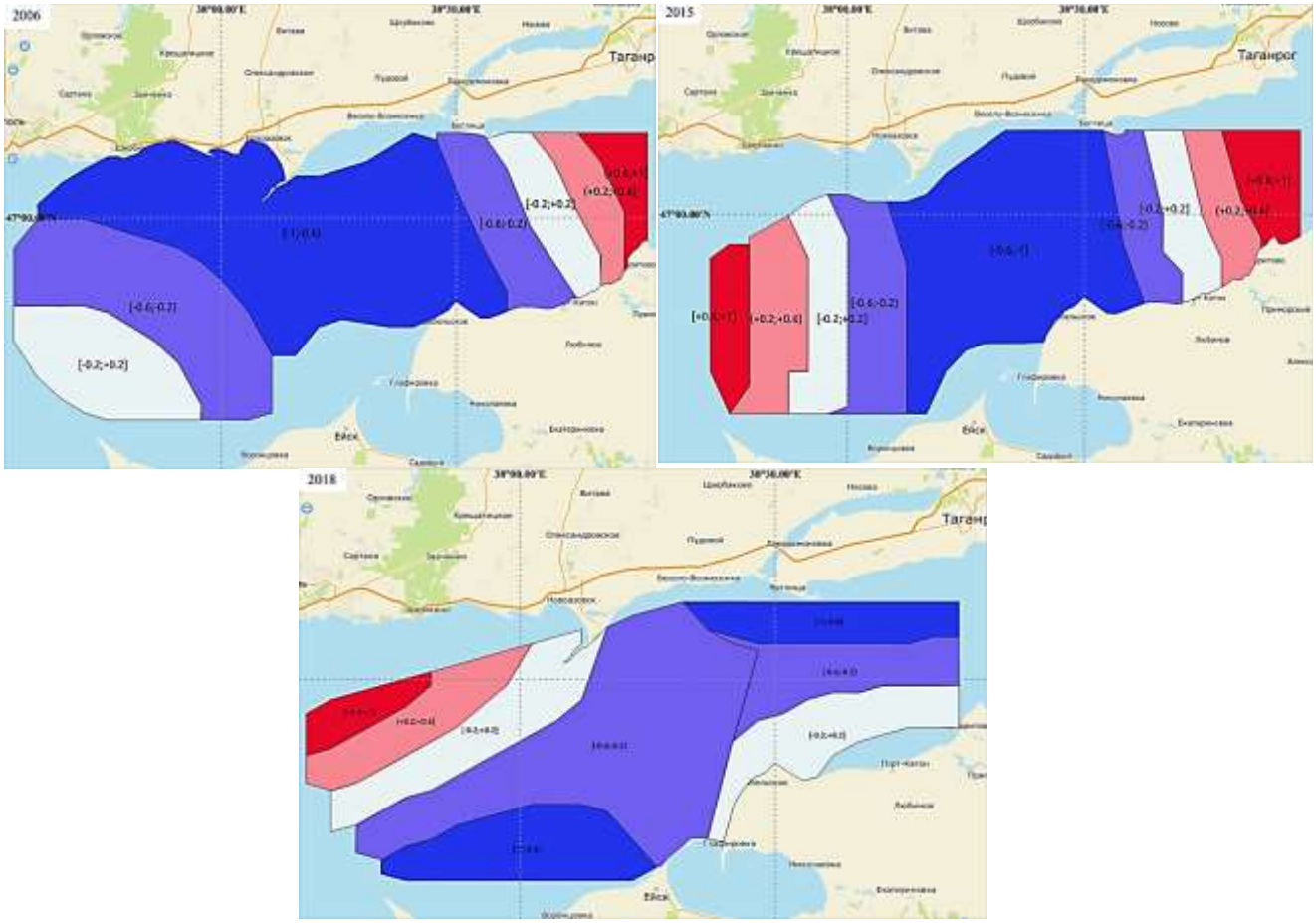


Рисунок 6 – Результаты анализа пространственной корреляции связи численности личинки тюльки и показателя солености в Таганрогском заливе в 2006, 2015 и 2018 гг.:

темный синий цвет – отрицательная сильная связь (r = [-1; -0,6)),

светлый синий цвет – области слабой отрицательной связи (r = [-0,6; -0,2)),

белый цвет – области с незначимой связью (r = [-0,2; +0,2]),

розовый цвет – области со слабой положительной связью (r = (+0,2; +0,6]),

красный цвет – положительная сильная связь (r = (+0,6; +1])

Отдельного внимания заслуживает структура областей корреляций показателя солености с личинкой тюльки в 2018 г. В данный год центральная часть моря так же имела выраженную отрицательную природу связи, однако, по мере приближения к стоку р. Дон более не наблюдались области положительной связи солености и численности личинки тюльки. В отличие от 2006 и 2015 гг. в области ближе к стоку р. Дон наблюдались более высокие показатели солености

с наличием распресненных зон (соленость от 2,4 до 7 ‰), что, вероятно, привело к изменению структуры сообществ кормового мезозоопланктона для личинки тюльки.

Таким образом, анализируя результаты пространственных корреляций показателя солености и численности личинки тюльки следует отметить природу стационарности этой связи.

Результаты расчета площадей пространственных корреляций представлены в таблице 1. Аналогично результатам, представленным ранее, прослеживается стационарная природа изучаемой взаимосвязи. Доля площадей с отрицательной степенью корреляции колебалась от 74,0 % в 2006 г. до 57,8 % в 2015 г. и 65,7 % в 2018 г. Доля площадей с положительной корреляцией колебалась от 8,1 % в 2006 г. до 26,9 % в 2015 г. и до уровня 11,8 % в 2018 г. Доля площадей с незначимой корреляцией между показателями солености и численностью личинки тюлькой является устойчивой и колеблется в пределах 15,2-22,5 %.

Таблица 1 – Площади пространственных корреляций между показателями солености и численностью личинки тюльки в Таганрогском заливе

Тип связи	Площадь, км^2			Относительные площади, %		
	2006	2015	2018	2006	2015	2018
Отрицательная сильная	1477	1119	615	45,2	39,6	20,4
Отрицательная слабая	940	514	1362	28,8	18,2	45,3
Незначимая	588	430	676	18,0	15,2	22,5
Положительная слабая	150	430	247	4,6	15,2	8,2
Положительная сильная	113	330	109	3,5	11,7	3,6
Площадь в анализе	3268	2823	3009	100,0	100,0	100,0

В целом, рассматриваемые площади с разным направлением связи имеют устойчивую природу во времени: области с отрицательной корреляцией существенно больше областей с положительной корреляцией, а области незначимой связи не имеют существенных отклонений год от года. В рассматриваемый период внимания заслуживают изменения природы связи в

2015 г.: в данный год существенно сократилась площадь отрицательной связи и значительно увеличились области положительной связи.

Существенные изменения площадей с различной направленностью связи между личинкой тюльки и соленостью в Таганрогском заливе в 2015 г., вероятно, обусловлены изменениями в структуре гидробиологических сообществ кормового зоопланктона. Так, по мнению авторов [19] в период с 2006 по 2015 гг. видовое разнообразие зоопланктонных сообществ сократилась в 1,4-1,5 раза, а в абсолютном представлении биомасс в акватории Таганрогского залива стали преобладать морские формы зоопланктона, практически полностью заменив пресноводные. Такие изменения в структуре кормового зоопланктона в конце весны и начале лета (май-июнь), в том числе увеличение биомассы морских форм копепод, вероятно, привели к изменению распределения личинки тюльки в акватории Таганрогского залива, что позволило увеличить ареал нагула. Как показывает анализ, такое распределение личинки в 2015 г. являлось нетипичным – при переходе на активное питание личинка тюльки встречалась в областях вплоть до изогалины солености 11 ‰. Как показал анализ продуктивности запаса во времени (рис. 3), такое нетипичное распределение личинки не способствовало росту продуктивности нерестовой популяции.

Другие авторы, исследующие структуру ихтиоцинозов Азовского моря на фоне изменения солености [20] утверждают, что стремительное многолетнее осолонение Азовского моря и Таганрогского залива привело к резкому сокращению биомассы запаса аборигенных видов (лещ, тарань, судак), что в свою очередь привело к преобладанию короткоцикловых солоноватоводных видов рыб (тюлька, хамса, бычковые), которые составляют основу промысловой ихтиофауны. Результаты данного исследования показывают обратное – увеличение показателей солености в Азовском море негативно влияют на продуктивность нерестового запаса. Негативное влияние выражается уменьшением численности пополнения на единицу нерестового запаса и снижением численности личинки в акваториях Таганрогского залива с высокими

показателями солености.

Выводы. Выполненный анализ по вектору времени взаимосвязи показателей солености Азовского моря, Таганрогского залива и параметров популяции тюльки позволил доказать наличие устойчивой связи параметра продуктивности нерестового запаса и многолетними изменениями показателя солености как Азовского моря (r = 0,63) так и Таганрогского залива (r = 0,74). Многолетнюю связь между показателями солености и численностью личинки тюльки доказать не удалось.

Пространственный кросс-корреляционный анализ показал наличие значимой связи между показателями солености и численностью личинки тюльки в Таганрогском заливе в 2006, 2015, 2018 гг. Природа связи является стационарной. В рассмотренные годы в большей части Таганрогского залива наблюдалась отрицательная связь между фактором солености и численностью личинки. Положительная связь отмечена лишь для областей, в которых, вероятно, численность личинки тюльки регулируется другим показателем – доступностью кормовых объектов.

Список использованной литературы:

1. *Чащин А.К., Дубовик В.Е., Негода С.А., Чащина А.В*. Состояние промысловых популяций азовских пелагических рыб в условиях воздействия желетелых гидробионтов-вселенцев // Современные рыбохозяйственные и экологические проблемы Азово-Черноморского региона. 2012. № 1. С. 36-44.
2. *Пинус Г.Н*. О причинах колебания численности Азовской тюльки // Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО). 1970. Т. 71. С. 180-191.
3. *Луц Г.И.* Условия существования, особенности формирования запасов и промысел азовской тюльки. Ростов-на Дону: ФГУП «АзНИИРХ», 2009. 118 с.
4. *Световидов А.Н*. Рыбы Черного моря. М.-Л.: Наука, 1964. 552 с.
5. *Михман А.С*. Некоторые данные по питанию азовской тюльки *Clupeonella delicatula* и роли кормового фактора в колебании её численности // Вопросы ихтиологии. 1969. Т. 9. Вып. 5 (58). С. 778-886.
6. *Куропаткин А.П., Шишкин В.М., Бурлачко Д.С., Карманов В.Г., Жукова С.В., Подмарева Т.И., Лутынская Л.А*. Современные и перспективные изменения солености Азовского моря // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2015. № 11. С. 7-16.
7. *Бердников С.В., Дашкевич Л.В., Кулыгин В.В.* Климатические условия и гидрологический режим Азовского моря в XX-начале XXI вв. // Водные биоресурсы и среда обитания. 2019. Т. 2. № 2. С. 7-19. DOI: 10.47921/2619-1024_2019_2_2_7.
8. *Жукова С.В., Шишкин В.М., Карманов В.Г., Бурлачко Д.С., Подмарева Т.И., Лутынская Л.А., Тарадина Е.А*. Водно-экологические проблемы Азовского моря как трансграничного

водного объекта и пути их решения // Сб. материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Трансграничные водные объекты: использование, управление, охрана». Новочеркасск: Лик, 2021. С. 137-143.
9. *Студеникина Е.И., Мирзоян З.А., Сафронова Л.М., Фроленко Л.Н., Мартынюк М.Л., Марушко Е.А*. Характеристика биологических сообществ Азовского моря по результатам исследований 2010-2011 гг. // Осн. пробл. рыбн. хоз-ва и охраны рыбохоз. водоемов Азово-Черноморского бас. (2010-2011 гг.): сб. науч. тр. АзНИИРХ. Ростов-н/Д. 2012. С. 253-271.
10. *Надолинский В.П., Надолинский Р.В*. Изменения в видовом составе и численности ихтиопланктона Азовского и северо-восточной части Черного морей в период 2006-2017 гг. под воздействием природных и антропогенных факторов // Водные биоресурсы и среда обитания. 2018. Т. 1. № 1. С. 51-66. DOI: 10.47921/2619-1024_2018_1_1_51.
11. *Будниченко Э.В.* Условия нагула планктоноядных рыб Азовского моря в период вселения гребневика *Mnemiopsis leidyi* в 1993-2000 годах // Труды ЮгНИРО. 2004. Т. 45. С. 21-27.
12. *Воловик С.П., Корпакова И.Г.* (под ред.). Методы рыбохозяйственных и природоохранных исследований в Азово-Черноморском бассейне. Краснодар, 2005. 375 с.
13. *Коблицкая А.Ф.* Определитель молоди пресноводных рыб. М.: Лёгкая и пищевая промышленость, 1981. 208 с.
14. *Аксютина З.М.* Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях. М.: Пищевая промышленность. 1968. 288 с.
15. *Brockwell P.J., Davis R.A.* Time Series: Theory and Methods, 2nd Edition. Springer Verlag. 1991. 596 p.
16. R Foundation for Statistical Computing. 2022. URL: https://www.R-project.org/ (дата обращения: 12.04.2022).
17. *Chen Y.* A new methodology of spatial cross-correlation analysis // PLoS One. 2015. Vol. 10. No. 5. P. e0126158. DOI: 10.1371/journal.pone.0126158.
18. *Hiemstra P.H., Pebesma, E.J., Twenhöfel, C.J., Heuvelink G.B.* Real-time automatic interpolation of ambient gamma dose rates from the Dutch radioactivity monitoring network // Computers & Geosciences. 2009. Vol. 35. No. 8. P. 1711-1721. DOI: 10.1016/j.cageo.2008.10.011.
19. *Афанасьев Д. Ф., Мирзоян З.А., Мартынюк М.Л., Хренкин Д.В., Шляхова Н.А., Бычкова М.В., Жукова С.В*. Раннелетний зоопланктон Азовского моря в период осолонения // Биология внутренних вод. 2019. №. 2. С. 51-60. DOI: 10.1134/S0320965219030033.
20. *Балыкин П.А., Куцын Д.Н., Орлов А.М*. Изменения солености и видового состава ихтиофауны в Азовском море // Океанология. 2019. Т. 59. №. 3. С. 396-404. DOI: 10.31857/S0030-1574593396-404.

References:

1. Chashchin A.K., Dubovik V.E., Negoda S.A., Chashchina A.V. Sostoyanie promyslovykh populyatsii azovskikh pelagicheskikh ryb v usloviyakh vozdeistviya zheletelykh gidrobiontov-vselentsev [The state of Azov pelagic commercial fishery populations under the conditions of the impact of jelly ctenophora invaders]. *Sovremennye rybokhozyaistvennye i ekologicheskie problemy Azovo-Chernomorskogo regiona* [Current fishery and environmental problems of the Azov-Black Sea Region], 2012, no. 1, pp. 36-44. (In Russian).
2. Pinus G.N. O prichinakh kolebaniya chislennosti Azovskoi tyul'ki [About the causes of fluctuations in the numbers of the Azov tyulka]. *Trudy Vsesoyuznogo nauchno-issledovatel'skogo instituta morskogo rybnogo khozyaistva i okeanografii (VNIRO)* [Proceedings of the All-union scientific research institute of fisheries and oceanography], 1970, vol. 71, pp. 180-191. (In Russian).
3. Luts G.I. *Usloviya sushchestvovaniya, osobennosti formirovaniya zapasov i promysel azovskoi*

tyul'ki [Conditions of existence, features of the formation of stocks and fishing of the Azov tyulka]. Rostov-on-Don Publ., «AzNIIRKh», 2009, 118 p. (In Russian).
4. Svetovidov A.N. *Ryby Chernogo morya* [Black sea fishes]. Nauka Publ., 1964, 552 p. (In Russian).
5. Mikhman A.S. Nekotorye dannye po pitaniyu azovskoi tyul'ki *Clupeonella delicatula* i roli kormovogo faktora v kolebanii ee chislennosti [Some data on the diet of the Azov sea tyulka Clupeonella delicatula and the role of the feed factor in the fluctuation of its numbers]. *Voprosy ikhtiologii* [Questions of ichthyology], 1969, vol. 9, no. 5 (58), pp. 778-886. (In Russian).
6. Kuropatkin A.P., Shishkin V.M., Burlachko D.S., Karmanov V.G., Zhukova S.V., Podmareva T.I., Lutynskaya L.A. Sovremennye i perspektivnye izmeneniya solenosti Azovskogo morya [Present-day and prospective changes of the Azov Sea salinity]. *Zashchita okruzhayushchei sredy v neftegazovom komplekse* [Environmental protection in oil and gas complex], 2015, no. 11, pp. 7-16. (In Russian).
7. Berdnikov S.V., Dashkevich L.V., Kulygin V.V. Klimaticheskie usloviya i gidrologicheskii rezhim Azovskogo morya v XX-nachale XXI vv. [Climatic conditions and hydrological regime of the sea of Azov in the XX – early XXI centuries]. *Vodnye bioresursy i sreda obitaniya* [Aquatic Bioresources & Environment], 2019, vol. 2, no. 2, pp. 7-19. (In Russian). DOI: 10.47921/2619-1024_2019_2_2_7.
8. Zhukova S.V., Shishkin V.M., Karmanov V.G., Burlachko D.S., Podmareva T.I., Lutynskaya L.A., Taradina E.A. Vodno-ekologicheskie problemy Azovskogo morya kak transgranichnogo vodnogo ob"ekta i puti ikh resheniya [Water and environmental problems of the Sea of Azov as a transboundary water body and ways to solve them]. *Sbornik materialov Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Transgranichnye vodnye ob"ekty: ispol'zovanie, upravlenie, okhrana»* [Collection of materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation “Trans-boundary water bodies: use, management, conservation”]. Novocherkassk, Lik Publ., 2021, pp. 137-143. (In Russian).
9. Studenikina E.I., Mirzoyan Z.A., Safronova L.M., Frolenko L.N., Martynyuk M.L., Marushko E.A. Kharakteristika biologicheskikh soobshchestv Azovskogo morya po rezul'tatam issledovanii 2010-2011 gg [Characteristics of biological communities and food resources of the Azov sea based on the results of studies conducted in 2010-2011]. S*bornik nauchnyh trudov AzNIIRKh «Osn. probl. rybn. khoz-va i okhrany rybokhoz. vodoemov Azovo-Chernomorskogo bas. (2010-2011 gg.)»* [Proceedings of AzNIIRKH “The main problems of fisheries and protection of fishery reservoirs of the Azov-Black Sea basin”]. Rostov-on-Don, 2012, pp. 253-271. (In Russian).
10. Nadolinskii V.P., Nadolinskii R.V. Izmeneniya v vidovom sostave i chislennosti ikhtioplanktona Azovskogo i severo-vostochnoi chasti Chernogo morei v period 2006-2017 gg. pod vozdeistviem prirodnykh i antropogennykh faktorov [Changes in species composition and abundance of ichthyoplankton in the Azov Sea and north-eastern Black Sea during 2006–2017 under conditions of natural and anthropogenic factors]. *Vodnye bioresursy i sreda obitaniya* [Aquatic Bioresources & Environment], 2018, vol. 1, no. 1, pp. 51-66. (In Russian). DOI: 10.47921/2619-1024_2018_1_1_51.
11. Budnichenko E.V. Usloviya nagula planktonoyadnykh ryb Azovskogo morya v period vseleniya grebnevika *Mnemiopsis leidyi* v 1993-2000 godakh [Feeding conditions of plankton-eating Azov Sea fishes in the period of ctenophore *Mnemiopsis leidyi* introduction in 1993-2000]. *Trudy YugNIRO* [YugNIRO Proceedings], 2004, vol. 45, pp. 21-27. (In Russian).
12. Volovik S.P., Korpakova I.G. (ed.) *Metody rybokhozyaistvennykh i prirodookhrannykh issledovanii v Azovo-Chernomorskom basseine* [Methods of fisheries and environmental research in the Azov-Black Sea basin]. Krasnodar, 2005, 375 p. (In Russian).
13. Koblitskaya A.F. *Opredelitel' molodi presnovodnykh ryb* [The determinant of juvenile freshwater fish]. Moscow, Legkaya i pishchevaya promyshlennost' Publ., 1981, 208 p. (In Russian).
14. Aksyutina Z.M. *Elementy matematicheskoi otsenki rezul'tatov nablyudenii v biologicheskikh i*

rybokhozyaistvennykh issledovaniyakh [Elements of mathematical evaluation of the results of observations in biological and fisheries research]. Moscow, Pishchevaya promyshlennost' Publ., 1968, 288 p. (In Russian).
15. Brockwell P.J., Davis R.A. Time Series: Theory and Methods, 2nd Edition. *Springer Verlag*, 1991, 596 p. (In English).
16. R Foundation for Statistical Computing. 2022. (In English). Available at: https://www.R-project.org/ (accessed 12.04.2022).
17. Chen Y. A new methodology of spatial cross-correlation analysis. *PLoS One*, 2015, vol. 10, no. 5, pp. e0126158. (In English). DOI: 10.1371/journal.pone.0126158.
18. *Hiemstra P.H., Pebesma, E.J., Twenhöfel, C.J., Heuvelink G.B.* Real-time automatic interpolation of ambient gamma dose rates from the Dutch radioactivity monitoring network. *Computers & Geosciences*, 2009, vol. 35, no. 8, pp. 1711-1721. (In English). DOI: 10.1016/j.cageo.2008.10.011.
19. Afanas'ev D. F., Mirzoyan Z.A., Martynyuk M.L., Khrenkin D.V., Shlyakhova N.A., Bychkova M.V., Zhukova S.V. Ranneletnii zooplankton Azovskogo morya v period osoloneniya [Early summer zooplankton in the Sea of Azov during the period of its salinization]. *Biologiya vnutrennikh vod* [Inland water biology], 2019, no. 2, pp. 51-60. (In Russian). DOI: 10.1134/S0320965219030033.
20. Balykin P.A., Kutsyn D.N., Orlov A.M. Izmeneniya solenosti i vidovogo sostava ikhtiofauny v Azovskom more [Changes in salinity and species composition of ichthyofauna in the Sea of Azov]. *Okeanologiya* [Oceanology], 2019, vol. 59, no. 3, pp. 396-404. (In Russian). DOI: 10.31857/S0030-1574593396-404.

Сведения об авторах / Information about authors

Пятинский Михаил Михайлович	Руководитель группы математического моделирования и прогноза Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» 344002, г. Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21в pyatinskiy_m_m@azniirkh.ru
Piatinskii Mikhail Mikhailovich	Chief of math modeling & forecast group Azov-Black Sea Branch FSBSI “VNIRO” (“AzNIIRKH”) 344002, Rostov-on-Don, Beregovaya str., 21 pyatinskiy_m_m@azniirkh.ru
Надолинский Виктор Петрович	Заведующий лабораторией морских рыб Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ») 344002, г. Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21в nadolinskii_v_p@azniirkh.ru
Nadolinskii Viktor Petrovich	Head of the laboratory maritime fish Azov-Black Sea Branch FSBSI “VNIRO” (“AzNIIRKH”) 344002, Rostov-on-Don, Beregovaya str., 21 nadolinskii_v_p@azniirkh.ru
Жукова Светлана Витальевна	Заведующая лабораторией гидрологии Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ») 344002, г. Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21в zhukova_s_v@azniirkh.ru
Zhukova Svetlana Vitalievna	Head of the hydrologic laboratory Azov-Black Sea Branch FSBSI “VNIRO” (“AzNIIRKH”) 344002, Rostov-on-Don, Beregovaya str., 21 zhukova_s_v@azniirkh.ru
Надолинский Роман Викторович	Специалист лаборатории морских рыб, Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ») 344002, г. Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21в

Nadolinskii Roman Viktorovich	Specialist of the laboratory maritime fish Azov-Black Sea Branch FSBSI “VNIRO” (“AzNIIRKH”) 344002, Rostov-on-Don, Beregovaya str., 21
Бурлачко **Дмитрий Сергеевич**	Главный специалист лаборатории Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ») 344002, г. Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21в
Burlachko Dmitrii Sergeevich	Lead specialist of the laboratory of hydrology Azov-Black Sea Branch FSBSI “VNIRO” (“AzNIIRKH”) 344002, Rostov-on-Don, Beregovaya str., 21
Козоброд **Инна Дмитриевна**	Заведующая лаборатории проходных и полупроходных рыб Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» 344002, г. Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21в kuznecovainna1811@yandex.ru
Kozobrod Inna Dmitrievna	Head of laboratory of anadromous & semi-anadromous fishes Azov-Black Sea Branch FSBSI “VNIRO” (“AzNIIRKH”) 344002, Rostov-on-Don, Beregovaya str., 21 kuznecovainna1811@yandex.ru

УДК 639.28

Степанова О. Д., Серёгин С. С., Кибенко В. А.

ПЕРСПЕКТИВЫ УВЕЛИЧЕНИЯ ОБЪЕМОВ ДОБЫЧИ ЦЕННЫХ ВИДОВ ГИДРОБИОНТОВ ЗА СЧЕТ РАЦИОНАЛИЗАЦИИ ИЗЪЯТИЯ ТРАДИЦИОННЫХ ВИДОВ ПРОМЫСЛА НА ПРИМЕРЕ ЧЕРНОМОРСКОЙ ТРАВЯНОЙ КРЕВЕТКИ (*PALAEMON ADSPERSUS* RATHKE, 1837) В АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОМ БАССЕЙНЕ

Аннотация. В данной статье описаны перспективы добычи черноморской травяной креветки (*Palaemon adspersus* Rathke, 1837). А именно, приведены нормативно-правовые документы, которые разрешают добычу черноморской травяной креветки (*Palaemon adspersus* Rathke, 1837) определенными орудиями лова, размер ячеи которых не будет нарушать установленных размеров, а также определяют промысловый размер особей для добычи и устанавливают месяцы, когда лов креветки не запрещен. Помимо этого, в работе также указаны предполагаемые каналы сбыта готовой продукции черноморской травяной креветки (*Palaemon adspersus* Rathke, 1837), что объясняет перспективность добычи вида в Азово-Черноморском бассейне. Приводятся примеры добычи креветки в других странах, на основании чего, представлен вывод о наиболее удобных и практичных орудиях лова креветки.
Ключевые слова: черноморская травяная креветка, Palaemon adspersus, Азово-Черноморский бассейн, промысловый размер, перспективы добычи.

Stepanova O. D., Seregin S. S., Kibenko V. A.

PROSPECTS FOR INCREASING THE VOLUME OF EXTRACTION OF VALUABLE SPECIES OF HYDROBIONTS BY RATIONALIZING THE WITHDRAWAL OF TRADITIONAL FISHING SPECIES ON THE EXAMPLE OF THE BLACK SEA GRASS SHRIMP (*PALAEMON ADSPERSUS* RATHKE, 1837) IN THE AZOV-BLACK SEA BASIN

Abstract. This article describes the prospects for the extraction of the Black Sea grass shrimp (Palaemon adspersus Rathke, 1837). Namely, regulatory documents are given that allow the extraction of the Black Sea grass shrimp (Palaemon adspersus Rathke, 1837) with certain fishing gear, the mesh size of which will not violate the established sizes, and also determine the commercial size of individuals for production and set the months when shrimp fishing is not prohibited. In addition, the work also indicates the proposed distribution channels for the finished products of the Black Sea grass shrimp (Palaemon adspersus Rathke, 1837), which explains the prospects for the extraction of the species in the Azov-Black Sea basin. Examples of shrimp production in other countries are given, on the basis of which, a conclusion is presented about the most convenient and practical method of shrimp production.
Keywords: Black Sea grass shrimp, Palaemon adspersus, Azov-Black sea basin, commercial size, production prospects.

Введение. Черноморская травяная креветка (*Palaemon adspersus* Rathke, 1837) – вид креветок из семейства Palaemonidae. Креветки данного вида способны выдерживать значительные колебания солености воды, благодаря

такой способности в районе Керченского пролива они обладают высокой численностью популяции, встречаясь в пределах абсолютно всей акватории. Следует отметить, что вид предпочитает обитать в зарослях морских трав и водорослей, как правило, это зостера и цистозира, которые растут на песчано-илистых грунтах [1].

По сравнению с остальными представителями десятиногих ракообразных (отряд Decapoda), черноморская травяная креветка (*P. adspersus*) в Азовском и Черном морях является наиболее массовым видом. Можно найти информацию, что максимальная длина тела вида достигает 80 мм. Пищей креветки являются мелкие ракообразные, водоросли и растительные остатки.

Нерест вида в пределах Азово-Черноморского побережья проходит, как правило, в прибрежной части моря, начало приходится на первую половину апреля, когда температура воды поднимается до 9 °С и длится около двух месяцев. Обитает на участках с маленькой глубиной, например, в Керченском проливе не уходит дальше 10 м, заселяя спокойные небольшие бухты и лиманы, в которых наблюдается рост морских трав и водорослей [2].

Ареал черноморской травяной креветки достаточно широк, данный вид заселил юго-западную часть Балтийского моря, южную часть Северного моря, распространился вдоль берегов Западной Европы, а также занял Азовское и Черное моря (рис. 1).

Мясо креветки насыщено всеми необходимыми для организма человека аминокислотами, а также содержит витамин B12, отвечающий за состояние нервной системы, фосфор, благотворно отвечающий за прочность и плотность костей, также содержит кальций, железо, магний, калий, цинк, селен и холин, оказывающие влияние на уровень гомоцистеина в организме и предотвращающие заболевания сердца [3].

С каждым годом наблюдается рост спроса на морепродукты в развивающихся странах, в связи с чем, все большая часть продукции находит

своего потребителя на национальных и региональных рынках. В результате этого, цены на креветку в последние годы резко увеличились [4].

Рисунок 1 – Ареал черноморской травяной креветки (*Palaemon adspersus* Rathke, 1837)

На современном этапе актуальным является вопрос оценки запасов травяной креветки и возможностииспользования ее в качестве объекта промысла. В некоторых исследованиях рассматриваются ограничения их вылова [5].

В Азово-Черноморском бассейне кроме промыслового лова креветок рода *Palaemon* проводится любительский лов. Креветка пользуется высоким спросом на внутреннем рынке сбыта. Также креветка пользуется огромной популярностью не только как объект пищи, но и в качестве живой приманки, которую используют для коммерческого и спортивного рыболовства, а также для корма домашних животных. Большой интерес представляют исследования по уточнению некоторых вопросов рационализации промысла травяной креветки.

Целью исследования является обобщение нормативно-правовых

документов и правил, в той или иной степени, разрешающих или запрещающих добычу черноморской травяной креветки в промышленных масштабах, а также определение перспектив добычи вида в Азово-Черноморском бассейне.

Материалы и методы исследования. На основе литературных данных проведен анализ распределения травяной креветки в Азово-Черноморском бассейне и состояния ее популяций и промысла. Проведен анализ нормативно-правовых актов, в результате чего выделены основные документы и постановления в области добычи черноморской травяной креветки (*Palaemon adspersus* Rathke, 1837). Изучены документы, регламентирующие промысловую нагрузку на популяцию (орудия лова, размер ячеи). В работе также проанализирован потребительский спрос на живую черноморскую креветку и продукцию из нее, изучен рынок сбыта.

В отечественной и зарубежной литературе травяной креветке уделяется большое внимание. Имеются множество литературных источников, рассматривающих популяционные характеристики черноморской травяной креветки [6], проводится изучение многих сторон ее биологии, в частности, индивидуальной плодовитости вида [7].

Кроме вопросов промысла [1, 9] в литературных источниках также поднимаются вопросы по исследованию выживаемости вида в прибрежных районах в условиях постоянного колебания солености [9, 10]. При изучении спектра питания, выявлено, что вид является всеядным, питается мелкими ракообразными, полихетами, водорослями и детритом [11]. Актуально использования креветок и в марикультуре.

Результаты исследования и их обсуждение. В России промышленный лов травяной креветки осуществляется в разных районах Азово-Черноморского бассейна. В Чёрном море благоприятными для обитания креветок являются мелководные и прибрежные районы, а также лиманы и проливы.

Азовское море также благоприятно для обитания креветок. Из-за малой глубины вода в нем хорошо прогревается, освещается и перемешивается, в

результате чего интенсивно развиваются мельчайшие живые организмы – фито- и зоопланктон – пища всего живого населения моря.

В Керченском проливе креветка образует наибольшие скопления и может добываться в трех районах: район мыса Фонарь, район города Керчь и район села Набережное (рис. 2).

Рисунок 2 – Районы промысла черноморской травяной креветки:
1 – район мыса Фонарь, 2 – район города Керчь, район села Набережное

Характеристика районов промысла представлена в таблице 1.

Существует ряд нормативно-правовых документов, разрешающих лов черноморской травяной креветки определенными орудиями лова и только по достижении промысловых размеров.

Согласно Правил рыболовства для Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна (приложение к приказу Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 01 августа 2013 № 293, в редакции приказа Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 22.06.2016 г. №263), любительский лов на водных объектах общего пользования граждане вправе осуществлять свободно и бесплатно:

Таблица 1 – Характеристика районов промысла травяной креветки в Керченском проливе

Район промысла	Характеристика
Район мыса Фонарь	Район является самым благоприятным для обитания вида, так как представлен небольшими глубинами и пологим дном, преобладающим грунтом является песок, на котором произрастают обширные заросли морских трав с преобладанием *Zostera noltei*.
Район города Керчь	Для района свойственны небольшие глубины вдоль берега с преобладанием песчаной глины, что предпочитает для обитания травяная креветка. На песчаном грунте в этом районе располагаются редкие заросли морской травы *Zostera noltei*.
Район села Набережное	Данный район промысла благоприятен для обитания вида в больших количествах, так как преобладающим по площади грунтом является песок, на котором наблюдаются скопления зеленых водорослей *Cladophora sp*.

1. Удочками (в том числе донными удочками) и спиннинговыми снастями всех систем и наименований с общим количеством крючков (одинарных, двойных и тройных) не более 10 штук на одного гражданина.

2. Если лов креветок черноморских каменной и травяной, понтогаммаруса и хирономид, мидий и рапаны, проводится подъемным сачком, его диаметр должен составлять не более 70 см.

3. Раков пресноводных раколовками не более 5 штук у одного гражданина, каждый из параметров которых не должен превышать 80 см.

Любительский лов запрещен:

1) в Азовском море, Керченском проливе:

с 1 января по 31 мая – камбалы-глоссы

с 1 июля по 31 июля – креветок черноморских каменной и травяной.

2) в Черном море:

с 20 августа по 10 сентября – кефалей (сингиль, лобан, остронос);

с 1 мая по 15 июня – бычков;

с 14 февраля по 1 мая – камбалы-глоссы (кроме Каркинитского залива) и в лиманах;

с 1 июня по 31 августа – креветок черноморских каменной и травяной, мидий.

Ответственность за нарушение Правил рыболовства предусмотрена ч.2 ст.8.37 Кодекса административных правонарушений Российской Федерации и влечет наложение административного штрафа на граждан в размере от 2 тыс. рублей до 5 тыс. рублей.

Согласно Приказу Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 09.01.2020 № 1 «Об утверждении правил рыболовства для Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна», запрещается:

1. Специализированный промысел, за исключением: с 1 сентября по 31 мая в Черном море добычу креветок черноморских волокушами, вентерями и ручными сачками.

2. Устанавливается максимальное количество орудий лова, согласно чему, количество вентерей, использующихся для добычи должно быть не более 3 единиц.

3. Орудия лова, размер ячеи которых составляет менее 6 мм для волокуши и вентеря и менее 8 ммручного сачка запрещается.

4. Минимальный (промысловый) размер добываемых объектов лова, менее которого запрещается вылов, составляет 3,5 см.

5. Для того, чтобы точно определить промысловый размер, в данном случае, проводится измерениетела от линии, проходящей через середину глаз, до окончания хвостовых пластин.

6. В Азовском море запрещается лов креветок ручным сачком, диаметр которого более 70 см.

По общей оценке, в Азово-Черноморском регионе вид *P. adspersus* не относится к ценным и важным с экономической точки зрения объектам. Однако, в ряде стран Черного моря и других регионов считается, что это экономически значимый вид, который является ценным промысловым объектом [11-12, 13].

В Атлантических водах лов креветок производится сеткой, высотой 1,4 м и длиной 10 м, которую растягивают параллельно береговой линии на 60-100 м, расстояние от берега при этом – до 1,5 м. Также используют пляжный невод длиной 25 м, он представляет собой растянутую в крыльях сетку 19 мм в брюхе и 13 мм в коде. Невод разворачивают с лодки на расстоянии от берега до 55 м, при этом, вытягивая перпендикулярно берегу [13].

В Адриатическом море креветку добывают с использованием сетки, диаметр которой составляет 4 мм, установленный на небольшом ручном земснаряде.

Как видно из результатов анализа зарубежной литературы, наиболее часто креветку ловят сетью, растянутой параллельно береговой линии, так как этот способ является менее трудоемким и затратным. Кроме того, в этом случае, происходит экономия на количестве персонала, занимающегося ловом креветки. Однако, в соответствии с нормативно-правовыми актами РФ, вылов данным орудием лова запрещен. В связи с этим, для добычи креветки используется вентерь с размером ячеи 6,5 мм (рис. 3). Причем, следует учитывать, что количество вентерей, используемых для лова, разрешено не более 3 шт. Данное орудие лова представляет собой железные обручи, на которые расправлена сетка. Снизу, на первый обруч, крепят небольшие утяжелители для устойчивого положения в воде.

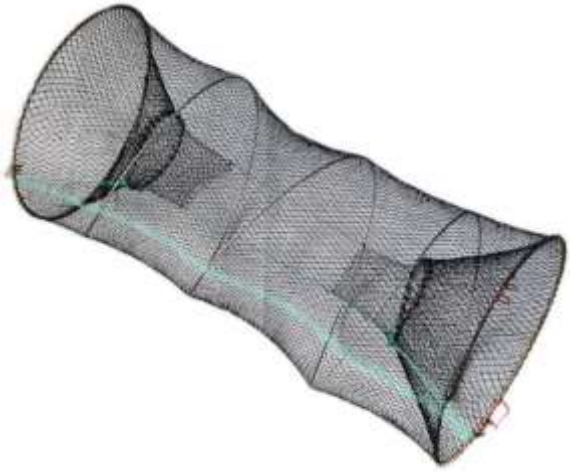


Рисунок 3 – Вентерь для лова черноморской травяной креветки

Отверстие, через которое впоследствии будет выниматься креветка, завязывают и крепят к специальному воткнутому колу. Принцип действия орудия лова заключается в том, что вентерь устанавливается по течению, по ходу креветки и добываемый вид попадает в ловушку вентеря системой заграждений и направляющих устройств. Ловушка подъемная относится к классу мелких переносных ловушек, бывает открытого или закрытого типа. Внешне онаможет быть совершенно любой формы с различными числом жестких рам, с одним или несколькими входными отверстиями различной формы. Для привлечения добычи в ловушку устанавливается приманка.

Также разрешено использовать для промысла ручной сачок (рис. 4) либо волокушу.

Рисунок 4 – Ручной сачок для лова черноморской травяной креветки

Таким образом, при организации промысла креветки необходимо придерживаться следующих правил:

1) Устанавливается максимальное количество орудий лова, согласно чему, количество вентерей, использующихся для добычи должно быть не более 3 единиц;

2) Диаметр ручного сачка не должен превышать 70 см, а размер ячеи

должен составлять более 8 мм;

3) Необходимо соблюдать ограничения по промысловым размерам – учитывать, что размер добываемых креветок не должен быть менее 3,5 мм.

Большую часть креветок в Черном море добывают с использованием вентерей с ячеей 6,5 мм. Реже применяют ручной сачок и волокуши. По официальным данным с 2008 по 2014 год вылов креветки в этом районе варьировал от 15,9 до 21,1 тонн, а в период с 2015 по 2019 наблюдалось увеличение объемов вызова, и он уже достигал 258 тонн [5].

На основании полученных данных в ходе изучения рынка, сделан вывод о том, что основными каналами сбыта креветки являются:

1) Торговые сети, кафе, пабы, рестораны и доставки суши и цена на морепродукты с каждым годом растет.

2) Различные предприятия общественного питания, находящиеся под контролем муниципалитета или государства, всевозможные санатории и базы отдыха, а также больницы.

3) Зоомагазины, рыболовные магазины, где креветка продается в качестве живой приманки для коммерческого и спортивного рыболовства, а также для корма домашних животных.

Таким образом, черноморская травяная креветка (*Palaemon adspersus*) является популярным объектом на внутреннем рынке сбыта на юге, в частности, в городе Керчь, который обладает огромным потенциалом для развития рыбной промышленности [12].

Выводы. По сравнению с остальными представителями десятиногих ракообразных (отряд Decapoda), черноморская травяная креветка (*Palaemon adspersus* Rathke, 1837) в Азовском и Черном морях является наиболее массовым видом. Креветка пользуется огромной популярностью не только как объект пищи, но и в качестве живой приманки, которую используют для коммерческого и спортивного рыболовства, а также для корма домашних животных. Всё это доказывает перспективность добычи черноморской

травяной креветкив Азово-Черноморском бассейне и реализации ее в качестве готовой продукции.

Однако, в результате всего вышесказанного, следует учитывать, что актуальным остается вопрос о сохранении водных биологических ресурсов и организации рационального промысла, обеспечивающего увеличение добычи с уменьшением негативных последствий для запаса объекта. Возникает необходимость изучения норм, регламентирующих промышленный лов креветок в Азово-Черноморском бассейне, мониторинга запасов промысловых видов, с целью получения данных, на основании которых возможно будет сделать вывод о состоянии запасов объекта на данном этапе.

Список использованной литературы:

1. *Болтачев А. Р., Статкевич С. В., Карпова Е. П., Хуторенко И. В.* Черноморская травяная креветка *Palaemon adspersus* (Decapoda, Palaemonidae): биология, промысел, проблемы // Вопросы рыболовства. 2017. Т. 18. № 3. С. 313-327.
2. *Степанова О.Д., Кибенко В.А.* Черноморская травяная креветка (*Palaemon adspersus* Rathke, 1837) – перспективный объект промысла в Азово-Черноморском бассейне // Вестник КГМТУ. 2021. Выпуск 3. С. 84-94.
3. *Статкевич С.В.* Популяционные характеристики травяной креветки *Palaemon adspersus* (Rathke, 1837) в Черноморской прибрежной зоне // Промысловые беспозвоночные: сборник материалов VIII Всероссийской научной конференции (02-05 сентября 2015 г.). Калининград, 2015. С. 129-130.
4. *Саенко Е.М., Дудкин С.И., Марушко Е.А., Костенко Т.В.* Промыслово-биологические данные и ограничения рыболовства креветок в Черном и Азовском морях // Водные биоресурсы и среда обитания. 2021. Т. 4. № 1. С. 71-82.
5. *Кулиш А.В., Левинцова Д.М.* Фауна десятиногих ракообразных (*Decapoda latrelle*, 1802) акватории Керченского пролива (Азовское море): ретроспектива изучения и современный состав // Водные биоресурсы и среда обитания. 2019. Т. 2. № 1. С. 53-78.
6. *Замятина Е.А.* Индивидуальная плодовитость травяной креветки (*Palaemon adspersus* Rathke, 1837) в разных районах Черноморского бассейна // Труды Южного научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии. 2012. Т. 50. С. 123-128.
7. *Замятина Е.А., Сёмик А.М.* Исследование состава ихтиофауны, прилавливаемой в вентери при научно-исследовательском лове травяной креветки (*Palaemon Adspersus*) в морских прибрежных районах Крымского полуострова // Труды Южного научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии. 2015. Т. 53. С. 92-97.
8. *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. Ростов-на-Дону, 2018. С. 39-42.
9. *Von Oertzen A.* Metabolic Similarity of *Palaemon* Populations from Different Brackish Waters // International Review of Hydrobiology. 1984. Vol. 69. P. 753-755.

10. *Berglund A.* Different Reproductive Success at Low Salinity Determines the Estuarine Distribution of Two *Palaemon* Prawn Species // Holarctic Ecology. 1985. Vol. 8. No. 1. P. 49-52.
11. *González-Ortegón, Philip Sargent, Gerhard Pohle, Andres Martinez-Lage.* The Baltic prawn *Palaemon adspersus* Rathke, 1837 (Decapoda, Caridea, Palaemonidae): first record, possible establishment, and illustrated key of the subfamily Palaemoninae in northwest Atlantic waters. // Aquatic Invasions. 2015. Vol. 10. P. 299-312.
12. *Серегин С.С., Авраменко Ю.А.* Перспективы развития промышленного потенциала города Керчи // Вызовы и возможности финансового обеспечения стабильного экономического роста (ФИНАНСЫ-2019). Материалы Всероссийской научно-практической конференции: сборник научных трудов. Керчь, 2019. С. 318-323.
13. *Glamuzina L., Conides A., Prusina I., Ćukteraš M., Klaoudatos D., Zacharaki P., Glamuzina B.* 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. No. 14. P. 677-687.

References:

1. Boltachev A.R., Statkevich S.V., Karpova Ye.P., Khutorenko I.V. Chernomorskaya travyanaya krevetka *Palaemon adspersus* (Decapoda, Palaemonidae): biologiya, promysel, problems [Black Sea grass shrimp *Palaemon Adspersus* (Decapoda, Palaemonidae): biology, fishery, problems]. *Voprosy rybolovstva* [Fishing issues], vol. 30, no. 5, pp. 313-327. (In Russian).
2. Stepanova O.D., Kibenko V.A. Chernomorskaya travyanaya krevetka (*Palaemon adspersus* Rathke, 1837) – perspektivnyy ob"yekt promysla v Azovo-Chernomorskom basseyne [Black Sea grass shrimp (*Palaemon adspersus* Rathke, 1837) – a promising object of fishing in the Azov-Black Sea basin]. *Vestnik KGMTU* [Bulletin of KSMU], 2021, no. 3, pp. 84-94. (In Russian).
3. Statkevich S.V. Populyatsionnyye kharakteristiki travyanoy krevetki *Palaemon adspersus* (Rathke, 1837) v Chernomorskoy pravozashchitnoy zone [Population characteristics of the grass shrimp *Palaemon adspersus* (Rathke, 1837) in the Black Sea coastal zone]. Sbornik materialov VIII Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii «Promyslovyye bespozvonochnye»" [Collection of materials of the VIII All-Russian Scientific Conference "Commercial invertebrates']. Kaliningrad, 2015, pp. 129-130. (In Russian).
4. Sayenko Ye.M., Dudkin S.I., Marushko Ye.A., Kostenko T.V. Promyslovo-biologicheskiye dannyye i ogranicheniya rybolovstva krevetok v Chernom i Azovskom moryakh [Commercial and biological data and restrictions on shrimp fishing in the Black and Azov Seas]. *Vodnyye bioresursy i sreda obitaniya* [Aquatic bioresources and habitat], 2021, vol. 4, no. 1, pp. 71-82. (In Russian).
5. Kulish A.V., Levintsova D.M. Fauna desyatinogih rakoobraznykh (*Decapoda latrelle*, 1802) akvatorii Kerchenskogo proliva (Azovskoye more): retrospektiva izucheniya i sovremennyj sostav [Fauna of decapod crustaceans (*Decapoda latrelle*, 1802) in the waters of the Kerch Strait (Sea of Azov): a retrospective study and the current composition]. *Vodnyye bioresursy i sreda obitaniya* [Aquatic bioresources and habitat], 2019, vol. 2, no. 1, pp. 53-78. (In Russian).
6. Zamyatina Ye.A. Individual'naya 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 Yuzhnogo nauchno-issledovatel'skogo instituta rybnogo khozyaystva i okeanografii* [Proceedings of the Southern Research Institute of Fisheries and Oceanography], 2012, vol. 50, pp. 123-128. (In Russian).
7. Zamyatina Ye.A., Syomik A.M. Issledovaniye sostava ikhtiofauny, prilavlivayemoy v venteri pri nauchno-issledovatel'skom love travyanoy krevetki (*Palaemon adspersus*) v morskih

pribrezhnykh rayonakh Krymskogo poluostrova [Investigation of the composition of the ichthyofauna crushed in the venter during the research fishing of grass shrimp (Palaemon Adspersus) in the marine coastal areas of the Crimean Peninsula]. *Trudy Yuzhnogo nauchno-issledovatel'skogo instituta rybnogo khozyaystva i okeanografii* [Proceedings of the Southern Research Institute of Fisheries and Oceanography], 2015, vol. 53, pp. 92-97. (In Russian).

8. Sayenko Ye.M., Marushko Ye.A. Sostoyaniye populyatsiy promyslovykh vidov krevetok v Azovskom more v sovremennyy period [The state of populations of commercial shrimp species in the Sea of Azov in the modern period]. *Sbornik statey IV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Sovremennyye nauchnyye issledovaniya: aktual'nyye voprosy, dostizheniya i innovatsii»* [Collection of articles of the IV International Scientific and Practical Conference “Modern scientific research: topical issues, achievements and innovations”]. Rostov-on-Don, 2018, pp. 39-42. (In Russian).
9. Von Oertzen A., Metabolic Similarity of Palaemon Populations from Different Brackish Waters. *International Review of Hydrobiology*, 1984, vol. 69, pp. 753-755. (In English)
10. Berglund A. Different Reproductive Success at Low Salinity Determines the Estuarine Distribution of Two Palaemon Prawn Species. *Holarctic Ecology*, 1985, vol. 8, no. 1, pp. 49-52. (In English).
11. González-Ortegón, Philip Sargent, Gerhard Pohle, Andres Martinez-Lage. The Baltic prawn Palaemon adspersus Rathke, 1837 (Decapoda, Caridea, Palaemonidae): first record, possible establishment, and illustrated key of the subfamily Palaemoninae in northwest Atlantic waters. *Aquatic Invasions* , 2015, vol. 10, pp. 299-312. (In English).
12. Seregin S.S., Avramenko Yu.A., Perspektivy razvitiya promyshlennogo potenciala goroda Kerchi [Prospects for the development of the industrial potential of the city of Kerch]. *Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Vyzovy i vozmozhnosti finansovogo obespecheniya stabil'nogo ekonomicheskogo rosta (FINANSY-2019)».* [Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference “Challenges and opportunities for financial support for stable economic growth (FINANCE-2019)”]. Kerch, 2019, pp. 318-323. (In Russian).
13. Glamuzina L., Conides A., Prusina I., Ćukteraš M., Klaoudatos D., Zacharaki P., Glamuzina B. 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, no. 14, pp. 677-687. (In English).

Сведения об авторах / Information about authors

Степанова Ольга Денисовна	магистрант 2-го курса направления подготовки «Водные биоресурсы и аквакультура» Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 stepanova98olga96@yandex.ru
Stepanova Olga Denisovna	master's degree student of the 2nd year of the training direction “Aquatic bioresources and aquaculture” Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82 stepanova98olga96@yandex.ru
Серёгин Станислав Сергеевич	канд. экон. наук, доцент, начальник отдела обеспечения научно-исследовательской деятельности Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 seregin2@gmail.com

Seregin Stanislav Sergeevich	Ph.D. (Econ.), Associate Professor, Head of the Department for ensuring research activities Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82 seregin2@gmail.com
Кибенко **Владимир** **Александрович**	канд. экон. наук, доцент кафедры водных биоресурсов и марикультуры Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 kibenkovladimir@mail.ru
Kibenko Vladimir Alexandrovich	Ph.D. (Econ.), Associate Professor at the Department of aquatic bioresources and mariculture Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82 kibenkovladimir@mail.ru

УДК 576.311.348.4; 546.817

Сухаренко Е.В., Водолазкая И.В.

ОЦЕНКА ЦИТОТОКСИЧНОСТИ МЕДИ В МОЗГЕ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ

Аннотация. Медный купорос ($CuSO_4$) – антисептическое средство, которое применяется для обработки водоемов, используемых в ходе выращивания рыбы. Накопление ионов меди в донных отложениях требует тщательного изучения и детального расчета дозирования этого препарта. Для оценки реактивного ответа глиальных клеток изучали влияние ионов меди на экспрессию PARP, NF-kB и GFAP в мозге радужной форели (Rainbow trout). В течение 96 часов тест-объекты подвергались воздействию сублетальных концентраций медного купороса (380 мкг/л). Полученные данные свидетельствуют о значительном влиянии Cu^{2+} на астроглиоз и репарацию повреждений ДНК в мозге рыб. Показано, что ионы меди могут вызвать астроглиальный ответ, сопровождающийся значительным нарушением экспрессии транскрипцидонного фактора NF-kB и протеина PARP-1. Отмечено увеличение содержания GFAP при экспозиции меди в течение 24 часов с последующим снижением экспрессии этого белка. Такое воздействие свидетельствует о неспецифической токсичности меди в клетках мозга радужной форели.
Ключевые слова: радужная форель, цитоскелет, транскрипционные факторы, глиальные клетки, цитотоксичность.

Sukharenko E.V., Vodolazskaya I.V.

ASSESSMENT OF COPPER CYTOTOXICITY IN THE BRAIN OF RAINBOW TROUT

Abstract. Copper sulphate ($CuSO_4$) is an antiseptic compound which is used to treat ponds in fish farming. The accumulation of copper ions in bottom sediments requires careful study and detailed calculation of the dosage of this antiseptic application. To assess the reactive response of glial cells, we studied the effect of copper ions on the expression of PARP, NF-kB, and GFAP in the brain of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). For 96 hours, test objects were exposed to sublethal concentrations of copper sulfate (380 µg/l). Obtained data indicate a significant effect of Cu2+ on astrogliosis and DNA damage repair machinery in the fish brain. It has been shown that copper ions can cause an astroglial response which accompanied by a significant disruption in the expression of the both transcription factor NF-kB and the PARP-1 protein. An increase in the content of GFAP was noted upon exposure to copper for 24 hours, followed by a decrease in the expression of this protein. This result of the exposure is indicative of non-specific copper toxicity in rainbow trout brain cells.
Keywords: rainbow trout, cytoskeleton, transcription factors, glial cells, cytotoxicity.

Введение. Медный купарос является достаточно эффективным препаратом, который широко используется для профилактики и лечения различных эктопаразитарных и бактериальных инфекций [1]. Антисептическое действие соединений меди позволяет применять их в качестве неспецифических фунгицидов, акарицидов и анисептиков на различных предприятиях аквакультуры в интенсивном рыбоводстве.

Наиболее часто соединения, содержащие Cu^{2+}, применяются для борьбы с водорослями, особенно в креветочных ставках. $CuSO_4$ эффективен при инактивации токсических метаболитов цианобактерий, в частности геосмина и 2-метилизоборнеола. Кроме того, лечение такого распространенного заболевания рыб как ихтиофтириус, требует высоких концентраций сульфата меди (рекомендованная минимальная концентрация 50 мкг/л) [2]. Однако длительное использование соединений меди способствует значительному ее накоплению в водных экосистемах. Ионы меди обладают кумуляционным эффектом и могут угнетать рост особей при рыборазведении [3].

Известно, что Cu^{2+} могут инициировать повреждения межклеточных контактов, нарушение регуляции сигнальных путей, а также вызывать окислительный стресс и апоптоз в жабрах рыб [4]. Несмотря на достаточно хорошо изученное негативное воздействие повышенных концентраций соединений меди, нейротоксические эффекты ионов меди остаются неизвестными.

Перспективным инструментом при поиске молекулярных маркеров, используемых для оценки цитотоксичности Cu^{2+}, могут являться специфические для нервной ткани белки. В частности, глиальный фибриллярный кислый белок (GFAP) – нейроспецифический компонент цитоскелета глиальных клеток [5]. GFAP, являясь основным компонентом промежуточных филаментов астроцитов и эпендимальных клеток, широко используется в качестве маркера астроцитов и их реактивации, вызванной различными факторами. Промежуточные филаменты астроцитов принимают участие в широком спектре процессов центральной нервной системы, включая ответ клеток на различные токсические воздействия и функционирование гематоэнцефалического барьера. Активное участие GFAP в восстановлении клеточных повреждений обнаружено во всех звеньях нервной системы, где присутствуют астроциты [6].

Еще одним перспективным молекулярным маркером служит

транскрипционный фактор NF-kB. Известно, чрезмерная активация NF-kB при действии соединений меди индуцирует клеточный ответ в культуре клеток. Передача сигналов, опосредованная NF-kB, является одним из универсальных механизмов регуляции клеточной реакции в разных типах тканей [7]. Возможно, что воздействие меди на жизненно важные сигнальные пути может «переключать» метаболизм клетки через активацию программируемой клеточной гибели.

При генотоксических эффектах, вызванных загрязнителями окружающей среды, клетки нуждаются в процессах, направленных на восстановление поврежденной ДНК. Так поли-[АДФ-рибоза]-полимераза (PARP) играет важную роль в репарации поврежденной ДНК и участвует в регуляции клеточного ответа на различные токсические воздействия. Кроме того, PARP участвует в регуляции экспрессии критических факторов транскрипции, включая NF-kB. Однако роль вышеперечисленных белков в механизмах нейротоксичности меди остается малоизученной.

Радужная форель является одной из общепризнанных моделей экотоксических исследований [8]. Учитывая, что многие предприятия в ходе рыборазведения применяют медный купорос, исследование молекулярных механизмов нейротоксичности меди необходимо для выяснения его потенциала при модуляции клеточной реактивности в мозге пресноводных рыб.

Цель исследования – установить роль молекулярных маркеров глиального цитоскелета и регуляции транскрипции радужной форели в условиях нейротоксического действия ионов меди.

Материалы и методы исследования. В исследовании использовали 20 особей радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) (118 ± 11 г), которые были выращены в фермерском хозяйстве «Кебан» (г. Елазиг, Турция). Отобранные рыбы были помещены для адаптации на 2 недели в аквариумы объемом 400 литров. Для определения дозозависимого токсического действия ионов меди использовали экспозицию концентраций: 500, 1000, 1500, 2000 и 3000 мкг/л в

течение 96 часов. Значение LC_{50}, которое составило 1520 мкг/л, рассчитывалось по показателю смертности. С учетом значения LC_{50} выбрана концентрация, соответствующая 25% LC_{50} (380 мкг/мл). Воздействие ионов меди изучали при различной экспозиции (24, 48 и 96 ч). Особи разделили на четыре группы (контрольная и три экспериментальных) методом рандомизации. Исследования проводились в соответствии с Протоколом эксперимента, утвержденным Комитетом по этике экспериментов на животных Университета Бингеля.

Образцы белковых экстрактов получали в результате гомогенизации ткани мозга в 25 мМ трис-HCl буфере (pH 7,4), содержавшем 0,2% додецилсульфата натрия и коктейль ингибиторов протеаз, с последующим центрифугированием [9]. Концентрацию белка в каждом образце белковых экстрактов определяли методом Брэдфорда. Образцы смешивали в соотношении 1:1 с буфером для образцов Леммли, содержащим 0,1 М дитиотреитола, и кипятили в течение 5 мин. Образцы белка замораживали при минус 20^0С и хранили не более двух недель.

Определение содержания GFAP, NF-kB и PAPR-1 проводили методом иммуноблотинга (Nedzvetsky et al., 2019). В работе использовали антитела – анти-PAPR-1 (Abcam, ab-194586), анти-NF-kB p65 (Abcam, ab-16502), анти-GFAP (Santa-Cruz, sc-9065) и анти-β-актин (Santa-Cruz, sc-69879) антитела, разведенные 1/2000. Денситометрический анализ полученных результатов проводили с использованием софта Total Lab TL120. Молекулярные массы полипептидов идентифицировали путем экстраполяции относительной подвижности каждого полипептида на участке белков с известной молекулярной массой (PageRuler Prestained Protein Ladder, Fermentas, Германия). Реактивные соединения кислорода (РСК) в мозге рыб определяли флуоресцентным методом. Свежие выделенные образцы тканей мозга рыб гомогенизировали в буфере Tris-HCl (50 мМ, pH=7,4) на льду в соотношении 1:10. Образцы гомогената мозговой ткани объемом 100 мкл смешивали с 1 мл буфера и 5 мкл 10 мкМ диацетата 2′,7′-дихлорфлуоресцеина (DCFDA).

Полученные смеси инкубировали при 37°С в течение 30 минут (инкубатор Lab. Companion SI-600, Jelio Tech., Корея). После инкубации интенсивность флуоресценции измеряли в образцах с помощью флуоресцентного спектрофотометра LS55 (PerkinElmer, США) с возбуждением λ=485 нм и излучением λ=525 нм. Количественные результаты анализировали с помощью одностороннего дисперсионного анализа (ANOVA) с последующим тестом Бонферрони post-hoc. Значение P<0,05 было определено как статистически значимое.

Результаты исследования и их обсуждение. Результаты определения содержания GFAP в головном мозге рыб, подвергшихся воздействию медного купороса, показали, что кратковременная экспозиция (24 ч) вызвает рост количества GFAP в мозге рыб. В то же время более длительные экспозиции (48 и 72 часа) индуцируют снижение содержания этого белка (рис. 1).

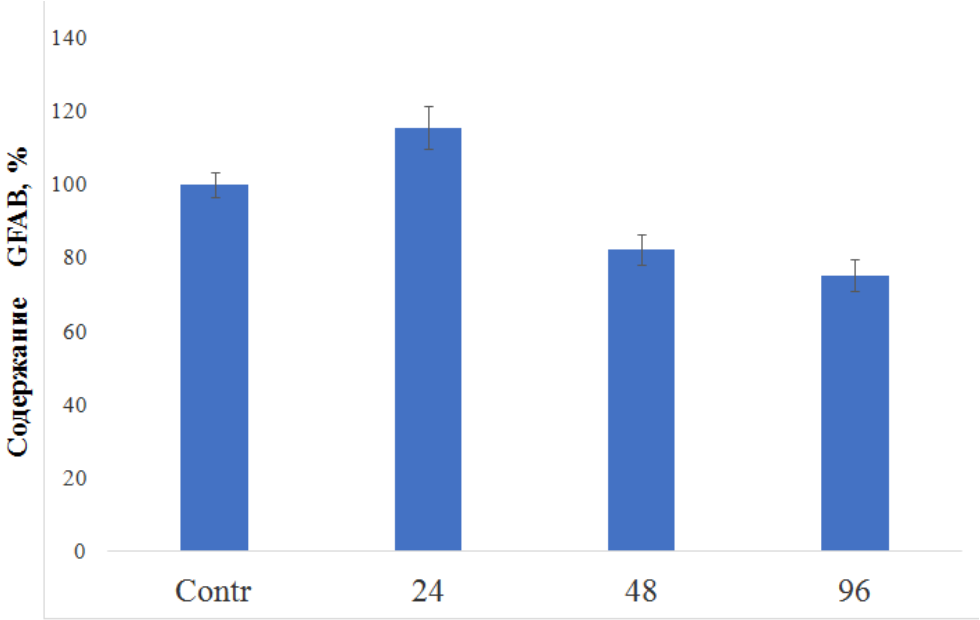


Рисунок 1 – Относительное содержание GFAP в мозге радужной форели, экспонируемой в течение 24, 48 и 96 часов раствором медного купороса с концентрацией 380 мкг/л

Очевидно, что изменения экспрессии GFAP в мозге рыб могут быть вызывны множественными неспецифическими цитотоксическими эффектами

ионов меди в нервной ткани.

Результаты определения содержания NF-kB в мозге особей эксперимегальных групп рыб показали значительную чувствительность этого транскрипционного фактора на токсическое воздействие меди. Во всех экспериментальных группах был обнаружен рост содержания NF-kB по сравнению с контролем. Следует отметить, что изменение содержания NF-kB у особей, экспонированных раствором медного купороса в течение 24 ч, является статистически недостоверным (рис. 2).

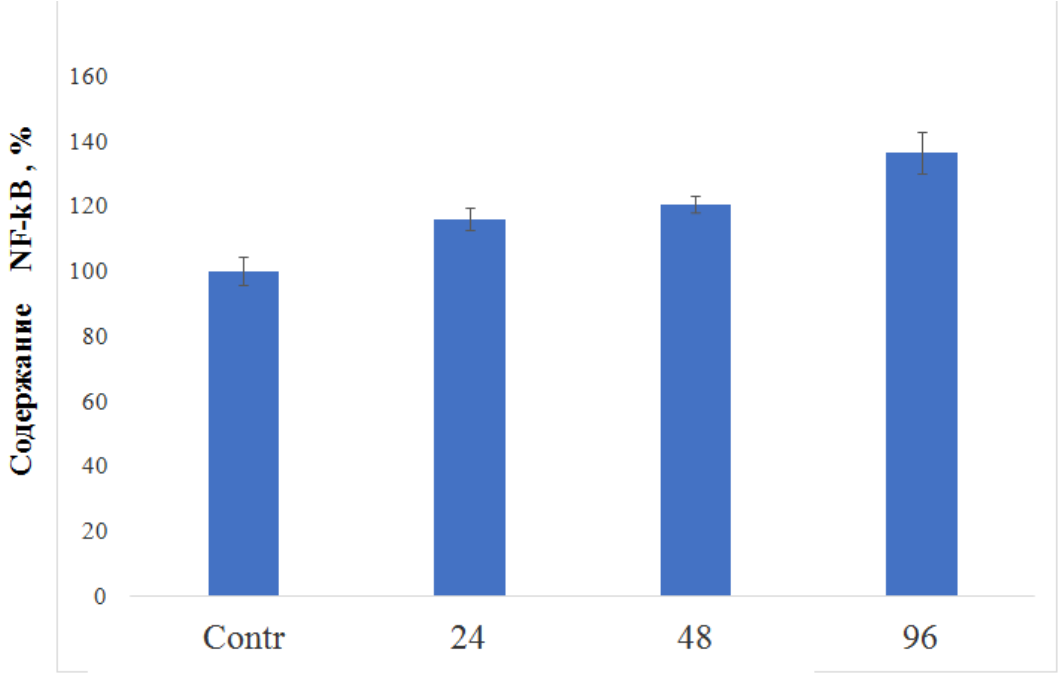


Рисунок 2 – Относительное содержание NF-kB в мозге радужной форели, экспонируемой в течение 24, 48 и 96 часов раствором медного купороса с концентрацией 380 мкг/л

В отличии от результатов, полученных в ходе определения содержания GFAP и NF-kB в мозге особей радужной форели экспериментальных групп, было обнаружено уменьшение содержания PARP по сравнению с контролем (рис. 3).

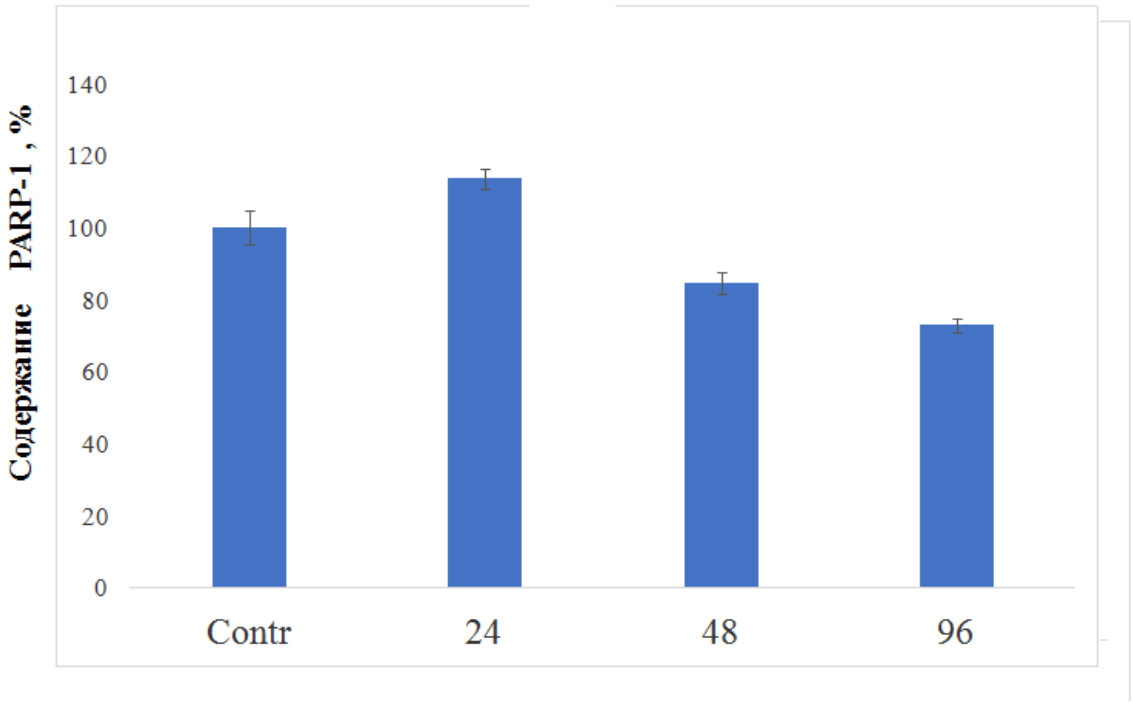


Рисунок 3 – Относительное содержание PARP-1 в мозге радужной форели, экспонируемой в течение 24, 48 и 96 часов раствором медного купороса в концентрации 380 мкг/л

Следует отметить дозозависимый эффект угнетения содержания PARP в мозге рыб в условиях воздействия ионов меди. Представленные результаты свидетельствуют о том, что сублетальные концентрации меди могут вызывать в мозге рыб комплексные нарушения цитоскелета, транскрипционных регуляторов клеточного ответа и PARP-зависимой системы репарации ДНК-повреждений.

Токсичность металлов, как правило, сопровождается окислительным стрессом, который является одной из основных причин инициации гиперактивации клеточных реакций. Об интенсивности окислительного стресса судили по количеству реактивных соединений кислорода (РСК). Полученные данные свидетельствуют о ярко выраженной зависимости интесивности генерации РСК от времени экспозиции (рис. 4).

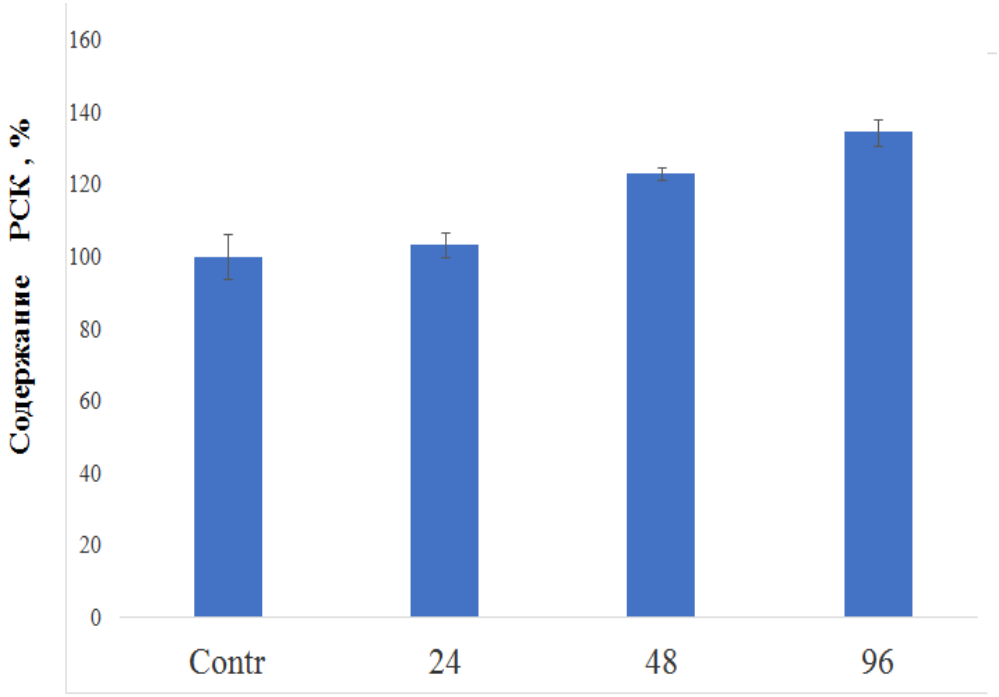


Рисунок 4 – Относительное содержание РСК в мозге радужной форели, экспонируемой в течение 24, 48 и 96 часов раствором медного купороса в концентрации 380 мкг/л

Медь является элементом, необходимым в эукариотических клетках. Дефицит меди обычно вызывает дисбаланс мышечной активности, аномалии нервных клеток, сердечно-сосудистые нарушения, которые наблюдались у животных на многих моделях. Несмотря на то, что медь важна для обеспечения значительного количества физиологических процессов, повышение уровня Cu^{2+} в живом организме сопровождается возниконвением цитотоксических эффектов, вызывающих ряд нарушений в регуляции ключевых путей метаболизма. Цитотоксичность меди тесно связана с нарушением окислительно-восстановительного баланса и повышением уровня окислительного стресса. В частности, показано, что высокие концентрации меди угнетают антиоксидантную систему рыб [10].

Учитывая уязвимость клеток нервной ткани к окислительным повреждениям, полученные данные поддерживают гипотезу о тесной связи

между генерацией окислительного стресса и ответом глиальных клеток на воздействие ионов меди. Индуцируемое влиянием меди усиление экспрессии GFAP, а также активности PARP и NF-kB может быть составляющими клеточного ответа, направленного на выживаемость клеток мозга.

Печень является основным органом детоксикации ксенобиотиков, а также важной мишенью цитотоксичности меди. Медь может накапливаться в клетках печени благодаря высокому сродству к Cu^{2+}-металлотионеину гепатоцитов. Показано, что ионы меди уменьшают потенциал митохондриальной мембраны, активируют каспазу-3 и деградацию PARP, что может инициировать активацию апоптоза. Значительные повреждения клеток печени были продемонстрированы после воздействия низкой дозы 5 мкМ Cu^{2+} на особей Данио-рерио (*Danio rerio*) [11].

Однако вопрос степени токсичности меди для тканей мозга остается открытым. Механизмы цитотоксичности меди в нервной ткани малонеизвестны и требуют интегральных исследований, как на клеточном, так и на молекулярном уровнях. Токсичность меди может быть реализована через прямое воздействие на глиоциты и нейроны, а также опосредованно – через изменения, вызванные повреждением гепатоцитов.

Показано, что ионы меди могут модулировать генотоксический эффект, опосредованный другими загрязнителями окружающей среды. Так ионы меди ингибируют восстановление повреждений ДНК, вызванное метилметансульфонатом. Одним из наиболее изученных способов восстановления ДНК в эукариотических клетках является синтез полирибозы, в котором принимает участие фермент поли-[АДФ-рибоза]-полимераза (PARP-1). АДФ-рибозилирование является одним из ключевых регуляторов клеточных процессов, включая регуляцию динамической перестройки хроматина, транскрипции, трансляции белка и конформационной стабильности конечных продуктов. Генотоксичность меди может быт связана с дерегуляцией синтеза PARP-1, особенно в ходе раннего развития. Полученные результаты

подтверждают нарушения экспрессии PARP-1 в мозге радужной форели, индуцированную сублетальной дозой (380 мкг/л) ионов меди, что может привести к изменению АДФ-рибозилирования и синтеза полирибозы, отвечающих за репарацию ДНК.

GFAP является наиболее часто используемым биомаркером астроглиальной реактивности. Астроглиальные клетки обеспечивают защиту от токсических повреждений и поддерживают как структуру, так и функции нейронов. Реактивация астроцитов является одним из основных изменений в защитных клеточных реакциях [12]. Полученные результаты свидетельствуют о бифуркационных эффектах экспрессии GFAP под воздействием меди. Показано, что цитотоксичность этого иона зависит не только от длительности действия, но и от реакции глиальных клеток на повреждения. Установлено, что защитный эффект астроглиоза развивается как нелинейная функция, связанная с интенсивностью и продолжительностью воздействия. Изменения экспрессии GFAP, отражающие динамику реактивности астроцитов в ответ на цитотоксичность меди в мозге особей экспериментальных групп рыб, могут быть обусловлены различными механизмами, происходящими в глиальных клетках, включая метаболизм белков цитоскелета [7, 9]. Возможно, модуляция содержания GFAP в астроцитах обусловлена не только интенсивностью экспрессии этого белка, но и скоростью расщепления его протеазами. Имеются доказательства того, что GFAP и его фрагменты могут быть использованы как валидные молекулярные биомаркеры при различных патогенных процессах в ЦНС. Показано, что фрагментация GFAP генерируется кальпаинами и каспазами [13]. Вороятно, что ионы меди не толко стимулируют гиперэкспрессию GFAP в астроцитах, которая связана с усилением выведения провоспалительных факторов, но и индуцируют фрагментацию GFAP, приводящую к снижению его содержания. Полученные результаты согласовываются с данными, представленными другими авторами, показавшими фрагментацию GFAP с участием каспазы-3.

Установлено, что повышение уровня GFAP в мозге рыб под воздействием меди сопровождается модуляцией экспрессии NF-kB. Известно, что активация NF-kB в астроглиальных клетках может быть инициирована разными стимулами, включая избыток РСК и реактивацию клеток. Возможно, что индуцированная медью реактивация астроцитов в мозге рыб регулируется механизмами, связанными с NF-kB, которые могут управлять перестройкой цитоскелета в ходе реактивных реакций клетки в ответ на токсическое действие загрязнителей окружающей среды. Следует обратить внимание на то, что астроглиальная реактивация в тканях мозга особей радужной форели сопровождалась модуляцией как ключевых регуляторов транскрипционной активности (NF-kB) (рис. 1 и 2), так и восстанавливающего ДНК протеина PARP-1. Полученные результаты демонстрируют дозозависимое влияние меди на реакцию клеток нервной ткани.

Последние достижения в секвенировании транскриптомов продемонстрировали присутствие транскрипционной активности NF-kB у многих позвоночных и беспозвоночных, что является доказательством универсальности регулирования с помощью NF-kB. Показано, что регуляция реакции клеток на воздействие токсичных ксенобиотиков связана с изменениями в системе активации-ингибирования NF-kB [14]. Чрезмерная активация NF-kB может привести к нарушению уровня транскрипции провоспалительных факторов и гибели клетки. Однако умеренная активация обеспечивает выживаемость клеток и активирует пути детоксикации. Понимание роли NF-kB в регуляции клеточной реакции мозга может быть значимым звеном в изучении механизмов переключения сигнальных путей, направленных на выживаемость клеток нервной ткани, а также позволит получить данные о пределах реактивации клеток, вызванной загрязнением окружающей среды.

Рост свободных радикалов является одним из факторов, вызывающих зависимый от NF-kB клеточный ответ. Показано прооксидантное действие меди

на ткани рыб [4]. Результаты исследования подтверждают влияние подолжительности воздействия на интенсивность клеточных реакций, что подтверждает гипотезу о кумулятивном токсическом действии ионов меди. По сравнению с другими тканями для нервной ткани характерна низкая антиоксидантная активность и интенсивное потребление кислорода, поэтому токсические эффекты ионов меди, могут быть связаны с повреждениями нервной ткани под воздействием РСК. Наблюдаемая реактивация глиальных клеток, сопровождющаяся модуляцией экспрессии NF-kB и PARP-1, может отражать функциональную связь между перестройкой цитоскелета и клеточным ответом на токсичность меди. Возможно, отсутствие значимого дозозависимого эффекта сублетальной дозы меди может быть вызвано множественными обратными связями между молекулярными мишенями как NF-kB, так и PARP-1. Учитывая, что PARP-1 может инициировать апоптоз в клетках мозга, различные дозы ионов меди могут нарушать баланс в запрограммированной регуляции гибели клеток.

Известно, что восстановление повреждений ДНК – одна из ключевых функций PARP. Однако PARP может участвовать в модуляции гибели клеток мозга, инициированной различными расстройствами [15, 16]. Изменения активации PARP в процессе реакции клеток сопровождаются чрезмерным потреблением его субстратов, особенно NAD^+, и, как следствие, истощением уровня АТФ в клетке. Длительная и чрезмерная активация PARP вызывает дефицит метаболической энергии, провоцирующий переключение сигнальных путей на гибель клетки. Учитывая, что PARP участвует в клеточном ответе как активатор NF-kB в трансляционной регуляции провоспалительных факторов, повышенная активность этого фермента может модулировать экспрессию белков, участвующих в воспалительном каскадном процессе, а также в универсальных киназных путях, стимулирующих реактивность клеток положительной обратногой связи. Выявленная в мозге радужной форели стрессовая реакция, возникающая под действием сублетальных доз Cu^{2+}, а

также нелинейная зависимость в экспрессии GFAP, PARP и NF-kB может быть результатом интеграции множественных путей, модулирующих клеточный ответ против токсичности меди. Однако вопрос о том, какой процент клеток может погибнуть в результате такой экспозиции, остается открытым. Таким образом, изучение токсичности меди требует дополнительных исследований, направленных на детализацию соответствующих процессов в культурах клеток мозга.

Выводы. Полученные результаты свидетельствуют о том, что содержание GFAP может использоваться в качестве биомаркера нейротоксичности ионов меди. Выявленные изменения этого показателя являются доказательством токсического действия ионов меди в клетках нервной ткани. Дифференциальные изменения экспрессии GFAP, NF-kB и PARP-1 в мозге рыб могут отражать комплексную реактивацию, индуцированную ионами меди в клетках мозга радужной форели. Предположительно, сублетальные дозы ионов меди провоцируют дерегулирование ключевых путей, контролирующих клеточный ответ. Полученные результаты показывают, что активация транскрипцидонного фактора NF-kB, протеина PARP, а также астроглиоз в мозге рыб может являться частью процессов, необходимиых для выживания животных в среде с повышенной концентрацией меди.

Список использованной литературы:

1. *Parks A.N., Cantwell M.G., Katz D.R., Cashman M.A., Luxton T.P., Clar J.G., Perron M.M., Portis L., Ho K.T., Burgess R.M.* Assessing the release of copper from nanocopper-treated and conventional copper-treated lumber into marine waters II: Forms and bioavailability // Environ Toxicol Chem. 2018. V. 37 (7). P. 1969-1979.
2. *Picon-Camacho S.M., Marcus-Lopez M., Bron J.E., Shinn A.P.* An assessment of the use of drug and non-drug interventions in the treatment of Ichthyophthirius miltifiliis Fouquet, 1876, a protozoan parasite of freshwater fish // Parasitology. 2012. V. 139 (2). P. 149-190.
3. *Marcussen H., Løjmand H., Dalsgaard A., Hai D.M., Holm P.E.* Copper use and accumulation in Catfish Culture in the Mekong Delta // Vietnam. Journal of Environmental Science and Health. Part A: Toxic Hazardous Substances and Environmental Engineering. 2014. V. 49 (2). P. 187-192.
4. *Wang B., Feng L., Jiang W.D., Wu P., Kuang S.Y., Jiang J., Tang L., Tang W.N., Zhang Y.A., Liu Y., Zhou X.Q.* Copper-induced tight junction mRNA expression changes, apoptosis and antioxidant responses via NF-kB, TOR and Nrf2 signaling molecules in the gills of fish:

preventive role of arginine // Aquatic Toxicology. 2015. V. 158. P. 125-137.
5. *Thomsen R., Daugaard T.F., Holm I.A., Nielsen A.L.* Alternative mRNA splicing from the glial fibrillary acidic protein (GFAP) gene generates isoforms with distinct subcellular mRNA localization patterns in astrocytes // Plos One. 2013. V. 8 (8), e72110.
6. *Nedzvetsky V.S., Tuzcu M., Yasar A., Tikhomirov A.A., Baydas G.* Effects of vitamin E against aluminum neurotoxicity in rats // Biochemistry (Moscow). 2006. V. 71 (3), P. 239-244.
7. *Nedzvetsky V.S., Agca C.A., Baydas G.* The peptidoglycan fraction enriched with muramyl pentapeptide from lactobacillus bulgaricus inhibits glioblastoma U373MG cell migration capability and upregulates PARP1 and NF-kB levels // Biotechnologia Acta. 2020. V. 13 (2). P. 65-79.
8. *Razmara P., Sharpe J., Pyle G.G.* Rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) chemosensory detection of and reactions to copper nanoparticles and copper ions // Environ. Pollut. 2020. V. 260, e113925.
9. *Nedzvetsky V.S., Sukharenko E.V., Kyrychenko S.V., Baydas G.* Soluble curcumin prevents cadmium cytotoxicity in primary rat astrocytes by improving a lack of GFAP and glucose-6-phosphate-dehydrogenase // Regulatory Mechanisms in Biosystems. 2018. V. 9 (4). P. 501-507.
10. *Dornelles Zebral Y., Roza M., da Silva Fonseca J., Gomes Costa P., Stürmer de Oliveira C., Gubert Zocke T., Lemos Dal Pizzol J., Berteaux Robaldo R., Bianchini A.* Waterborne copper is more toxic to the killifish Poecilia vivipara in elevated temperatures: Linking oxidative stress in the liver with reduced organismal thermal performance // Aquat Toxicol. 2019. V. 209. P. 142-149.
11. *Tseng H.L., Li C.J., Huang L.H., Chen C.Y., Tsai C.H., Lin C.N., Hsu H.Y.* Quercetin 3-O-methyl ether protects FL83B cells from copper induced oxidative stress through the PI3K/Akt and MAPK/Erk pathway // Toxicology and Applied Pharmacology. 2012. V. 264 (1). P. 104-113.
12. *Eng L.F., Ghirnikar R.S., Lee Y.L.* Glial fibrillary acidic protein: GFAP-thirty-one years (1969-2000) // Neurochemical Research. 2000. V. 25 (9-10). P. 1439-1451.
13. *Chen M.H., Hagemann T.L., Quinlan R.A., Messing A., Perng M.D.* Caspase cleavage of GFAP produces an assembly-compromised proteolytic fragment that promotes filament aggregation // ASN Neuro. 2013. V. 5 (5). P. 293-308.
14. *Cao L., Ding W., Jia R., Du J., Wang T., Zhang C., Gu Z., Yin G.* Anti-inflammatory and hepatoprotective effects of glycyrrhetinic acid on CCL_4-induced damage in precision-cut liver slices from Jian Carp (*Cyprinus carpio* var. jian) through ınhibition of the NF-kB pathway // Fish and Shellfish Immunology. 2017. V. 64. P. 234-242.
15. *Formentini L., Arapistas P., Pittelli M., Jacomelli M., Pitozzi V., Menichetti S., Romani F., Giovannelli L., Moroni F., Chiarugi A.* Mono-galloyl glucose derivatives are potent poly(ADP-ribose) glycohydrolase (PARG) inhibitors and partially reduce PARP-1-dependent cell death // Br. J. Pharmacol. 2008. V. 155 (8). P. 1235-1249.
16. *Wang X., Li H., Ding S.* The Effects of NAD^+ on Apoptotic Neuronal Death and Mitochondrial Biogenesis and Function after Glutamate Excitotoxicity // Int. J. Mol. Sci. 2014. V. 15 (11). P. 20449-20468.

References:

1. Parks A.N., Cantwell M.G., Katz D.R., Cashman M.A., Luxton T.P., Clar J.G., Perron M.M., Portis L., Ho K.T., Burgess R.M. Assessing the release of copper from nanocopper-treated and conventional copper-treated lumber into marine waters II: Forms and bioavailability. *Environ Toxicol Chem*, 2018, vol. 37 (7), pp. 1969-1979. (In English).
2. Picon-Camacho S.M., Marcus-Lopez M., Bron J.E. Shinn A.P. An assessment of the use of drug and non-drug interventions in the treatment of Ichthyophthirius miltifiliis Fouquet, 1876, a protozoan parasite of freshwater fish. Parasitology, 2012, vol. 139 (2), pp. 149-190. (In English).

3. Marcussen H., Løjmand H., Dalsgaard A., Hai D.M., Holm P.E. Copper use and accumulation in Catfish Culture in the Mekong Delta. *Vietnam. Journal of Environmental Science and Health. Part A: Toxic Hazardous Substances and Environmental Engineering*, 2014, vol. 49 (2), pp. 187-192. (In English).
4. *Wang B., Feng L., Jiang W.D., Wu P., Kuang S.Y., Jiang J., Tang L., Tang W.N., Zhang Y.A., Liu Y., Zhou X.Q.* Copper-induced tight junction mRNA expression changes, apoptosis and antioxidant responses via NF-kB, TOR and Nrf2 signaling molecules in the gills of fish: preventive role of arginine. *Aquatic Toxicology*, 2015, vol. 158, pp. 125-137. (In English).
5. Thomsen R., Daugaard T.F., Holm I.A., Nielsen A.L. Alternative mRNA splicing from the glial fibrillary acidic protein (GFAP) gene generates isoforms with distinct subcellular mRNA localization patterns in astrocytes. *Plos One*, 2013, vol. 8 (8), e72110. (In English).
6. Nedzvetsky V.S., Tuzcu M., Yasar A., Tikhomirov A.A., Baydas G. Effects of vitamin E against aluminum neurotoxicity in rats. Biochemistry (Moscow), 2006, vol. 71 (3), pp. 239-244. (In English).
7. Nedzvetsky V.S., Agca C.A., Baydas G. The peptidoglycan fraction enriched with muramyl pentapeptide from lactobacillus bulgaricus inhibits glioblastoma U373MG cell migration capability and upregulates PARP1 and NF-kB levels. *Biotechnologia Acta*, 2020, vol. 13 (2), pp. 65-79. (In English).
8. Razmara P., Sharpe J., Pyle G.G. Rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) chemosensory detection of and reactions to copper nanoparticles and copper ions. *Environmental Pollution*, 2020, vol. 260, e113925. (In English).
9. Nedzvetsky V.S., Sukharenko E.V., Kyrychenko S.V., Baydas G. Soluble curcumin prevents cadmium cytotoxicity in primary rat astrocytes by improving a lack of GFAP and glucose-6-phosphate-dehydrogenase. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 2018, vol. 9 (4), pp. 501-507. (In English).
10. Dornelles Zebral Y., Roza M., da Silva Fonseca J., Gomes Costa P., Stürmer de Oliveira C., Gubert Zocke T., Lemos Dal Pizzol J., Berteaux Robaldo R., Bianchini A. Waterborne copper is more toxic to the killifish Poecilia vivipara in elevated temperatures: Linking oxidative stress in the liver with reduced organismal thermal performance. *Aquatic Toxicology*, 2019, vol. 209, pp. 142-149. (In English).
11. Tseng H.L., Li C.J., Huang L.H., Chen C.Y., Tsai C.H., Lin C.N., Hsu H.Y. Quercetin 3-O-methyl ether protects FL83B cells from copper induced oxidative stress through the PI3K/Akt and MAPK/Erk pathway. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 2012, vol. 264 (1), pp. 104-113. (In English).
12. Eng L.F., Ghirnikar R.S., Lee Y.L. Glial fibrillary acidic protein: GFAP-thirty-one years (1969-2000). *Neurochemical Research*, 2000, vol. 25 (9-10), pp. 1439-1451. (In English).
13. Chen M.H., Hagemann T.L. Quinlan R.A., Messing A., Perng M.D. Caspase cleavage of GFAP produces an assembly-compromised proteolytic fragment that promotes filament aggregation. *ASN Neuro*, 2013, vol. 5 (5), pp. 293-308. (In English).
14. Cao L., Ding W., Jia R., Du J., Wang T., Zhang C., Gu Z., Yin G. Anti-inflammatory and hepatoprotective effects of glycyrrhetinic acid on CCL_4-induced damage in precision-cut liver slices from Jian Carp (*Cyprinus carpio* var. jian) through ınhibition of the NF-kB pathway. *Fish and Shellfish Immunology*, 2017, vol. 64, pp. 234-242. (In English).
15. Formentini L., Arapistas P., Pittelli M., Jacomelli M., Pitozzi V., Menichetti S., Romani F., Giovannelli L., Moroni F., Chiarugi A. Mono-galloyl glucose derivatives are potent poly(ADP-ribose) glycohydrolase (PARG) inhibitors and partially reduce PARP-1-dependent cell death. *British Journal of Pharmacology*, 2008, vol. 155 (8), pp. 1235-1249. (In English).
16. Wang X., Li H., Ding S. The Effects of NAD^+ on Apoptotic Neuronal Death and Mitochondrial Biogenesis and Function after Glutamate Excitotoxicity. *International Journal of Molecular Sciences*, 2014, vol. 15 (11), pp. 20449-20468. (In English).

Сведения об авторах / Information about authors

Сухаренко Елена Валериевна	профессор кафедры водных биоресурсов и марикультуры Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 helenasuhar@gmail.com
Sukharenko Elena Valerievna	Professor of the Department of Aquatic Bioresources and Mariculture Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82 helenasuhar@gmail.com
Водолазкая Ирина Владимировна	студент 2-го курса направления подготовки «Водные биоресурсы и аквакультура» Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 sternirina27@gmail.com
Vodolazkaya Irina Vladimirovna	student of the 2nd year of the training direction “Aquatic Bioresources and Aquaculture” Kerch State MaritimeTechnological University 298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82 sternirina27@gmail.com

УДК 504.062

Сытник Н.А.

РАСЧЕТ РАЗМЕРА ВРЕДА ВОДНЫМ БИОЛОГИЧЕСКИМ РЕСУРСАМ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПОДХОДОВ К ТРАНСПОРТНОМУ ПЕРЕХОДУ ЧЕРЕЗ КЕРЧЕНСКИЙ ПРОЛИВ

Аннотация. В статье рассматриваются основные факторы негативного влияния строительства железнодорожных подходов к транспортному переходу через Керченский пролив на биоту, затрагиваемые водные экосистемы. В работе представлены данные по расчету потерь водных биоресурсов в результате нарушения (перераспределения) естественного стока с деформированной поверхности водосборного бассейна, а также по определению ущерба водным биологическим ресурсам вследствие повреждения участков поймы водотока рыбохозяйственного значения (пойменных нерестилищ). Исходя из анализа технических решений проекта и предлагаемых в нем мероприятий по охране окружающей среды, основными видами воздействия на водные биологические ресурсы от реализации проекта являются ухудшение условий воспроизводства рыб в результате повреждения пойменных нерестилищ б. Джарджава и снижение рыбопродуктивности водотока в результате нарушения (перераспределения) естественного стока с деформированной поверхности водосборного бассейна. В работе рассмотрены компенсационные и природоохранные мероприятия, направленные на снижение негативного воздействия на водную среду при строительстве и эксплуатации железнодорожных подходов к транспортному переходу через Керченский пролив.
Ключевые слова: транспортный переход через Керченский пролив, биота, природоохранные мероприятия, воздействие на водные биоресурсы, ихтиофауна, кормовая база, оценка вреда.

Sytnik N.A.

CALCULATION OF DAMAGE TO WATER BIOLOGICAL RESOURCES DURING THE CONSTRUCTION OF RAILWAY APPROACHES TO TRANSPORT CROSSING THROUGH THE KERCH STRAIT

Abstract. The article deals with the main factors of the negative impact of the construction of railway approaches to the transport crossing through the Kerch Strait on the biota and affected aquatic ecosystems. The paper presents data on the calculation of the loss of aquatic biological resources as a result of disturbance (redistribution) of natural runoff from the deformed surface of the drainage basin. The data on the assessment of damage to aquatic biological resources due to damage to areas of the floodplain of a watercourse of fishery importance (floodplain spawning grounds) is also provided. Based on the analysis of the technical solutions of the project and the measures to protect the environment proposed in it, the main types of impact on aquatic biological resources are the following: deterioration of the conditions for fish reproduction as a result of damage to floodplain spawning grounds of the Dzharjava river; a decrease in the fish productivity of the watercourse as a result of the disturbance (redistribution) of the natural runoff from the deformed surface of the drainage basin. The paper considers compensation and environmental protection measures aimed at reducing the negative impact on the water environment during the construction and operation of railway approaches to the transport crossing through the Kerch Strait.
Keywords: transport crossing through the Kerch Strait, biota, environmental protection measures, impact on aquatic biological resources, ichthyofauna, fodder base, damage assessment.

Введение. Проект «Строительство железнодорожных подходов к транспортному переходу через Керченский пролив» был предусмотрен Федеральной целевой программой «Социально-экономическое развитие Республики Крым и г. Севастополя до 2020 года», утвержденной постановлением Правительства РФ от 11 августа 2014 г. № 790 [1].

Реализация проекта позволила решить основные транспортные, социальные и экономические задачи, среди которых создание железнодорожной составляющей транспортных коридоров, которые проходят через Краснодарский край и Республику Крым; сформирование условий комплексного развития транспортной инфраструктуры Краснодарского края (Темрюкский район) и Республики Крым, а также смежных областей на основе множественного эффекта от строительства транспортного перехода; укрепление социальных, хозяйственных, межрегиональных и международных связей, повышение уровня мобильности населения и субъектов рынка; снижение себестоимости перевозок и уровня транспортных издержек для грузоотправителей.

Цель исследования – оценить последствия для биоты от реализации проекта и рассчитать размер вреда водным биоресурсам при строительстве железных подходов к транспортному переходу через Керченский пролив.

Материалы и методы исследования. В процессе исследования использовались литературно-аналитический метод, теоретический анализ и синтез, а также математического расчета. Расчет ущерба водным биологическим ресурсам проведен в соответствии с Методикой, утвержденной приказом Министерства сельского хозяйства РФ от 31 марта 2020 г. № 167.

Результаты исследования и их обсуждение. В географическом отношении изучаемый участок строительства железнодорожных подходов расположен в юго-восточной части Керченского полуострова. Полуостров омывается на севере Азовским морем, в западной его части – заливом Сиваш, на востоке – Керченским проливом, на юге – Черным морем.

Строительство железнодорожных подходов частично затрагивает водоохранную зону Керченского пролива – водоема высшей рыбохозяйственной категории. В водоохранную зону Керченского пролива попадает начало участка – 10 м железнодорожной трассы [1, 2, 3].

Трассой железной дороги пересекается целый ряд балок с площадью водосбора от 0,1 км² до нескольких десятков квадратных километров и длиной главного лога от сотни метров до 6,5 км. Наиболее значительные из них: балка без названия с площадью водосбора до створа проектируемого перехода 34,2 км², б. Солёная – 11,4 км², б. Бигель – 6,4 км², б. Джарджава – 5,0 км² (рис.1).

Рыбохозяйственное значение имеет балка Джарджава. В период обводнения в русло может заходить молодь рыб, возможно временное формирование планктонных и бентосных сообществ, представляющих собой кормовую базу рыб. Кроме того, водоток может являться местом нереста пресноводных видов рыб.

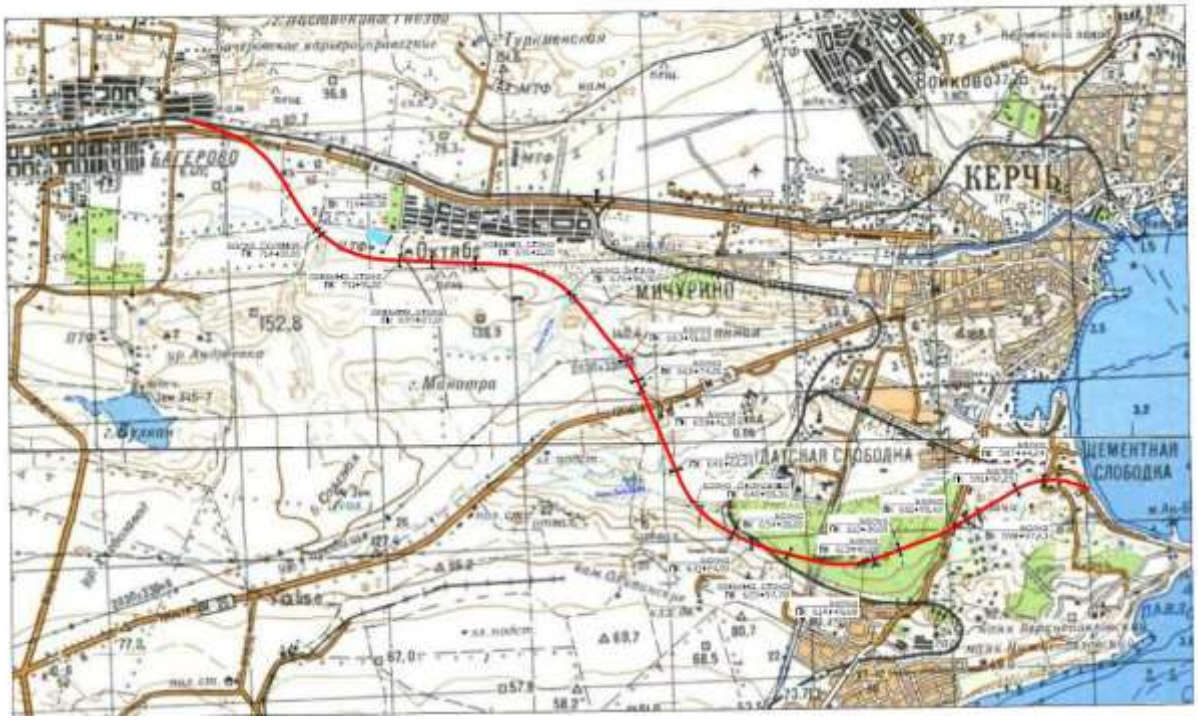


Рисунок 1 – Ситуационный план и гидрографическая сеть в районе строительства подходов

В период проведения строительно-монтажных работ (СМР) одним из мощных антропогенных факторов, оказывающих отрицательное влияние на водные экосистемы, является так называемое «техногенное» воздействие, связанное с использованием инженерных строительных средств.

По данным гидрологических исследований, выполненных для подготовки проектных решений, большинство пересекаемых балок являются временными водотоками. На незарегулированных участках рассматриваемых водных объектов временный сток наблюдается только в период снеготаяния и обильных атмосферных осадков. Постоянной гидрологической связи с водными объектами, имеющими рыбохозяйственное значение, большинство балок не имеет. Разгрузка временных водотоков (за исключением б. Джарджава) осуществляется в пониженные места рельефа. Ихтиофауна отсутствует.

В период временного стока на обводняемых участках водотоков не успевают полностью сформироваться гидробиоценозы и кормовая база рыб (сообщества фито- и зоопланктона, зообентос). Так, формирование планктонных биоценозов полностью происходит в течение года, бентосных - в течение 3-х лет. Планктонные сообщества и бентофауна, кратковременно возникающие в период временного обводнения, не вносят вклад в формирование кормовой базы рыб вследствие отсутствия гидрологической связи с водными объектами, имеющими ихтиофауну.

Балка Бигель, несмотря на относительную полноводность, также является временным водотоком и утратила гидрологическую связь с р. Мелек-Чесме. Разгрузка водотока осуществляется в пониженные места рельефа.

Гидрологические условия балки Джарджава, правого притока одноименной реки, (относительно пологий рельеф, расходы дождевого паводка более 7,0 м^3/с, обеспеченность стока в зимний период на уровне 0,048-0,061 м^3/сек, (Р 75 %), гидрологическая связь с основным водотоком, обеспечивают обводнение участка в районе строительства в период паводков. Обводненные участки используются для нереста рыбами фитофильной группы (сазан,

карась).

Таким образом, учитывая возможность появления ихтиофауны в нерестовый период, б. Джарджава (ПК 51+70) следует отнести к водным объектам второй категории рыбохозяйственного значения.

Работы в районе переходов железной дороги через б. Джарджава и другие водотоки планируются в меженный период, когда сток полностью исключен. Следовательно, выполнение работ в осушенном водотоке не вызовет гибели планктонных и бентосных сообществ. В отношении уничтожения кормовой базы рыб вред водным биоресурсам не прогнозируется и не рассчитывается.

Вместе с тем, б. Джарджава, вследствие возможности использования рыбами фитофильной группы для нереста, фактически являются пойменным нерестилищем. При проведении строительных работ в водотоках воздействие на водную биоту оказывает не только повреждение участков русла реки, но и нарушение почвенно-растительного покрова поймы. Следовательно, работы по строительству водопропускной трубы в б. Джарджава приведут к негативному воздействию на водные биоресурсы в части временного повреждения и постоянного изъятия из рыбохозяйственного оборота нерестовых площадей.

Рыбопродуктивность пойменных нерестилищ степных рек Крыма, включая б. Джарджава, не превышает 0,1 ц/га.

Временное повреждение поймы произойдет вследствие перемещения строительной техники, устройства временных площадок и других работах. Постоянное изъятие пойменных нерестовых площадей связано с размещением в водотоке насыпей и конструкций железной дороги (водопропускные трубы, водоотводная канава).

Работы по строительству железнодорожного подхода на ряде участков осуществляется в водоохранной зоне водных объектов Керченского полуострова.

Ширина водоохранной зона Керченского пролива в соответствии с ч. 4 статьи 65 Водного кодекса Российской Федерации [4], устанавливается в

размере 500 м, б. Джарджава – 50 м, р. Мелек-Чесме – 100 м.

Исходя из анализа проекта, строительство железнодорожных подходов к транспортному переходу, служебных зданий и сооружений, обеспечивающих деятельность железнодорожного транспорта и т. д. будет сопровождаться нарушением почвенного покрова и растительности на водосборной площади водных объектов Керченского полуострова (временные водотоки в балках б/н, б. Бигель и б. Джарджава). Нарушение водоохранных и водорегулирующих функций травостоя и кустарников приведет к сокращению и перераспределению естественного поверхностного стока на деформированной работами поверхности и, как следствие, к снижению рыбопродуктивности водотока [5].

В расчет принимается общая площадь постоянного отвода земель (земляное полотно, система водоотвода и искусственные сооружения, станции со станционными путями, здания и сооружения сигнализации и связи, энергетического, путевого хозяйств, служебные здания и сооружения, обеспечивающие деятельность железнодорожного транспорта). Также учитывается трансформация поверхности в период строительства объекта (работы подготовительного периода, размещение временных дорог, площадка для складирования инертных материалов, временные строительные площадки, вахтовый поселок) на оставшейся площади.

При проведении перечисленных видов работ и размещении объекта, на период до полного восстановления водосборных характеристик, в расчет вреда водным биоресурсам принимается постоянное нарушение естественного стока. Данное воздействие будет постоянным в течение всего периода строительства (29,6 мес.) и эксплуатации объекта (100 лет).

Период полного восстановления рельефа и фильтрационных характеристик грунтов составляет 30 лет (время восстановления нарушенных степных экосистем) [6, 7, 8].

Другие работы, выполняемые в водотоках в штатном режиме, при

соблюдении предусмотренным проектом мер по охране среды в водоохранной зоне, не нанесут вреда водным биоресурсам.

Забор воды из поверхностных водных источников и сброс в них, а также на рельеф, неочищенных сточных вод проектом не предусмотрен.

Согласно Методике исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам [9] был произведен расчет потерь водных биоресурсов в результате нарушения (перераспределения) естественного стока с деформированной поверхности водосборного бассейна и ущерб от ухудшения условий воспроизводства рыб.

Потери водных биоресурсов от нарушения стока на временно поврежденной площади составят 0,648 кг, от нарушения стока на постоянно поврежденной площади составят 169,375 кг (табл. 1).

Ущерб от ухудшения условий воспроизводства рыб. Определение ущерба водным биологическим ресурсам вследствие повреждения участков поймы водотока рыбохозяйственного значения (пойменных нерестилищ) производится по формуле 1 [9]:

$$N = P_0 \times S \times \frac{F_1}{F_0} \times q \times \Theta \times 10^{-3}\ , \qquad (1)$$

где N – потери (размер вреда) водных биоресурсов, кг или т;

P_o – рыбопродуктивность (годовая) водного объекта, г/м^2, кг/км^2, кг/га;

S – площадь водного объекта, м^2, км^2, га;

F_0 – площади мест размножения, нагула, зимовки в водном объекте рыбохозяйственного значения до негативного воздействия намечаемой деятельности, м^2, км^2, га;

F_1 – площади мест размножения, нагула, зимовки в водном объекте рыбохозяйственного значения после негативного воздействия намечаемой деятельности, м^2, км^2, га;

q – поправочный коэффициент на разнокачественность мест размножения,

нагула или зимовки, определяемый как отношение их качественных показателей к таким же средним показателям всех участков водного объекта водного объекта рыбохозяйственного значения (для мест нагула применяются показатели биомассы кормовых организмов, для мест размножения – количество воспроизводимой молоди, для зимовальных площадей – количество особей, залегающих на единице площади);

Θ – величина повышающего коэффициента, учитывающего длительность негативного воздействия намечаемой деятельности и восстановления до исходного состояния водных биоресурсов.

Таблица 1 – Определение потерь водных биоресурсов от нарушения естественного стока в границах водосборной площади рассматриваемых водотоков

Площадь деформированной поверхности, км^2		Модуль стока, л/(с^{x}км^2)	Пост коэфф.	Коэфф. глубины воздействия на поверхность, К	Величина повышающего коэфициента, Θ	Объем потерь водного стока Q, тыс. м^3	Удельная рыбо продуктивность, кг/тыс.м^3	Потери водных биоресурсов, кг
Временное воздействие								
Временная	0,0261279	0,1	31,536	0,3	17,467	0,431768233	0,15	0,065
Автодороги из щебня	0,0777289	0,1	31,536	0,5	17,467	2,14080669	0,15	0,321
Автодороги из ж/б плит	0,0087739	0,1	31,536	1,0	2,467	0,068260338	0,15	0,01
Временные помещения	0,03050559	0,1	31,536	1,0	17,467	1,680367821	0,15	0,252
							Итого:	0,648
Постоянное воздействие								
Постоянная	3,0417777	0,1	31,536	1,0	117,467	1126,808089	0,15	169,021
Автодороги из щебня (на месте ж/б плит)	0,0087739	0,1	31,536	0,5	115,0	1,590988835	0,15	0,239
Автодороги из щебня (новые участки)	0,0041484	0,1	31,536	0,5	117,467	0,768374802	0,15	0,115
							Итого:	169,375

К небольшим водным объектам формула 1 применяется при рассмотрении соотношения показателей F_1/F_0 в качестве коэффициента, показывающего прямую зависимость снижения биопродуктивности (рыбопродуктивности) водного объекта рыбохозяйственного значения от доли потерь площадей размножения, нагула или зимовки, если такая зависимость установлена. В настоящих расчетах указанное соотношение принимается равным единице. При этом в расчетах учитываются ежегодные потери водных биоресурсов за период восстановления нарушенных участков местообитания (размножения, нагула, зимовки), если время их восстановления составляет более одного года, посредством введения соответствующего коэффициента.

Рыбопродуктивность пойменных нерестилищ в нижнем течении балки б. Джарджава оценивается на уровне 0,1 ц/га (10 кг/га) [8].

Площадь временного повреждения поймы составляет 0,0167 га (116,7 м^2).

Площадь постоянного повреждения поймы составляет 0,07903 га (790,3 м^2).

Вследствие того, пересекаемые водотоки являются временными, повреждаемые нерестилища рассматриваются как пойменные. Время восстановления пойменных нерестилищ (зарастание жесткой растительностью, многолетними травами, кустарником) составляет 3 года.

Величина повышающего коэффициента Θ на период строительства водопропускной трубы в б. Джарджава (13,7 мес.) и восстановления пойменных нерестилищ составит:

$$13{,}7/12+1{,}5 = 2{,}642$$

Временный вред водным биоресурсам от потерь пойменных нерестилищ б. Джарджава за период строительства и восстановления условий воспроизводства рыб составит:

$$N_{пойм.врем} = 10 \text{ кг/га} \times 0{,}01167 \text{ га} \times 2{,}642 = 0{,}308 \text{ кг}$$

При расчете величины повышающего коэффициента Θ для определения размера постоянного вреда водным биоресурсам от размещения водопропускной трубы в пойме б. Джарджава учитывается также период эксплуатации объекта (100 лет).

$$\Theta = 13{,}7/12 + 100 + 1{,}5 = 102{,}642$$

Постоянный вред от изъятия пойменных нерестилищ б. Джарджава под капитальными строениями моста составит:

$$N_{пойм.пост} = 10 \text{ кг/га} \times 0{,}07903 \text{ га} \times 102{,}642 = 81{,}118 \text{ кг}$$

Общие единовременные потери водных биоресурсов от повреждения пойменных нерестилищ и нарушения стока на временно поврежденной площади составят:

$$N_{общ.\ врем.} = 0{,}648 \text{ кг}_{\text{сток врем.}} + 0{,}308 \text{ кг}_{\text{пойм. врем.}} = 0{,}956 \text{ кг}$$

Общие постоянные потери водных биоресурсов по данным компонентам составят:

$$N_{общ.\ пост.} = 169{,}375 \text{ кг}_{\text{сток пост.}} + 81{,}118 \text{ кг}_{\text{пойм. пост.}} = 250{,}493 \text{ кг}$$

Среднегодовой размер вреда водным биоресурсам в период эксплуатации (100 лет) при этом оценивается в 2,505 кг.

В соответствии с Методикой исчисления размера вреда, причиненного

водным биологическим ресурсам [9] постоянный вред ВБР (длительный, многолетний) может быть сведен к единовременному вреду, определяемому с учетом времени восстановления количества непосредственно теряемых водных биоресурсов, используемых в целях рыболовства.

Следовательно, общий размер вреда водным биоресурсам (общая теряемая биомасса рыбопродукции) по объекту: «Строительство железнодорожных подходов к транспортному переходу через Керченский пролив» оценивается в 251,449 кг:

$$N_{общ.} = N_{общ.\ врем.} + N_{общ.\ пост.} = 0{,}956\ кг + 250{,}493\ кг = 251{,}449\ кг$$

Для снижения негативного воздействия на водные биологические ресурсы в период строительных работ должны проводиться следующие мероприятия:

– исключение строительных работ по устройству водопропускных труб в период максимальных осадков (с 1 апреля по 30 июня) на б. Джаржава;

– восстановление нарушенных территорий по окончании работ;

– разработка календарного графика с учетом меженного периода, когда балки не обводнены (июль-август);

– реализация компенсационных мероприятий по восполнению рыбных запасов по окончании строительных работ.

В качестве компенсационного мероприятия предлагается дополнительное воспроизводство на рыбоводных заводах Краснодарского края молоди одного из следующих видов ВБР (указаны в порядке предпочтения): черноморского лосося (кумжи), русского осетра и севрюги.

Расчет количества молоди рыб, необходимого для восстановления нарушаемого состояния водных биоресурсов посредством их искусственного воспроизводства, выполняется по формуле 2 [9]:

$$N_м = N/(p \times K_1) \times 100\% , \quad (2)$$

где $N_м$ – количество воспроизводимых водных биоресурсов (личинок, молоди рыб), экз.;

N – потери водных биоресурсов (размер вреда), кг или т;

p – средняя масса одной воспроизводимой особи водных биоресурсов в промысловом возврате, кг;

K_1 – коэффициент пополнения промыслового возврата (промысловый возврат), %.

В соответствии с Приказом Минсельхоза России от 25.08.2015 № 377 [10], в расчете используются биотехнологические показатели для рыбоводных предприятий Краснодарского края и Республики Крым.

Средняя масса производителей рассчитывается из соотношения полов при получении половых продуктов.

Необходимое для выполнения компенсационных мероприятий количество молоди черноморского лосося (кумжи), русского осетра, севрюги заданной навеской представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Объем компенсационных мероприятий по дополнительному выпуску молоди на рыбоводных предприятиях Краснодарского края

Вид воспроизводимой молоди	Средняя навеска молоди, г	N (теряемая биомасса рыбопродукции), кг	P (средняя масса производителей),	Соотношение полов самки:самцы	K_1 (коэфф. промыслового возврата),	Количество воспроизводимой молоди, шт.
Черноморский лосось	3,0	251,449	3,5	3:1	0,5	14369
Русский осетр	2,5	251,449	15,0	1:1	0,6	2794
Севрюга	1,5	251,449	9,5	1:1	0,5	5294

Рыбоводные предприятия по выпуску молоди указанных видов в настоящее время на территории Республики Крым отсутствуют.

Компенсационные мероприятия предлагается выполнить на рыбоводных предприятиях Краснодарского края.

Таким образом, компенсационные мероприятия могут быть выполнены посредством дополнительного воспроизводства на рыбоводных предприятиях Краснодарского края последующим выпуском в водные объекты Азово-Черноморского бассейна молоди рыб следующих видов:

- черноморский лосось – 14369 экз. массой не менее 3,0 г;
- русский осетр – 2794 экз. массой не менее 2,5 г;
- севрюга – 5294 экз. массой не менее 1,5 г.

Компенсационные мероприятия по воспроизводству одного из предложенных видов молоди должны согласовываться с Азово-Черноморским территориальным управлением Росрыболовства и определяются возможностями рыбоводных предприятий по дополнительному (внеплановому) выпуску молоди на период выполнения компенсационных мероприятий.

Стоимость компенсационных мероприятий зависит от цены на молодь с определенной навеской, устанавливаемой в зависимости от ее себестоимости на рыбоводных предприятиях с различной формой собственности. Такие расчеты проводятся при разработке компенсационных мероприятий и подготовке договора с рыбоводными предприятиями.

Выводы. По данным гидрологических исследований, которые выполнялись на период подготовки к строительству, установлено, что большинство пересекаемых балок являются временными водотоками.

Одним из главных антропогенных факторов, оказывающих негативное влияние на водные экосистемы в период проведения строительно-монтажных работ, является техногенное воздействие, связанное с использованием инженерных строительных средств. К данным воздействиям относятся нарушение почвенного покрова и растительности, нарушение водоохранных и водорегулирующих функций травостоя и кустарников, шум и вибрации, производимые работающей техникой, возможны чрезвычайные ситуации, связанные с авариями.

Строительство железнодорожных подходов частично планируется в водоохранной зоне Керченского пролива – водоеме высшей рыбохозяйственной категории.

Трасса пересекает ряд водных объектов – временных водотоков (балок). В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 28.02.2019 г. № 206 [11], большинство рассматриваемых водных объектов нельзя отнести к какой-либо категории рыбохозяйственного значения.

Исключение составляет б. Джарджава. Учитывая возможность периодического появления ихтиофауны в нерестовый период, б. Джарджава (ПК 640+30,36) следует отнести к водным объектам второй категории рыбохозяйственного значения.

Работы в районе перехода железной дороги через б. Джарджава, как и в других водотоках, планируются в меженный период, когда сток полностью исключен. Выполнение работ в осушенном водотоке не вызовет гибели планктонных и бентосных сообществ.

Исходя из анализа технических решений проекта и предлагаемых в нем мероприятий по охране окружающей среды, основными видами воздействия на водные биологические ресурсы от реализации проекта будут:

- ухудшение условий воспроизводства рыб в результате повреждения пойменных нерестилищ б. Джарджава;

- снижение рыбопродуктивности водотока в результате нарушения (перераспределения) естественного стока с деформированной поверхности водосборного бассейна.

Общие единовременные потери водных биоресурсов от повреждения пойменных нерестилищ и нарушения стока на временно поврежденной площади составят 0,956 кг.

Общие постоянные потери водных биоресурсов составят 250,493 кг.

При сведении постоянного вреда к единовременному общему размеру вреда водным биоресурсам (общая теряемая биомасса рыбопродукции) составит 251,449 кг.

Дополнительное воздействие на водные биоресурсы и среду их обитания при работах в водоохранной зоне водного объекта (погрузочно-разгрузочные работы, проезд строительной техники и автотранспорта) будет незначительным при соблюдении принятых в проекте технических решений и природоохранных мер. Прочие возможные источники негативного воздействия на водотоки и их биоресурсы такие, как захламление водосборных площадей и русел строительными и бытовыми отходами, загрязнение горюче-смазочными материалами, будут исключены или сведены к минимуму при полном соблюдении предусмотренных проектом природоохранных мероприятий.

Компенсационные мероприятия могут быть выполнены посредством дополнительного воспроизводства на рыбоводных предприятиях Краснодарского края с последующим выпуском в водные объекты Азово-Черноморского бассейна молоди рыб (сеголетки) следующих видов:

- черноморский лосось – 14369 экз. массой не менее 3,0 г;
- русский осетр – 2794 экз. массой не менее 2,5 г;
- севрюга – 5294 экз. массой не менее 1,5 г.

Для минимизации возможного негативного влияния на водную среду в период строительства и эксплуатации объекта проектом предусмотрены необходимые природоохранные мероприятия. В качестве дополнительного мероприятия для минимизации вреда водным биоресурсам следует рекомендовать запрет на производство работ в период возможного обводнения балочных водотоков и нереста рыб в б. Джарджава, а именно с 1 апреля до 30 июня.

Для минимизации воздействия на окружающую среду при проведении работ необходимо выполнять требования водного кодекса РФ, касающиеся хозяйственной деятельности в водоохранных зонах и реализовать предусмотренную проектом программу производственного экологического контроля (мониторинга) состояния объекта.

Список использованной литературы:

1. *Алексеев С.В., Британ А.В.* Строительство железнодорожных подходов к транспортному переходу через Керченский пролив. Проектная документация: Раздел 1. Пояснительная записка. Том 1.4.5.3. Часть 4. Отчетная документация по инженерным изысканиям. Книга 5. Технический отчет. Инженерно-экологические изыскания. Часть 3. 5841.01-ПЗ4. ИЭ3. Санкт-Петербург, 2018.
2. *Алексеев С.В., Британ А.В.* Строительство железнодорожных подходов к транспортному переходу через Керченский пролив: Раздел 7. Пояснительная записка. Том 7.1 Часть 1. Мероприятия по охране окружающей среды. 5841.01-ООС1. Санкт-Петербург, 2018.
3. *Цыбульский И.Е., Дорошенко М.Г., Коваленко Т.А.* Отчет о научно-исследовательской работе. Оценка воздействия и определение вреда водным биологическим ресурсам по объекту «Строительство железнодорожных подходов к транспортному переходу через Керченский пролив. Корректировка». Ростов-на-Дону, 2018. 226 с.
4. Водный кодекс Российской Федерации: федеральный закон Российской Федерации № 74-ФЗ от 03.06.2006 г. // Собрание законодательства Российской Федерации № 23. 2006. № 23. 5 июня.
5. *Nilsson C., Jansson R., Zinko U.* Long-term responses of river-margin vegetation to water-level regulation // Science. 1997. No. 276. P. 798-800.
6. *Поромов А.А., Воронков Б.В., Хатунцов А.В.* Определение потерь водных биоресурсов в результате перераспределения естественного стока с деформированной поверхности водосборного бассейна // Рыбное хозяйство. 2015. № 6. С. 36-39.
7. *Воловик С.П.* Продуктивность и проблемы управления экосистемой Азовского моря: автореф. дис. …д-ра биол. наук: 25.00.23 / Станислав Петрович Воловик. Москва, 1985. 50 с.
8. *Bucher E., Castro G., Floris V.* Freshwater Ecosystem Conservation: Towards a Comprehensive Water Resources Management Strategy. No. ENV-114. Washington, 1997.
9. Об утверждении методики исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам: приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации № 167 от 31.03.2020 г. // Официальный интернет-портал правовой информации. 2020. 16 сентября.
10. О внесении изменений в Методику расчета объема добычи (вылова) водных биологических ресурсов, необходимого для обеспечения сохранения водных биологических ресурсов и обеспечения деятельности рыбоводных хозяйств, при осуществлении рыболовства в целях аквакультуры (рыбоводства), утвержденную приказом Минсельхоза России от 30 января 2015 г. № 25: приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации № 377 от 25.08.2015 г. // Официальный интернет-портал правовой информации. 2015. 30 октября.
11. Об утверждении Положения об отнесении водного объекта или части водного объекта к водным объектам рыбохозяйственного значения и определении категорий водных объектов рыбохозяйственного значения: постановление Правительства Российской Федерации № 206 от 28.02.2019 // Собрание законодательства Российской Федерации № 10. 2019. 11 марта.

References:

1. Alekseev S.V., Britan A.V. *Stroitelstvo zheleznodorozhnyih podhodov k transportnomu perehodu cherez Kerchenskiy proliv. Proektnaya dokumentatsiya: Razdel 1. Poyasnitelnaya zapiska. Tom 1.4.5.3. Chast 4. Otchetnaya dokumentatsiya po inzhenernyim izyiskaniyam. Kniga 5. Tehnicheskiy otchet. Inzhenerno-ekologicheskie izyiskaniya. Chast 3* [Construction of railway approaches to the transport crossing through the Kerch Strait. Project documentation: Section 1. Explanatory note. Volume 1.4.5.3. Part 4. Reporting documentation for engineering surveys. Book 5. Technical report. Engineering and environmental surveys. Part 3], St.

Petersburg, 2018. (In Russian).
2. Alekseev S.V., Britan A.V. *Stroitelstvo zheleznodorozhnyih podhodov k transportnomu perehodu cherez Kerchenskiy proliv. Proektnaya dokumentatsiya: Razdel 7. Poyasnitelnaya zapiska. Tom 7.1. Chast 1. Meropriyatiya po ohrane okruzhayuschey sredy* [Construction of railway approaches to the transport crossing through the Kerch Strait. Project documentation: Section 7. Explanatory note. Volume 7.1. Part 1. Environmental protection measures], St. Petersburg, 2018. (In Russian).
3. Tsybulsky I.E., Doroshenko M.G., Kovalenko T.A. *Otchet o nauchno-issledovatel'skoj rabote. Ocenka vozdejstviya i opredelenie vreda vodnym biologicheskim resursam po ob"ektu «Stroitel'stvo zheleznodorozhnyh podhodov k transportnomu perekhodu cherez Kerchenskij proliv. Korrektirovka»* [Research report. Impact assessment and determination of damage to aquatic biological resources for the object “Construction of railway approaches to the transport crossing through the Kerch Strait. Correction"], Rostov-on-Don, 2018, 226 p. (In Russian).
4. Russian Federation. The Federal Law of the Russian Federation № 74-FZ of June 3, 2006, «Vodnyiy kodeks Rossiyskoy Federatsii» [The Water Code of the Russian Federation]. *Sobranie zakonodatel`stva Rossiyskoy Federatsii № 23* [Collection of Legislation of the Russian Federation No. 23], 2006, 5 June. (In Russian).
5. Nilsson C., Jansson R., Zinko U. Long-term responses of river-margin vegetation to water-level regulation. Science, 1997, no. 276, pp. 798-800. (In English).
6. Poromov A.A., Voronkov B.V., Hatuntsov A.V. *Opredelenie poter vodnyih bioresursov v rezultate pereraspredeleniya estestvennogo stoka s deformirovannoy poverhnosti vodosbornogo basseyna* [Determination of losses of aquatic biological resources as a result of the redistribution of natural runoff from the deformed surface of the drainage basin]. *Rybnoe hozyajstvo* [Fisheries], 2015, no. 6, pp. 36-39. (In Russian).
7. Volovik S.P. *Produktivnost` i problemy` upravleniya e`kosistemoj Azovskogo morya: avtoref. diss. ... d-ra biol. nauk* [Productivity and management problems of the Sea of Azov ecosystem. Dr. biol. sci. diss. abstr.]. Moscow, 1985, 50 p. (In Russian).
8. Bucher E., Castro G., Floris V. Freshwater Ecosystem Conservation: Towards a Comprehensive Water Resources Management Strategy. No. ENV-114. Washington, 1997. (In English).
9. Russian Federation. Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation № 167 of March 31, 2020, «Ob utverzhdenii metodiki ischisleniya razmera vreda, prichinennogo vodny`m biologicheskim resursam» [On approval of the methodology for calculating the amount of damage caused to aquatic biological resources]. *Oficzial`ny`j internet-portal pravovoj informaczii* [Official Internet portal of legal information], 2020, 5 March. (In Russian).
10. Russian Federation. Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation № 377 of August 25, 2015, *«O vnesenii izmenenij v Metodiku rascheta ob"ema dobychi (vylova) vodnyh biologicheskih resursov, neobhodimogo dlya obespecheniya sohraneniya vodnyh biologicheskih resursov i obespecheniya deyatel'nosti rybovodnyh hozyajstv, pri osushchestvlenii rybolovstva v celyah akvakul'tury (rybovodstva), utverzhdennuyu prikazom Minsel'hoza Rossii ot 30 yanvarya 2015 g. № 25»* [On Amendments to the Methodology for Calculating the Amount of Harvesting (Catch) of Aquatic Biological Resources Necessary to Ensure the Preservation of Aquatic Biological Resources and Ensuring the Activities of Fish Farms in the Implementation of Fishing for Aquaculture (Fish Farming) Purposes, Approved by Order Ministry of Agriculture of Russia dated January 30, 2015 No. 25]. *Oficzial`ny`j internet-portal pravovoj informaczii* [Official Internet portal of legal information], 2015, 30 October. (In Russian).
11. Russian Federation. The Government Decree of the Russian Federation № 206 of February 28, 2019, «*Ob utverzhdenii Polozheniya ob otnesenii vodnogo ob'ekta ili chasti vodnogo ob'ekta k vodnyim ob'ektam ryibohozyaystvennogo znacheniya i opredelenii kategoriy vodnyih ob'ektov*

ryibohozyaystvennogo znacheniya» [On approval of the Regulations on classifying a water body or part of a water body as a water body of fishery importance and determining the categories of water bodies of fishery importance]. *Sobranie zakonodatel`stva Rossiyskoy Federatsii № 10* [Collection of Legislation of the Russian Federation No. 10], 2019, 11 March. (In Russian).

Сведения об авторе / Information about author

Сытник Наталья Александровна
канд. биол. наук, доцент, заведующий кафедрой экологии моря
Керченский государственный морской технологический университет
298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82
amtek-kerch@mail.ru

Sytnik Natalya Aleksandrovna
Ph.D. (Biol.), Associate Professor, head of the Department of marine ecology
Kerch State Maritime Technological University
298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82
amtek-kerch@mail.ru

УДК 62-9

Клименко Н.П., Богатырева Е.В., Гумена Т.И.

К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ СИЛ ТРЕНИЯ НА ТЕМП ЗАТУХАНИЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ КОЛЕБАНИЙ

Аннотация. Методом энергетического баланса выведены приближённые компактные формулы для вычисления амплитуд затухающих колебаний в системе переменной массы при действии реактивной силы, а также сил вязкого, сухого и позиционного сухого трения. Показано, что в частных случаях из этих формул вытекают известные зависимости. Исследовано влияние перечисленных сил на темп затухания нестационарных колебаний. Проверка формул на адекватность подтвердила их хорошую точность. Показано, что в условиях комбинированного трения темп затухания свободных колебаний существенно убыстряется. Средством достижения цели выбран метод энергетического баланса, который оказался эффективным в расчетах свободных колебаний осцилляторов постоянных параметров при наличии различных диссипативных сил. Проводится модернизация указанного метода путем учета в балансе энергий работы дополнительной силы инерции, возникающей вследствие изменения массы колебательной системы с течением времени.
Ключевые слова: силы трения, нестационарные колебания, свободные колебания, силы инерции.

Klimenko N.P., Bogatyreva E.V., Gumena T.I.

THE QUESTION INFLUENCE OF FRICTION FORCES ON THE DAMPENING RATE OF OSCILLATIONS

Abstract. Energy balance method derived approximate compact formulas for calculating the amplitudes of damped oscillations in a system with variable mass under the action of reactive power, as well as the forces of viscous, dry and position of dry friction were obtained. It is shown that in particular cases of these formulas implies known dependence. The influence of these forces on the decay rate of transient oscillations are investigated. It is shown that under conditions of combined friction, the rate of damping of free oscillations accelerates significantly. The method of energy balance was chosen as a means of achieving the goal, which turned out to be effective in calculating free oscillations of oscillators of constant parameters in the presence of various dissipative forces. This method is being modernized by taking into account in the energy balance of work the additional inertia force arising from the change in the mass of the oscillatory system over time.
Keywords: friction forces, non-stationary vibrations, free vibrations, inertial forces.

Введение. Свободные колебания системы с одной степенью свободы в условиях позиционного сухого трения рассматривали в [1-2], считая массу и жесткость системы постоянными величинами. Нестационарные колебания диссипативных систем переменных параметров, жесткости или массы, исследовали в [3-6]. В [3] построены приближенные решения отдельных задач динамики осцилляторов переменной массы с учетом действия сил вязкого или сухого трения. В [4] через функции Бесселя выражено точное аналитическое

решение задачи свободных колебаний осциллятора линейно-переменной массы с учетом вязкого трения. Подобного вида решения, но при кулоновом трении, имеются также в работах [6-7]. В работах [6-9] построены приближенные решения задач нестационарных колебаний, с учетом действия сил вязкого или сухого трения, методом ВБК. Обзор зарубежных публикаций по динамике тела переменной массы, включая и колебания, опубликован в [10]. Анализ публикаций показывает, что моделирование колебаний систем переменной массы в условиях комбинированного сопротивления среды, в том числе и позиционного сухого трения, требует дальнейшего развития. Оно позволяет обобщить имеющиеся решения в теории механических колебаний и повысить адекватность математических моделей, поскольку в реальных условиях колебания элементов машин обычно проходят при совместном действии сил сопротивления различной природы.

Целью исследования является построение и апробация формул для расчета амплитуд затухающих колебаний осцилляторов линейно-переменной массы при совместном действии реактивной силы, а также сил вязкого, сухого и позиционного сухого трения. Средством достижения цели выбран метод энергетического баланса, который оказался эффективным в расчетах свободных колебаний осцилляторов постоянных параметров при наличии различных диссипативных сил [11]. Здесь проводится модернизация указанного метода путем учета в балансе энергий работы дополнительной силы инерции, возникающей вследствие изменения массы колебательной системы с течением времени. Без такой модернизации метод энергетического баланса приводит к существенным погрешностям [6].

Материалы и методы исследования. Будем различать два случая трения Кулона [3]. В первом случае сила трения $F_T = const$ и не зависит от изменения массы. Во втором сила трения пропорциональна массе и меняется с течением времени t.

При $F_T = const$ колебания системы описываем дифференциальным

уравнением

$$(m_0 + \delta t)\ddot{x} + (\delta\varepsilon + \mu)\dot{x} + (c + \Delta c \cdot signx \cdot sign\dot{x})x = -F_T sign\dot{x}. \qquad (1)$$

В нем $x = x(t)$ перемещение осциллятора; $m_0 -$ начальное значение массы; $\delta -$ скорость изменения массы во времени t; $0 \le \varepsilon \le 1 -$ коэффициент реактивности, позволяющий учитывать несовпадение направлений действия реактивной силы и перемещения; $\mu -$ коэффициент линейного вязкого трения; $c -$ коэффициент жесткости колебательной системы; $\Delta c -$ коэффициент позиционного сухого трения; точка над x означает производную по времени t.

Причиной колебаний считаем начальное отклонение системы от положения равновесия против оси ox на расстояние a_0. Поэтому начальными условиями к (1) берем:

$$x(0) = -a_0 < 0; \quad \dot{x}(0) = 0. \qquad (2)$$

Для расчета колебаний методом энергетического баланса представим уравнение (1) в виде

$$m_0\ddot{x} + (c + \Delta c \cdot signx \cdot sign\dot{x})x = \Phi(t, \dot{x}, \ddot{x}),$$
$$\Phi(t, \dot{x}, \ddot{x}) = -F_T sign\dot{x} - \delta t\ddot{x} - (\delta\varepsilon + \mu)\dot{x}. \qquad (3)$$

На первом размахе колебаний, при перемещении осциллятора из крайнего левого исходного положения в крайнее правое, функцию $x(t)$ аппроксимируем выражением

$$x(t) = -a\cos\omega t, \qquad (4)$$

в котором $\omega = \sqrt{c/m_0}$; $a -$ некоторая константа.

Вычислив производные из (4), получаем

$$\dot{x} = a\omega \sin \omega t; \quad \ddot{x} = a\omega^2 \cos \omega t. \tag{5}$$

На первом размахе колебаний, когда $t \in (0;\ \pi/\omega)$, работа силы $\Phi(t, \dot{x}, \ddot{x})$ представляется интегралом

$$A = \int_0^{\pi/\omega} \Phi(t, \dot{x}, \ddot{x})\ \dot{x} dt. \tag{6}$$

Подставив в (6) выражения (3) и (5), после вычисления интеграла, получаем

$$A = -2F_T a - \frac{\pi}{4}\omega(2\mu + 2\delta\varepsilon - \delta)\ a^2.$$

Изменение потенциальной энергии системы Δu на первом размахе колебаний равно

$$\Delta u = \frac{1}{2}(c_2 a_1^2 - c_1 a_0^2),$$

где $c_{1,2} = c \mp \Delta c$; $a_1 -$ амплитудное отклонение осциллятора вправо в конце размаха.

Приравняв Δu к А, получаем уравнение

$$(\sqrt{c_2} a_1)^2 - (\sqrt{c_1} a_0)^2 = -4F_T a - \frac{\pi}{2}\omega\lambda a^2, \tag{7}$$

в котором $\lambda = 2\mu + 2\delta\varepsilon - \delta$.

Для того чтобы найти неизвестное a_1, приближенно принимаем

$$a = \frac{1}{2\sqrt{c}}(\sqrt{c_1}a_0 + \sqrt{c_2}a_1). \quad (8)$$

Подстановка (8) в (7) дает:

$$\sqrt{c_2}a_1 - \sqrt{c_1}a_0 = \frac{-2F_T}{\sqrt{c}} - \frac{\pi\lambda}{8} \cdot \frac{\sqrt{c_1}a_0 + \sqrt{c_2}a_1}{\sqrt{cm_0}}.$$

Из последнего равенства следует, что

$$a_1 = \frac{1}{\sqrt{c_2}\left(1 + \frac{\pi\lambda}{8\sqrt{cm_0}}\right)}\left[a_0\sqrt{c_1}\left(1 - \frac{\pi\lambda}{8\sqrt{cm_0}}\right) - \frac{2F_T}{\sqrt{c}}\right].$$

Обобщая этот результат, приходим к рекуррентному соотношению между амплитудами $(k-1)$ –го и k –го размахов:

$$a_K = \frac{1}{\sqrt{c_2}\left(1 + \frac{\pi\lambda}{8\sqrt{cm_{K-1}}}\right)}\left[a_{K-1}\sqrt{c_1}\left(1 - \frac{\pi\lambda}{8\sqrt{cm_{K-1}}}\right) - \frac{2F_T}{\sqrt{c}}\right], \quad (9)$$

$k = 1,\ 2,\ 3,\ \ldots$

Вычисление значений массы в моменты остановок также сводится к рекуррентной формуле

$$m_K = m_{K-1} + \pi\delta\sqrt{\frac{m_{K-1}}{c}}. \quad (10)$$

Осциллятор прекратит колебания, когда

$$a_K \leq F_T c^{-1}.$$

Из (9) вытекают известные частные случаи. Рассмотрим некоторые из них.

При постоянной массе осциллятора ($\delta = 0$), без вязкого трения ($\mu = 0$), множитель $\lambda = 0$ и

$$a_K = \frac{1}{\sqrt{c_2}}\left(\sqrt{c_1}a_{K-1} - \frac{2F_T}{\sqrt{c}}\right). \quad (11)$$

Тогда при чисто позиционном сухом трении, когда $F_T = 0$:

$$a_K = a_{K-1}\sqrt{\frac{c_1}{c_2}}.$$

Эта зависимость другим способом выведена в [1,2].

В случае отсутствия позиционного трения, но при наличии силы Кулона, когда $c_1 = c_2 = c$, а $F_T > 0$, выражение (11) принимает вид

$$a_K = a_{K-1} - \frac{2F_T}{c}, \quad k = 1,\ 2,\ 3,\ \ldots$$

Это рекуррентное соотношение обычно излагают в учебной литературе по теоретичной механике [12].

Результаты исследования и их обсуждение. Рассмотрим, как изменятся расчетные формулы в случае переменной силы трения, когда в правой части в (1) $F_T = fg(m_0 + \delta\ t)$. Символами f, g обозначили соответственно коэффициент трения скольжения и ускорение свободного падения.

При вычислении работы А, во время первого размаха, надо заменить $\int_0^{\pi/\omega} F_T \dot{x}dt$ на $\int_0^{\pi/\omega} fg(m_0 + \delta\ t)\ \dot{x}dt$. Из равенства этих интегралов следует, что переменную силу трения можно заменить ее усредненным значением

$$F_T = fg\left(m_0 + \frac{\pi\delta}{2}\sqrt{\frac{m_0}{c}}\right).$$

По аналогии на *k*-ом размахе колебаний

$$F_T = fg\left(m_{K-1} + \frac{\pi\delta}{2}\sqrt{\frac{m_{K-1}}{c}}\right).$$

Поэтому, при переменной силе трения, (9) перейдет в рекуррентную формулу

$$a_K = \frac{1}{\sqrt{c_2}\left(1+\frac{\pi\lambda}{8\sqrt{cm_{K-1}}}\right)}\left[a_{K-1}\sqrt{c_1}\left(1-\frac{\pi\lambda}{8\sqrt{cm_{K-1}}}\right)-\frac{2fg}{\sqrt{c}}\left(m_{K-1}+\frac{\pi\delta}{2}\sqrt{\frac{m_{K-1}}{c}}\right)\right], \quad (12)$$

$$k = 1,\ 2,\ 3,\ \ldots$$

Для вычисления значений массы в моменты остановок сохраняется прежняя формула (10).

Осциллятор прекратит движение, когда

$$a_K \le fg\ m_K c^{-1}.$$

Теперь ширина области застоя зависит от изменения массы. С увеличением массы область застоя расширяется, а с уменьшением массы – сужается.

В таблице 1 записаны значения амплитуд колебаний, вычисленные разными способами. Для проведения расчетов по формуле (9), задавали: $m_0 = 4$ кг; $c = 1600$ Н/м; $\delta = \pm 2$ кг/с; $F_T = 8$ Н; $\mu = \varepsilon = 0$; $a_0 = 0{,}05$ м; $\Delta c = 0$.

Сопоставляя результаты, можно убедиться, что значения амплитуд, к которым приводит формула (9), гораздо лучше согласуются с ВБК-

приближениями, чем амплитуды, найденные методом энергетического баланса в [6].

Таблица 1 – Значения $100a_K$, вычисленные тремя способами ($F_T = const$)

k	$\delta = 2$ кг/с			$\delta = -2$ кг/с		
	из [6], ВБК	из [6], МЭБ	форм. (9)	из [6], ВБК	из [6], МЭБ	форм. (9)
1	4,088	4,019	4,089	3,911	3,980	3,913
2	3,155	3,037	3,158	2,840	2,958	2,843
3	2,203	2,055	2,207	1,790	1,936	1,794
4	1,232	1,072	1,237	0,761	0,913	0,765
5	0,244	0,088	0,250	0,245	0,112	0,241

Таким образом, проведенная здесь модернизация метода энергетического баланса учетом работы дополнительной силы инерции, вызванной изменением массы, существенно повысила точность метода.

В таблицах 2 и 3 записаны результаты расчетов по формуле (9), с учетом вязкого и позиционного сухого трения. Вычисления подтверждают, что с возрастанием коэффициентов μ и Δc, при прежних остальных исходных данных, возрастает темп затухания колебаний и сокращается количество размахов осциллятора до его полного останова.

Таблица 2 – Значения $100a_K$, м, $\delta = 2$ кг/с; $F_T = 8$ Н; $\varepsilon = 0$

k	$\Delta c = 0$		$\Delta c = 100$ Н/м		$\Delta c = 200$ Н/м	
	$\mu = 2$ кг/с	$\mu = 6$ кг/с	$\mu = 2$ кг/с	$\mu = 6$ кг/с	$\mu = 2$ кг/с	$\mu = 6$ кг/с
1	3,913	3,579	3,645	3,332	3,390	3,098
2	2,849	2,301	2,398	1,921	2,000	1,585
3	1,806	1,144	1,251	0,720	0,798	0,375
4	0,783	0,090	0,193	0,310	0,243	-
5	0,221	-	-	-	-	-

Для проведения расчетов по формуле (12), при переменной силе трения, задавали: $m_0 = 4$ кг; $c = 1600$ Н/м; $\delta = \pm 1$ кг/с; $f = 0{,}2$; $a_0 = 0{,}05$ м.

Результаты вычисления a_K при $\mu = \varepsilon = \Delta c = 0$ записаны в таблице 4, где для сравнения также указаны значения a_K, полученные в [6] ВБК методом и методом энергетического баланса, до его модернизации.

Таблица 3 – Значения $100a_K$, м, $\delta = -2$ кг/с; $F_T = 8$ Н; $\varepsilon = 0$

k	$\Delta c = 0$		$\Delta c = 100$ Н/м		$\Delta c = 200$ Н/м	
	$\mu = 2$ кг/с	$\mu = 6$ кг/с	$\mu = 2$ кг/с	$\mu = 6$ кг/с	$\mu = 2$ кг/с	$\mu = 6$ кг/с
1	3,743	3,421	3,486	3,185	3,241	2,960
2	2,549	2,031	2,138	1,687	1,774	1,382
3	1,422	0,818	0,944	0,461	0,554	0,172
4	0,363	0,228	0,110	–	0,456	–

При $F_T = const$, без учета реактивной силы ($\varepsilon = 0$), темп затухания колебаний с убыванием массы осциллятора оказывается большим, чем с возрастанием его массы.

Таблица 4 – Значения $100a_K$, вычисленные тремя способами при переменной силе трения $F_T = fg(m_0 + \delta\ t)$

k	$\delta = 1$ кг/с			$\delta = -1$ кг/с		
	из [6], ВБК	из [6], МЭБ	форм. (12)	из [6], ВБК	из [6], МЭБ	форм. (12)
1	4,044	4,009	4,044	3,994	4,029	3,994
2	3,038	2,980	3,039	3,034	3,096	3,035
3	1,982	1,911	1,984	2,121	2,200	2,123
4	0,875	0,825	0,878	1,252	1,342	1,255
5	0,284	0,347	0,280	0,428	0,519	0,433
6	-	-	-	0,348	0,268	0,346

Амплитуды, вычисленные методами ВБК и МЭБ, находятся в [6]. Расчет подтверждает, что после модернизации улучшилось согласование результатов, полученных методами ВБК и энергетического баланса, что было выше и при постоянной силе трения.

В таблицах 5 и 6 помещены значения амплитуд колебаний, вычисленные

по формуле (12) с учетом действия сил вязкого и позиционного сухого трения. Для проведения расчетов использовали прежние исходные данные, задавая $\varepsilon = 0$.

Таблица 5 – Значения $100a_K$, м, $F_T = fg(m_0 + \delta\ t)$; $\delta = 1$ кг/с

k	$\Delta c = 0$		$\Delta c = 100$ Н/м		$\Delta c = 200$ Н/м	
	$\mu = 2$ кг/с	$\mu = 6$ кг/с	$\mu = 2$ кг/с	$\mu = 6$ кг/с	$\mu = 2$ кг/с	$\mu = 6$ кг/с
1	3,869	3,539	3,604	3,295	3,352	3,063
2	2,735	2,196	2,295	1,826	1,906	1,499
3	1,594	0,953	1,064	0,551	0,631	0,225
4	0,447	0,204	0,099	0,566	0,499	-

При переменной силе трения, как и при постоянном ее значении, с увеличением коэффициентов μ и Δc убыстряется темп затухания свободных колебаний и уменьшается количество размахов осциллятора за время его движения.

Таблица 6 – Значения $100a_K$, м, $F_T = fg(m_0 + \delta\ t)$; $\delta = -1$ кг/с

k	$\Delta c = 0$		$\Delta c = 100$ Н/м		$\Delta c = 200$ Н/м	
	$\mu = 2$ кг/с	$\mu = 6$ кг/с	$\mu = 2$ кг/с	$\mu = 6$ кг/с	$\mu = 2$ кг/с	$\mu = 6$ кг/с
1	3,822	3,496	3,561	3,256	3,313	3,028
2	2,734	2,202	2,307	1,843	1,930	1,527
3	1,734	1,096	1,221	0,710	0,802	0,395
4	0,817	0,161	0,285	0,190	0,109	-
5	0,018	-	-	-	-	-

Выводы. Модернизация метода энергетического баланса позволила получить компактные формулы вычисления амплитуд затухающих колебаний осциллятора переменной массы при совместном действии реактивной силы, а также сил вязкого и сухого трения. Проверка формул на адекватность подтвердила их хорошую точность. Показано, что в условиях комбинированного трения темп затухания свободных колебаний существенно убыстряется.

Список использованной литературы

1. *Бидерман В.Л.* Теория механических колебаний. М.: Высшая школа, 1980. 408 с.
2. *Сурьянинов Н.Г., Дащенко А.Ф., Белоус П.А.* Теоретические основы динамики машин. Одесса: ОГПУ, 2000. 306 с.
3. *Бессонов А.П.* Основы динамики механизмов с переменной массой звеньев. М.: Наука, 1967. 267 с.
4. *Cveticanin L.* Dynamics of Machines with Variable Mass. Taylor & Francis Ltd, 1998. 300 p.
5. *Митропольский Ю.А.* Избранные труды в 2-х томах. К.: Наукова думка, 2012. 504 с.
6. *Башуров Б.П., Скиба А.Н., Чебанов В.С.* Функциональная надежность и контроль технического состояния судовых вспомогательных механизмов: учебное пособие. Новороссийск: МГА имени адмирала Ф.Ф. Ушакова, 2009. 192 с.
7. *Тё А.М.* Судовые вспомогательные механизмы, системы и устройства: учебное пособие. Владивосток: Морской государственный университет, 2013. 208 с.
8. *Тимошенко С.П.* Колебания в инженерном деле. М.: Машиностроение, 1985. 472 с.
9. *Ivanovskaya A.V.* The research of the dynamic of the mechanical system with variable parameters // Journal of Vibroengineering. 2010. V. 12. Issue 4. P. 494-499.
10. *Cveticanin L.* A review on dynamics of mass variable systems // Journal of the Serbian Society for Computational Mechanics. 2012. V. 6. No. 1. P. 56-74.
11. *Пановко Я.Г.* Введение в теорию механических колебаний. М.: Наука, 1980. 270 с.
12. *Лойцянский Л.Г., Лурье А.И.* Курс теоретической механики: Т. 2. М.: Дрофа, 2006. 720 с.

References:

1. Biderman V.L. *Teoriya mekhanicheskih kolebanij* [Theory of mechanical vibrations]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1980, 408 p. (In Russian).
2. Suryaninov N.G., Dashchenko A.F., Belous P.A. *Teoreticheskie osnovy dinamiki mashin* [Theoretical foundations of machine dynamics]. Odessa, OGPU Publ., 2000, 306 p (In Russian).
3. Bessonov A.P. *Osnovy dinamiki mekhanizmov s peremennoj massoj zven'ev* [Fundamentals of dynamics of mechanisms with variable mass of links]. Moscow, Nauka Publ., 1967, 267 p. (In Russian).
4. Cveticanin L. *Dynamics of Machines with Variable Mass*. Taylor & Francis Ltd, 1998, 300 p. (In English).
5. Mitropolsky Yu.A. *Izbrannye trudy v 2-h tomah* [Selected works in 2 volumes]. Kiev, Naukova dumka Publ., 2012, 504 p. (In Russian).
6. Bashurov B.P., Skiba A.N., Chebanov V.S. *Funkcional'naya nadezhnost' i kontrol' tekhnicheskogo sostoyaniya sudovyh vspomogatel'nyh mekhanizmov* [Functional reliability and control of the technical condition of ship auxiliary mechanisms]. Novorossiysk, Admiral F.F. Ushakov Moscow State University Publ., 2009, 192 p. (In Russian).
7. Tyo A.M. *Sudovye vspomogatel'nye mekhanizmy, sistemy i ustrojstva* [Ship auxiliary mechanisms, systems and devices]. Vladivostok, Maritime State University Publ., 2013, 208 p. (In Russian).
8. Timoshenko S.P. *Kolebaniya v inzhenernom dele* [Fluctuations in engineering]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1985, 472 p. (In Russian).
9. Ivanovskaya A.V. The research of the dynamic of the mechanical system with variable parameters. *Journal of Vibroengineering*, 2010, vol. 12, issue 4, pp. 494-499. (In English).
10. Cveticanin L. A review on dynamics of mass variable systems. *Journal of the Serbian Society for Computational Mechanics*, 2012, vol. 6, no. 1, pp. 56-74. (In English).
11. Panovko Ya.G. *Vvedenie v teoriyu mekhanicheskih kolebanij* [Introduction to the theory of mechanical vibrations]. Moscow, Nauka Publ., 1980, 270 p. (In Russian).
12. Loitsyansky L.G., Lurie A.I. *Kurs teoreticheskoj mekhaniki* [Course of theoretical mechanics]. Vol. 2. Moscow, Drofa Publ., 2006, 720 p. (In Russian).

Сведения об авторах / Information about authors

Клименко Николай Петрович	канд. техн. наук, доцент кафедры судовых энергетических установок Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 knp-878@mail.ru
Klimenko Nikolai Petrovich	Ph.D (Engin.), Associate Professor at the Department of marine power plants Kerch State Maritime Technological University 28309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82 knp-878@mail.ru
Богатырева Елена Владимировна	канд. техн. наук, доцент кафедры судовых энергетических установок Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 bogatyreva_mf@mail.ru
Bogatyreva Elena Vladimirovna	Ph.D (Engin.), Associate Professor at the Department of marine power plants Kerch State Maritime Technological University 28309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82 bogatyreva_mf@mail.ru
Гумена Татьяна Игоревна	ассистент кафедры судовых энергетических установок Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 tanya.gumena@mail.ru
Gumena Tatiana Igorevna	assistant at the Department of marine power plants Kerch State Maritime Technological University 28309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82 tanya.gumena@mail.ru

УДК 621.43.018.7:536.8

Конюков В.Л., Михайлык В.Э.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ОГРАНИЧИТЕЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ СРАВНЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГУЛИРУЕМОГО СОПЛОВОГО АППАРАТА ТУРБОКОМПРЕССОРА СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ

Аннотация. Одним из эффективных способов поддержания и улучшения проектных характеристик дизеля является использование регулируемого соплового аппарата турбокомпрессора, обеспечивающего непосредственное воздействие на расход воздуха. В работе представлена методика определения основных эксплуатационных параметров для винтовой характеристики четырехтактного дизеля через эталонные параметры, полученные в процессе заводских испытаний двигателя по нагрузочной характеристике. С целью адекватности сравнения эффективности воздействия регулируемого соплового аппарата турбокомпрессора для винтовой и нагрузочной характеристики дизеля в области низких относительных мощностей определен критерий соответствия для оцени степени понижения давления при продувке цилиндров. В качестве этого критерия принят одинаковым цикловой расход воздуха при продувке цилиндров дизеля для винтовой и нагрузочной характеристики. На основании этого критерия вычислены значения предельно допустимой степени понижения давления при продувке цилиндров для винтовой характеристики. Сопоставление коэффициентов остаточных газов при $\overline{N}_e$=0,25 для винтовой и нагрузочной характеристики свидетельствует о правомерности выбранного критерия соответствия.
Ключевые слова: дизель, турбонаддувочный агрегат, максимальное давление цикла, перепад давлений на продувку цилиндров, противодавление на выпуске, регулируемый сопловой аппарат.

Konyukov V.L., Mikhaylyk V.E.

CRITERIA FOR EVALUATING RESTRICTIVE PARAMETERS WHEN COMPARING THE EFFICIENCY OF AN ADJUSTABLE NOZZLE UNIT OF A MARINE DIESEL TURBOCHARGER

Abstract. One of the effective ways to maintain and improve the design characteristics of a diesel engine is the use of an adjustable turbocharger nozzle that provides a direct impact on air consumption. The paper presents a methodology for determining the main operational parameters for the screw characteristics of a four-stroke diesel engine through reference parameters obtained during factory tests of the engine according to the load characteristic. In order to adequately compare the effectiveness of the impact of an adjustable turbocharger nozzle for the screw and load characteristics of a diesel engine in the area of low relative capacities, a compliance criterion was determined to assess the degree of pressure reduction during cylinder purging. As this criterion, the same cyclic air flow rate is accepted when purging diesel cylinders for screw and load characteristics. Based on this criterion, the values of the maximum permissible degree of pressure reduction during cylinder purging for the screw characteristic are calculated. Comparison of the coefficients of residual gases at V_e= 0.25 for the screw and load characteristics indicates the validity of the selected compliance criterion.
Keywords: diesel engine, turbocharging unit, maximum cycle pressure, pressure drop on cylinder purge, exhaust back pressure, adjustable nozzle unit.

Введение

Одним из эффективных способов расширения диапазона эксплуатационных параметров, соответствующих экономичным режимам

работы судовых дизелей, является использование регулируемого соплового аппарата (РСА) турбокомпрессора [1], [2]. Снижение угла установки профилей облопатывания при повороте лопаток РСА приводит к уменьшению эффективной площади проходного сечения турбины, в результате чего увеличивается степень понижения давления в турбине и, соответственно, мощность турбины и компрессора. Увеличение мощности компрессора сопровождается повышением расхода и давления воздуха перед цилиндром дизеля. Таким образом, в цилиндр поступает воздух, обладающий большей располагаемой энергией, что способствует повышению экономичности дизеля [3]. Проведенные исследования судового четырехтактного дизеля, работающего по нагрузочной характеристике, при повышении давления наддува с помощью РСА показали увеличение давления газа в характерных точках цикла и уменьшение степени понижения давления воздуха при продувке цилиндров [4]. Судовые двигатели проектируются на предельно допустимые параметры, соответствующие номинальному режиму, длительное превышение которых в процессе эксплуатации не допускается. Следовательно, ни на одном исследуемом режиме максимальное давление сгорания топлива p_z не должно превышать установленное значение для номинального режима [5]. Уменьшение мощности дизеля вызывает снижение p_z, поэтому резервы для повышения КПД поворотом лопаток РСА с уменьшением нагрузки увеличиваются.

Снижение относительной мощности дизеля вызывает уменьшение степени понижения давления при продувке цилиндров $e_т$. Поворот лопаток РСА так же снижает $e_т$, поэтому, при использовании РСА на режимах малой мощности перепад давлений на продувку цилиндров может иметь нулевое или отрицательное значение, что приведет к обратному забросу продуктов сгорания топлива в цилиндр, а это негативно отражается на надежности дизеля [6], [7].

В работе [4] выполнены исследования эффективности РСА турбокомпрессора четырехтактного дизеля, работающего по нагрузочной характеристике в широком диапазоне нагрузок при различном

противодавлении на выпуске. Получены зависимости эксплуатационных параметров от относительной мощности дизеля. Для сравнения эффективности РСА при работе по винтовой характеристике с эффективностью РСА при работе по нагрузочной характеристике необходимо определиться с идентичностью ограничительных параметров.

Работа дизеля по винтовой характеристике отличается от его работы по нагрузочной характеристике, и это различие увеличивается с повышением отклонения нагрузки дизеля от номинальной. Прежде всего, это проявляется в снижении частоты вращения коленчатого вала при уменьшении относительной мощности дизеля и в зависимостях коэффициента избытка воздуха при горении топлива.

Заводские испытания судовых дизелей проводятся в соответствии с предполагаемыми в будущем эксплуатационными условиями, как правило, для нагрузочных или винтовых характеристик и, за редким исключением, для нагрузочных и винтовых характеристик одновременно. Судовые четырехтактные дизели 8L58/64 фирмы MAN B&W Diesel предназначены для эксплуатации на судах с электрической передачей и механической передачей на винт фиксированного шага. Таким образом, эти двигатели предназначены для работы по нагрузочным и винтовым характеристикам, в то время как, в технической документации приводятся результаты тестовых испытаний только для нагрузочных характеристик, а для винтовой характеристики оговаривается только диапазон рекомендованных режимов с ограничениями по мощности и частоте вращения коленчатого вала.

Реальные условия эксплуатации на судах могут существенно отличаться от условий тестовых испытаний. Для оценки определяющих эксплуатационных параметров при настройке программы исследований для нагрузочной характеристики в качестве эталонных значений удобно использовать результаты тестовых заводских испытаний. Для винтовой характеристики таких эталонных параметров нет, поэтому возникают сложности с определением

давления наддува на режимах долевых нагрузок. Это вызвано тем, что при теоретических исследованиях эксплуатационных параметров дизеля его мощность для конкретной нагрузки зависит от давления наддува, цикловой подачи топлива и частоты вращения коленчатого вала, которая определяется эксплуатационной характеристикой дизеля.

Целью работы является определение критериев оценки предельно допустимых значений параметров, ограничивающих использование РСА для повышения экономичности дизеля в широком диапазоне нагрузок и оценка основных эксплуатационных показателей судового дизеля при работе по винтовой характеристике, используя результаты заводских испытаний для нагрузочной характеристики.

Материалы и методы исследования

Полученные в результате исследований зависимости апробировались применительно к судовому четырехтактному дизелю с газотурбинным наддувом 8L58/64, который используется в качестве главного двигателя на морских судах, как с электрической передачей, так и с механической передачей. Таким образом, данный двигатель применяется для работы по нагрузочной характеристике и по винтовой характеристике. Основные показатели дизеля на номинальном режиме: эффективная мощность – 11230 кВт; число цилиндров – 8; частота вращения коленчатого вала – 428 об/мин; диаметр поршня – 0,58 м; ход поршня – 0,64 м; давление наддува – 0,377 МПа.

Давление наддува для винтовой характеристики определялось с использованием эталонных параметров турбины турбокомпрессора, полученных при заводских испытаниях для нагрузочной характеристики. Мощность турбины зависит от степени понижения давления, расхода газа и ее КПД. Для конкретной долевой нагрузки дизеля, эксплуатационные параметры турбины при работе по нагрузочной и винтовой характеристикам, отличаются незначительно, поэтому можно принять, что КПД турбины для винтовой характеристики равен ее КПД для нагрузочной характеристики.

На рисунке 1 приведена зависимость степени понижения давления в турбине турбокомпрессора $e_т$ от расхода газа $G_г$, полученная по результатам заводских испытаний для нагрузочной характеристики. Эта зависимость является линейной и используется для определения абсолютного давления перед турбиной при работе дизеля по винтовой характеристике, значение которого вычислялось по формуле:

$$p_т = e_т p_{2т}, \quad (1)$$

где $p_{2т}=p_б+\Delta p_в$ – давление газа за турбиной; $p_б$ – барометрическое давление; $\Delta p_в$ – противодавление на выпуске; $e_т= p_т/ p_{2т}$ – степень понижения давления в турбине.

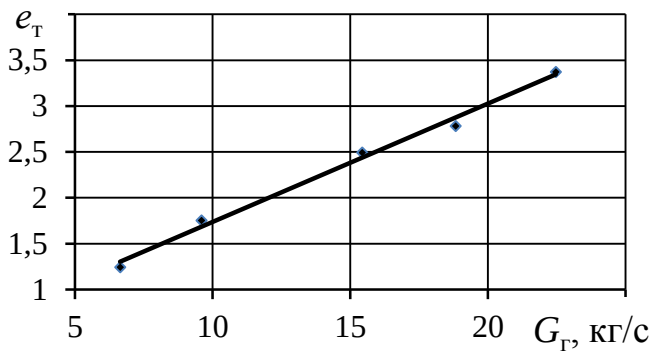


Рисунок 1 – Зависимость степени понижения давления в турбине турбокомпрессора от расхода газа

Методом последовательных приближений, изменяя давление наддува и цикловую подачу топлива, обеспечивали равенство значений $p_т$, полученных по результатам теплового расчета двигателя и по выражению (1), что позволило получить уточненное значение давления наддува для винтовой характеристики дизеля. На рис. 2 приведено изменение давления наддува $\delta\bar{p}_н$ винтовой характеристики относительно эталонного давления наддува нагрузочной характеристики в зависимости от относительной мощности дизеля, которое определялось по выражению

$$\delta\bar{p}_{\text{н}} = (p_{\text{нв}} - p_{\text{нн}})/p_{\text{н0}}, \quad (2)$$

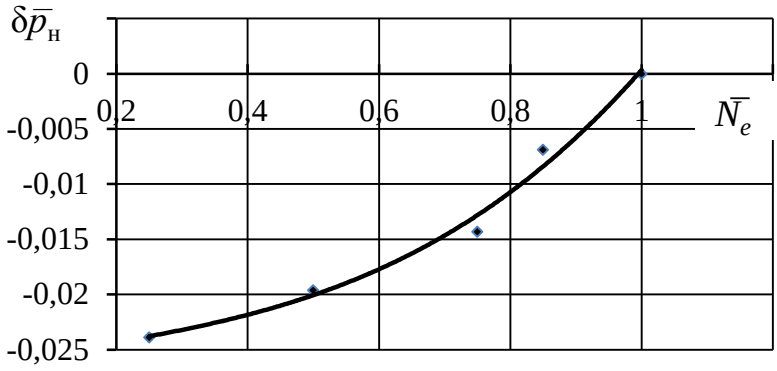


Рисунок 2 – Изменение давления наддува винтовой характеристики дизеля относительно давления наддува нагрузочной характеристики

где: $p_{\text{нв}}$ – давление наддува для винтовой характеристики для конкретной относительной мощности дизеля; $p_{\text{нн}}$ – давление наддува для эталонной нагрузочной характеристики той же относительной мощности; $p_{\text{н0}}$ – давление наддува для эталонного номинального режима.

Зависимость на рисунке 2 получена для противодавления на выпуске $\Delta p_{\text{в}}$=3,1 кПа соответствующего тестовым испытаниям дизеля. Анализ полученных результатов показал, что при относительной мощности дизеля $\bar{N}_{\text{e}}$=0,5 давление наддува для винтовой характеристики на 2 % ниже эталонного значения. Снижение давления наддува для винтовой характеристики дизеля относительно эталонного варианта отражается на расходе воздуха и, соответственно, расходе газа через турбину. На рис.3 представлены зависимости относительного изменения расхода газа, которые определялись по выражению

$$\Delta\bar{G}_{\text{г}} = (G_{\text{г}} - G_{\text{г0}})/G_{\text{г0}}, \quad (3)$$

где $G_г$ – расход газа для конкретного режима долевой нагрузки; $G_{г0}$ – расход газа для номинального режима.

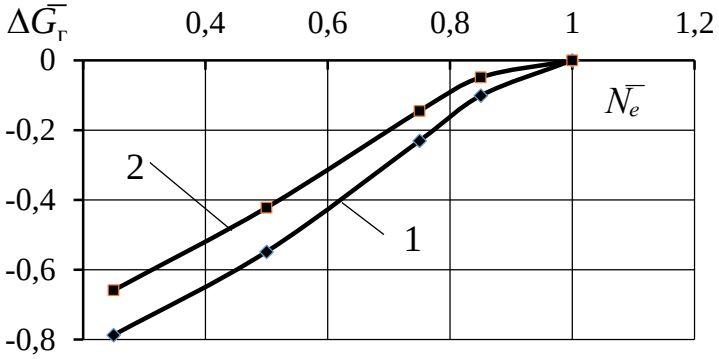


Рисунок 3 – Относительное изменение расхода газа:
1 – винтовая характеристика; 2 – нагрузочная характеристика

Полученные зависимости показали, что при относительной мощности дизеля $\overline{N}_e$=0,5 расход воздуха для винтовой характеристики на 15 % ниже, чем для нагрузочной характеристики. Это можно объяснить снижением частоты вращения коленчатого вала при уменьшении нагрузки для винтовой характеристики.

На режимах долевой мощности временная продолжительность цикла дизеля для винтовой характеристики будет выше по сравнению с продолжительностью цикла для нагрузочной характеристики, в связи с понижением частоты вращения при уменьшении мощности. Таким образом, продолжительность соответствующих процессов цикла для винтовой характеристики дизеля будет выше, чем для нагрузочной характеристики. Исключения имеют место для процессов горения топлива, продолжительность которых зависит от качества топлива, его температуры и температуры среды в момент впрыска. На рис. 4 приведены зависимости относительного угла поворота коленчатого вала $\Delta\overline{\varphi}_в$, соответствующего времени задержки самовоспламенения топлива от нагрузки дизеля, который определялся по выражению

$$\Delta\bar{\varphi}_{\text{в}} = (\varphi_{\text{в}} - \varphi_{\text{в}0})/\varphi_{\text{в}0}, \quad (4)$$

где $\varphi_{\text{в}}$ – угол задержки, соответствующий режиму долевой нагрузки дизеля; $\varphi_{\text{в}0}$ – угол задержки, соответствующий номинальному режиму.

Из рисунка следует, что при винтовой характеристике самовоспламенение топлива происходит при меньшем повороте коленчатого вала от момента начала впрыска топлива по сравнению с нагрузочной характеристикой.

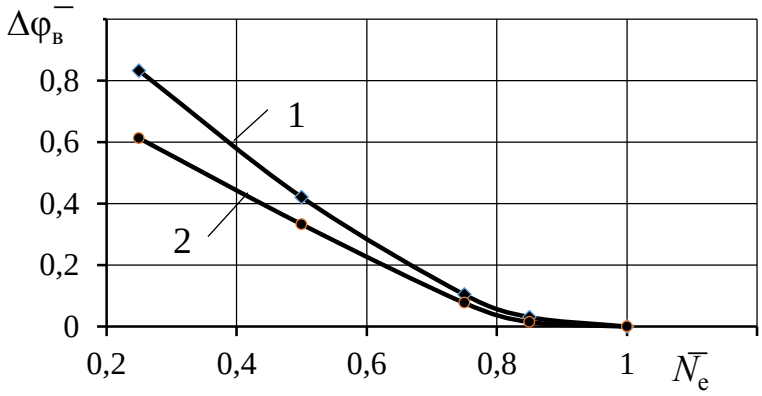


Рисунок 4 – Зависимость относительного угла поворота коленчатого вала $\Delta\bar{\varphi}_{\text{в}}$, соответствующего времени задержки самовоспламенения топлива, от нагрузки дизеля:

1 – нагрузочная характеристика; 2 – винтовая характеристика.

В работе [8] отмечалось, что использование РСА для повышения экономичности дизеля ограничивается рядом параметров, одним из которых является степень понижения давления при продувке цилиндров. Исследования эффективности РСА для различных противодавлений на выпуске при работе дизеля по нагрузочной характеристики проводились с предельным минимально допустимым значением степени понижения давления при продувке $e_{\text{п}}$=1,05, что исключило обратный заброс газов в цилиндр при продувке и обеспечило приемлемый коэффициент остаточных газов. Для адекватности сравнения

эффективности РСА при работе дизеля по винтовой характеристике с результатами исследований нагрузочной характеристики (эталонного варианта) необходимо выбрать критерии соответствия. В качестве такого критерия можно принять цикловой расход воздуха $G_{\text{ц}}$ при продувке цилиндров, который определяется соотношением

$$G_{\text{ц}} = f_{\text{э}}\rho_{\text{т}}\tau_{\text{п}}\varphi_{\text{ц}}\sqrt{\frac{2k}{k-1}RT_s\left[1-\left(\frac{1}{e_{\text{п}}}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]}, \quad (5)$$

где $f_{\text{э}}$ – условная эффективная площадь проходного сечения системы продувки цилиндра от впускных органов до выпускных органов; $\rho_{\text{т}}$ – плотность воздуха за цилиндром; $\tau_{\text{п}}$ – время продувки цилиндра; $\varphi_{\text{ц}}$ – условный коэффициент скорости системы продувки цилиндра; k – показатель адиабаты воздуха; R – удельная газовая постоянная воздуха; T_s – температура воздуха перед цилиндром.

Записывая выражение (5) для конкретного режима долевой нагрузки при работе дизеля по винтовой и нагрузочной характеристикам, приравнивая соответствующие расходы $G_{\text{ц}}^{\text{в}} = G_{\text{ц}}^{\text{н}}$, принимая неизменность $f_{\text{э}}$, $\rho_{\text{т}}$, $\varphi_{\text{ц}}$, T_s, и, учитывая, что время продувки цилиндра обратно пропорционально частоте вращения коленчатого вала $\tau_{\text{п}}^{\text{в}}/\tau_{\text{п}}^{\text{н}} = n_{\text{н}}/n_{\text{в}}$, получим степень понижения давления при продувке цилиндра для винтовой характеристики $e_{\text{п}}^{\text{в}}$, соответствующую эталонной нагрузочной характеристики $e_{\text{п}}^{\text{н}}$

$$e_{\text{п}}^{\text{в}} = \left\{1-\left[1-\left(\frac{1}{e_{\text{п}}^{\text{н}}}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]\left(\frac{n_{\text{в}}}{n_{\text{н}}}\right)^2\right\}^{\frac{k}{1-k}}. \quad (6)$$

Исследования характеристик четырехтактного дизеля при

непосредственном управлении расходом воздуха и различном противодавлении на выпуске показали, что предельные значения степени понижения давления при продувке цилиндра становятся ограничительными факторами при нагрузках дизеля, меньших 50 % от номинальной мощности. Таким образом, для нагрузок дизеля $\overline{N_e}$=0,5 и $\overline{N_e}$=0,25 по выражению (6) определены значения предельно допустимой степени понижения давления при продувке цилиндров для винтовой характеристики, которые соответственно равны $(e_{\text{п}}^{\text{в}})_{0,5}$=1,031, $(e_{\text{п}}^{\text{в}})_{0,25}$=1,02, при условии, что $e_{\text{п}}^{\text{н}}$=1,05.

Результаты исследования и их обсуждение

Используя вышеизложенную методику, получена зависимость давления наддува четырехтактного дизеля для работы по винтовой характеристике по результатам его тестовых заводских испытаний для нагрузочной характеристики. На рисунке 5 представлена зависимость изменения давления наддува на режимах долевых нагрузок относительно давления наддува номинального режима.

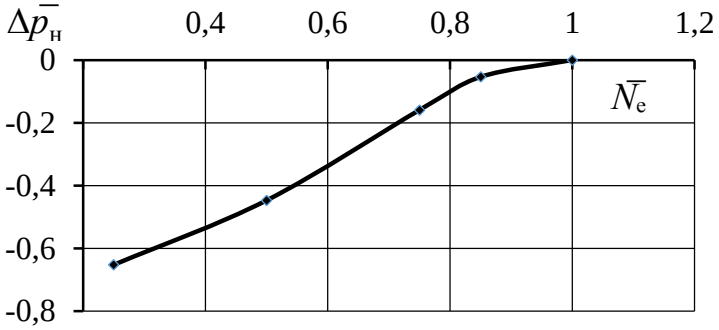


Рисунок 5 – Относительное изменение давления наддува для винтовой характеристики в зависимости от нагрузки дизеля

При относительной мощности дизеля $\overline{N}_{\text{e}}$=0,5 давление наддува снижается практически на 45 %. Сопоставляя этот результат с зависимостью, приведенной на рисунке 2, можно сделать вывод, что на режимах долевых нагрузок степень повышения давления в компрессоре при нагрузочной характеристике выше,

чем при винтовой для обеспечения одной и той же подачи воздуха [7].

При повороте лопаток РСА в сторону уменьшения угла их установки повышается экономичность дизеля, однако, при этом растет максимальное давление сгорания топлива и уменьшается степень понижения давления на продувку цилиндров, которые исполняют роль ограничивающих факторов при управлении расходом воздуха поворотом лопаток РСА [8].

На рисунке 6 представлены зависимости степени понижения давления воздуха при продувке цилиндров от нагрузки дизеля, при его работе по винтовой характеристике и непосредственном управлении расходом воздуха с помощью РСА. Зависимость 1 получена в результате вычислений по выражению (6). Эта зависимость представляет минимально допустимые значения $e_т$, обеспечивающие адекватное сравнение эксплуатационных параметров винтовой характеристики дизеля с соответствующими параметрами его нагрузочной характеристики.

Зависимость 2 получена расчетно-теоретическим путем при исследовании эксплуатационных параметров дизеля с использованием РСА турбокомпрессора и ограничением только по максимальному давлению сгорания топлива p_z. Из рисунка следует, что при $\overline{N}_e < 0{,}4$ степень понижении давления при продувке цилиндров становится меньше единицы. Это может привести к обратному забросу газов при продувке, что негативно отражается на показателях надежности дизеля. При нагрузке дизеля $\overline{N}_e < 0{,}45$ необходимо вводить ограничения по минимальному значению $e_т$.

Зависимость 3 получена расчетно-теоретическим способом при исследовании эксплуатационных параметров дизеля с использованием РСА турбокомпрессора и ограничениями по p_z и $e_т$. Работа дизеля с использованием указанных ограничений позволит избежать обратного заброса газов при продувке.

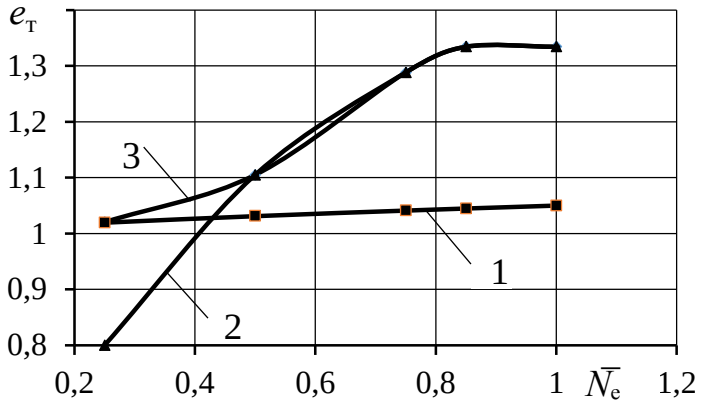


Рисунок 6 – Зависимость степени понижения давления при продувке цилиндров от нагрузки дизеля для различных условий: 1 – предельно допустимые значения; 2 – фактические без ограничений по $e_т$; 3 – фактические с ограничениями по $e_т$

На рисунке 7 представлены зависимости относительного коэффициента остаточных газов от нагрузки дизеля для винтовой и нагрузочной характеристики. Как отмечалось выше, в диапазоне относительных мощностей $0{,}45<\overline{N}_e<1{,}0$, параметром, ограничивающим поворот лопаток РСА, было максимальное давление сгорания топлива. В этом диапазоне нагрузок очистка цилиндров была лучшей для винтовой характеристики, что можно объяснить повышенным цикловым расходом воздуха при продувке цилиндров.

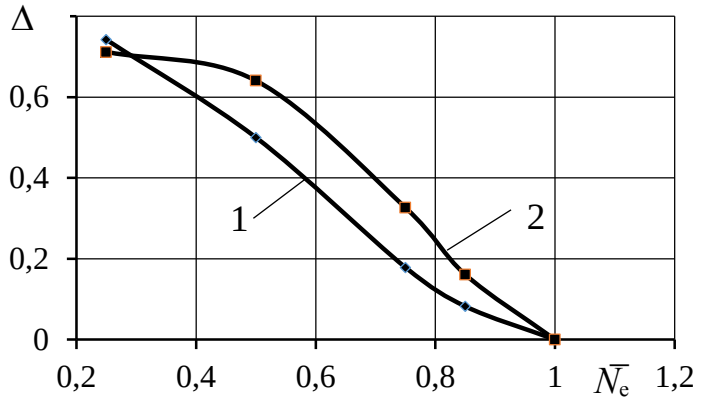


Рисунок 7 – Относительное изменение коэффициента остаточных газов в зависимости от нагрузки дизеля: 1 – для винтовой характеристики; 2 – для нагрузочной характеристики

Для нагрузки дизеля $\overline{N}_e$ = 0,25 предельно допустимое значение $e_т$ определялось из условия равенства цикловых расходов воздуха на продувку цилиндров для винтовой и нагрузочной характеристики, что привело, практически, к одинаковым коэффициентам остаточных газов. Это свидетельствует о правомерности выбора критерия оценки предельно допустимой степени понижения давления при продувке.

Выводы

В работе представлена методика определения основных эксплуатационных параметров для винтовой характеристики четырехтактного дизеля через эталонные параметры, полученные в процессе заводских испытаний двигателя по нагрузочной характеристике. Методом последовательных приближений получена зависимость давления наддува от нагрузки дизеля.

С целью адекватности сравнения эффективности воздействия РСА для винтовой и нагрузочной характеристик дизеля в области низких относительных мощностей дизеля определен критерий соответствия. В качестве этого критерия принят одинаковый цикловой расход воздуха при продувке цилиндров дизеля для винтовой и нагрузочной характеристики. На основании этого критерия вычислены значения предельно допустимой степени понижения давления при продувке цилиндров для винтовой характеристики.

В области высоких относительных мощностей дизеля от $\overline{N}_e$=1,0 до $\overline{N}_e$=0,45 поворот лопаток ограничивался максимальным давлением сгорания топлива p_z, а в области низких относительных мощностей дизеля $\overline{N}_e$<0,45 предельно допустимой степенью понижения давления при продувке цилиндров.

Сопоставление коэффициентов остаточных газов при $\overline{N}_e$=0,25 для винтовой и нагрузочной характеристики свидетельствует о правомерности выбранного критерия соответствия.

Список использованной литературы:

1. *Байков Б.П., Бордуков В.Г., Иванов П.В.* Турбокомпрессоры для наддува дизелей: справочное пособие. Л.: Машиностроение, 1975. 200 с.
2. Turbocharger aftermarket Honeywell Garrett. Garrett variable geometry turbochargers. Cheshire, Honeywell U.K. LTD, 2003. 32 p.
3. *Конюков В.Л.* Анализ термодинамических показателей четырехтактного дизеля при изменении режима работы регулируемого соплового аппарата турбонаддувочного агрегата // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2020. № 1. С. 88-104.
4. *Конюков В.Л.* Анализ эффективности непосредственного управления расходом воздуха при различном противодавлении на выпуске четырехтактного дизеля, работающего по нагрузочной характеристике // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2022. № 1. С. 61-74.
5. *Гаврилов В.С., Камкин С.В., Шмелев В.П.* Техническая эксплуатация судовых дизельных установок: учебное пособие. М.: Транспорт, 1985. 288 с.
6. *Лебедев О.Н, Сомов В.А., Калашников С.А.* Двигатели внутреннего сгорания речных судов. М.: Транспорт, 1990. 219 с.
7. *Камкин С.В., Возницкий И.В., Шмелев В.П.* Эксплуатация судовых дизелей: учебник. М.: Транспорт, 1990. 344 с.
8. *Конюков В.Л.* Анализ параметров четырехтактного дизеля, ограничивающих диапазон непосредственного управления расходом воздуха при различном противодавлении на выпуске // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2021. № 4. С. 188-202.

References:

1. Baykov B.P., Bordukov V.G., Ivanov P.V. *Turbokompressory dlya nadduva dizeley* [Turbochargers for supercharging diesel engines]. Leningrad, Mashinostroyeniye Publ., 1975, 200 p. (In Russian).
2. *Turbocharger aftermarket Honeywell Garrett. Garrett variable geometry turbochargers*. Cheshire, Honeywell U.K. LTD, 2003, 32 p. (In English).
3. Konyukov V.L. Analiz termodinamicheskikh pokazateley chetyrekhtaktnogo dizelya pri izmenenii rezhima raboty reguliruyemogo soplovogo apparata turbonadduvochnogo agregata [Analysis of thermodynamic parameters of a four-stroke diesel engine when changing the operating mode of an adjustable nozzle unit of a turbocharging unit]. *Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kerch State Marine Technological University], 2020, no. 1, pp. 88-104. (In Russian).
4. Konyukov V.L. Analiz effektivnosti neposredstvennogo upravleniya raskhodom vozduha pri razlichnom protivodavlenii na vypuske chetyrekhtaktnogo dizelya, rabotayushchego po nagruzochnoj harakteristike [Analysis of the effectiveness of direct control of air flow with different back pressure on the output of a four-stroke diesel engine operating according to the load characteristic]. *Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kerch State Marine Technological University], 2022, no. 1, pp. 61-74. (In Russian).
5. Gavrilov V.S., Kamkin S.V., Shmelev V.T. *Tekhnicheskaya ekspluatatsiya sudovykh dizelnykh ustanovok* [Technical operation of marine diesel installations]. Moscow, Transport Publ., 1985, 288 p. (In Russian).
6. Lebedev O.N., Somov V.A., Kalashnikov S.A. *Dvigateli vnutrennego sgoraniya rechnykh sudov* [Internal combustion engines of river vessels]. Moscow, Transport Publ., 1990, 219 p. (In Russian).
7. Kamkin S.V., Voznickij I.V., Shmelev V.P. *Ekspluataciya sudovyh dizelej* [Operation of marine diesel engines]. Moscow, Transport Publ., 1990, 344 p. (In Russian).

8. Konyukov V.L. Analiz parametrov chetyrekhtaktnogo dizelya. ogranichivayushchikh diapazon neposredstvennogo upravleniya raskhodom vozdukha pri razlichnom protivodavlenii na vypuske. [Analysis of the parameters of a four-stroke diesel engine that limit the range of direct control of air flow with different back pressure at the outlet]. *Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kerch State Marine Technological University], 2021, no. 4, pp. 188-202. (In Russian).

Сведения об авторах / Information about authors

Конюков Вячеслав Леонтьевич	канд. техн. наук, доцент кафедры судовых энергетических установок Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 seykgmtu@gmail.com
Konyukov Viacheslav Leontievich	Ph.D. (Engin.), Associate Professor at the department of ship power plants Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crime, Kerch, Ordzhonikidze str., 82 seykgmtu@gmail.com
Михайлык Владислав Эдуардович	курсант 4-го курса специальности «Эксплуатация судовых энергетических установок» Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 seykgmtu@gmail.com
Mikhaylyk Vladislav Eduardovich	cadet of the 4th year of the specialty “Operation of ship power plants” Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crime, Kerch, Ordzhonikidze str., 82 seykgmtu@gmail.com

УДК 536.24:664

Афенченко Д.С., Севаторов Н.Н., Яшонков А.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В КАМЕРЕ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Аннотация. Существующие на данный момент сведения о моделировании и числовой имитации термогидродинамических процессов в камерах высокого давления не учитывают неоднородности распределения температур в результате процесса воздействия высокого давления. Индуцированные созданием давления поля течения и поля температур оказывают значительное влияние на распределение температуры в начале экспозиции. Однако, исследования в этой области сопряжены со значительными трудностями, которые вызваны недостатком технологий для измерения и визуализации температуры, давления и скорости потоков в камере высокого давления во время процесса обработка. Наличие тепловой неоднородности в продукте и следующая в результате этого неоднородность процесса делают необходимым прогнозирование тепловой неоднородности, в том числе и для принятия мер противодействия. В статье приведены результаты численного моделирования, показавшие, что нагрев в результате сжатия происходит неоднородно в нагнетательной среде (воде) и вызывает повышение температуры среды. Был установлен градиент температуры между средой и более холодной стенкой камеры, который приводит к теплообмену между водой и массивной стенкой камеры. Полученное различие плотности приводит к образованию конвекционных потоков внутри нагнетательной среды (воды). Чтобы подчеркнуть важность образования конвекции в модели, было спрогнозировано распределение температуры для случая без конвекции в сравнении со случаем, когда происходит сопряженный теплообмен (проводимость и конвекция).
Ключевые слова: численное моделирование, тепловая неоднородность, конвекция, распределение температуры.

Afenchenko D.S., Sevatorov N.N., Yashonkov A.A.

STUDY OF THE TEMPERATURE DISTRIBUTION IN THE HIGH PRESSURE CHAMBER

Abstract. The information currently available on modeling and numerical simulation of thermohydrodynamic processes in high pressure chambers does not take into account the inhomogeneity of temperature distribution as a result of the high pressure process. The pressure-induced flow fields and temperature fields have a significant effect on the temperature distribution at the beginning of the exposure. However, research in this area is fraught with significant difficulties, which are caused by the lack of technologies for measuring and visualizing the temperature, pressure and flow rates in the pressure chamber during the processing process. The presence of thermal inhomogeneity in the product and the resulting process inhomogeneity make it necessary to predict thermal inhomogeneity, including for taking countermeasures. The article presents the results of numerical simulation, which showed that heating due to compression occurs inhomogeneously in the injection medium (water) and causes an increase in the temperature of the medium. A temperature gradient was established between the medium and the colder chamber wall, which leads to heat exchange between the water and the massive chamber wall. The obtained difference in density leads to the formation of convection flows inside the injection medium (water). To emphasize the importance of convection formation in the model, the temperature distribution was predicted for the case without convection in comparison with the case when there is conjugate heat exchange (conduction and convection).
Keywords: numerical simulation, thermal inhomogeneity, convection, temperature distribution.

Введение. Несмотря на то, что обработка высоким гидростатическим давлением (ОВГД) считается нетермическим процессом, по законам термодинамики любые вещества, подвергаемые сжатию, подвергаются повышению/снижению температуры во время процесса сжатия/расширения. Большинство продуктов питания, в том числе и вода, не сжимаются при низком давлении, но при высоком давлении они могут сжиматься в значительной мере. Например, вода, которая является полярным веществом, сжимается на 15 % при 600 МПа, тогда как гексан (неполярное вещество) сжимается на 25 % при 600 МПа [1]. В случае применения высокого давления (ВД) к продуктам питания, молекулы продукта сжимаются, то есть их межмолекулярное расстояние уменьшается, а теплота генерируется вследствие работы, выполненной для противодействия межмолекулярным силам. Генерированная таким образом теплота, более известная как тепло адиабатного сжатия, приводит к повышению температуры продукта. Такое повышение температуры является обратимым при сбросе давления, поскольку теплота поглощается. Повышение температуры на 1 °С при повышении давления на 100 МПа определяет теплотворную способность вещества при сжатии. Теплотворная способность при сжатии пищевых продуктов во время ОВГД зависит от таких показателей, как технологическое давление, сжимаемость, начальная температура, состав продукта, термодинамические свойства: вязкость, теплопроводность и удельная теплоемкость [2]. В таблице 1 приведены значения теплотворной способности при сжатии для различных продуктов.

По данным таблицы 1, теплотворная способность продуктов изменяется в диапазоне от 2...40 °С. Для воды это значение составляет 2...3 °С, тогда как для масла и жиров – 6...9 °С, что может быть обусловлено их повышенной сжимаемостью, меньшей теплопроводностью и меньшей теплоемкостью. Теплотворная способность при сжатии липидов (≈20 °С) не зависит от длины углеводной цепи, но высокий уровень ненасыщенности углеводной цепи

уменьшает теплотворную способность липидов при сжатии (≈14 °C) [4]. Для растворителей, таких как гексан, это значение может быть на уровне 40 °C. Авторами [2] было установлено, что теплотворная способность воды при сжатии повышается при увеличении начальной температуры, тогда как начальная температура практически не влияет на теплотворную способность масла. В пищевой промышленности вода чаще всего используется как среда передачи давления, потому что она является безопасной, недорогой, и имеет сравнительно постоянную теплотворную способность.

Таблица 1 – Теплотворная способность при адиабатном сжатии некоторых продуктов, полученная из литературных источников [3]

Вещество при температуре 25°C	Изменение температуры при увеличении давления на каждые 100 МПа (°C)
Вода	≈ 3,0
Апельсиновый сок	≈ 3,0
Молоко 2 % жирности	≈ 3,0
Томатный соус	≈ 3,0
Лосось	≈ 3,2
Куриный жир	≈ 4,5
Говяжий жир	≈ 6,3
Оливковое масло	От 6,0 до 8,7
Соевое масло	От 6,2 до 9,0
Гексан	≈ 40,0

Кроме того, если жидкость, передающая давление, имеет высокую теплотворную способность при сжатии, как масла, то процессы, проходящие в камере, могут включать непреднамеренные тепловые эффекты [5].

Теплота, генерируемая при адиабатном сжатии нагнетательной среды, приводит к разнице температур между образцом продукта, нагнетательной средой и стенками камеры, и непрерывно рассеивается по металлическим

стенкам камеры в результате теплопроводности. Это происходит во время нагнетания давления, а также во время выдержки под давлением, когда не происходит генерации теплоты. Таким образом, после сброса давления температура падает ниже начальной температуры (рис. 1).

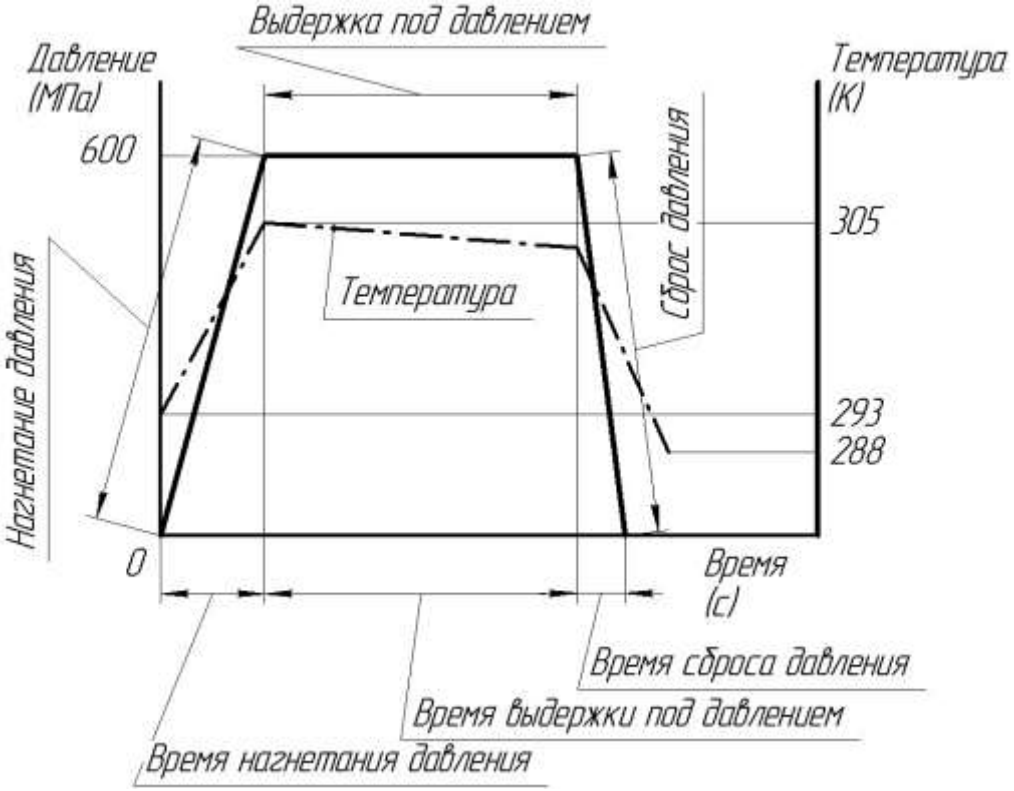


Рисунок 1 – Типичное изменение давления и температуры в зависимости от времени в процессе ОВГД

Потеря теплоты на стенках приводит к неоднородному распределению температуры в жидкости, при этом жидкость в центре камеры более теплая, чем жидкость возле стенки. Также происходит естественная конвекция близ стенок камеры, которая влияет на распределение температуры. По наблюдениям Т. Макиты [6] было установлено, что температура передающей давление среды возле стенок камеры быстро снижалась из-за высокой теплопроводности металла, из которого изготовлена камера; передающая давление среда в центре камеры достигала максимальной температуры, которая была практически равна сумме начальной температуры среды и увеличению температуры из-за нагрева

при сжатии. Кроме этого, во время косвенной подачи давления, в камеру ВД необходимо нагнетать дополнительную жидкость с помощью внешнего источника, который может иметь температуру, отличную от имеющейся температуры жидкости в камере, что также, в конце концов, будет влиять на распределение температуры.

В случае применения обработки высоким давлением к микроорганизмам, которые могут быть инактивированы вследствие применения лишь ВД, распределение температуры в камере не является важным [7]. Таким образом, при низких начальных температурах, то есть при комнатной температуре, неоднородность температуры во время обработки не представляет собой угрозу безопасности продукта. Однако споры бактерий могут выжить в условиях давления выше 1000 МПа при комнатной температуре [8]. Но в случае обработки с объединением температуры и давления, необходимым может быть лишь среднее давление (≈600 МПа) и средняя температура (> 70 °С) [9]. В таком случае неоднородное распределение температуры во время обработки может привести к неоднородной инактивации спор, которые не подвержены воздействию ВД, но чувствительны к обработке в условиях сопряжения ВД и высокой температуры.

Поскольку пищевые продукты подвергаются минимальному разрушению питательных веществ при температурах ниже 100 °С (373,15 К), ОВГД можно применять при умеренных температурах к ряду пищевых продуктов, особенно загрязненных спорами, которые обычно подвергаются термической стерилизации при температуре около 121 °С (394,15 К). Согласно исследованиям [9] было установлено, что адиабатический нагрев вследствие сжатия жидкости под высоким давлением может вызвать значительное изменение распределения температуры по всему обрабатываемому продукту. Учитывая неоднородность распределения температуры во время обработки, можно утверждать, что цель обработки может быть не достигнута в любом месте объема продукта питания [10].

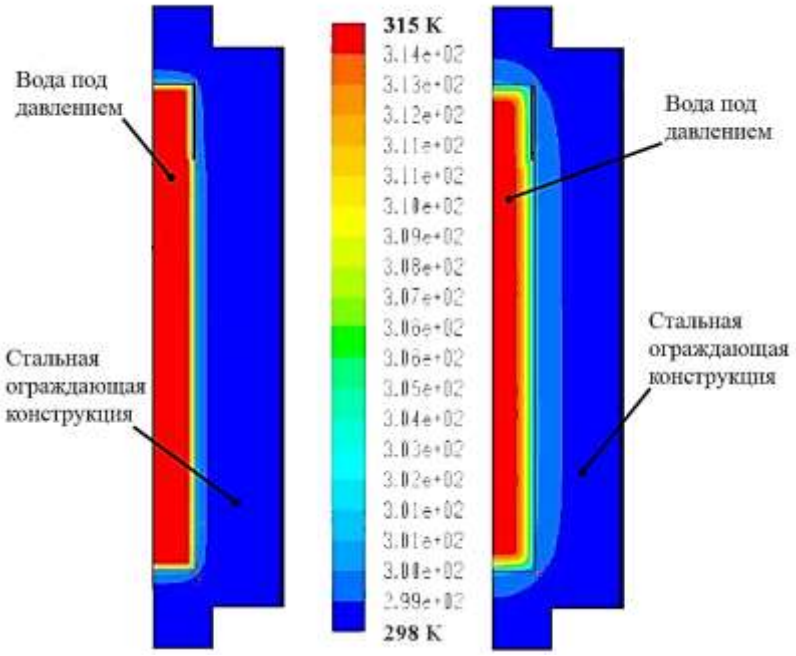
Таким образом, **целью исследования** являлось изучение распределения температуры, установленной в камере из-за сопряженной (теплопроводности и конвекции) теплопередачи, для разработки стратегий управления процессом, чтобы достичь высокой степени однородности процесса.

Материалы и методы исследования. Несмотря на то, что нагрев в результате сжатия происходит неоднородно в нагнетательной среде (воде) и вызывает повышение температуры среды, нами был установлен градиент температуры между средой и более холодной стенкой камеры, который приводит к теплообмену между водой и толстой стенкой камеры. Полученное различие плотности содействует образованию конвекционных потоков внутри нагнетательной среды (воды). Чтобы подчеркнуть важность образования конвекции в модели, было спрогнозировано распределение температуры для случая без конвекции, то есть случая с теплообменом исключительно проводимостью, в сравнении со случаем, когда происходит сопряженный теплообмен (проводимость и конвекция).

Численное моделирование было выполнено для предположения распределения температуры в воде и стенке камеры, когда первичным механизмом теплообмена была проводимость. Для этой модели гравитация не принималась во внимание. Ведь перенос теплоты от воды происходит только на стенках из-за различий между температурой воды и стальной стенки. Начальная температура воды и стальной стенки составляла 298,15 K. Была выбрана температура 298,15 K из-за того, что именно такой была температура окружающей среды, стальной конструкции и воды во время проведения эксперимента. Для сравнения численно прогнозируемых результатов с экспериментальными данными было выполнено численное моделирование с начальной температурой 298,15 K. Работа сил давления учитывалась в модели как член источника в граничном условии воды для нагнетания давления в камеру до 586 МПа.

Результаты исследования и их обсуждение. На рисунке 2 изображены

изотермы, полученные вследствие математического моделирования. Как можно увидеть на рисунке 2 (*а*), температура воды повышалась с начального значения 298,15 К до 315 К в конце нагнетания давления из-за нагревания при адиабатном сжатии. Различие между температурой воды и температурой стенки камеры приводит к потере тепла из-за проводимости стенки, которая, в свою очередь, формирует градиенты температуры в воде вблизи стенки, как изображено на рисунке 2 *(б)*. Температура воды вблизи стенки падает до 306 К в конце времени выдержки. Таким образом, наблюдается процесс проводимости, который формирует градиенты температуры в воде как в радиальном, так и в аксиальном направлениях.



(а) *(б)*

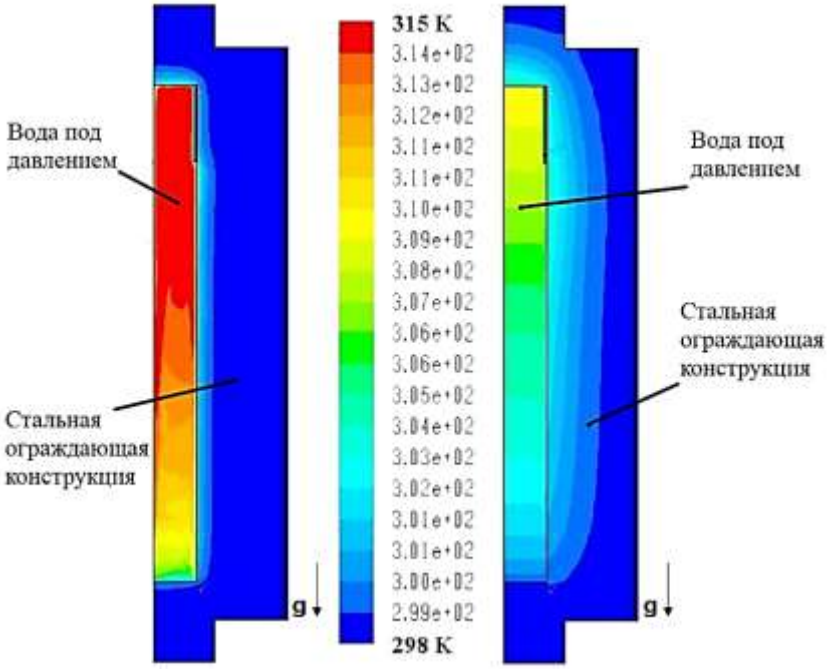
Рисунок 2 – Изотермы в воде и стенке камеры при $T_{нач}$ = 298,15 К, P = 586 МПа, в конце *(а)* нагнетания давления (180 с), *(б)* этапа выдержки (780 с) только при теплопроводимости

Для сопряженной теплопередачи, то есть когда конвекция в воде смоделирована совместно с проводимостью в стенке камеры, было вычислено число Грасгофа *(Gr)* при комнатной температуре (298,15 К), которым

характеризуется участок переходного потока. Данные температуры были спрогнозированы как для ламинарного, так и турбулентного потока, после чего сопоставлены с данными эксперимента. Для учета теплопередачи с конвекцией в модель была введена гравитация, а для плотности воды было использовано приближение Буссинеска. Начальная температура воды и стальной стенки камеры составляли 298,15 К. В камере было установлено давление в 586 МПа, то есть в модели работа сил давления введена как член источника в граничном условии воды. Работа сил давления, которая использована в модели, была тождественная той, что и для случая лишь с проводимостью.

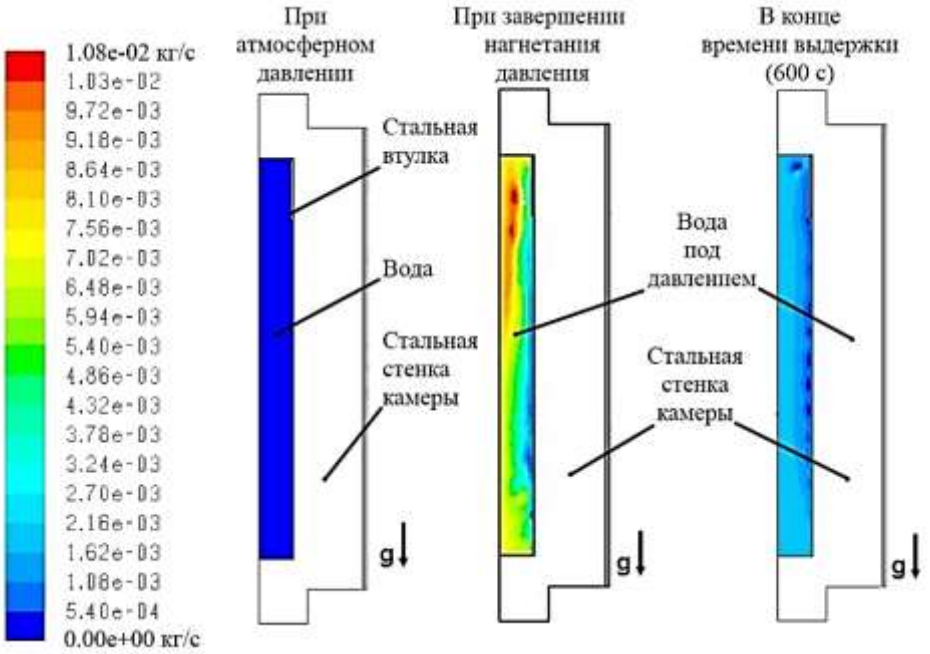
Относительно потока, смоделированного как ламинарный, на рисунке 3 изображены изотермы, полученные в конце нагнетания давления (180 с) и в конце выдержки (780 с). Температура воды повышалась от начальной температуры в 298,15 К до максимальной – 315 К в конце нагнетания давления вследствие адиабатной генерации тепла в воде, как изображено на рисунке 3 *(а)*. Мы можем наблюдать, что появилась температурная неоднородность в конце нагнетания давления из-за комбинированного влияния адиабатной генерации тепла в воде и охлаждения стенок. Было установлено, что неоднородность температуры становится большей во время периода выдержки и остается такой, когда максимальная температура в камере падает до 309 К в конце периода выдержки, как изображено на рисунке 3 *(б)*. Градиенты температуры, которые идут снизу камеры, указывают на конвекционные потоки в воде.

Также на рисунке 4 представлены соответствующие направления потоков в воде в конце нагнетания давления и в конце периода выдержки. Структура не установившегося потока указывает на то, что поток еще полностью не установился, поэтому, вероятно, ламинарная модель является неуместной.



(а) *(б)*

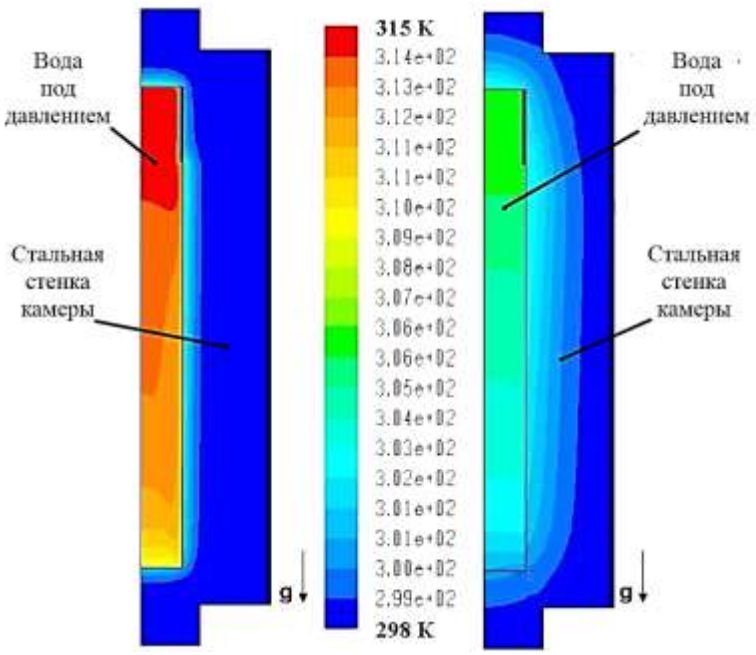
Рисунок 3 – Изотермы в воде и стенке камеры при $T_{нач}$ = 298,15 K, P = 586 МПа, в конце *(а)* нагнетания давления (180 с), *(б)* этапа выдержки (780 с) при сопряженной теплопередаче и ламинарном течении потока



(а) *(б)* *(в)*

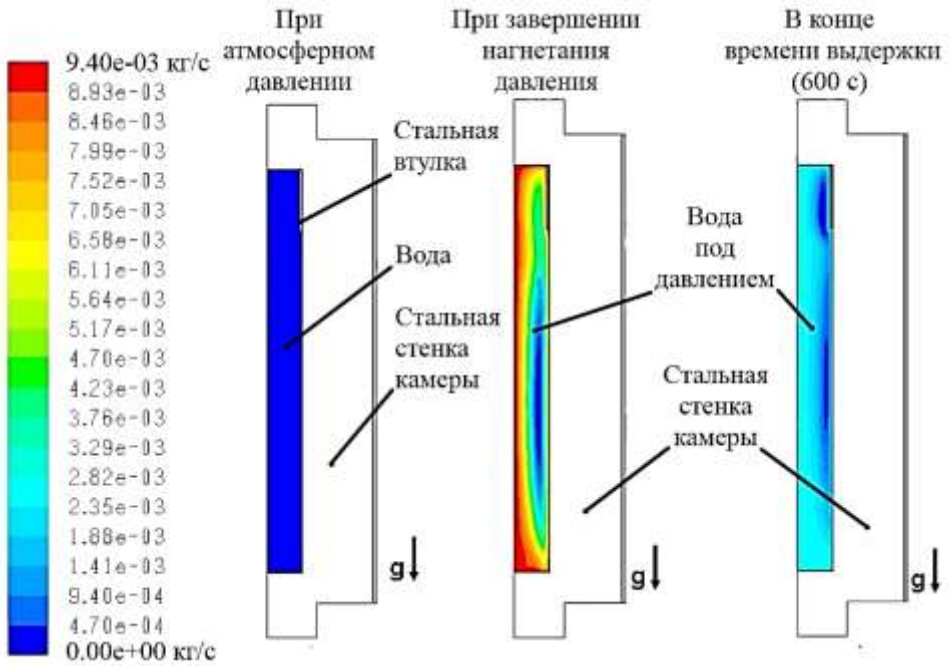
Рисунок 4 – Направления потоков в воде при $T_{нач}$ = 298,15 K, P = 586 МПа, *(а)* при атмосферном давлении, *(б)* в конце нагнетания давления (180 с) и *(в)* этапа выдержки (780 с) при сопряженной теплопередаче, когда поток смоделирован как ламинарный

Относительно потока, смоделированного как турбулентный с помощью модели *k-ε*, на рисунке 5 *(а)* изображены изотермы в воде и стенке камеры в конце нагнетания давления, когда давление повышалась до 586 МПа за 180 с при начальной температуре камеры и воды в 298,15 К. На рисунке 5 *(б)* изображены изотермы в конце периода выдержки, когда давление поддерживалась на уровне 586 МПа на протяжении 600 с. Как можно увидеть, максимальная температура в камере в конце нагнетания давления достигает 315 К, а на дне камеры выявлены признаки неоднородности. Максимальная температура в камере падает до 307 К в конце периода выдержки. Также на рисунке 6 представлены соответствующие направления потоков в воде в конце нагнетания давления и в конце периода выдержки.



(а) *(б)*

Рисунок 5 – Изотермы в воде и камере $T_{нач}$ = 298,15 К, P = 586 МПа, в конце *(а)* нагнетания давления (180 с), *(б)* этапе выдержки (780 с) при сопряженной теплопередаче и турбулентном потоке



(а) *(б)* *(в)*

Рисунок 6 – Направления потоков в воде при $T_{нач}$ = 298,15 К, P = 586 МПа, *(а)* при атмосферном давлении, *(б)* в конце нагнетания давления (180 с) и *(в)* этапа выдержки (780 с) при сопряженной теплопередаче, когда поток смоделирован как турбулентный

Сравнение между изотермами, полученными только для конвекции и сопряженной теплопередачи свидетельствует о том, что, несмотря на то, что максимальная температура, достигнутая в конце нагнетания давления, в обоих случаях является одинаковой, то есть 315 К, в случае только проводимости наблюдались градиенты температуры вблизи стенки камеры, тогда как в случае с конвекцией – температурные градиенты шли снизу вверх совместно с потерей тепла на стенке. В конце периода выдержки было выявлено, что максимальная температура в камере в случае лишь проводимости составляла 315 К, тогда как для сопряженной теплопередачи она упала до 306 К. Для сравнения изменения температуры только для проводимости и для случая с сопряженной теплопередачи, был составлен график изменения безразмерной температуры $[(T-T_{нач})/T_{max}-T_{нач})]$ в аксиальной и радиальной плоскостях (рис. 7).

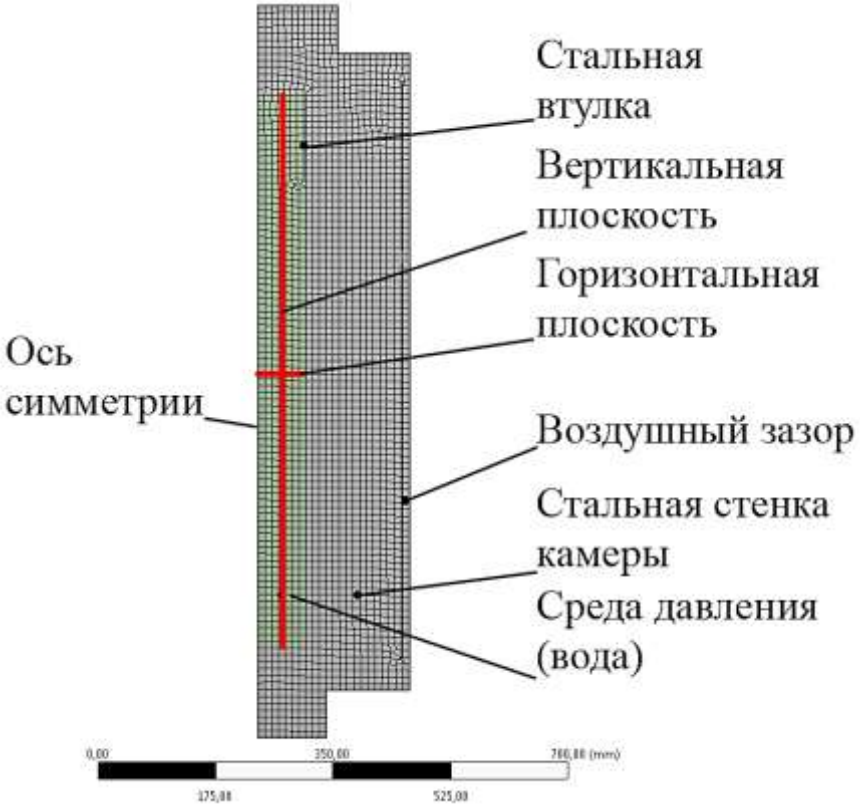


Рисунок 7 – Расчетная область ВД с указанием вертикальной и горизонтальной плоскостей, вдоль которых построен график изменения температуры

Максимальная температура (T_{max}) была получена с помощью программы ANSYS *Fluent* в течении времени моделирования температуры по соответствующим плоскостям. Как видно из рисунка 8, введение конвекции в модель делает температуру более однородной радиально, тогда как аксиальное изменение температуры между верхом и низом столба воды является большим для случая сопряженной теплопередачи, чем в случае проводимости (рис. 9).

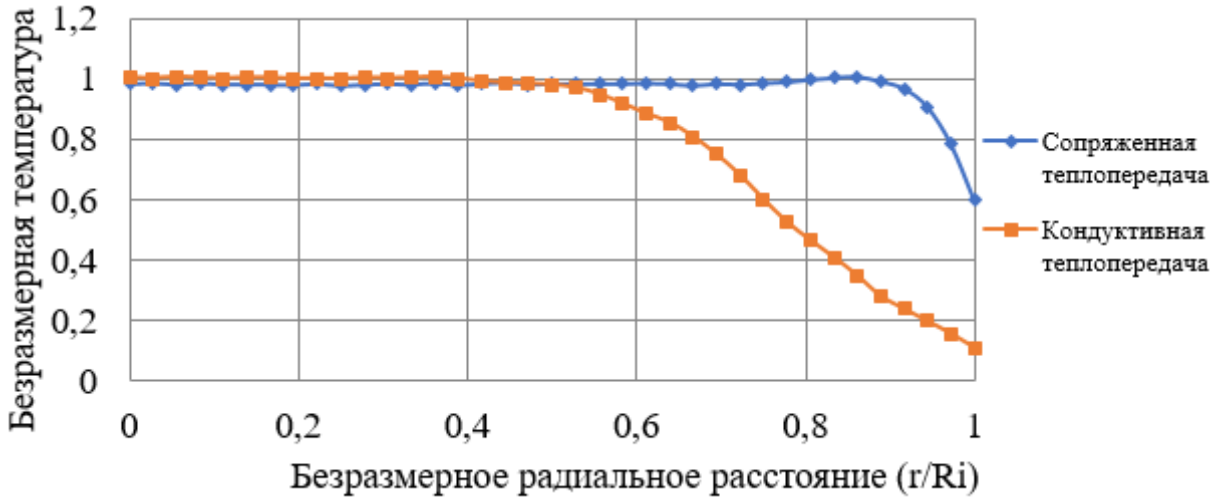


Рисунок 8 – Численно спрогнозированное изменение безразмерной температуры вдоль горизонтальной средней плоскости в конце периода выдержки давления (780 с) для теплопередачи проводимостью и сопряженной теплопередачи

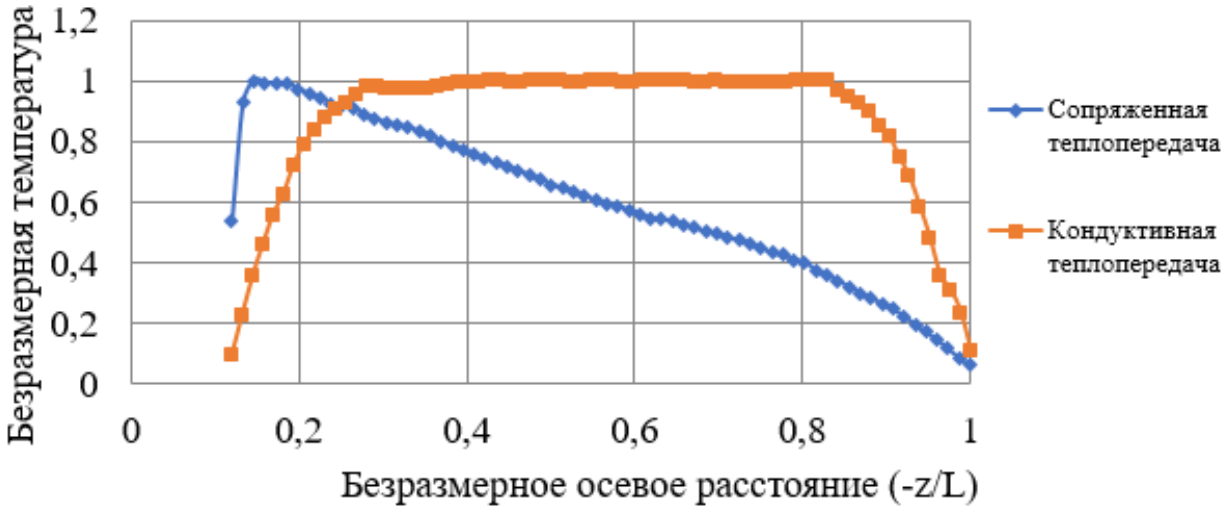


Рисунок 9 – Численно спрогнозированное изменение безразмерной температуры вдоль вертикальной плоскости в конце периода выдержки давления (780 с) для теплопередачи проводимостью и сопряженной теплопередачи

Изотермы и линии тока, рассчитанные численно для сопряженного теплообмена с ламинарным и турбулентным потоками соответственно,

оказались разными. Градиенты температуры, возникающие у дна при моделировании ламинарного потока, оказались неупорядоченными, как показано на рисунке 3, по сравнению с плавными в случае турбулентного потока (рис. 5). Максимальная температура воды в конце периода выдержки составляла 309 К для ламинарного потока, тогда как она составляла 306 К для турбулентного потока. Кроме того, для сравнения ламинарного и турбулентного потоков были построены графики изменения безразмерной температуры вдоль горизонтальной средней плоскости и вертикальной плоскости, как показано на рисунках 10 и 11 соответственно.

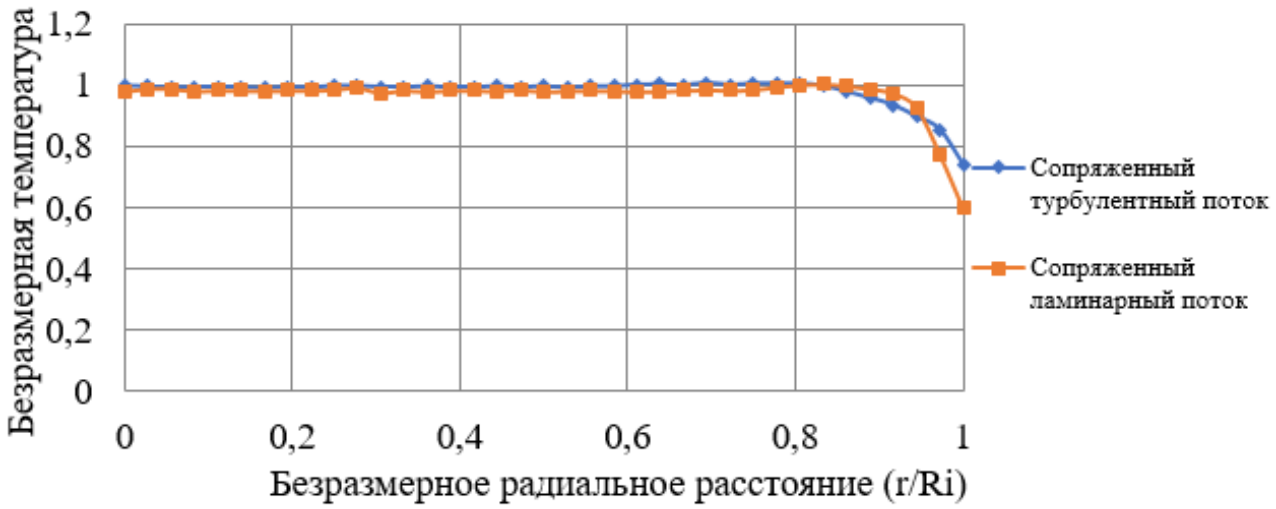


Рисунок 10 – Численно спрогнозированонное изменение безразмерной температуры вдоль горизонтальной плоскости в конце периода выдержки давления (780 с) для сопряженной теплопроводности, смоделированной для ламинарного и турбулентного потока

Было замечено, что, хотя не было разницы между колебаниями температуры вдоль горизонтальной средней плоскости (рис. 10), турбулентность влияет на изменение однородной температуры вдоль вертикальной плоскости по сравнению с ламинарным потоком (рис. 11). Кроме того, линии тока для турбулентного потока показывают, что поток более устойчивый по сравнению с ламинарным потоком (рис. 6).

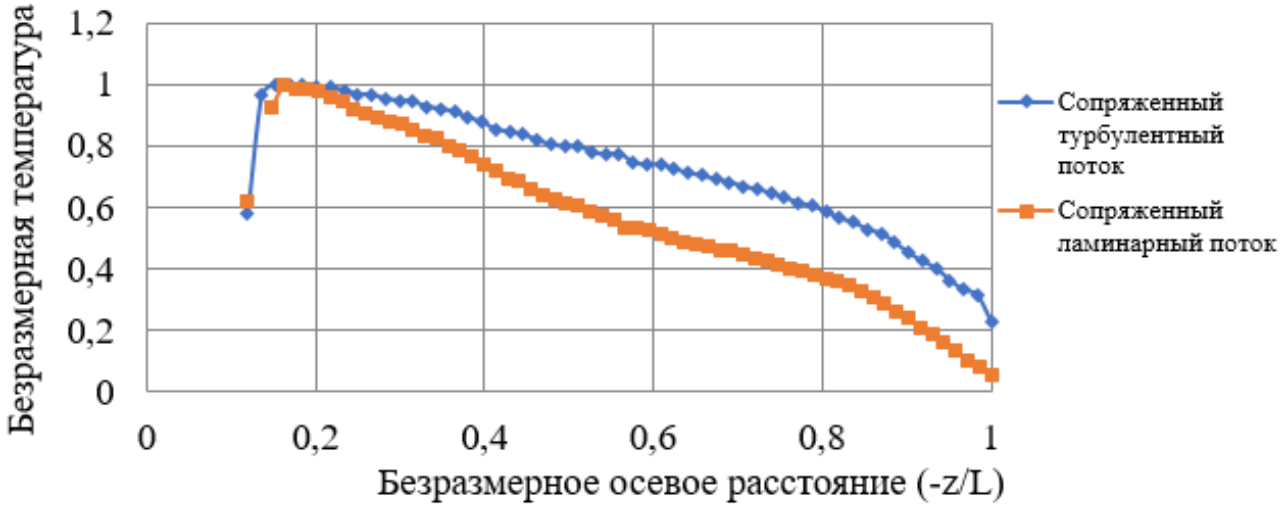
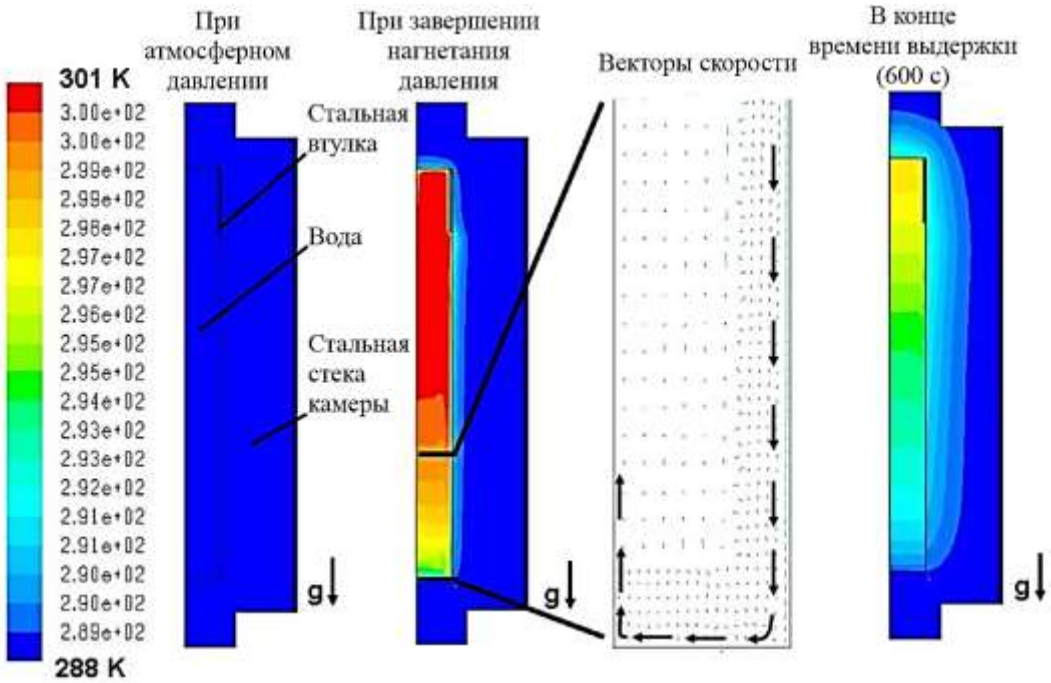


Рисунок 11 – Численно спрогнозированонное изменение безразмерной температуры вдоль вертикальной плоскости в конце периода выдержки давления (780 с) для сопряженной теплопроводности, смоделированной для ламинарного и турбулентного потока

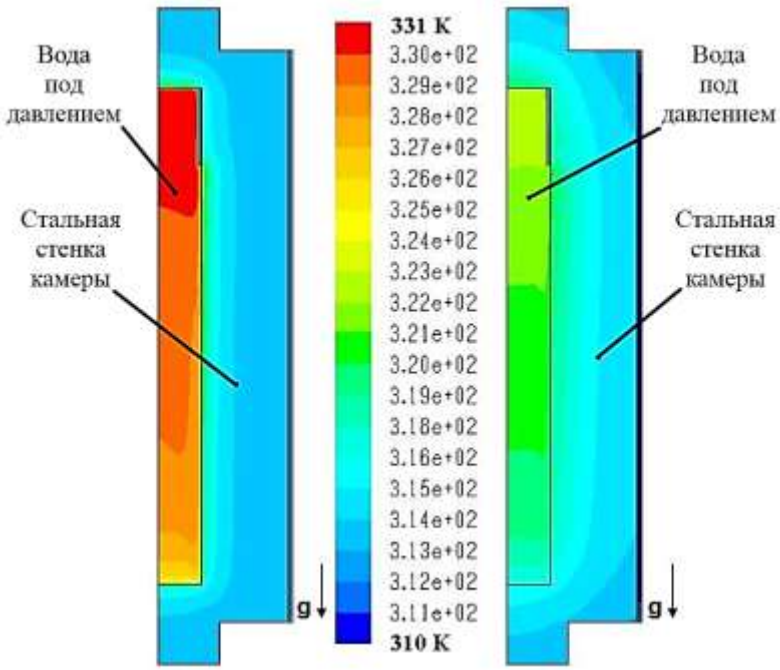
Численное моделирование было проведено при начальной температуре 288,15 К, потому что при проведении эксперимента при температуре окружающей среды, температура камеры и воды были идентичными. На рисунке 12 изображены изотермы в воде и стенке камеры при начальной температуре в 288,15 К и давлении 586 МПа. Наблюдается такая же картина, что и в случае с начальной температурой 298,15 К. Векторы скорости на рисунке 12 *(в)* указывают, что итоговые различия плотности в нагнетательной среде приводят к образованию нисходящего потока жидкости вблизи стенки. Ведь структура циркуляции в нагнетательной среде устанавливается как нисходящий поток близ боковой стенки камеры и восходящий поток внутри.

На рисунке 13 изображены изотермы, когда начальная температура составляла 313,15 К. Как можно увидеть, они имеют такое же направление, что и в случае комнатной температуры: сначала однородная температура становится неоднородной в конце нагнетания давления из-за адиабатной генерации тепла в воде и нагрева стенок.



(а) *(б)* *(в)* *(г)*

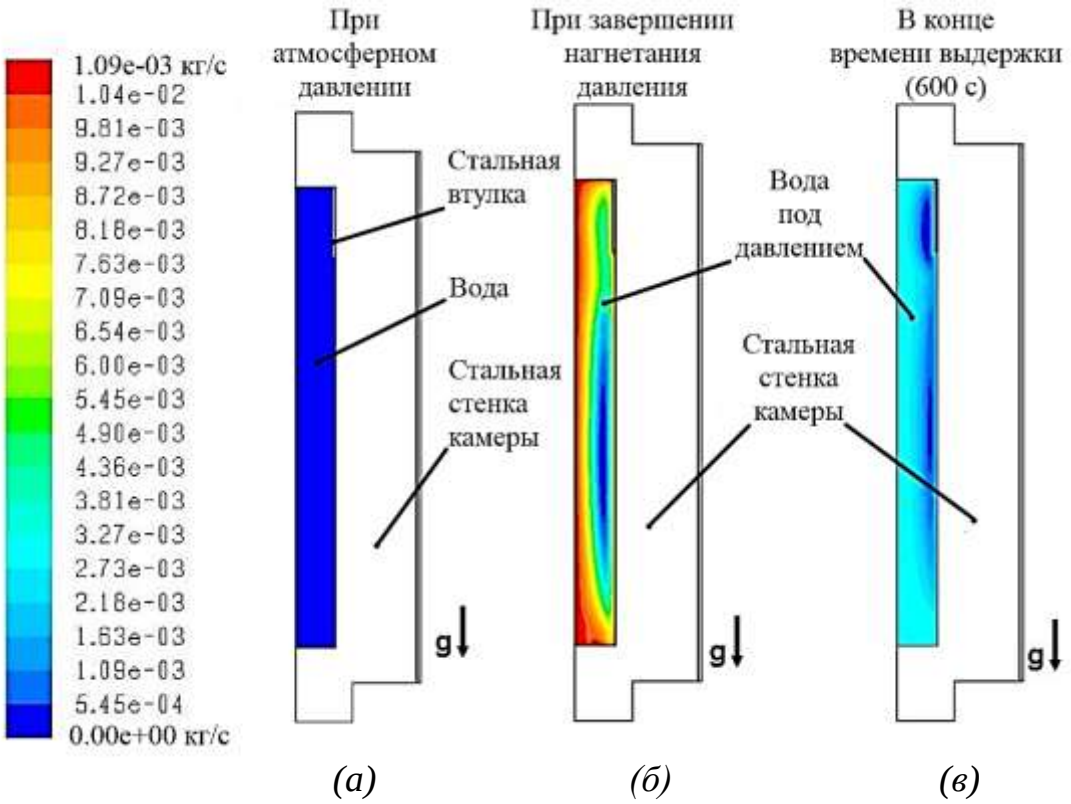
Рисунок 12 – Изотермы в воде и камере при *Тнач* = 288,15 К, *P* = 586 МПа, *(а)* при атмосферном давлении, *(б)* в конце нагнетания, *(в)* векторы скорости в воде и *(г)* в конце периода выдержки для сопряженной теплопередачи, смоделированной для турбулентного потока



(а) *(б)*

Рисунок 13 – Изотермы в воде и стенке камеры при $T_{нач}$ = 313,15 К, *P = 586 МПа*, в конце *(а)* нагнетания давления (180 с), *(б)* этапе выдержки (780 с) при сопряженной теплопередаче с турбулентным потоком

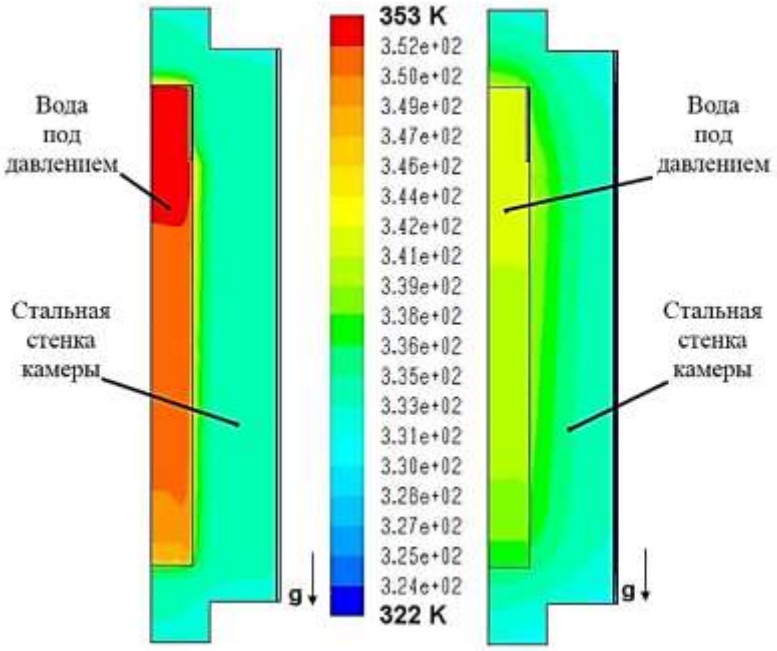
Максимальная температура в камере в конце сброса давления составляла 331 К, тогда как в конце периода выдержки максимальная температура воды упала до 323 К. Также увеличились изменения температуры во время периода выдержки, которые оставались такими на протяжении всего периода выдержки. На рисунке 14 представлены направления потоков в воде в конце нагнетания давления и в конце периода выдержки.



(а) *(б)* *(в)*

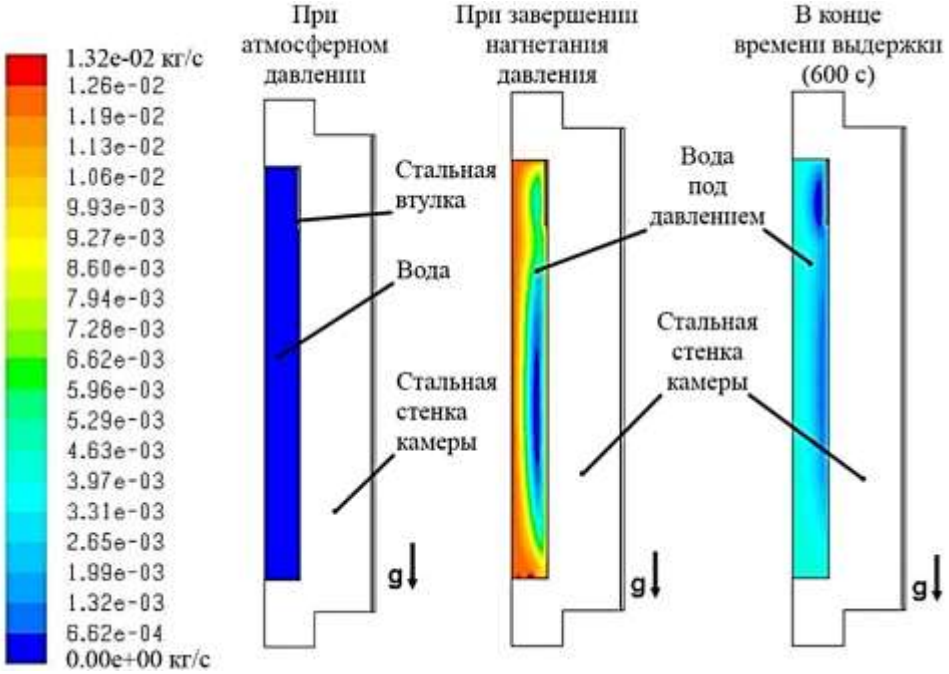
Рисунок 14 – Направления потоков в воде при $T_{нач}$ = 313,15 К, P = 586 МПа, *(а)* при атмосферном давлении, *(б)* в конце нагнетания (180 с) и *(в)* этапе выдержки (780 с) при сопряженной теплопередаче с турбулентным потоком

Подобным образом были спрогнозированы изотермы и направления потоков для начальных температур в 333,15 К и 353,15 К, представленные на рисунках 15-18, соответственно. Наблюдалось, что результаты, полученные при повышенных начальных температурах, также отвечали общему направлению, как и при комнатной температуре.



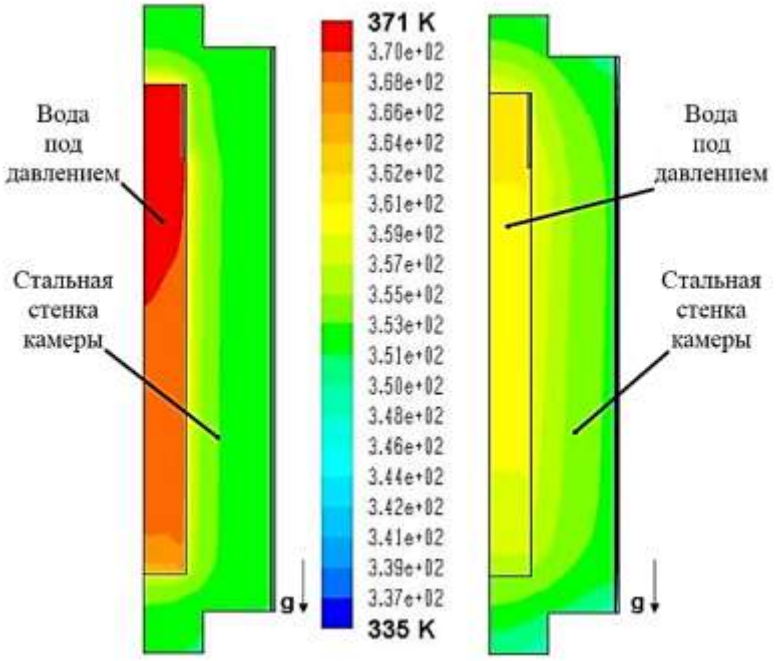
(а) *(б)*

Рисунок 15 – Изотермы в воде и стенке камеры при $T_{нач}$ = 333,15 K, P = 586 МПа, в конце *(а)* нагнетания давления (180 с), *(б)* этапе выдержки (780 с) при сопряженной теплопередаче, смоделированной для турбулентного потока



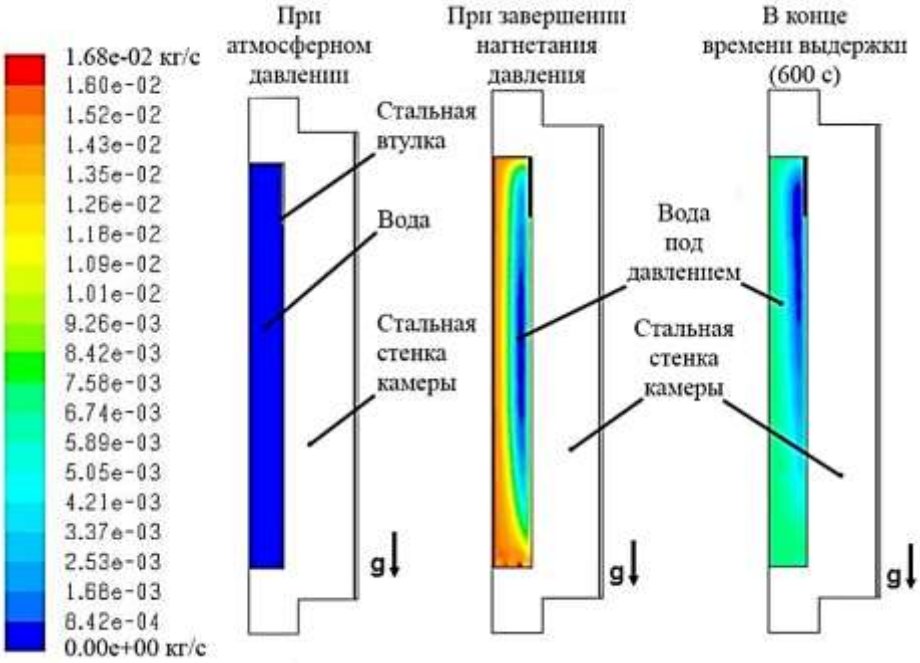
(а) *(б)* *(в)*

Рисунок 16 – Направления потоков в воде при $T_{нач}$ = 333,15 K, P = 586 МПа, *(а)* при атмосферном давлении, *(б)* в конце нагнетания давления (180 с) и *(в)* этапе выдержки (780 с) при сопряженной теплопередаче с турбулентным потоком



(а) *(б)*

Рисунок 17 – Изотермы в воде и стенке камеры при $T_{нач}$ = 353,15 K, P = 586 МПа, в конце *(а)* нагнетания давления (180 с), *(б)* этапе выдержки (780 с) при сопряженной теплопередачи с турбулентным потоком



(а) *(б)* *(в)*

Рисунок 18 – Направления потоков в воде при $T_{нач}$ = 353,15 K, P = 586 МПа, *(а)* при атмосферном давлении, *(б)* в конце нагнетания давления (180 с) и *(в)* этапе выдержки (780 с) при сопряженной теплопередаче с турбулентным потоком

Выводы. Таким образом, выполненное численное моделирование распределения температуры внутри камеры для обработки продуктов питания высоким гидростатическим давлением позволяет утверждать, что полученные результаты математического моделирования подтверждаются данными экспериментов относительно температурно-временной зависимости в выбранных точках.

В нагнетательной среде (воде) возникает неоднородность температуры во время обработки высоким давлением из-за адиабатного нагрева при сжатии и потери теплоты на стенках камеры. Неоднородность усиливается в период выдержки под давлением вследствие охлаждения естественной конвекцией на стенках камеры. Результаты моделирования свидетельствуют, что при сопряженной теплопередаче, которая происходит в камере ВД, возникает колебание температуры в 6 К, когда начальная температура составляла 298,15 К, а давление выдерживается на уровне 586 МПа. Также, когда обработка начинается при повышенных температурах, распределение температуры становится более неоднородным в конце нагнетания давления и выдержки под давлением. С помощью математического моделирования был получен результат колебания температуры в 10 К в конце периода выдержки под давлением при начальной температуре 353,15 К и давлением выдержки 586 МПа.

Список использованной литературы:

1. *Venugopal V.* (ed.) Seafood Processing: Adding Value Through Quick Freezing, Retortable Packaging and Cook-Chilling. CRC Press, 2005. 504 p. DOI: 10.1201/9781420027396.
2. *Rasanayagam V., Balasubramaniam V., Ting E.Y., Sizer C.E., Bush C., Anderson C.* Compression Heating of Selected Fatty Food Materials during High-pressure Processing // Journal of Food Science. 2003. V. 68. P. 254-259.
3. *Barbosa-Cánovas G.V., Rodríguez J.J., Tapia M.S., Cano M.P.* Thermodynamic Aspects of High Hydrostatic Pressure Food Processing // Novel Food Processing Technologies. 2004. P. 205-228. DOI: 10.1201/9780203997277-12.
4. *Hendrickx M., Knorr D., Ludikhuyze L., van Loey A., Heinz V.* Ultra High Pressure Treatments of Foods // Plenum Publishers. 2001. DOI: 10.1007/978-1-4615-0723-9.
5. *Ting E., Balasubramaniam V. M., Raghubeer E.* Determining thermal effects in high pressure processing // Food Technology. 2002. V. 56 (2). P. 31-35.
6. *Makita T.* Application of high pressure and thermophysical properties of water to biotechnology // Fluid Phase Equilibria. 1992. V. 76. P. 87-95.
7. *Sokolov S., Afenchenko D., Malich A., Yashonkov A., Yakovlev O.* Influence of high pressure

treatment on the rheological characteristics of fish paste // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 12th International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry, INTERAGROMASH 2019. 2019. P. 012233. DOI: 10.1088/1755-1315/403/1/012233.
8. *Balasubramanian S., Balasubramaniam V.M.* Compression heating influence of pressure transmitting fluids on bacteria inactivation during high pressure processing // Food Research International. 2003. V. 36. P. 661-668.
9. *Ghani A.G.A., Farid M.M.* Modeling of high pressure food processing using CFD // Computational Fluid Dynamics in Food Processing. 2007. P. 537-553.
10. *Denys S., Ludikhuyze L.R., Van Loey A.M., Hendrickx M.E.* Modeling conductive heat transfer and process uniformity during batch high-pressure processing of foods // Biotechnology Progress. 2000. V. 16 (1). P. 92-101. DOI: 10.1021/bp990123r.

References:

1. Venugopal V. (ed.) *Seafood Processing: Adding Value Through Quick Freezing, Retortable Packaging and Cook-Chilling*. CRC Press Publ., 2005, 504 p. (In English). DOI: 10.1201/9781420027396.
2. Rasanayagam V., Balasubramaniam V., Ting E.Y., Sizer C.E., Bush C., Anderson C. Compression Heating of Selected Fatty Food Materials during High-pressure Processing. *Journal of Food Science*, 2003, vol. 68, pp. 254-259. (In English).
3. Barbosa-Cánovas G.V., Rodríguez J.J., Tapia M.S., Cano M.P. Thermodynamic Aspects of High Hydrostatic Pressure Food Processing. *Novel Food Processing Technologies*, 2004, pp. 205-228. (In English). DOI: 10.1201/9780203997277-12.
4. Hendrickx M., Knorr D., Ludikhuyze L., van Loey A., Heinz V. Ultra High Pressure Treatments of Foods. *Plenum Publishers*, 2001. (In English). DOI: 10.1007/978-1-4615-0723-9.
5. Ting E., Balasubramaniam V.M., Raghubeer E. Determining thermal effects in high pressure processing. *Food Technology*, 2002, vol. 56 (2), pp. 31-35. (In English).
6. Makita T. Application of high pressure and thermophysical properties of water to biotechnology. *Fluid Phase Equilibria*, 1992, vol. 76, pp. 87-95. (In English).
7. Sokolov S., Afenchenko D., Malich A., Yashonkov A., Yakovlev O. Influence of high pressure treatment on the rheological characteristics of fish paste. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 12th International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry, INTERAGROMASH 2019*, 2019, pp. 012233. (In English). DOI: 10.1088/1755-1315/403/1/012233.
8. Balasubramanian S., Balasubramaniam V.M. Compression heating influence of pressure transmitting fluids on bacteria inactivation during high pressure processing. *Food Research International*, 2003, vol. 36, pp. 661-668. (In English).
9. Ghani A.G.A., Farid M.M. Modeling of high pressure food processing using CFD. *Computational Fluid Dynamics in Food Processing*, 2007, pp. 537-553. (In English).
10. Denys S., Ludikhuyze L.R., Van Loey A.M., Hendrickx M.E. Modeling conductive heat transfer and process uniformity during batch high-pressure processing of foods. *Biotechnology Progress*, 2000, vol. 16 (1), pp. 92-101. (In English). DOI: 10.1021/bp990123r.

Сведения об авторах / Information about authors

Афенченко Дмитрий Сергеевич	старший преподаватель кафедры общеинженерных 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	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
Яшонков Александр Анатольевич	канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой машин и аппаратов пищевых производств Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 jashonkov@ranbler.ru
Yashonkov Alexander Anatolyevich	Ph.D. (Engin.), Associate Professor, Head of the Department of machines and apparatus for food production Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82 jashonkov@ranbler.ru
Севаторов Николай Николаевич	канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры общеинженерных дисциплин Донецкий национальный университет экономики и торговли 83050, Донецкая Народная Республика, г. Донецк, ул. Щорса, 31 sevatorov@gmail.com
Sevatorov Nikolay Nikolaevich	Ph.D. (Engin.), Associate Professor, Associate Professor 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 sevatorov@gmail.com

УДК 641.56 579.2

Смородинская С.В., Бугаев О.Г., Климов В.А.

ВЛИЯНИЕ ЛИКОПИНА КАК ПЕРСПЕКТИВНОЙ ПИЩЕВОЙ ДОБАВКИ НА КУЛЬТИВИРУЕМУЮ МИКРОБИОТУ РАЗНЫХ ОТДЕЛОВ КИШЕЧНИКА *DANIO RERIO*

Аннотация. Ликопин является перспективным функциональным ингредиентом питания, так как обладает доказанными антиоксидантами свойствами. В настоящий момент времени на рынке представлены следующие продукты с включением данного ингредиента: колбасные изделия, изделия из томатов, кондитерская продукция. На данный момент отсутствуют работы по влиянию ликопина на микробиом кишечника, хотя его участие в процессе пристеночного пищеварения не подлежит сомнению. *Danio rerio* представляет собой перспективную модель для тестирования пищевых добавок, так как строение кишечника и процессы пищеварения данных рыб аналогичны с человеком. В рамках данной работы рассмотрено влияние ликопина в разной дозировке (25, 50 и 75 мг/кг) на культивируемую микробиоту кишечника *Danio rerio*. Микробиологический анализ культивируемых бактериальных сообществ кишечника рыбы достоверно отражает влияние исследуемых пищевых добавок на бактериальный состав кишечника в условиях практического применения. Кормление исследуемых особей кормами с добавлением ликопина привело к достоверному ($p < 0,05$) снижению представленности Enterobacteriaceae в переднем отделе кишечника; в 36,4-52,1 % и увеличению относительной численности бактерий групп *Firmicutes, Serratia, Bacillus* во всех опытных группах. Существенный рост численности бактерий был зафиксирован в группе с минимальной концентрацией ликопина, а именно: увеличение представленности *Serratia* в 2,38 раза и *Bacillus* в 2,73 раза ($p < 0,05$) как в переднем, так и заднем отделе кишечника. Проведенные исследования подтвердили постбиотические свойства ликопина и его перспективность для включения в функциональные продукты питания.

Ключевые слова: пищевые добавки, функциональные ингредиенты, микробиом кишечника, *Danio rerio.*

Smorodinskaya S.V., Bugaev O.G., Klimov V.A.

EFFECTS OF LYCOPENE AS A PROMISING FOOD ADDITIVE ON THE CULTURABLE MICROBIOTA OF DIFFERENT PARTS OF THE GUT OF *DANIO RERIO*

Abstract. Lycopene is a promising functional food ingredient because of its proven antioxidant properties. The following products with this ingredient are currently on the market: sausages, tomato products, and confectionery products. There are currently no studies on the effects of lycopene on the intestinal microbiome, although its involvement in the process of adherent digestion is undeniable. Danio rerio is a promising model for testing nutritional supplements because the gut structure and digestive processes of these fish are similar to humans. This work examined the effects of lycopene at different dosages (25, 50, and 75 mg/kg) on the cultured gut microbiota of Danio rerio. The microbiological analysis of the cultured bacterial communities of the intestines of fish reliably reflects the effect of the investigated food additives on the bacterial composition of the intestine under the conditions of practical application. Feeding the tested individuals with the feed with addition of lycopene resulted in the reliable ($p < 0,05$) decrease of Enterobacteriaceae representation in the anterior part of intestine; in 36,4-52,1 % and increase of the relative number of bacteria of Firmicutes, Serratia, Bacillus groups in all experimental groups. A

significant increase in the number of bacteria was recorded in the group with minimal lycopene concentration, namely, an increase in the representation of Serratia by 2.38 times and Bacillus by 2.73 times ($p < 0.05$) in both the anterior and posterior regions of the intestine. The studies confirmed the postbiotic properties of lycopene and its prospects for inclusion in functional foods.
Keywords: nutritional supplements, functional ingredients, gut microbiome, *Danio rerio*.

Введение

Разработка инновационных пищевых ингредиентов функционального назначения является актуальным направлением развития современной пищевой промышленности [1, 2]. Среди функциональных ингредиентов наиболее актуальными являются: про/пребиотические препараты, биологически активные вещества (антиоксиданты, модуляторы иммунитета и др.), а также витаминные и микроэлементные комплексы [3-5]. Ликопин является перспективным функциональным ингредиентом питания, так как обладает доказанными антиоксидантами свойствами [6-8]. Существует большое количество исследований, посвященных изучению его биологической активности, большая часть которых проводилась на живых тест-системах [9-11].

На сегодняшний день исследования микробных сообществ кишечника представляет собой активно развивающееся направление, в котором доминируют исследования, направленные на изучение влияния пищевых ингредиентов на качественный и количественный состав бактериальных микроценозов [12], так как нормофлора кишечника является неотъемлемой частью процессов пищеварения.

В частности, одним из наиболее распространенных тест- объектов для тестирования пищевых добавок, кроме крыс, мышей и кроликов, является лабораторная рыба *Danio rerio* [13, 14]. Одним из ключевых преимуществ *Danio rerio* является схожесть строения кишечника и процессов пищеварения с человеком, что делает возможным частичный перенос результатов исследований на высших позвоночных животных [15]. *Danio rerio* повсеместно используется для исследования взаимосвязей между составом корма и кишечной микробиотой, так как они имеют общие с млекопитающими

патофизиологические пути возникновения заболеваний [13].

Для исследования микробиоты кишечника применяются различные молекулярно-генетические техники, которые позволяют определить систематическое положение большей части микроорганизмов [16]. Для рыб, культивируемых в лабораторных условиях разнообразие микробиоты, ассоциированной с кишечником, будет ниже, чем у особей, обитающих в природных условиях. Это связано с кормлением однородным кормом, отсутствием патогенных микроорганизмов и микробиологической обедненностью среды обитания [17, 18]. По этим причинам для оценки изменения микробиома лабораторных рыб также возможно исследование культивируемой микробиоты, играющей решающую роль в процессах пищеварения.

Таким образом, возможно исследование качественных изменений культивируемого микробиома кишечника при добавлении в рацион различных функциональных ингредиентов на примере *Danio rerio*.

Цель исследования – изучение влияния ликопина, как перспективной пищевой добавки, на культивируемый микробиом разных отделов кишечника *Danio rerio* с использованием полуколичественных методов для оценки функциональной активности ингредиента.

Материалы и методы исследования

В качестве тест-объекта были использованы особи *Danio rerio* возрастом 3 месяца, которые содержались в аквариумах объемом 50 л при температуре 20-24 °С и pH 7,2-7,4 с соблюдением естественных условий освещенности (т/с 12 ч), по 25 особей, согласно стандартным протоколам содержания [19]. Кормление рыб осуществлялось коммерческим гранулированным кормом Coppens vital (0,5-0,8 мм).

В эксперимент отбирались особи без видимых повреждений размером 2,03±0,17 см и массой 0,26±0,03 г. Каждая опытная группа включала 25 особей по три повторности (n = 25*3). В опытных аквариумах поддерживались те же

условия, что и в аквариумах содержания. Продолжительность опыта составила 60 дней. Было показано, что данный срок является достаточным для существенной перестройки микробиоты кишечника.

Для сохранения функциональных свойств ликопина в течение всего срока кормления потребовалась разработка способов его внесения в корма для рыб. Опытные корма с добавлением исследуемого ингредиента приготавливали по следующей схеме: экстракт ликопина (Lic), как жирорастворимое соединение, растворяли в 20 мл кукурузного масла. В эксперименте использовались следующие концентрации ликопина (г/кг): 25, 50, 75 [11, 20]. Полученный раствор распределяли по всему объему корма, используемому в эксперименте. Корм готовили в начале эксперимента и на 30 сутки опыта; хранили в холодильной камере для обеспечения сохранения биологической активности исследуемого компонента. В качестве базового корма использовался Coppens vital 0,5-0,8 мм (Coppens, Нидерланды).

За трое суток до окончания эксперимента (60 суток) из каждой опытной группы в случайном порядке отбирались по три особи, которые помещались в отдельные емкости. Это было необходимо для вывода пищевых остатков и транзитных бактериальных культур из кишечника, определения собственной микробиоты рыб и минимизации бактериального фона, продуцируемого кормом.

Далее проводился бактериальный посев двух отделов кишечника — переднего и заднего. Известно, что видовой и численный состав микробиоты разных отделов кишечника рыб может отличаться [21, 22]. Таким образом, согласно ранее проведенным исследованиям, кишечник *Danio rerio* был поделен на два отдела передний (включая средний) и задний.

В качестве оптимальных питательных сред, удовлетворяющих целям анализа культивируемой микробиоты кишечника *Danio rerio*, были использованы:

- Endo-Agar (Эндо-ГРМ). Данная питательная среда была выбрана по

причине селективного свойства (подавление грамотрицательных микроорганизмов). Результаты посевов с данного типа сред направлены на определение наличия микроорганизмов группы Enterobacterales для селекции бактерий кишечной группы.

- Brian Heart Infusion Agar (Сердечный агар) обладает селективными и питательными свойствами, что позволяет исследовать широкий спектр микробиоты.

Микробиологический посев проводился прямым методом (горячее пломбирование) на заготовленные чаши Петри. Перед этим рыбу седатировали в растворе MS-222 (1 мг/л), затем дезинфицировали внешние покровы и проводили вскрытие при помощи стерильных препаровальных ножниц.

После проведения микробиологического посева, чаши Петри были помещены в термостат Binder bf 10 на 7 суток в условиях постоянной температуры равной 22-24 °С, соответствовавшей температуре воды и тела рыбы, для дальнейшей инкубации. Ежедневно проводился контроль бактериального роста. Количество бактерий разных групп определялось полу-количественно [23], путем подсчета отдельных колоний на протяжении 7 суток.

После прорастания первых колоний проводилось выделение чистых культур для дальнейшего определения видовой принадлежности. Для этого отбирались характерные суточные колонии и переносились в чашки Петри с таким же типом питательных сред. Через сутки после пересеивания чистых культур проводились тесты первичной систематической принадлежности (окраска по Грамму, цитохромоксидазный тест, тест на реакцию каталазы) и микроскопия (размеры бактериальных клеток, подвижность, морфология, характер группируемости). Также проводился визуальный осмотр бактериальных колоний на питательных средах с целью поиска характерных признаков (морфология колоний, реакция на индикаторные компоненты питательной среды и учет реакции дифференцирующего свойства сред).

Статистическая обработка полученных данных проводилась согласно

стандартным биостатистическим методам с использованием программного обеспечения GraphPad Prism version 8.0 software (GraphPad, San Diego, CA, USA).

Результаты исследования и их обсуждение

В результате исследования культивируемой микробиоты кишечника *Danio rerio* при применении ликопина было установлено наличие изменений в представленности систематических групп микроорганизмов и их количестве (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1 – Относительная численность (в %) отдельных групп бактерий культивируемой микробиоты *Danio rerio*, при добавлении в корм ликопина. Данные представлены в виде «среднее ± SD»

Отдел кишечника	Группа бактерий	Контроль	Lic25	Lic50	Lic75
Передний	*Enterobacteriaceae*	17,88±0,97	8,57±4,04*	9,69±2,92*	11,37±3,19*
	Acinetobacter	0,92±1,3	0±0	1,85±2,61	0±0
	Firmicutes	5,01±1,78	10±2,04*	13,39±2,31*	9,25±3*
	Vagococcus	20,65±2,84	16,19±1,41	9,69±2,92*	17,48±1,81
	Serratia	5,2±2,18	12,38±1,36	19,17±2,15*	15,9±4,54*
	Bacillus	5,21±2,37	14,23±2	9,69±2,92*	10,92±4,12
	Veilonella	2,57±0,16	1,96±2,77	1,96±2,77	3,14±2,26
	Staphylococcus	0±0	0±0	0±0	0±0
	Proteobacteria	7,72±0,48	0±0	0±0	0±0
	Неопред.	34,78±4,17	36,63±1,6	34,53±3,9	31,91±2,39
Задний	*Enterobacteriaceae*	29,39±1,42	21,25±2,18	36,13±1,62*	40,29±2,82*
	Firmicutes	11,49±2,7	18±4,99*	14,69±2,66	13,01±1,36
	Proteobacteria	2,32±1,67	1,61±1,14	0±0	0,75±1,07
	Vagococcus	9,92±0,93	8,01±2,6	9,25±5,9	9,11±1,62
	Serratia	3,63±1,98	12,24±2,28*	10,19±1,3*	9,74±1,24*
	Bacillus	3,61±1,11	9,76±2,01*	7,41±1,28*	3,13±2,97
	Acinetobacter	0±0	0±0	0±0	0±0
	Cianobacteria	0±0	0±0	0±0	0±0
	Veilonella	1,45±1,26	3,12±2,81	3,76±1,49	3,99±2
	Неопред.	38,16±1,36	25,97±0,95*	18,53±1,04*	19,94±3,62*

В переднем отделе кишечника контрольной группы встречались 9 родов микроорганизмов, из которых 5 являются характерными представителями

микробиоты кишечника (*Firmicutes, Vagococcus, Serratia, Bacillus, Veillonella*), а 3 рода умеренно характерными (*Acinetobacter, Staphylococcus, Proteobacteria*). В переднем отделе кишечника присутствуют бактерии группы кишечной палочки (*Enterobacteriaceae*) в малых количествах (17,88±0,97 % в контроле). Значительную часть культивируемой микробиоты в переднем отделе кишечника занимают неопределенные виды бактерий (34,78±4,17 %).

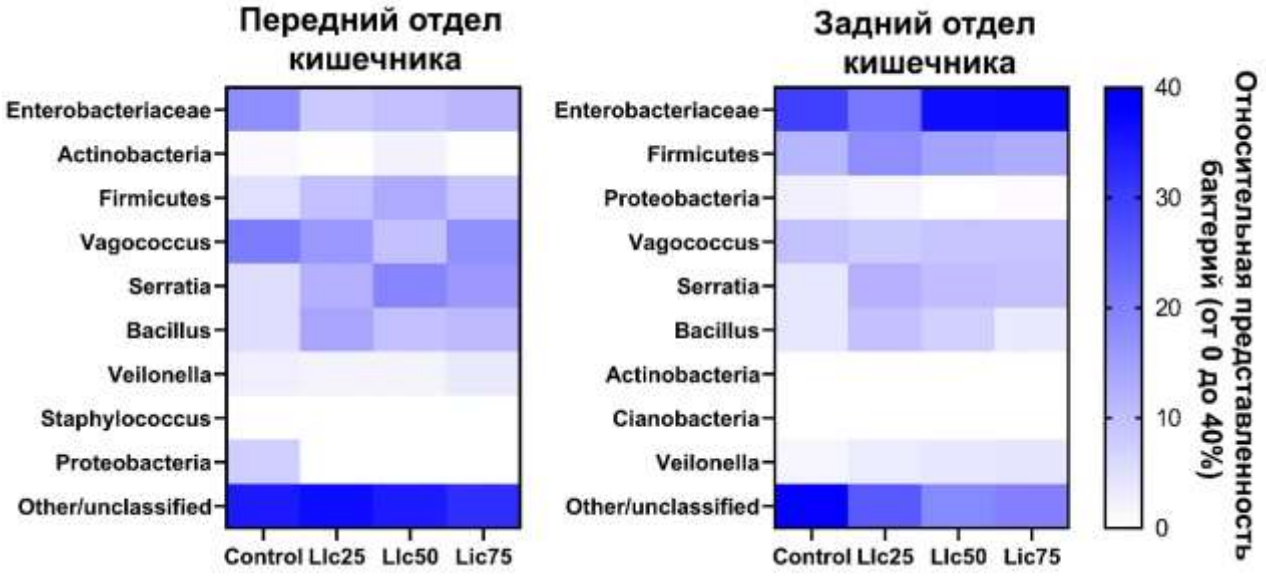


Рисунок 1 – Тепловая карта относительной представленности (в %) отдельных групп бактерий культивируемой микробиоты *Danio rerio* при добавлении в корм ликопина

В заднем отделе кишечника также доминируют Enterobacteriaceae (29,39±1,42 %) значительно превосходя другие группы бактерий. Помимо этого, значительная представленность отмечалась у характерных представителей микробиоты кишечника *Danio rerio*, описанных выше для переднего отдела кишечника.

Умеренно характерные представители культивируемой микробиоты *Danio rerio* вероятнее всего являются заносными, попадающими в организм рыбы вместе с водой и кормом. Так, рода *Acinetobacter, Staphylococcus* являются типичными представителями водной микробиоты. Данное обстоятельство является одной из причин отбора биологических проб спустя

три дня после окончания кормления, что также отмечалось рядом авторов [17, 18].

Во всех группах, получавших корм с добавлением ликопина, в переднем отделе кишечника отмечалось достоверное ($p<0,05$) уменьшение представленности группы энтеробактерий. Наименьшее значение представленности *Enterobacteriaceae* отмечалось в группе Lic25 и составляло 8,57±4,04 %. Помимо этого, было установлено достоверное увеличение встречаемости типичных представителей микробиоты *Danio rerio* (*Firmicutes, Serratia, Bacillus*). Особенно ярко данный эффект от применения ликопина отмечался в группах Lic50 и Lic75. Относительная численность неопределённых бактерий достоверно не отличалась во всех опытных группах.

В заднем отделе кишечника отмечались схожие изменения по увеличению относительной встречаемости типичных представителей микробиоты. Так, в группе Lic50 численность родов *Serratia* и *Bacillus* достоверно превышала контрольные значения ($p <0.05$) от 2,05 до 2,8 раз. Стоит отметить, что увеличение представленности бактерий кишечной группы, относительная численность которых в группе Lic75 составила 40,29±2,82 %, достоверно отличалась от контроля ($p <0,05$). При этом отмечалось уменьшение представленности неопределенной группы бактерий, достигая минимальной численности в группе Lic75.

Микробом кишечника, включающий широкий спектр микробов, играет важную роль в поддержании здоровья организма, способствуя регуляции многочисленных физиологических процессов [16]. Нарушения в составе микробиома кишечника могут приводить к заболеваниям, связанным с иммунной системой, болезням печени и почек, а также расстройствам желудочно-кишечного тракта [24]. Полученные данные позволяют заключить, что внесение ликопина оказывает достоверное влияние на микробиоту кишечника. Частота встречаемости отдельных групп микроорганизмов, полученная в нашей работе, совпадает с данными, описанными ранее другими

исследователями, где отмечено, что типичными представителями микробиома рыб являются рода: *Proteobacteria, Firmicutes, Bacteroidetes, Verrucomicrobia, Actinobacteria* [25, 26].

Использование методов прямого посева для исследования микробиома кишечника особенно актуально для рыб в виду наличия широкого объема данных о составе бактериальных сообществ кишечника различных видов рыб [27, 28]. Также значительным преимуществом стандартных микробиологических методов является простота проведения исследований и отсутствие необходимости применения дорогостоящих молекулярно-биологических подходов. Культивируемый микробом отражает лишь малую часть микробного сообщества кишечника, при этом культивируемые микроорганизмы составляют основу нормофлоры и именно они участвуют в процессах пищеварения [12].

В работах других исследователей упоминается влияние ликопина на увеличение относительной численности *Bifidobacterium* and *Lactobacillus*, а также стимулирование образования короткоцепочечных жирных кислот у высших позвоночных животных [25].

В нашей работе также отмечался постбиотический эффект ликопина, выраженный в увеличении относительной численности родов *Firmicutes, Serratia* и *Bacillus*. Ликопин, являясь природным антиоксидантом, способен эффективно нейтрализовывать реактивные формы кислорода и свободные радикалы благодаря ненасыщенной длинноцепочечной молекулярной структуре [29]. Помимо этого, ликопин обладает широким спектром биологической активности, в частности, антиканцерогенной, противовоспалительной и детоксикационной, что было продемонстрировано в ряде клинических исследований [7, 9, 30].

Результаты, полученные в данном исследовании, свидетельствуют о том, что ликопин может быть использован в качестве пищевого функционального ингредиента, способного смягчить окислительное повреждение кишечника и

способствовать развитию типичных представителей микробиоты. Указанные положительные эффекты применения ликопина на микробиоту кишечника *Danio rerio* должны быть более подробно изучены на других модельных системах, в том числе, с применением методов метагеномного анализа.

Выводы. Полученные результаты позволяют заключить, что добавление ликопина приводит к достоверному увеличению относительной численности типичных представителей кишечной микробиоты *Danio rerio*. Проявленный ликопином постбиотический эффект выражался в увеличении представленности родов *Firmicutes, Serratia, Bacillus* (2,05 до 2,8 раз) как в переднем, так и заднем отделах кишечника.

Для сохранения функциональных свойств ликопина необходимо соблюдение способов его внесения в продукты питания и соблюдение режима хранения.

По результатам проведенных исследований можно предположить, что положительное воздействие на структуру микробиоты кишечника также будет проявляться у человека при включении ликопина в функциональные продукты питания в исследуемых концентрациях.

Список использованной литературы:

1. *Никитин И.А.* Теоретические аспекты технологии эффективной функциональности пищевых продуктов // Усиление конкурентного потенциала пищевых предприятий путем развития эффективных биотехнологий. 2016. С. 84-87.
2. *Апаршева В.В.* Функциональные ингредиенты в технологии хлеба // III Балтийский морской форум «Инновации в технологии продуктов здорового питания». 2015. С. 16-22.
3. *Коротышева Л.Б., Пилипенко Т.В.* Функциональные ингредиенты, используемые в пищевых продуктах для профилактики йоддефицитных заболеваний // Технико-технологические проблемы сервиса. 2014. № 1 (27). С. 81-85.
4. *Hernández-Granados M. J., Franco-Robles E.* Postbiotics in human health: Possible new functional ingredients? // Food Research International. 2020. V. 137. P. 109660.
5. *Martins Z. E., Pinho O., Ferreira I.* Food industry by-products used as functional ingredients of bakery products // Trends in Food Science & Technology. 2017. V. 67. P. 106-128.
6. Revised exposure assessment for lycopene as a food colour // EFSA Journal. 2010. V. 8. No. 1. P. 14-44.
7. *Nour V., Ionica M. E., Trandafir I.* Bread enriched in lycopene and other bioactive compounds by addition of dry tomato waste // Journal of food science and technology. 2015. V. 52. No. 12. P. 8260-8267.
8. *Тукова А.А.* Разработка рецептуры мясного продукта для лечебно-профилактического питания с использованием антиоксиданта ликопин // Актуальные вопросы

совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. 2019. №. 21. С. 263-266.
9. *Rajput S.A., Liang S.J., Wang X.Q., Yan H.C.* Lycopene protects intestinal epithelium from deoxynivalenol-induced oxidative damage via regulating Keap1/Nrf2 Signaling // Antioxidants. 2021. V. 10. No. 9. C. 1493.
10. *Arballo J., Amengual J., Erdman Jr J. W.* Lycopene: A critical review of digestion, absorption, metabolism, and excretion //Antioxidants. 2021. V. 10. No. 3. P. 342.
11. *Dawood M.A.O., Abdel-Tawwab M., Abdel-Latif H.M.R.* Lycopene reduces the impacts of aquatic environmental pollutants and physical stressors in fish // Reviews in Aquaculture. 2020. V. 12. No. 4. P. 2511-2526.
12. *Wang A.R., Ran C., Ringø E., Zhou Z.G.* Progress in fish gastrointestinal microbiota research // Reviews in Aquaculture. 2018. V. 10. No. 3. P. 626-640.
13. *Seth A., Stemple D. L., Barroso I.* The emerging use of zebrafish to model metabolic disease // Disease models & mechanisms. 2013. V. 6. No. 5. P. 1080-1088.
14. *Oka T., Nishimura Y., Zang L., Hirano M., Shimada Y., Wang Z., Tanaka T.* Diet-induced obesity in zebrafish shares common pathophysiological pathways with mammalian obesity // BMC physiology. 2010. V. 10. No. 1. P. 1-13.
15. *Araújo J.R. et al.* Impact of high-fat diet on the intestinal microbiota and small intestinal physiology before and after the onset of obesity // Biochimie. 2017. V. 141. P. 97-106.
16. *Gill S.R., Pop M., DeBoy R.T., Eckburg P.B., Turnbaugh P.J., Samuel B.S., Nelson K.E.* Metagenomic analysis of the human distal gut microbiome // Science. 2006. V. 312. No. 5778. P. 1355-1359.
17. *Bischoff S.C., Volynets V.* Nutritional influences of overfeeding on experimental outcomes in laboratory mice: consequences for gut microbiota and other functional studies // International Journal of Medical Microbiology. 2016. V. 306. No. 5. P. 328-333.
18. *Navarro-Barrón E., Hernández C., Llera-Herrera R., García-Gasca A., Gómez-Gil B.* Overfeeding a high-fat diet promotes sex-specific alterations on the gut microbiota of the zebrafish (*Danio rerio*) // Zebrafish. 2019. V. 16. No. 3. P. 268-279.
19. *Aleström P., D'Angelo L., Midtlyng P.J., Schorderet D.F., Schulte-Merker S., Sohm F., Warner S.* Zebrafish: Housing and husbandry recommendations // Laboratory animals. 2020. V. 54. No. 3. P. 213-224.
20. *Langi P., Kiokias S., Varzakas T., Proestos, C.* Carotenoids: From plants to food and feed industries // Microbial carotenoids. 2018. P. 57-71.
21. *Wallace K.N., Akhter S., Smith E.M., Lorent K., Pack M.* Intestinal growth and differentiation in zebrafish // Mechanisms of development. 2005. V. 122. No. 2. P. 157-173.
22. *Oehlers S.H., Flores M.V., Chen T., Hall C.J., Crosier K.E., Crosier P.S.* Topographical distribution of antimicrobial genes in the zebrafish intestine // Developmental & Comparative Immunology. 2011. V. 35. No. 3. P. 385-391.
23. *Cantas L., Sørby J.R.T., Aleström P., Sørum H.* Culturable gut microbiota diversity in zebrafish // Zebrafish. 2012. V. 9. No. 1. P. 26-37.
24. *Kinross J.M., Darzi A.W., Nicholson J.K.* Gut microbiome-host interactions in health and disease // Genome medicine. 2011. V. 3. No. 3. P. 1-12.
25. *Zhao B., Wu J., Li J., Bai Y., Luo Y., Ji B., Liu X.* Lycopene alleviates DSS-induced colitis and behavioral disorders via mediating microbes-gut–brain axis balance // Journal of agricultural and food chemistry. 2020. V. 68. No. 13. P. 3963-3975.
26. *Rawls J.F., Mahowald M.A., Ley R.E., Gordon J.I.* Reciprocal gut microbiota transplants from zebrafish and mice to germ-free recipients reveal host habitat selection // Cell. 2006. V. 127. No. 2. P. 423-433.
27. *Gonzalez C.J., Lopez-Diaz T.M., Garcia-Lopez M.L., Prieto M., Otero A.* Bacterial microflora of wild brown trout (*Salmo trutta*), wild pike (*Esox lucius*), and aquacultured rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // Journal of food protection. 1999. V. 62. No. 11. P. 1270-1277.

28. *Sugita H., Shibuya K., Hanada H., Deguchi Y.* Antibacterial abilities of intestinal microflora of the river fish // Fisheries science. 1997. V. 63. No. 3. P. 378-383.
29. *Grabowska M., Wawrzyniak D., Rolle K., Chomczyński P., Oziewicz S., Jurga S., Barciszewski J.* Let food be your medicine: nutraceutical properties of lycopene // Food & function. 2019. V. 10. No. 6. P. 3090-3102.
30. *Xu F., Yu K., Yu H., Wang P., Song M., Xiu C., Li Y.* Lycopene relieves AFB1-induced liver injury through enhancing hepatic antioxidation and detoxification potential with Nrf2 activation // Journal of Functional Foods. 2017. V. 39. P. 215-224.

References:

1. Nikitin I.A. Teoreticheskie aspekty tekhnologii ehffektivnoj funkcional'nosti pishchevykh produktov [Theoretical aspects of the technology of effective functionality of food products]. *Usilenie konkurentnogo potenciala pishchevykh predpriyatij putem razvitiya ehffektivnykh biotekhnologij* [Strengthening the competitive potential of food enterprises through the development of effective biotechnologies], 2016, pp. 84-87. (In Russian).
2. Aparsheva V.V. Funkcional'nye ingredienty v tekhnologii khleba [Functional ingredients in bread technology]. III Baltijskij morskoj forum «Innovacii v tekhnologii produktov zdorovogo pitaniya» [The 3rd Baltic Maritime Forum “Innovations in Healthy Food Technology”], 2015, pp. 16-22. (In Russian).
3. Korotysheva L.B., Pilipenko T.V. Funkcional'nye ingredienty, ispol'zuemye v pishchevykh produktakh dlya profilaktiki joddeficitnykh zabolevanij [Functional ingredients used in foods for the prevention of iodine deficiency diseases]. *Tekhniko-tekhnologicheskie problemy servisa* [Technical and technological problems of the service], 2014, no. 1 (27), pp. 81-85. (In Russian).
4. Hernández-Granados M.J., Franco-Robles E. Postbiotics in human health: Possible new functional ingredients?.*Food Research International*, 2020, vol. 137, pp. 109660. (In English).
5. Martins Z.E., Pinho O., Ferreira I. Food industry by-products used as functional ingredients of bakery products. *Trends in Food Science & Technology*, 2017, vol. 67, pp. 106-128. (In English).
6. Revised exposure assessment for lycopene as a food colour. *EFSA Journal*, 2010, vol. 8, no. 1, pp. 14-44. (In English).
7. Nour V., Ionica M. E., Trandafir, I. Bread enriched in lycopene and other bioactive compounds by addition of dry tomato waste. *Journal of food science and technology*, 2015, vol. 52, no. 12, pp. 8260-8267. (In English).
8. Tukova A.A. Razrabotka receptury myasnogo produkta dlya lechebno-profilakticheskogo pitaniya s ispol'zovaniem antioksidanta likopin [Development of a recipe for a meat product for therapeutic and preventive nutrition using the antioxidant lycopene]. *Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produkcii sel'skogo hozyajstva* [Topical issues of improving the technology of production and processing of agricultural products], 2019, no. 21, pp. 263-266. (In Russian).
9. Rajput S.A., Liang S.J., Wang X.Q., Yan H.C. Lycopene protects intestinal epithelium from deoxynivalenol-induced oxidative damage via regulating Keap1/Nrf2 Signaling. *Antioxidants*, 2021, vol. 10, no. 9, p. 1493. (In English).
10. Arballo J., Amengual J., Erdman Jr J.W. Lycopene: A critical review of digestion, absorption, metabolism, and excretion. *Antioxidants*, 2021, vol. 10, no. 3, p. 342. (In English).
11. Dawood M.A.O, Abdel-Tawwab M., Abdel-Latif H.M.R Lycopene reduces the impacts of aquatic environmental pollutants and physical stressors in fish. *Reviews in Aquaculture*, 2020, vol. 12, no. 4, pp. 2511-2526. (In English).
12. Wang A.R., Ran C., Ringø E., Zhou Z.G. Progress in fish gastrointestinal microbiota research. *Reviews in Aquaculture*, 2018 vol. 10, no. 3, pp. 626-640. (In English).
13. Seth A., Stemple D.L., Barroso I. The emerging use of zebrafish to model metabolic disease.

Disease models & mechanisms, 2013, vol. 6 no. 5, pp. 1080-1088. (In English).
14. Oka T., Nishimura Y., Zang L., Hirano M., Shimada Y., Wang Z., Tanaka T. Diet-induced obesity in zebrafish shares common pathophysiological pathways with mammalian obesity. *BMC physiology*, 2010, vol. 10, no. 1, pp. 1-13. (In English).
15. Araújo J.R., Tomas J., Brenner C., Sansonetti P.J. Impact of high-fat diet on the intestinal microbiota and small intestinal physiology before and after the onset of obesity. *Biochimie*, 2017, vol. 141, pp. 97-106. (In English).
16. Gill S.R., Pop M., DeBoy R.T., Eckburg P.B., Turnbaugh P.J., Samuel B.S., Nelson K.E. Metagenomic analysis of the human distal gut microbiome. *Science*, 2006, vol. 312, no. 5778, pp. 1355-1359. (In English).
17. Bischoff S.C., Volynets V. Nutritional influences of overfeeding on experimental outcomes in laboratory mice: consequences for gut microbiota and other functional studies. *International Journal of Medical Microbiology*, 2016, vol. 306, no. 5, pp. 328-333. (In English).
18. Navarro-Barrón E., Hernández C., Llera-Herrera R., García-Gasca A., Gómez-Gil B. Overfeeding a high-fat diet promotes sex-specific alterations on the gut microbiota of the zebrafish (*Danio rerio*). *Zebrafish*, 2019, vol. 16, no. 3, pp. 268-279. (In English).
19. Aleström P., D'Angelo L., Midtlyng P.J., Schorderet D.F., Schulte-Merker S., Sohm F., Warner S. Zebrafish: Housing and husbandry recommendations. *Laboratory animals*, 2020, vol. 54, pp. 3, pp. 213-224. (In English).
20. Langi P., Kiokias S., Varzakas T., Proestos, C. Carotenoids: From plants to food and feed industries. *Microbial carotenoids*, 2018, pp. 57-71. (In English).
21. Wallace K.N., Akhter S., Smith E.M., Lorent K., Pack M. Intestinal growth and differentiation in zebrafish. *Mechanisms of development*, 2005, vol. 122, no. 2, pp. 157-173. (In English).
22. Oehlers S.H., Flores M.V., Chen T., Hall C.J., Crosier K.E., Crosier P.S. Topographical distribution of antimicrobial genes in the zebrafish intestine. *Developmental & Comparative Immunology*, 2011, vol. 35, no. 3, pp. 385-391. (In English).
23. Cantas L., Sørby J.R.T., Aleström P., Sørum H. Culturable gut microbiota diversity in zebrafish. *Zebrafish*, 2012, vol. 9, no. 1, pp. 26-37. (In English).
24. Kinross J.M., Darzi A.W., Nicholson J.K. Gut microbiome-host interactions in health and disease. *Genome medicine*, 2011, vol. 3, no. 3, pp. 1-12. (In English).
25. Zhao B., Wu J., Li J., Bai Y., Luo Y., Ji B., Liu X. Lycopene alleviates DSS-induced colitis and behavioral disorders via mediating microbes-gut–brain axis balance. *Journal of agricultural and food chemistry*, 2020, vol. 68, no. 13, pp. 3963-3975. (In English).
26. Rawls J.F., Mahowald M.A., Ley R.E., Gordon J.I. Reciprocal gut microbiota transplants from zebrafish and mice to germ-free recipients reveal host habitat selection. *Cell*, 2006, vol. 127, no. 2, pp. 423-433. (In English).
27. Gonzalez C.J., Lopez-Diaz T.M., Garcia-Lopez M.L., Prieto M., Otero A. Bacterial microflora of wild brown trout (*Salmo trutta*), wild pike (*Esox lucius*), and aquacultured rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). *Journal of food protection*, 1999, vol. 62, no. 11, pp. 1270-1277. (In English).
28. Sugita H., Shibuya K., Hanada H., Deguchi Y. Antibacterial abilities of intestinal microflora of the river fish. *Fisheries science*, 1997, vol. 63, no. 3, pp. 378-383. (In English).
29. Grabowska M., Wawrzyniak D., Rolle K., Chomczyński P., Oziewicz S., Jurga S., Barciszewski J. Let food be your medicine: nutraceutical properties of lycopene. *Food & function*, 2019, vol. 10, no. 6, pp. 3090-3102. (In English).
30. Xu F., Yu K., Yu H., Wang P., Song M., Xiu C., Li Y. Lycopene relieves AFB1-induced liver injury through enhancing hepatic antioxidation and detoxification potential with Nrf2 activation. *Journal of Functional Foods*, 2017, vol. 39, pp. 215-224. (In English).

Сведения об авторах / Information about authors

Смородинская Светлана Валерьевна	аспирант, заведующий лабораторией центра аквакультуры факультета биотехнологий и рыбного хозяйства Московский государственный университет технологий и управления им. Г.К. Разумовского (Первый казачий университет) 119049, г. Москва, ул. Шаболовка, 14, стр. 9 kler.smo@gmail.com
Smorodinskaya Svetlana Valeryevna	postgraduate student, Head of the Aquaculture Center Laboratory of the Department of Biotechnology and Fisheries Razumovsky Moscow State University of Technology (The First Cossack University) 119049, Moscow, Shabolovka str., 14, corp. 9 kler.smo@gmail.com
Бугаев Олег Генадьевич	магистр факультета биотехнологий и рыбного хозяйства Московский государственный университет технологий и управления им. Г.К. Разумовского (Первый казачий университет) 119049, Москва, ул. Шаболовка, 14, стр. 9 12747a473856.22@gmail.com
Bugaev Oleg Gennadyevich	master of sciences of the Department of Biotechnology and Fisheries Razumovsky Moscow State University of Technology (The First Cossack University) 119049, Moscow, Shabolovka str., 14, corp. 9 12747a473856.22@gmail.com
Климов Виктор Александрович	аспирант, научный сотрудник центра аквакультуры факультета биотехнологий и рыбного хозяйства Московский государственный университет технологий и управления им. Г.К. Разумовского (Первый казачий университет) 119049, г. Москва, ул. Шаболовка, 14, стр. 9 v.klimov@mgutm.ru
Klimov Viktor Aleksandrovich	postgraduate student, researcher of the Aquaculture Center of the Department of Biotechnology and Fisheries Razumovsky Moscow State University of Technology (The First Cossack University) 119049, Moscow, Shabolovka str., 14, corp. 9 v.klimov@mgutm.ru

УДК 66.083-047.44:[663.813:634.11]

Соколов С.А., Зотова И.А., Кураш М.А.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОБРАБОТКИ ВЫСОКИМ ГИДРОСТАТИЧЕСКИМ ДАВЛЕНИЕМ НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ВИТАМИННЫЙ СОСТАВ ЯБЛОЧНОГО ЖМЫХА

Аннотация. Яблочный жмых – основной побочный продукт, получаемый при переработке яблочного сока. По некоторым оценкам, ежегодно во всем мире производится миллион тонн яблочного жмыха, который, как правило, утилизируется и выбрасывается на свалки, что приводит к значительным экологическим проблемам. Однако, яблочный жмых содержит значительное количество питательных веществ и важных соединений, таких как углеводы, фенольные соединения, пищевые волокна и минералы. Эти соединения могут быть извлечены из яблочных выжимок, или могут использоваться в пищевых системах напрямую или после минимальной обработки. Основным препятствием к широкомасштабному использованию яблочных выжимок является их микробиальная нестабильность и склонность к быстрому химическому разложению. Это связано с высоким влагосодержанием (>70%) и значительным химическим и биохимическим потреблением кислорода что приводит к быстрому микробному разложению и непредсказуемому брожению. В данной статье приведены результаты исследований влияния высокого давления на микробиологические показатели и витаминный комплекс яблочного жмыха и рассмотрены основные пути повышения коэффициента использования яблочного жмыха в производстве продуктов питания.
Ключевые слова: яблочный жмых, микробиологические показатели, витаминный состав, высокое гидростатическое давление.

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

EXPERIMENTAL EVALUATION OF THE INFLUENCE OF TREATMENT WITH HIGH HYDROSTATIC PRESSURE ON MICROBIOLOGICAL INDICATORS AND VITAMIN COMPOSITION OF APPLE POMACE

Abstract. Apple pomace is the main by-product obtained from the processing of apple juice. According to some estimates, a million tons of apple pomace is produced annually worldwide, which is usually disposed of and thrown into landfills, which leads to significant environmental problems. However, apple pomace contains significant amounts of nutrients and important compounds such as carbohydrates, phenolic compounds, dietary fiber and minerals. These compounds can be extracted from apple pomace, or can be used directly or with minimal processing in food systems. The main obstacle to the large-scale use of apple pomace is their microbial instability and propensity for rapid chemical degradation. This is due to the high moisture content (>70%) and significant chemical and biochemical oxygen demand leading to rapid microbial degradation and unpredictable fermentation. This article presents the results of studies of the effect of high pressure on microbiological indicators and the vitamin complex of apple pomace and discusses the main ways to increase the utilization rate of apple pomace in food production.
Keywords: apple pomace, microbiological parameters, vitamin composition, high hydrostatic pressure.

Введение. Согласно последним отчетам Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединённых Наций (ФАО) (Food and

Agriculture Organization, FAO) ежегодное мировое производство яблок увеличилось на 48 % за последние два года и достигло 89,56 миллиона тонн в 2021 году [1]. За последние семь лет производство товарного яблока в России увеличилось с 500 тысяч тонн до 1,843 миллиона тонн и ежегодно продолжает увеличиваться на 250 тысяч тонн [2]. Хотя мировое производство яблок продолжает расти, доля их потребления относительно невелика. От 70 до 75 % яблок потребляются в свежем виде, а остальные (25-30 %) мирового объема перерабатывается в различные продукты с добавленной стоимостью такие как сок, вино, джемы и пр., из которых самым востребованным яблочным продуктом является яблочный сок, на который приходится 65 % продаж [3, 4]. Как правило, около 75% свежего веса яблок извлекается в виде сока, а остатки собираются как пищевые отходы или так называемые выжимки [5]. Учитывая мировое массовое производство сока, в общей сложности несколько миллионов тонн, выжимок производятся каждый год [6].

Считается, что лишь приблизительно 1 % яблочных выжимок можно использовать в качестве корма для животных или производства сухого продукта [4]. Обычная утилизация этого побочного продукта заключается в вывозе его на свалку, что, естественно, вызывает серьезные экологические проблемы [3-7]. В основном это связано с высоким влагосодержанием (>70 %) и высоким химическим и биохимическим потреблением кислорода яблочным жмыхом. Высокое влагосодержание приводит к большой восприимчивости к микробному разложению, что в свою очередь приводит к непредсказуемому брожению, которое способствует загрязнению окружающей среды и может нести опасность для общественного здоровья [3]. На основании этого, большинство исследователей склоняются к тому, что переработка или профессиональная утилизация такого рода отходов должна производиться на предприятиях по производству яблочного сока, что естественно потребует дополнительных экономических инвестиций [8]. Поэтому поиск безопасных и эффективных методов переработки яблочного жмыха и его эффективное использование в

пищевой промышленности и при производстве нутрицевтиков остаётся актуальным. Учитывая большой объем яблочного жмыха, получаемого при производстве и переработке сока, его коммерческое применение может иметь большой экономический эффект [4].

В настоящее время яблочные выжимки используются в качестве функционального ингредиента в пищевых продуктах благодаря высокому содержанию питательных веществ [9]. Большинство исследований по использованию яблочных выжимок сосредоточены на восстановлении функциональных биоактивных соединений из яблочных выжимок и применение этих соединений в различных нутрицевтических продуктах. Тем не менее, растет интерес к использованию яблочных выжимок. непосредственно или с минимальной обработкой в пищевых продуктах. Таким образом, исследования, направленные на разработку процессов и технологий позволяющих сохранить полезные свойства яблочных выжимок при одновременной их деконтаминации, являются актуальными.

Целью исследования является изучение характера влияния обработки высоким гидростатическим давлением на микробиологические показатели и витаминный состав свежего яблочного жмыха.

Материалы и методы исследования. Яблочные выжимки представляют собой неоднородную смесь, состоящую в основном из кожуры и мякоти (95 %), с небольшой долей семян (2-4 %) и стеблей (1 %) [3, 10]. Физико-химический состав яблочных выжимок был определён многочисленными исследованиями [11-14] (таблица 1) и естественно варьируется в зависимости от сорта и типа обработки, используемой при производстве яблочного сока. Несмотря на различия в составе, разнообразие питательных веществ в яблочных выжимках велико. Яблочные выжимки – хороший источник фитохимических веществ так как содержат значительное количество углеводов, а также небольшое количество белков, витаминов и минералов [3]. Углеводы яблочных выжимок состоят в основном из нерастворимых сахаров, включая целлюлозу (127,9 г/кг сухого

веса), гемицеллюлозу (7,2-43,6 г/кг сухого веса) и лигнин (15,3-23,5 г/кг сухого веса).

Таблица 1 – Физико-химический состав яблочных выжимок [11-14]

Показатель	Значение (% сухого веса)
Влажность	4,4 - 10,5
Белок	1,2 - 3,8
Липиды	0,6- 4,2
Всего пищевых волокон	14,5- 42,5
Зола	1,5- 2,5
Углеводы	45,1- 83,8

Простые сахара, представлены глюкозой (22,7 %), фруктозой (23,6 %) и галактозой (от 6 % до 15 %) [15]. Помимо углеводов, в яблочных выжимках также определяли некоторые минеральные вещества, такие как P (0,07 % до 0,076%), Ca (от 0,06 % до 0,1 %), Mg (от 0,02 % до 0,36 %) и Fe (от 31,8 до 38,3 мг/кг в пересчете на сухую массу). Яблочные выжимки также характеризуются высоким содержанием полифенолов (от 31 % до 51 %) коричных эфиров, дигидрохалконов и флавонолов [16]. Кроме того, было доказано, что яблочные выжимки содержат большое количество природных антиоксидантов, таких как гликозиды кверцетин, флоридзин и другие фенольные составляющие, обладающие сильной антиоксидантной активностью [17, 18]. Существование этих соединений с добавленной стоимостью также указывает на потенциал использования яблочных выжимок в качестве ингредиента в пищевой промышленности.

Как уже было сказано выше основной причиной порчи продуктов питания вообще, и яблочных выжимок в частности, являются микроорганизмы, которые, быстро размножаются в благоприятных для них условиях. Споры многих патогенных микроорганизмов устойчивы к высоким и низким температурам, что

усложняет методы борьбы с ними. Промышленное создание консервов, как и продуктов длительного хранения, обычно включает термическую обработку, с помощью которой затормаживается микробное загрязнение и минимизируется энзимная активность [19]. С учётом того, что повышается безопасность употребления продуктов и увеличивается продолжительность их сохранности, термические процессы в значительной степени влияют на факторы качества, особенно на витамины, аромат и летучие компоненты. Несмотря на обширные знания в области хранения и термообработки продуктов питания и сырья, и несмотря на длительные попытки улучшить качество обрабатываемой продукции, существует все еще потребность в технологиях, которые минимизируют разрушительное влияние высокой температуры на их состав [20]. Потребность в методах обработки, которые способствовали бы усилению микробной безопасности и повышению качества продуктов питания, не ухудшая при этом пищевую, функциональную и сенсорную ценность продуктов, пробудили интерес к использованию инновационных процессов для увеличения их сроков хранения. Инновационные технологии не противоречат традиционным тепловым процессам. Эти появляющиеся технологии инактивируют микроорганизмы при температуре окружающей среды или умеренно повышенных температурах за короткое время обработки. К ним относятся обработка высоким давлением, гальванический нагрев (применение радиочастот, микроволн и омический нагрев), обработка электрическим и магнитными полями, ультразвуком, микрофильтрация и низкая температура.

Возбудителями порчи яблок являются прежде всего плесневые грибы и дрожжи. Бактериальному обсеменению способствуют такие свойства яблочных выжимок, как повышенная температура, аэрация и высокая влажность, в результате чего выжимки становятся непригодными к дальнейшему использованию и переработке [19]. Дрожжи и плесни не термоустойчивы, поэтому при производстве яблочных продуктов традиционным способом их пастеризуют. При нагреве во влажной среде вегетативные клетки дрожжей

погибают при 50-60 °С, а споровые формы при 70-80 °С. Плесни погибают при 100 °С. При этом питательные свойства продукта существенно ухудшаются вследствие разрушения ферментно-витаминного комплекса.

Одним из динамично развивающихся методов обработки пищевых продуктов является метод обработки высоким давлением. Он является перспективным способом продления сроков хранения и улучшения качества обрабатываемого продукта [21].

Для достижения поставленной цели мы изучали характер влияния высокого давления на микробиологические показатели яблочных выжимок при одновременной оценке влияния такой обработки на их витаминный состав. Объектом исследования являлись свежие яблочные выжимки, полученные в результате отжима яблочного сока на бытовой соковыжималке фирмы Philips HR1922/20. Яблоки к переработке были вымыты и подвергнуты инспектированию, то есть были удалены дефективные части плода (битые, мяты и др.). Для группы микробиологических критериев безопасности продуктов, предназначенных к реализации при температуре ниже 40 °С, выявляют жизнеспособные мезофильно-аэробные и факультативно-анаэробные микроорганизмы (МАФАМ). Результаты исследований выражены: количеством колониеобразующих единиц (КОЕ) в 1 мл или см^3 продукта. Второй группой микроорганизмов, которая контролировалась, являлись бактерии группы кишечной палочки, плесневые грибы, дрожжи, молочнокислые бактерии, патогенная микрофлора в том числе сальмонелла. Подбор проб и подготовка их к анализу для микробиологических исследований проводилась согласно ГОСТ 26668-85 «Продукты пищевые и вкусовые. Способы отбора проб для микробиологических анализов» и ГОСТ 26669-85 «Продукты пищевые и вкусовые. Подготовка проб для микробиологических анализов». Обработка высоким давлением производилась на экспериментальном комплексе, позволяющем создавать давление в рабочей камере до 1000 МПа при температуре обработки от 5 до 100 °С [22]. Согласно [23] параметрами,

влияющими на процесс обработки продуктов высоким давлением, являются температура и время экспозиции. Давление в камере измерялось с помощью манганинового датчика. Температура измерялась медь-константановой термопарой и поддерживалась автоматически. Контроль и запись параметров производилась с помощью персонального компьютера. Повторяемость эксперимента трехкратная. При проведении экспериментальных исследований свежеприготовленные яблочные выжимки разделялись на семь образцов, шесть из которых подвергались обработке высоким давлением в диапазоне от 200 до 700 МПа, при комнатной температуре 22± 5% °С и времени экспозиции 20 минут.

Образцы после обработки давлением и контрольные образцы в специальном термоконтейнере отправлялись в специализированную микробиологическую лабораторию, где проводился контроль яблочных выжимок согласно действующим стандартам.

Результаты исследования и их обсуждение. Результаты исследования влияния высокого давления на микробиологические показатели яблочных выжимок при постоянной температуре и постоянной выдержке на день проведения эксперимента представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Воздействие высокого давления на микробиологические показатели яблочных выжимок

Наименование	Концентрация микроорганизмов N (КУО/см^3)							
	Норма	Контроль	Давление, МПа					
			200	300	400	500	600	700
МАФАМ, КОЕ в 1 г	Не допускаются	$2{,}6 \cdot 10^4$	$5{,}8 \cdot 10^2$	$2 \cdot 10^2$	0	0	0	0
Плесневые грибы, КОЕ в 1 г	Не допускаются	30	10	Не выявлено				
Дрожжи	Не допускаются	Не выявлено						
БГКП, в 1 г	Не допускаются	Не выявлено						
Молочнокислые бактерии	Не допускаются	Не выявлено						
Патогенные, в т. ч. сальмонелла	Не допускаются	Не выявлено						

Анализ экспериментальных данных таблицы 2 показывает, что в образцах при давлениях 200-300 МПа количество мезофильно-аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов меньше, чем в контрольном образце, а плесневые грибы были обнаружены при давлении 200 МПа, однако их меньше по сравнению с контрольным. При обработке давлением от 400 МПа количество микроорганизмов не обнаружено вообще, что отвечает медико-биологическим требованиям.

С целью получения данных о возможности сроков хранения выжимок, обработанных высоким давлением, нами был проверен тот же продукт после хранения его в течение 48 часов при комнатной температуре, при этом контейнеры с образцами находились в лабораторных условиях, что исключало попадание в сырьё микроорганизмов из внешней среды. Результаты исследования приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Воздействие высокого давления на микробиологические показатели яблочных выжимок через 48 часов выдержки

Наименование	Концентрация микроорганизмов N (КУО/см^3)							
	Норма	Контроль	Давление, МПа					
			200	300	400	500	600	700
МАФАМ, КОЕ в 1 г	Не допускаются	$4{,}2\cdot10^4$	$5{,}1\cdot10^2$	$2{,}4\cdot10^2$	$0{,}1\cdot10^2$	0	0	0
Плесневые грибы, КОЕ в 1 г	Не допускаются	$5{,}2\cdot10^2$	$1\cdot10^2$	50	Не выявлено			
Дрожжи	Не допускаются	Не выявлено						
БГКП, в 1 г	Не допускаются	Не выявлено						
Молочнокислые бактерии	Не допускаются	Не выявлено						
Патогенные, в т. ч. сальмонелла	Не допускаются	Не выявлено						

Анализ таблицы 3 показывает, что после хранения выжимок в течение сорока восьми часов количество мезофильно-аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов возрастает, как в контрольном образце, так и в образцах обработанных давлением от 200-400 МПа, относительно плесеней, то

их количество возрастает, но только при давлениях от 200-300 МПа. Обобщая результаты эксперимента, можно сделать выводы, что обработка яблочных выжимок высоким давлением снижает активность микрофлоры или даже полностью стерилизует исследуемый продукт. Рассмотрев данные таблиц 2 и 3, можно сказать, что наиболее эффективна обработка при давлениях от 500 МПа.

Далее нами был проведен цикл экспериментов по изучению характера воздействия высокого давления на витаминный состав яблочных выжимок. Как для яблок, так и для продуктов переработки яблок, одними из важнейших считаются витамины В2, РР и витамин С.

Витамин В2 (рибофлавин) в растительной и животной тканях связан с фосфорной кислотой и создают мононуклеотид, связывающийся с некоторыми протеинами и создающие каталитически активные флавопротеины. Последние при соединении с флавинадениндинуклеидом подвергаются обратимому окислению и редукции, и играют немаловажную роль в окислительных процессах, например, в цикле окисления лимонной кислоты и в процессах роста. Этот витамин стоек к действию повышенных температур, кислорода и низкому значению pH, но легко разрушается при нагревании в щелочных условиях или под действием ультрафиолетовых лучей.

Витамин РР ниацин (никотиновая кислота, никотинамид) участвует в процессах клеточного дыхания, выделении энергии при окислении углеводов и белков, обмене белков. Недостаток витамина РР вызывает нарушение деятельности пищеварительного тракта, потерю аппетита, тошноту. Витамин РР предохраняет организм от авитаминоза. Ниацин является одним из наиболее стабильных водорастворимых витаминов в отношении тепла, света, окислителей, кислот и щелочей.

Витамин С (аскорбиновая кислота) – водорастворимый витамин, имеющий ограниченное распространение, но очень необходимый организму. Витамин С незаменимый участник синтеза белка, участвует в процессах кроветворения, усиливает свойства лейкоцитов уничтожать микроорганизмы. В сочетании с

витамином РР оказывает благотворное влияние на состояние сосудистых стенок.

Когда потребности организма в витамине С удовлетворяются не полностью, развивается гиповитаминоз. В сухом состоянии витамин С стабилен, в растворе лабилен. Он легко окисляется в щелочной среде, особенно при нагревании, под действием света и следов металлов (в частности, меди и железа). Больше стоек в кислой среде. Витамин С чувствителен к ферментативному окислению при комнатной температуре и химическому окислению при нагревании. Известные методы обеззараживания, такие как стерилизация и пастеризация отрицательно влияют на витаминный состав, поскольку термообработка предполагается при температуре не менее 85 °С. Перспективным направлением повышения качества и срока хранения продуктов питания является обработка высоким давлением [23]. Основными преимуществами процесса обработки продуктов питания высоким давлением перед термическими процессами, является то, что давление не влияет на ковалентные связи химической структуры обрабатываемого продукта. Полученные яблочные выжимки способом, описанным выше, обрабатывались высоким давлением в диапазоне от 300 до 500 МПа при времени экспозиции 15 минут и температуре 25± 5% °С. Результаты представлены в таблице 4.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что при обработке яблочных выжимок высоким давлением витамин С максимально сохраняется в образцах, обработанных давлением (0,19 мг/100г в контроле и 0,16 в образце, обработанном давлением 500 МПа). При термической же обработке концентрация витамина С снижается до 0,08 мг/100г. При этом микробиологические показатели обработанных выжимок соответствуют санитарным требованиям. Что касается витаминов В2 и РР, то эксперименты подтвердили устойчивость данных витаминов к повышенным температурам, и влияние высокого давления на их концентрацию в яблочных выжимках сопоставимо с влиянием высокого давления. Следовательно, можно сделать вывод о том, что обработка высоким давлением не оказывает особого влияния на

витаминный комплекс яблочных выжимок.

Таблица 4 – Результаты исследования витаминного состава яблочных выжимок, обработанных давлением

Показатель	Определённая концентрация	Единицы измерения
Яблочные выжимки Р = 300 МПа		
Витамин С	0,18	мг/100г
Витамин РР	0,13	мг/100г
Витамин B_2	0,0052	мг/100г
Яблочные выжимки Р = 400 МПа		
Витамин С	0,166	мг/100г
Витамин РР	0,125	мг/100г
Витамин B_2	0,005	мг/100г
Яблочные выжимки Р = 500 МПа		
Витамин С	0,16	мг/100г
Витамин РР	0,11	мг/100г
Витамин B_2	0,0049	мг/100г
Яблочные выжимки при термической обработке		
Витамин С	0,08	мг/100г
Витамин РР	0,118	мг/100г
Витамин B_2	0,0051	мг/100г
Яблочные выжимки контрольный образец		
Витамин С	0,19	мг/100г
Витамин РР	0,13	мг/100г
Витамин B_2	0,0053	мг/100г

Выводы. Обработка яблочных выжимок высоким давлением снижает активность микрофлоры или даже полностью стерилизует исследуемый продукт. Анализ микробиологических исследований показал наибольшую эффективность обработки при 500 МПа, при котором продукт по медико-биологическим показателям соответствует требованиям безопасности при приемлемом сохранении витаминного комплекса. В дальнейшем для разработки технологического процесса переработки яблочных выжимок с использованием высокого давления нами планируются всесторонние физико-химические, а также реологические исследования.

Исследования выполнялись с использованием оборудования ЦКП «Исследовательский центр пищевых и химических технологий» КубГТУ

(СКР_3111) развитие которого поддерживается Министерством науки и высшего образования РФ (Соглашение N 075-15-2021-679).

Список использованной литературы:

1. Site FAOSTAT. URL: https://www.fao.org/faostat/ru/#home (дата обращения: 12.03.2022).
2. Сайт ФГБУ «Центр агроаналитики». URL: https://specagro.ru/news/202103/proizvodstvo-yablok-v-rossii-prodolzhit-rasti-schitaet-plodoovoschnoy-soyuz (дата обращения 12.03.2022).
3. *Bhushan S., Kalia K., Sharma M., Singh B., Ahuja P.S.* Processing of apple pomace for bioactive molecules // Critical Reviews in Biotechnology. 2008. V. 28 (4). P. 285-296. DOI: 10.1080/07388550802368895.
4. *Shalini R., Gupta D.K.* Utilization of pomace from apple processing industries: A review // Journal of food science and technology. 2010. V. 47. P. 365-371. DOI: 10.1007/s13197-010-0061-x.
5. *Vendruscolo F., Albuquerque P.M., Streit F., Esposito E., Ninow J.L.* Apple pomace: a versatile substrate for biotechnological applications // Critical Reviews in Biotechnology. 2008. V. 28 (1). P. 1-12. DOI: 10.1080/07388550801913840.
6. *Kammerer D., Kammerer J., Valet R., Carle R.* Recovery of polyphenols from the by-products of plant food processing and application as valuable food ingredients // Food Research International. 2014. V. 65. P. 2-12. DOI: 10.1016/j.foodres.2014.06.012.
7. *Perussello C., Zhang Zh., Marzochella A., Brijesh kumar T.* Valorization of Apple Pomace by Extraction of Valuable Compounds // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2017. V. 16. P. 776-796. DOI: 10.1111/1541-4337.12290.
8. *Shah G.H., Masoodi F.A.* Studies on the Utilization of Wastes from Apple Processing Plants // Indian Food Pack. 1994. V. 48. P. 47.
9. *Gómez M., Martinez M.M.* Fruit and vegetable by-products as novel ingredients to improve the nutritional quality of baked goods // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2018. V. 58 (13). P. 2119-2135. DOI: 10.1080/10408398.2017.1305946.
10. *Grigelmo-Miguel N., Martín-Belloso O.* Comparison of dietary fibre from by-products of processing fruits and greens and from cereals // LWT – Food Science and Technology. 1999. V. 32. P. 503-508.
11. *Wang X., Kristo E., LaPointe G.* The Effect of Apple Pomace on the Texture, Rheology and Microstructure of Set Type Yogurt // Food Hydrocolloids. 2019. V. 91. P. 83-91.
12. *Jin H., Kim H.S., Kim S.K., Shin M.K., Kim J.H., Lee J.W.* Production of Heteropolysaccharide-7 by Beijerinckia Indica from Agro-Industrial Byproducts // Enzyme and Microbial Technology. 2002. V. 30. P. 822-827.
13. *Jannati N., Hojjatoleslamy M., Hosseini E., Mozafari H.R., Siavoshi M.* Effect of Apple Pomace Powder on Rheological Properties of Dough and Sangak Bread Texture // Carpathian Journal of Food Science and Technology. 2018, V. 10, P. 77-84.
14. *Ktenioudaki A., O'Shea N., Gallagher E.* Rheological properties of wheat dough supplemented with functional by-products of food processing: Brewer's spent grain and apple pomace // Journal of Food Engineering. 2013. V. 116. P. 362-368.
15. *Dhillon G., Dhillon S.K., Brar S.K.* Perspective of apple processing wastes as low-cost substrates for bioproduction of high value products: A review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2013. V. 27. P. 789-805. DOI: 10.1016/j.rser.2013.06.046.
16. *Will F., Olk M., Hopf I., Dietrich H.* Characterization of Polyphenol Extracts from Apple Juice // Dtsch. Lebensm.-Rundsch. 2006. V. 102. P. 297-302.
17. *Lu Y., Foo L.* Antioxidant and radical scavenging activities of polyphenols from apple pomace – vegetables // Food Chemistry. 2000. V. 68. P. 81-85. DOI: 10.1016/S0308-8146(99)00167-3.
18. *Schieber A., Hilt P., Conrad J., Beifuss U., Carle R.* Elution order of quercetin glycosides from

apple pomace extracts on a new HPLC stationary phase with hydrophilic endcapping // Journal of Separation Science. 2002. V. 25. P. 361-364.
19. *Флауменбаум Б.Л., Танчев С.С., Гришин М.А.* Основы консервирования пищевых продуктов. М.: Агропромиздат, 1986. 494 с.
20. *Громов С.В., Соколов С.А., Севаторов Н.Н., Яшонков А.А.* Инновационные процессы обработки сырья для кондитерского производства: монография. Керчь, Донецк: Цифровая типография (ФЛП Артамонов Д.А.), 2021. 219 с.
21. *Соколов С.А., Катанаева Ю.А., Севаторов Н.Н. и др.* Современные процессы получения компонентов с высокой добавленной стоимостью из отходов пищевых производств: монография. Донецк: Цифровая типография (ФЛП Артамонов Д.А.), 2020. 148 с.
22. *Сукманов В.А., Соколов С.А., Дебелый В.Л., Букин Г.В.* Разработка экспериментального комплекса по определению физических характеристик продуктов, обработанных высоким давлением // Сборник научных трудов Луганского национального аграрного университета. Серия Технические науки. Луганск, 2005. № 49 (72). С. 274-282.
23. *Torres J.A., Velazquez G.* Commercial opportunities and research challenges in the high pressure processing of foods // Journal of Food Engineering. 2005. V. 67. № 1/2. P. 95-112.

References:

1. Site FAOSTAT. (In English). Available at: https://www.fao.org/faostat/ru/#home (accessed 12.03.2022).
2. *Sayt FGBU «Tsentr agroanalitiki»* [Site FSBE “Agroanalytics Center”]. (In Russian). Available at: https://specagro.ru/news/202103/proizvodstvo-yablok-v-rossii-prodolzhit-rasti-schitaet-plodoovoschnoy-soyuz (accessed 12.03.2022).
3. Bhushan S., Kalia K., Sharma M., Singh B., Ahuja P.S. Processing of Apple Pomace for Bioactive Molecules. *Critical Reviews in Biotechnology*, 2008, vol. 28 (4), pp. 285-296. (In English). DOI: 10.1080/07388550802368895.
4. Shalini R., Gupta D.K. Utilization of pomace from apple processing industries: A review. *Journal of food science and technology*, 2010, vol. 47, pp. 365-371. (In English). DOI: 10.1007/s13197-010-0061-x.
5. Vendruscolo F., Albuquerque P.M., Streit F., Esposito E., Ninow J.L. Apple pomace: a versatile substrate for biotechnological applications. *Critical Reviews in Biotechnology*, 2008, vol. 28 (1), pp. 1-12. (In English). DOI: 10.1080/07388550801913840.
6. Kammerer D., Kammerer J., Valet R., Carle R. Recovery of polyphenols from the by-products of plant food processing and application as valuable food ingredients. *Food Research International*, 2014, vol. 65. pp. 2-12. (In English). DOI: 10.1016/j.foodres.2014.06.012.
7. Perussello C., Zhang Zh., Marzochella A., Brijesh kumar T. Valorization of Apple Pomace by Extraction of Valuable Compounds. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2017, vol. 16. pp. 776-796. (In English). DOI: 10.1111/1541-4337.12290
8. Shah G.H., Masoodi F.A. Studies on the Utilization of Wastes from Apple Processing Plants. *Indian Food Pack*, 1994, vol. 48, p. 47 (In English).
9. *Gómez M., Martinez M.M.* Fruit and vegetable by-products as novel ingredients to improve the nutritional quality of baked goods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2018, vol. 58 (13), pp. 2119-2135. (In English). DOI: 10.1080/10408398.2017.1305946.
10. Grigelmo-Miguel N., Martín-Belloso O. Comparison of dietary fibre from by-products of processing fruits and greens and from cereals. *LWT – Food Science and Technology*, 1999, vol. 32, pp. 503-508. (In English).
11. Wang X., Kristo E., LaPointe G. The Effect of Apple Pomace on the Texture. Rheology and Microstructure of Set Type Yogurt. *Food Hydrocolloids*, 2019, vol. 91, pp. 83-91. (In English).
12. Jin H., Kim H.S., Kim S.K., Shin M.K., Kim J.H., Lee J.W. Production of Heteropolysaccharide-7 by Beijerinckia Indica from Agro-Industrial Byproducts. *Enzyme and Microbial Technology*, 2002, vol. 30, pp. 822-827. (In English).

13. Jannati N., Hojjatoleslamy M., Hosseini E., Mozafari H.R., Siavoshi M. Effect of Apple Pomace Powder on Rheological Properties of Dough and Sangak Bread Texture. *Carpathian Journal of Food Science and Technology*, 2018, vol. 10, pp. 77-84. (In English).
14. *Ktenioudaki A., O'Shea N., Gallagher E.* Rheological properties of wheat dough supplemented with functional by-products of food processing: Brewer's spent grain and apple pomace. *Journal of Food Engineering*, 2013, vol. 116, pp. 362-368. (In English).
15. *Dhillon G., Dhillon S.K., Brar S.K.* Perspective of apple processing wastes as low-cost substrates for bioproduction of high value products: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2013, vol. 27, pp. 789-805. (In English). DOI:10.1016/j.rser.2013.06.046.
16. Will F., Olk M., Hopf I., Dietrich H. Characterization of Polyphenol Extracts from Apple Juice. *Dtsch. Lebensm.-Rundsch*, 2006, vol. 102, pp. 297-302 (In English).
17. *Lu Y., Foo L.* Antioxidant and radical scavenging activities of polyphenols from apple pomace – vegetables. *Food Chemistry*, 2000, vol. 68, pp. 81-85. (In English). DOI: 10.1016/S0308-8146(99)00167-3.
18. Schieber A., Hilt P., Conrad J., Beifuss U., Carle R. Elution order of quercetin glycosides from apple pomace extracts on a new HPLC stationary phase with hydrophilic endcapping. *Journal of Separation Science*, 2002, vol. 25, pp. 361-364. (In English).
19. Flaumenbaum B.L., Tanchev S.S., Grishin M.A. *Osnovy konservirovaniya pishchevykh produktov* [Basics of food preservation]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1986, 494 p. (In Russian).
20. Gromov S.V., Sokolov S.A., Sevatorov N.N., Yashonkov A.A. *Innovatsionnyye protsessy obrabotki syr'ya dlya konditerskogo proizvodstva* [Innovative processes of processing raw materials for confectionery production]. Kerch, Donetsk, Tsifrovaya tipografiya Publ., 2021, 219 p. (In Russian).
21. Sokolov S.A., Katanayeva Yu.A., Sevatorov N.N. et al. *Sovremennyye protsessy polucheniya komponentov s vysokoy s vysokoj dobavlennoy stoimostyu iz otkhodov pishchevykh proizvodstv* [Modern processes for obtaining components with high added value from food production waste]. Donetsk, Tsifrovaya tipografiya Publ., 2020, 148 p. (In Russian).
22. Sukmanov V.A., Sokolov S.A., Debelyy V.L., Bukin G.V. Razrabotka eksperimental'nogo kompleksa po opredeleniyu fizicheskikh kharakteristik produktov, obrabotannykh vysokim davleniyem [Development of an experimental complex for determining the physical characteristics of products treated with high pressure]. *Sbornik nauchnykh trudov Luganskogo natsional'nogo agrarnogo universiteta. Seriya: Tekhnicheskiye nauki* [Collection of scientific papers of Luhansk National Agrarian University. Series: Technical Sciences]. Lugansk, 2005, no. 49 (72). pp. 274-282. (In Russian).
23. Torres J.A., Velazquez G. Commercial opportunities and research challenges in the high pressure processing of foods. *Journal of Food Engineering*, 2005, vol. 67, no. 1/2, pp. 95-112. (In English).

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

Зотова Ирина Александровна	канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры естествознания и безопасности жизнедеятельности Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского 83050, Донецкая Народная Республика, г. Донецк, ул. Щорса, 31 irinina.po@mail.ru
Zotova Irina Alexandrovna	Ph.D. (Engin.), Associate professor, Department of Natural Science and Life Safety Donetsk National University of economics and trade named after Mikhail Tugan-Baranovsky 83050, Donetsk People's Republic, Donetsk, Shchorsa str., 31 irinina.po@mail.ru
Кураш Мария Александровна	аспирант кафедры общеинженерных дисциплин Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского 83050, Донецкая Народная Республика, г. Донецк, ул. Щорса, 31 buenamaria@mail.ru
Kurash Maria Aleksandrovna	postgraduate student of the department of general tngineering disciplines Donetsk National University of economics and trade named after Mikhail Tugan-Baranovsky 83050, Donetsk People's Republic, Donetsk, Shchorsa str., 31 buenamaria@mail.ru

УДК 664

Шилько Д.А.

ПРИМЕНЕНИЕ УГЛЕКИСЛОТЫ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аннотация. В статье рассмотрено использование углекислоты в пищевой промышленности. Представлен анализ отечественной и зарубежной литературы, в которой продемонстрированы передовые области использования CO_2 в пищевой промышленности. В статье описаны общие свойства и особенности диоксида углерода, использование в области экструдирования для получения растительных масел, масел из субпродуктов ракообразных и др. Представлены данные по использованию углекислоты как современного и перспективного хладагента для холодильной отрасли, а также в качестве охлаждения мяса птицы. Необычно использование твердых гранул диоксида углерода в качестве струйной обработки рабочих элементов машин и агрегатов пищевых производств. Сформирован обобщённый вывод и перспективы использования и внедрения углекислоты в пищевое производство.
Ключевые слова: пищевая промышленность, углекислота, CO_2, диоксид углерода CO_2-экстракты, хладагент, очистка CO_2.

Shilko D.A.

CARBON DIOXIDE APPLICATIONS IN THE FOOD INDUSTRY

Abstract. The article considers the use of carbon dioxide in the food industry. An analysis of domestic and foreign literature is presented, which demonstrates the advanced use of CO2 in the food industry. The article describes the general properties and characteristics of carbon dioxide, its use in the field of extrusion for obtaining vegetable oils, oils from crustacean by-products, etc. The data on the use of carbon dioxide as a modern and promising refrigerant for the refrigeration industry and for cooling poultry are presented. Unusual is the use of solid carbon dioxide pellets as a jet treatment of working elements of machines and units of food productions. The conclusion and prospects of use and implementation of carbon dioxide in various areas of food production is formed.
Keywords: food industry, carbon dioxide, CO_2, carbon dioxide CO_2 extracts, refrigerant, CO_2 purification.

Введение. В последние годы произошел скачок в развитии пищевой технологии с применением газов. В отечественной и зарубежной литературе можно встретить использование углекислоты, которая может применяться как современный и перспективный хладагент, антисептик, разрыхлитель, вещество для газирования жидкостей и др.

Углекислота (CO_2, диоксид углерода) естественным образом содержится в окружающей среде и обычно производится в четырех формах: снег, паллеты, плиты и блоки (рисунок 1). При температуре -78,51 °С двуокись углерода переходит из твердой фазы в газообразную путем сублимации или из газа в твердое тело путем ожижения.

Рисунок 1 – Виды производимой твердой углекислоты

Производство углекислоты основывается на очищении и ожижении отходов технологических процессов. Около 90 % CO_2, используемого для производства сухого льда, перерабатывается в качестве побочного продукта при производстве аммиака, природного газа или этанола [1].

CO_2 относительно инертен, недорогой, нетоксичный, невоспламеняющийся газ с высокой плотностью. Имеет низкую вязкость, пригоден для вторичной переработки, легко доступен в высокой степени чистоты, не оставляет остатков и признан малоопасным (IV класс опасности) [2]. CO_2 имеет низкую критическую температуру, что предотвращает термическое разрушение пищевых компонентов. Как показано на рисунке 2 [3], критическая точка для диоксида углерода находится выше температуры 31,1 °С и давления 73,8 атм. Отделение диоксида углерода от продукта может быть легко достигнуто путем снижения давления, поскольку продукты не растворяются в CO_2 при атмосферном давлении [4].

Цель исследования заключается в обзоре современных способов применения CO_2 в различных областях пищевой промышленности.

Материалы и методы исследования. При проведении исследований использовались статьи отечественных и зарубежных авторов. Рассматривалось использование диоксида углерода в качестве растворителя для процесса экстракции, хладагента, для CO_2 очистки и др.

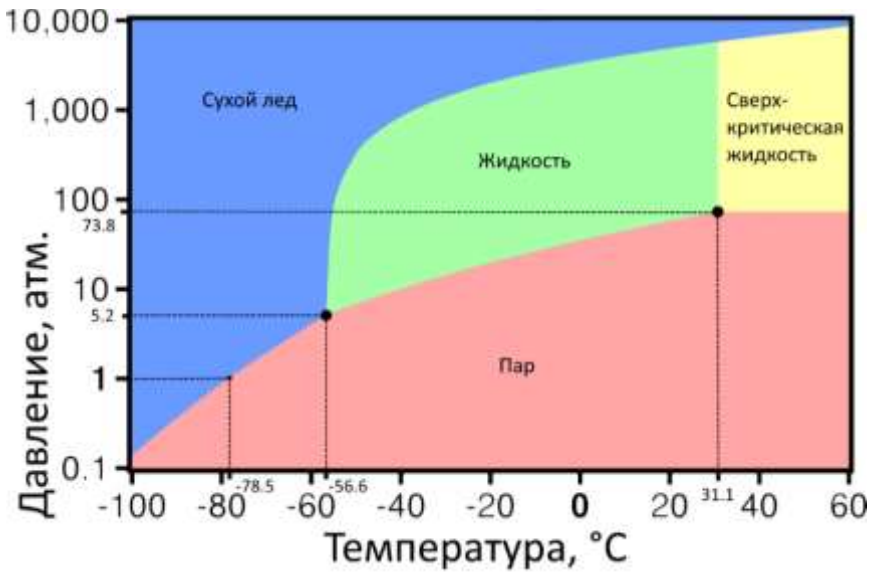


Рисунок 2 – Диаграмма фазовых изменений углекислого газа

Представленные материалы демонстрируют перспективы распространения углекислоты в различных областях промышленности. Учеными России, Ирана, Китая, Великобритании, США и других стран разрабатываются новые методы и технологии внедрения углекислоты как растворителя в процессах пищевых производств [4-12]. Широко развито применение углекислоты в качестве селективного растворителя для отжима пищевых масел, что позволяет контролировать температуру в зоне прессования и препятствовать окислительным процессам [7, 12].

В охлаждении продуктов питания все шире используется CO_2. Преимущества двуокиси углерода как хладагента: не вызывает коррозии, нетоксичен и не воспламеняется; недорогой и не требует рециркуляции; критическое давление 73,8 бар является умеренным; относительно инертен для своего рабочего диапазона температур; диоксид углерода экологичен для окружающей среды; можно использовать в субкритических, транскритических и сверхкритических областях благодаря своим эффективным свойствам хладагента. [13-17]. В представленных отечественных и зарубежных материалах отмечено, что значительное влияние на степень внедрения CO_2 как хладагента в отечественные холодильные системы играет квалификация обслуживающего

персонала.

Отдельно стоит отметить неожиданное использование углекислоты для чистки поверхностей. В статье [1] описан процесс дробеструйной обработки сухим льдом. Благодаря разгону твердых частиц CO_2 до скорости 340 м/с происходит механическая очистка поверхности машин и аппаратов пищевых производств, а проходящий при этом процесс сублимации позволяет увеличить хрупкость налетов и грязей за счет низкой температуры. Процесс похож на пескоструйную обработку, дробеструйную обработку пластмассовыми шариками или содоструйную обработку. Данная технология пока широко не распространена в отечественной пищевой промышленности.

Результаты исследования и их обсуждение

Проведенный анализ литературы показал, что применение CO_2 в пищевой промышленности имеет широкий потенциал внедрения. В рамках импортозамещения и создания конкуренции в пищевой промышленности, а также улучшения качества продуктов питания для населения, добавление углекислоты может использоваться для улучшения отжима растительных масел, криоизмельчения, сушки и др. Уникальные свойства диоксида углерода позволяют внедрению в холодильную отрасль в рамках Киотского протокола. Использование CO_2 вместо фреонов снижает влияние антропогенного фактора на озоновый слой и энергозатраты на создание искусственного холода. Новаторским является способ очистки поверхности с помощью CO_2- струйной обработки, которая еще малознакома промышленникам. Данный вид обработки позволяет эффективно и за короткие сроки очистить поверхность аппаратов пищевой промышленности от налетов, грязи или клея, с учетом необходимы требований безопасности. Далее подробней остановимся на каждом актуальном способе использование углекислоты.

1. Углекислота как растворитель для процесса экстрагирования

Экстрагирование – извлечение компонентов с применением растворителя. Главные недостатки экстрагирования органическими растворителями –

пожароопасность и опасность в отношении здоровья обслуживающего персонала при контакте с парами растворителя, а также высокие энергетические затраты для полного удаления растворителя из продуктов (масла и шрота), что необходимо для защиты потребителей. Механизм основной стадии процесса экстрагирования – диффузия, благодаря которой происходит перенос растворимых веществ из внутреннего объема к поверхности и далее во внешний объем растворителя.

Механизм отжима отличается от механизма экструдирования, но методы подготовки исходного материала идентичны. Процесс отжима с применением экструдеров дает 80 %-ый выход масла с хорошим качеством. Дополнительно можно увеличить выход масла при экструдировании до 90 %, добавляя растворитель. Перспективными считаются растворители из числа сверхкритических жидкостей. В большинстве случаев применяется двуокись углерода.

При этом, важно снизить давление в рабочей зоне экструдера и увеличить эффективность отжима, что сделает отжим конкурентоспособным с экстракционным извлечением масла [5].

Поэтому широкое применения набирает использование CO_2 в отжиме растительного масла из семян подсолнечника. Семена подсолнечника - источник биоактивных соединений, таких как: растительные масла (около 50 мас. %), гликозиды, жирные кислоты, витамины (E, B1 и B5), алкалоиды, минералы и белки.

Традиционные методы экстракции (например, гидродистилляция и экстракция растворителем) имеют недостатки: использование большого количества органических растворителей; необходимость отделения растворителя от экстрагируемого продукта; низкая селективность процесса; токсичность и горючесть органических растворителей и деградация термолабильных биоактивных компонентов. Достижение адекватного выхода традиционными методами требует больших затрат времени и энергии.

В работе [4] выполнены исследования, демонстрирующие влияние эксплуатационных параметров на эффективность сверхкритической экстракции семян подсолнечника с помощью газообразной углекислоты. Отмечено, что значительную роль оказывает размер самого масличного материала: чем меньше размер, тем выше эффективность. Результаты показывают, что изменения температуры и давления по сравнению с размером частиц в процессе эффективности экстракции оказывают меньшее влияние. Уменьшение размера масличного материала увеличило эффективность экстракции на 75 %. При повышении температуры на 16 % и увеличении давления примерно на 5 % наблюдалось увеличение эффективности экстракции.

Приоритетное использование сверхкритической жидкости в качестве процесса экстракции растворителем обусловлено важными свойствами: проницаемостью, высокой растворимостью жидкости, сверхкритическим влиянием на твердый материал за счет растворения экстрактом масла. Еще одним преимуществом экстракции сверхкритической жидкой углекислотой является низкая рабочая температура и возможность полного отделения экстрагируемого продукта за счет снижения давления [4].

В другой работе [6] отмечалось, что взаимодействие между температурой и давлением наоборот оказывало значительное влияние на процесс экстракции, в то время как другие параметры взаимодействия были незначительными.

Как правило, повышение температуры создает двойной эффект. С одной стороны, повышение температуры приводит к снижению плотности CO_2, что уменьшает извлечение. С другой – высокая температура увеличивает давление испарения растворенного вещества, что приводит к повышенному извлечению.

Кроме того, за пределами давления приблизительно 27,5 МПа, влияние летучести преобладает над влиянием плотности, что приводит к повышенной растворимости при повышении температуры.

Однако, изменение давления несет два противоположных эффекта: увеличение плотности сверхкритической углекислоты, что улучшает

растворимость и степень извлечения. И наоборот, повышение давления снижает коэффициент диффузии и конвективного массопереноса, что вызывает низкое извлечение. Эти встречные эффекты давления также наблюдались при экстракции растворенных веществ из других растительных материалов.

Повышение давления с 10 МПа до 16,9 МПа при оптимальном значении других рабочих условий увеличило степень извлечения с 47,54 % до 52,08 %, но при дальнейшем повышении давления с 16,9 МПа до 30 МПа преобладал эффект снижения проницаемости и коэффициента массообмена.

Важным фактором в статье [6] является скорость потока. Анализ показал, что скорость потока оказывает положительное линейное влияние и отрицательное квадратичное влияние на извлечение. Увеличение скорости потока диоксида углерода с 0,6 мл/мин до 1,64 мл/мин (в то время как другие переменные были сохранены постоянными на оптимальных значениях) уменьшило толщину пленки вокруг твердых частиц и привело к более низкому внешнему массообменному сопротивлению вокруг ядер семян подсолнечника, что позволило увеличить степень извлечения масла с 37,75 % до 52,08 %.

При этом, кроме скорости важным аспектом является длительность воздействия газообразной углекислоты на масличный материал. Динамическое время экстракции имело положительный линейный эффект на извлечение из-за прохождения свежего растворителя через неподвижный слой ядер подсолнечника. Однако, при более длительном времени экстракции отрицательный квадратичный эффект также становился значительным. Легкодоступные растворенные вещества быстро были удалены во время процесса, что привело к снижению скорости экстракции, а диффузия и конвекция вышли на первый план. Извлечение в основном контролировалось диффузией до тех пор, пока не исчезла эффективная движущая сила массопереноса. Оптимальное время экстракции составило 104,6 мин. Увеличение извлечения произошло с 41,31 % до 52,08 % с изменением по времени с 40 до 104,6 мин.

Представленная работа демонстрирует, что линейные условия давления, температуры, динамического времени экстракции и расхода CO_2 оказали существенное влияние на извлечение при экстракции. Взаимодействие между температурой и давлением было наиболее значимым. Оптимальными рабочими условиями были определены: температура 40°С, давление 16,9 МПа, скорость потока газообразного CO_2 1,6 мл/мин и время экстракции 104,6 мин, что привело к максимальному извлечению растительного масла – 52,08 % [6].

В работе [7] были представлены данные, которые демонстрировали зависимость температуры прессования в зависимости от частоты вращения шнека экструдера и гидравлического сопротивления формирующей матрицы (рисунок 3).

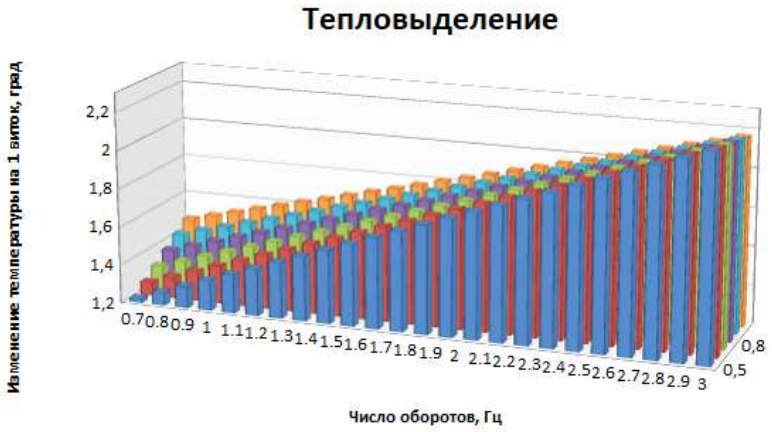


Рисунок 3 – Тепловыделение шнека без добавления углекислоты

В результате экспериментальных исследований получена математическая модель изменения температуры мятки на 1 виток шнека, анализ которого показал возможность активного регулирования температурного поля. При этом, наибольшее деформирование материала и изменение давления особенно значительно на стадии выхода из отверстия матрицы [8]. Физическое моделирование процесса снижения температуры мятки с помощью добавления сухого льда показало высокую эффективность предлагаемого технологического приема [7].

Также в литературе встречается использование CO_2 для излечения масла авокадо, для обработки различных соков, для извлечения масел из ракообразных и др. Использование субкритической углекислоты в процессе экстракции позволило получить масло из авокадо с высоким содержанием йода, но более низким содержанием свободных жирных кислот и показателей омыления. Использование сверхкритической экстракции CO_2, использующееся при получении масла из отходов тигровых креветок, продемонстрировало хорошее соотношение насыщенных, мононенасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот [9-11].

Двуокись углерода, имея широкий диапазон термодинамических параметров, обладает уникальными свойствами селективного растворителя. Это свойство применяется при экстрагировании ценных компонентов из пряноароматического, эфирномасличного и лекарственного растительного сырья. Благодаря высокой плотности высокомолекулярные и полярные вещества обладают высокой растворимостью в сверхкритическом диоксиде углерода. Наличие таких свойств способствует появлению новых направлений в пищевой промышленности: взрывное и криоизмельчение, фракционирование, сушка и др [12].

2. Углекислота как хладагент

После изобретения холодильного цикла с паровым компрессором Эванс и Перкинс в 1834 году изобрели цикл охлаждения с парообразованием. Последующие успешные попытки были предприняты Александром Твайнингом, Горри, Харрисоном и Линде.

Таддеус Лоу в 1866 году построил первую в мире систему для производства сухого льда. Затем в 1880 году Виндхаузен создал первый компрессор на CO_2 (фреон R744). Компрессор Виндхаузена был одобрен британской компанией J and E. Hall, которая в 1890 году построила морской холодильник. В Соединенных Штатах производство этих холодильников было начато в 1897 году компанией Kroeschell Bros Ice Making Company.

С появлением основанного на водном аммиаке абсорбционного цикла, массовое распространение CO_2 как хладагента было остановлено до тех пор, пока не был обнаружен феномен разрушения озонового слоя.

Принятие Киотского протокола 1997 г. с целью сокращения выбросов парниковых газов в атмосферу Земли наложило ряд ограничений на хладагенты. Главной задачей производителей хладагентов стало снижение показателя потенциала глобального потепления (ПГП). Вначале ограничения затрагивали хладагенты с ПГП больше 2500, но постепенно уровень допустимого ПГП опустился до 150. Показатели различных хладагентов и показатели ПГП показаны на рисунке 4.

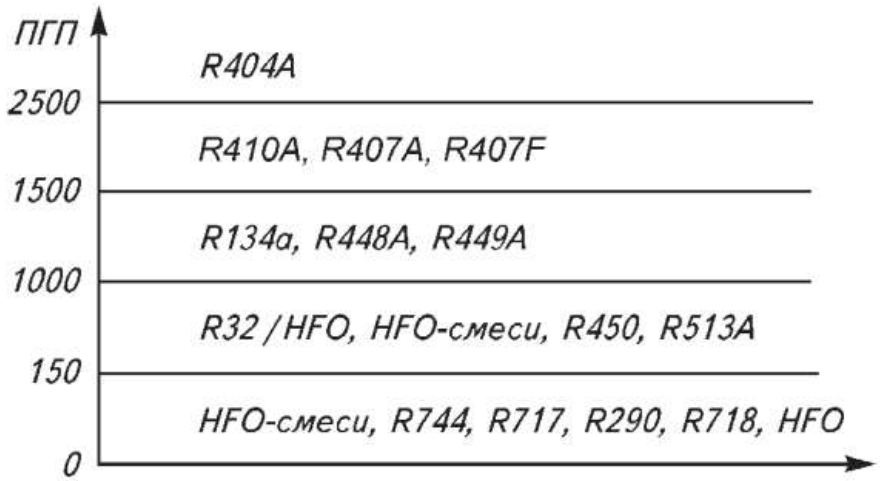


Рисунок 4 – Регулируемые Киотским протоколом хладагенты и их потенциалы глобального потепления [13]

Как видно из рисунка 4 в основании находятся гидрофторолефины и природные хладагенты с ПГП от 0 до 150. Более расширенный список хладагентов и основные рабочие параметры представлен в таблице 1.

Преимущества двуокиси углерода как к хладагенту сводятся к следующему: не вызывает коррозии, нетоксичен и не воспламеняется; недорогой и не требует рециркуляции; критическое давление 73,8 бар является умеренным, и он относительно инертен для своего рабочего диапазона температур; диоксид

углерода экологичен для окружающей среды; его можно использовать в субкритических, транскритических и сверхкритических областях благодаря своим эффективным свойствам хладагента. Низкая критическая температура благоприятствует использованию CO_2 в умеренных температурных циклах от 30°С до 200°С, а его теплопроводность и транспортные свойства позволяют использовать в качестве хладагента. Высокое давление пара и объемная холодопроизводительность позволяет уменьшить размеры холодильных систем на диоксиде углерода [14].

Таблица 1 – Природные хладагенты [13]

Хладагент	Обозначение	$T_{о,н}$, °С	$T_{кр}$, °С	$P_{кр}$, МПа
Этан	R170	-88,6	32,18	4,671
Пропан	R290	-42,38	96,7	4,248
Н-бутан	R600	-0,88	151,01	3,796
Изобутан	R600a	-11,94	134,7	3,64
Аммиак	R717	-33,33	132,22	11,34
Диоксид углерода	R744	-78,4	30,98	7,377
Воздух	R729	-194,58	-140,63	3,79
Вода	R718	99,61	373,95	22,06

Использование природных хладагентов вынуждает иметь персонал с высоким уровнем компетенций и знаний техники безопасности из-за повышенных рабочих давлений при эксплуатации холодильного оборудование. Высокие давления в области рабочих температур предъявляют специальные требования к холодильному оборудованию, работающему на CO_2, которые необходимо учитывать при разработке проекта холодоснабжения предприятий. Требования безопасности также распространяются при транспортировке и хранении углекислоты [13].

В среднесрочной перспективе стоимости систем на синтетических хладагентах и на природных хладагентах будут сближаться из-за жестких ограничений применения гидрофторуглеродов, и вскоре холодильные системы на CO_2 будут окупать себя [15].

Законодательное давление на фторуглеводородные и

хлорфторуглеводородные фреоны, вызванное Кигалийскими поправками к Монреальскому протоколу, создает новые рыночные возможности для технологий, которые не зависят от этих хладагентов. CO_2 уже занял долю рынка коммерческого охлаждения в некоторых странах мира. С ростом числа поставщиков основное внимание уделяется повышению энергоэффективности систем и снижению затрат. Скорость внедрения технологий будет определяться разработкой технической документации и наличием технических специалистов, способных квалифицированно установить и обслуживать оборудование. Разработка больших компрессоров и других ключевых компонентов системы делает возможным использование систем на основе CO_2 в промышленных холодильных установках различного размера, с охлаждающей мощностью до 2-3 МВт [16, 17].

3. Для охлаждения мяса птицы

Увеличение населения планеты ведет к увеличению потребления мяса птицы. При этом, производители и потребитель отдают предпочтение охлаждённому мясу: охлажденное мясо обладает высокой пищевой ценностью, лучше по вкусовым и визуальным показателям, при это энергозатраты на хранение ниже, чем у замороженного.

Однако, охлажденная птица хранится несколько суток. Традиционные методы охлаждения имеют недостатки: потеря массы; ухудшение товарного вида; долгий процесс охлаждения; поглощение тушками птицы влаги, которая способствует развитию микроорганизмов. Использование диоксида углерода в технологиях, предусматривающих непосредственный его контакт с продуктом, является перспективным направлением.

Разработанная конструкция аппарата позволяет подавать снегообразный диоксид во внутреннюю полость тушек птицы (после чего отправлять на реализацию) и выполнять транспортировку. Во внутреннюю часть туши птицы массой 2,5 кг помещается до 0,210 кг снегообразного CO_2 (отношение 1 к 11,9).

В случае если транспортировка происходит не в рефрижераторах, а в

простом грузовом автотранспорте, сублимация снегообразного диоксида углерода не даст испортиться охлажденному мясу. Экспериментально доказано, что при 20°С сублимация всего снегообразного CO_2 происходит в течение 62,1 мин, а среднеобъемная температура устанавливается в пределах 2 °С.

Процесс охлаждения внутреннего слоя мяса до достижения криоскопической температуры проходит интенсивно, после чего температура падает незначительно. Это объясняется тем, что часть снегообразного CO_2 сублимировала и между костным скелетом тушки и хладагентом образовалась газовая подушка, обеспечивая равномерное формирование температурного поля по всему объему тушки и создающая термическое сопротивление теплоотдаче [18].

Внутренняя полость тушки после полной сублимации CO_2 неподморожена, так как снегообразный диоксид углерода занимает внутреннюю полость птицы, защищенную костным скелетом, а потому не имеет непосредственного контакта с мясом.

С уменьшением массы цыпленка-бройлера пропорционально уменьшается объем внутренней полости, поэтому количества снегообразного CO_2 для тушек массой от 1,0 до 0,70±0,05 кг, оказывается недостаточно для достижения нормируемой температуры. В этом случае дополнительно задействуют принудительную подачу газообразной углекислоты в объем охлаждающего агрегата [19].

Разработанная технология может быть использована и при производстве других видов мяса. Снегообразный диоксид углерода, размещенный во внутренней полости туш, сублимируется за счет теплоты, отводимой от тушки. При соблюдении необходимых пропорций массы углекислоты к массе тушки удается добиться оптимальной температуры хранения охлажденного мяса без его подмораживания.

Стоит отметить, что при охлаждении тушек только снегообразным диоксидом углерода сокращается его расход, в отличие от способа охлаждения с

применением газообразного CO_2 из-за более высокой теплоемкости диоксида углерода, находящегося в твердой фазе [20].

4. Углекислота для чистки поверхностей пищевой промышленности

CO_2-струйная обработка – это метод обработки поверхностей, в котором в качестве очищающего средства используется углекислота в твердой форме.

Дробеструйная обработка сухим льдом похожа на пескоструйную обработку, дробеструйную обработку пластмассовыми шариками или содоструйную обработку. Среда разгоняется в потоке воздуха под давлением для воздействия на очищаемую или подготавливаемую поверхность. Дробеструйная обработка углекислотой работает благодаря трем факторам: кинетическому эффекту, термоударному эффекту и термокинетическому эффекту.

Кинетический эффект в процессе струйной обработки сухим льдом отвечает за большую часть эффекта очистки. Когда частицы сухого льда попадают в поток сжатого воздуха, они ускоряются и ударяются о поверхность со скоростью приблизительно 340 м/с, что вызывает растрескивание и разрыхление загрязнений. Скорость частиц в основном зависит от давления струи и аэродинамики. На нее сильно влияют тип сопла, размер частиц, форма твердых частиц.

Эффект теплового удара заключается в следующем: низкая температура сухого льда (78,51 °C) заставляет загрязнитель сжиматься и становиться хрупким, что способствует удалению. Температурный градиент, созданный между загрязнителем и подложкой, способствует быстрому образованию микротрещин в загрязнителе, вызывая разрушение связи между загрязняющим материалом и подложкой. Это позволяет сухому льду более эффективно проникать в загрязнение. Охлаждение происходит только на поверхности и не приводит к быстрому охлаждению очищаемого оборудования. При этом, параллельно происходит теплопередача между сухим льдом и поверхностью, что вызывают мгновенную сублимацию твердого CO_2 в газ. Как показано на рисунке 5, твердый диоксид углерода расширяется до объема, почти в 800 раз

превышающий первоначальный объем, и поднимает загрязнитель с подложки.

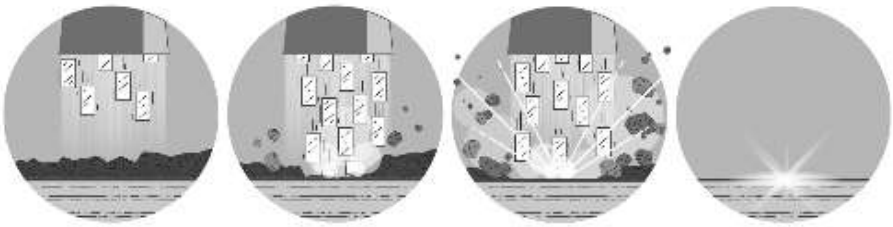


Рисунок 5 – Воздействие сухого льда на поверхность

Поскольку среда из сухого льда сублимируется при контакте, струйная обработка сухим льдом – это сухой процесс, не оставляющий вторичных остатков. Очистка сухим льдом является экологически безопасной. Хотя не существует способа полностью предотвратить попадание CO_2 в атмосферу (сухой лед постоянно сублимируется со скоростью 3-5 %, когда он не используется), создание сухого льда дает CO_2 вторую жизнь, прежде чем он возвращается в атмосферу.

Дробеструйная обработка твердой углекислотой не наносит вреда очищаемой поверхности. Частицы сухого льда относительно мягкие по сравнению с другими видами абразивных материалов. При очистке CO_2 не происходит травления, профилирования или изменения размеров поверхности, более твердой, чем сухой лед.

Конвейерные системы могут быть покрыты маслами, воском, приправами, крошками, клеем и липкими этикетками. Использование воды для очистки– трудоемкий процесс, поскольку электрические компоненты необходимо обернуть, а водные отходы собрать до возобновления производства. Удаление излишков воды затруднительно, а ее избыток может привести к размножению бактерий и загрязнению продукции. Очистка сухим льдом - это сухой процесс, что делает его идеальным решением для очистки конвейеров в пищевой промышленности и производстве напитков, поскольку время простоя для очистки сводится к минимуму (рисунок 6).

Рисунок 6 – Пример очистки конвейера

Сухая ледяная обработка удаляет клей (рисунок 7), одновременно удаляя пыль и мусор, что обеспечивает быструю очистку, сокращает трудозатраты и увеличивает время безотказной работы.

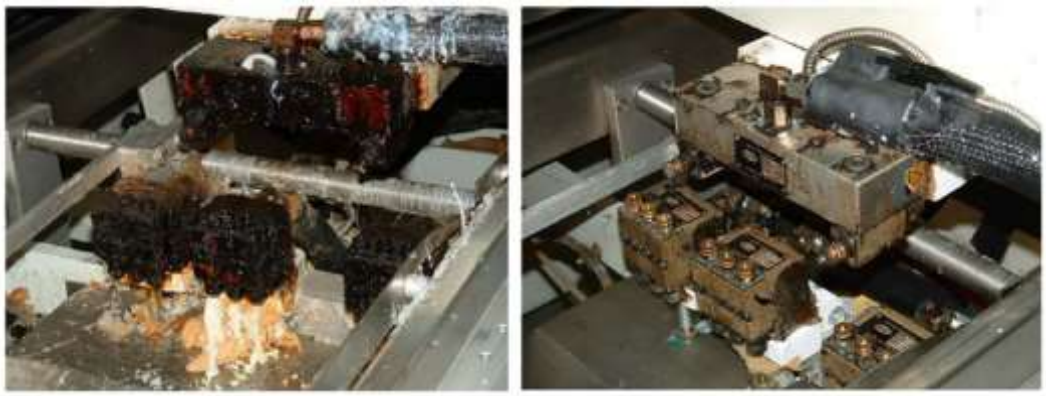


Рисунок 7 – Пример удаление клея

При очистке сухим льдом нет риска повреждения критических поверхностей, таких как режущие барабаны, устройство захвата, форсунки или конвейерное оборудование.

Способ очистки также может повлиять на вкус, технологию и общее качество готового продукта в пищевом производстве. Из-за санитарных проблем вода не идеальное средство очистки, так как является благоприятной средой для роста бактерий и развитию коррозии. Использование твердой углекислоты

создает газовый туман с отрицательной температурой, в котором угроза размножение бактерий ниже.

CO_2-струйная обработка может использоваться при очистке поверхностей оборудования для розлива и бочек. Сухой лед является превосходным средством очистки по сравнению с традиционными способами очистки: мойка под давлением, химикаты и ручная очистка. При использовании очистки сухим льдом оборудование для розлива не подвергается разрушающему воздействию очищающих растворов.

При использовании CO_2-очистки с бочки удаляется 1,27 тысячных долей миллиметра насыщенной вином древесины (рисунок 8), обнажая ароматы поджаренного дуба. Благодаря очистки полезная поверхность древесины увеличивается, что позволяет бочкам отдавать больше дубовых летучих веществ в вино. Это увеличивает оставшийся аромат с 30 % до примерно 60 %. Струйная обработка сухим льдом удаляет кристаллы спирта и остатки старого вина, что позволяет бочке дышать и насыщать продукцию кислородом. Вдобавок, снимая небольшой слой пропитанной вином древесины, можно удалить споры плесени, не нарушая структурной целостности бочки.

Рисунок 8 – Пример очистки бочек

Очистка с помощью диоксида углерода увеличивает срок службы дубовых бочек. Традиционно бочки служат 3-4 года, прежде чем их необходимо заменить.

Устранив необходимость повторного обжига бочек после очистки, виноделы могут получить как минимум дополнительный год эксплуатации бочек.

Очистка сухим льдом обеспечивает быструю, сухую очистку, которая улучшает качество готовой продукции и продлевает срок службы оборудования. Она также является экологически безопасной, поскольку использует нетоксичный CO_2 и сокращает потоки вторичных отходов за счет исключения или сокращения использования химических веществ и воды. Чистка сухим льдом делает уборку более простой и тщательной и позволяет предприятиям по производству продуктов питания и напитков быстро и легко соответствовать строгим стандартам чистоты [1].

Выводы. Представленная статья демонстрирует разнонаправленное использование диоксида углерода в пищевой промышленности. Доказано, что использование CO_2 в качестве растворителя для экстракции представляет перспективное направление в рамках мирового тренда на «зеленые технологии». При этом, уже существуют математические модели, описывающие реальные процессы экструдирования с учетом физико-химических процессов, происходящих в рабочей зоне [21], а установленные параметры кинетических зависимостей и реологических характеристик могут быть использованы в расчетах для оптимизации процесса экстракции для производства растительных масел [22, 23].

Диоксид углерода – эффективный природный хладагент, который широко внедряется в тренде зеленой повестки в области сохранения озонового слоя в рамках Киотского протокола. Использование углекислоты в различных формах при прямом воздействии позволяет добиться необходимой температуры хранения продуктов питания.

Новаторским является способ очистки поверхности с помощью CO_2-струйной обработки, которая еще малознакома промышленникам. Это говорит о том, что еще существует большое количество нерассмотренных методов использования углекислоты с пользой для человека.

Список использованной литературы:

1. *Vansant J., Rogiers C.* CO_2 Cleaning and pH Control in the Food Industry // Gases in Agro-Food Processes. 2019. P. 571-581.
2. ГОСТ 8050-85. Двуокись углерода газообразная и жидкая. М.: Издательство стандартов, 1995.
3. Свойства и применение углекислого газа. Физические и химические свойства углекислого газа. URL: https://ooluza.ru/svoistva-i-primenenie-uglekislogo-gaza-fizicheskie-i-himicheskie-svoistva/ (дата обращения: 19.05.2022).
4. *Bozorgian A.* Study of the effect operational parameters on the super critical extraction efficient related to sunflower oil seeds // Chemical Review and Letters. 2020. V. 3. No. 2. P. 94-97.
5. *Кошевой Е.П., Гукасян А.В., Косачев В.С.* «Зеленые» технологии с применением двуокиси углерода в пищевой промышленности // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2018. Т. 80. № 2 (76). С. 225-228. DOI: 10.20914/2310-1202-2018-2-225-228. EDN YBECLZ.
6. *Daraee A., Ghoreishi S.M., Hedayati A.* Supercritical CO_2 extraction of chlorogenic acid from sunflower (*Helianthus annuus*) seed kernels: modeling and optimization by response surface methodology // The Journal of Supercritical Fluids. 2019. V. 144. P. 19-27.
7. *Шилько Д.А., Косачев В.С., Гукасян А.В.* Изучение процесса экструдирования семян подсолнечника с добавлением CO_2 // Технологические особенности производства и применения CO_2-экстрактов из растительного сырья: Сборник материалов международной научно-практической конференции, Краснодар, 12 декабря 2018 года. Краснодар: ООО «Экоинвест», 2018. С. 38-42. EDN YYRJVZ.
8. *Кошевой Е.П., Косачев В.С., Меретуков З.А.* Теоретическое рассмотрение деформирования материала на выходе экструдера // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2004. № 5-6 (282-283). С. 86-88.
9. *Roy V.C. et al.* Recovery and bio-potentialities of astaxanthin-rich oil from shrimp (*Penaeus monodon*) waste and mackerel (*Scomberomous niphonius*) skin using concurrent supercritical CO2 extraction // The Journal of Supercritical Fluids. 2020. V. 159. P. 104773.
10. *Tan C.X. et al.* Comparison of subcritical CO2 and ultrasound-assisted aqueous methods with the conventional solvent method in the extraction of avocado oil // The Journal of Supercritical Fluids. 2018. V. 135. P. 45-51.
11. *Smigic N. et al.* The potential of foods treated with supercritical carbon dioxide (sc-CO2) as novel foods // British Food Journal. 2019.
12. *Гукасян А.В.* Перспективы развития инновационных пищевых технологий с применением обработки двуокисью углерода // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". 2016. № 14. С. 245-250. EDN ZHJRKV.
13. *Цветков О.Б., Лаптев Ю.А.* Рабочие вещества техники низких температур в контексте трех климатических соглашений // Холодильная техника. 2017. № 5. С. 34-37. EDN ZRRBXL.
14. *Dilshad S., Kalair A.R., Khan N.* Review of carbon dioxide (CO_2) based heating and cooling technologies: Past, present, and future outlook // International Journal of Energy Research. 2020. V. 44. No. 3. P. 1408-1463.
15. *Старовойтов С. В.* Экономические предпосылки применения природного хладагента CO_2 в холодильной технике // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2021. № 2 (82). С. 112-118. DOI: 10.46973/0201-727X_2021_2_112. EDN VXIISU.
16. *Wang D. et al.* Performance analysis and comprehensive comparison between CO2 and CO2/ethane azeotropy mixture as a refrigerant used in single-stage and two-stage vapor compression transcritical cycles // International Journal of Refrigeration. 2020. V. 115. P. 39-47.
17. *Шилько Д.А., Алешин В.И., Шурай П.Е., Шурай С.П.* Охлаждение винтовых компрессоров за счет эндотермических химических реакций // Наука молодых – будущее России: сборник научных статей международной научной конференции перспективных разработок

молодых ученых: в 3 томах, Юго-Западный государственный университет, 15-16 декабря 2016 года. Юго-Западный государственный университет: Закрытое акционерное общество «Университетская книга», 2016. С. 176-179. EDN XGZMTT.
18. *Шамаров М.В., Шилько Д.А.* Экспресс-заморозка жидких продуктов для проведения анализа // Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство: материалы V Международной научно-технической конференции, Воронеж, 16 ноября 2018 года. Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2018. С. 741-745. EDN YSLISD.
19. *Неверов Е. Н.* Разработка и исследование режимов работы аппарата для охлаждения тушек птицы // Вестник КрасГАУ. 2016. № 2 (113). С. 68-73. EDN VQVZUB.
20. *Неверов Е. Н.* Применение диоксида углерода для холодильной обработки тушек птицы // Техника и технология пищевых производств. 2015. № 4 (39). С. 111-115. EDN SYPSQG.
21. *Gukasyan A.V., Koshevoy E.P., Kosachev V.S.* Two-dimensional mathematical model of oil-bearing materials in extrusion-type transportation over rectangular screw core // Journal of Physics: Conference Series. 2018. V. 1015. P. 032051.
22. *Шорсткий И.А., Кошевой Е.П., Косачев В.С., Меретуков З.А.* Оценка влияния вида растворителя и подготовки масличного подсолнечного материала на кинетические зависимости процесса экстракции // Новые технологии. 2015. № 2. С. 46-50. EDN UBIEAV.
23. *Шорсткий И.А., Кошевой Е.П., Косачев В.С., Меретуков З.А.* Вязкость спиртовых суспензий измельченных семян подсолнечника // Новые технологии. 2015. № 3. С. 40-44. EDN VDHJCH.

References:

1. Vansant J., Rogiers C. CO_2 Cleaning and pH Control in the Food Industry // *Gases in Agro-Food Processes*, 2019, pp. 571-581. (In English).
2. *GOST 8050-85. Dvuokis ugleroda gazoobraznaya i zhidkaya. M.: Izdatel'stvo standartov* [State Standard 8050-85. Carbon dioxide gaseous and liquid]. Moscow, Standartinform Publ., 1995. (In Russian).
3. *Svojstva i primenenie uglekislogo gaza. Fizicheskie i himicheskie svojstva uglekislogo gaza* [Properties and application of carbon dioxide. Physical and chemical properties of carbon dioxide]. (In Russian). URL: https://ooluza.ru/svoistva-i-primenenie-uglekislogo-gaza-fizicheskie-i-himicheskie-svoistva/ (accessed 19.05.2022).
4. Bozorgian A. Study of the effect operational parameters on the super critical extraction efficient related to sunflower oil seeds. *Chemical Review and Letters*, 2020, vol. 3, no. 2, pp. 94-97. (In English).
5. Koshevoy E.P., Gukasyan A.V., Kosachev V.S. «Zelenye» tekhnologii s primeneniem dvuokisi ugleroda v pishchevoj promyshlennosti [“Green” technologies using carbon dioxide in the food industry]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernyh tekhnologij* [Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies], 2018, vol. 80, no. 2 (76), pp. 225-228. (In Russian). DOI: 10.20914/2310-1202-2018-2-225-228. EDN YBECLZ.
6. Daraee A., Ghoreishi S. M., Hedayati A. Supercritical CO_2 extraction of chlorogenic acid from sunflower (*Helianthus annuus*) seed kernels: modeling and optimization by response surface methodology. *The Journal of Supercritical Fluids*, 2019, vol. 144, pp. 19-27. (In Russian).
7. Shilko D.A., Kosachev V.S., Gukasyan A.V. Izuchenie processa ekstrudirovaniya semyan podsolnechnika s dobavleniem CO_2 [Study of sunflower seed extrusion process with CO_2 addition]. *Tekhnologicheskie osobennosti proizvodstva i primeneniya CO_2-ekstraktov iz rastitel'nogo syr'ya: Sbornik materialov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Krasnodar, 12 dekabrya 2018 goda* [Technological features of production and application of CO2-extracts from plant raw materials: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Krasnodar, December 12, 2018]. Krasnodar, Ekoinvest Publ., 2018, pp. 38-42. EDN YYRJVZ. (In Russian).

8. Koshevoy E.P., Kosachev B.C., Meretukov Z.A. Teoreticheskoe rassmotrenie deformirovaniya materiala na vyhode ekstrudera [Theoretical consideration of material deformation at the extruder outlet]. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Pishchevaya tekhnologiya* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Food Technology], 2004, no. 5-6 (282-283), pp. 86-88. (In Russian).
9. Roy V.C. et al. Recovery and bio-potentialities of astaxanthin-rich oil from shrimp (*Penaeus monodon)* waste and mackerel (*Scomberomous niphonius*) skin using concurrent supercritical CO_2 extraction. *The Journal of Supercritical Fluids,* 2020, vol. 159, pp. 104773. (In English).
10. Tan C.X. et al. Comparison of subcritical CO2 and ultrasound-assisted aqueous methods with the conventional solvent method in the extraction of avocado oil. *The Journal of Supercritical Fluids,* 2018, vol. 135, pp. 45-51. (In English).
11. Smigic N. et al. The potential of foods treated with supercritical carbon dioxide (sc-CO2) as novel foods. *British Food Journal,* 2019. (In English).
12. Gukasyan, A. V. Perspektivy razvitiya innovacionnyh pishchevyh tekhnologij s primeneniem obrabotki dvuokis'yu ugleroda [Prospects for the development of innovative food technologies using carbon dioxide treatment]. *Elektronnyj setevoj politematicheskij zhurnal «Nauchnye trudy KubGTU»* [Electronic networked journal “Scientific Proceedings of Kuban State Technical University”], 2016, no. 14, pp. 245-250, EDN ZHJRKV. (In Russian).
13. Cvetkov O.B., Laptev U.A. Rabochie veshchestva tekhniki nizkih temperatur v kontekste trekh klimaticheskih soglashenij [Working Substances of Low Temperature Engineering in the Context of Three Climate Agreements]. *Holodil'naya tekhnika* [Refrigeration appliances], 2017, no. 5, pp. 34-37. EDN ZRRBXL. (In Russian).
14. Dilshad S., Kalair A. R., Khan N. Review of carbon dioxide (CO_2) based heating and cooling technologies: Past, present, and future outlook. *International Journal of Energy Research,* 2020, vol. 44, no. 3, pp. 1408-1463. (In English).
15. Starovojtov S.V. Ekonomicheskie predposylki primeneniya prirodnogo hladagenta SO_2 v holodil'noj tekhnike [Economic prerequisites for the use of natural CO2 refrigerant in refrigeration engineering]. *Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshcheniya* [Bulletin of Rostov State University of Railway Transport], 2021, no. 2 (82), pp. 112-118. (In Russian). DOI 10.46973/0201-727X_2021_2_112. EDN VXIISU. (In Russian).
16. Wang D. et al. Performance analysis and comprehensive comparison between CO_2 and CO_2/ethane azeotropy mixture as a refrigerant used in single-stage and two-stage vapor compression transcritical cycles. *International Journal of Refrigeration*, 2020, vol. 115, pp. 39-47.
17. Shilko D.A., Aleshin V.I., Shuraj P.E., Shuraj S.P. Ohlazhdenie vintovyh kompressorov za schet endotermicheskih himicheskih reakcij [Cooling of screw compressors by endothermic chemical reactions]. *Nauka molodyh – budushchee Rossii: sbornik nauchnyh statej mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii perspektivnyh razrabotok molodyh uchenyh: v 3 tomah, Ugo-Zapadnyj gosudarstvennyj universitet, 15-16 dekabrya 2016 goda. YUgo-Zapadnyj gosudarstvennyj universitet* [Science of the young – the future of Russia: collection of scientific articles of the international scientific conference of promising developments of young scientists: in 3 volumes, Southwestern State University, December 15-16, 2016]. Ugo-Zapadnyj gosudarstvennyj universitet, Zakrytoe akcionernoe obshchestvo “Universitetskaya kniga” Publ., 2016, pp. 176-179. EDN XGZMTT. (In Russian).
18. Shamarov M.V., Shilko D.A. Ekspress-zamorozka zhidkih produktov dlya provedeniya analiza [Express freezing of liquid products for analysis]. *Innovacionnye tekhnologii v pishchevoj promyshlennosti: nauka, obrazovanie i proizvodstvo: materialy V Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoj konferencii, Voronezh, 16 noyabrya 2018 goda.* [Innovative technologies in the food industry: science, education and production: materials of the V International Scientific and Technical Conference, Voronezh, November 16, 2018.]. Voronezh, Voronezhskij gosudarstvennyj universitet inzhenernyh tekhnologij, 2018, pp. 741-745. EDN YSLISD. (In Russian).

19. Neverov E. N. Razrabotka i issledovanie rezhimov raboty apparata dlya ohlazhdeniya tushek pticy [Development and study of operating modes of the apparatus for cooling poultry carcasses]. *Vestnik KrasGAU* [Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University.], 2016, no. 2 (113), pp. 68-73. EDN VQVZUB. (In Russian).
20. Neverov E. N. Primenenie dioksida ugleroda dlya holodil'noj obrabotki tushek pticy [Application of carbon dioxide for refrigeration treatment of poultry carcasses]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevyh proizvodstv* [Technique and technology of food production.], 2015, no. 4 (39), pp. 111-115. EDN SYPSQG. (In Russian).
21. Gukasyan A.V., Koshevoy E.P., Kosachev V.S. Two-dimensional mathematical model of oil-bearing materials in extrusion-type transportation over rectangular screw core. *Journal of Physics: Conference Series*, 2018, vol. 1015, pp. 032051. (In English).
22. Shorstkiy I.A., Koshevoy E.P., Kosachev V.S., Meretukov Z.A. Ocenka vliyaniya vida rastvoritelya i podgotovki maslichnogo podsolnechnogo materiala na kineticheskie zavisimosti processa ekstrakcii [Evaluation of the influence of solvent type and sunflower oil preparation on the kinetic dependencies of the extraction process]. *Novye tekhnologii* [New technologies], 2015, no. 2, pp. 46-50. EDN UBIEAV. (In Russian).
23. Shorstkiy I.A., Koshevoy E.P., Kosachev V.S., Meretukov Z.A. Vyazkost' spirtovyh suspenzij izmel'chennyh semyan podsolnechnika [Viscosity of alcoholic suspensions of crushed sunflower seeds]. *Novye tekhnologii* [New technologies], 2015, no. 3, pp. 40-44. EDN VDHJCH. (In Russian).

Сведения об авторе / Information about author

Шилько	оператор 4-й научной роты
Денис Александрович	Военный инновационный технополис «ЭРА»
	353456, Краснодарский край, г. Анапа, Пионерский пр., 41
	maykop17@gmail.com
Shilko	operator of the 4th scientific company
Denis Alexandrovich	Military innovative technopolis “ERA”
	353456, Krasnodar Territory, Anapa, Pionersky blvd, 41
	maykop17@gmail.com

УДК 338.47:656

Алексахина Л.В.

РАЗВИТИЕ МОРСКОГО ТРАНСПОРТА КРЫМА КАК ОБЪЕКТ СТРАТЕГИРОВАНИЯ В НОВОЙ ГЕОПОЛИТИЧЕСКОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Аннотация. В статье рассмотрена сложившаяся проблемная ситуация в морском транспорте Крыма, выступающем элементом транспортной системы РФ и традиционно интегрирующим экономику региона. Представлены результаты проведенного горизонтального и вертикального анализа доходов и расходов Крымских морских портов в разрезе регулируемых, нерегулируемых и неплановых видов деятельности за 2018-2021 гг., детализированы расходы по экономически однородным статьям затрат. Представлена динамика непокрытого убытка. Обосновано, что промедление решения проблем отрасли ведет к утрате экономического и кадрового потенциала. Сформулированы выводы о причинах сложившейся ситуации в данном сегменте регионально-отраслевого пространства. Предложено рассматривать морской транспорт Крыма, в частности, портовое хозяйство в качестве объекта стратегирования в новой геополитической реальности. Представлено видение современного подхода к управлению развитием морского транспорта для создания качественного транспортно-логистического продукта.
Ключевые слова: морской транспорт, портовая инфраструктура, развитие, стратегирование.

Aleksakhina L.V.

THE DEVELOPMENT OF MARITIME TRANSPORT IN CRIMEA AS AN OBJECT OF STRATEGIZING IN THE NEW GEOPOLITICAL REALITY

Abstract. The article considers the current problematic situation in the maritime transport of the Crimea, which is an element of the transport system of the Russian Federation and traditionally integrates the economy of the region. The results of the horizontal and vertical analysis of income and expenses of Crimean seaports in the context of regulated, unregulated and unplanned activities for 2018-2021 are presented, expenses for economically homogeneous cost items are detailed. The dynamics of uncovered loss is presented. It is proved that the delay in solving the problems of the industry leads to the loss of economic and human potential. Conclusions are formulated about the causes of the current situation in this segment of the regional-industrial space. It is proposed to consider the maritime transport of the Crimea, in particular, the port economy as an object of strategizing in the new geopolitical reality. The vision of a modern approach to managing the development of maritime transport to create a high-quality transport and logistics product is presented.
Keywords: sea transport, port infrastructure, development, strategizing.

Введение. Морской транспорт как элемент транспортной системы РФ традиционно выступает интегрирующим экономику сегментом регионально-отраслевого пространства. Объекты морской транспортной инфраструктуры приморских регионов вносят значительный вклад в формирование производственных отношений в рамках экономической системы и требуют комплексного и системного подхода к функционированию, развитию, а также к

обеспечению экономической безопасности.

Создание качественного транспортно-логистического продукта в текущих условиях и в перспективе предполагает решение ряда стратегических и тактических вопросов, мониторинга ситуации, выявления и ликвидации возникающих проблемных ситуаций в отрасли, обусловивших их возникновение причин и требует формулировки целей, задач, механизмов достижения целевых индикаторов в отрасли. Особое значение имеет рассмотрение этих вопросов применительно к Республике Крым, обладающей протяженной береговой линией и особым экономико-географическим положением, но при этом характеризующейся существенной степенью недозагрузки производственных мощностей портового хозяйства по перевалке грузов, недополучением доходов государственной компанией «Крымские морские порты», сокращением рабочих мест в отрасли, ухудшением состояния технико-технологической базы портового хозяйства и подходных каналов, утратой источников развития и недофинансированием обновления морской инфраструктуры, дефицитом средств на проведение дноуглубительных работ, что ограничивает возможности портов по приему судов с большей осадкой [1]. Это весьма актуализирует рассмотрение возможностей обеспечения выживания отдельных субъектов хозяйствования и отрасли в целом, в связи с весьма существенной значимостью для региона.

Целью исследования является обоснование необходимости изменения подхода к управлению процессами в морском транспорте Крыма, в частности, в портовом хозяйстве Крыма в новой геополитической реальности.

Материалы и методы исследования. Современная динамика экономических процессов, коррелирующая с изменением геополитической ситуации, обусловливает необходимость использования принципов системного и комплексного подходов к исследованию. Существенная роль отведена методам экономико-статистического анализа, сравнительного анализа, методу научных абстракций, табличному и графическому методам репрезентации информации.

Результаты исследования и их обсуждение. Наибольшей долей

портовых мощностей в регионе, пригодных для полноценного функционирования всех составляющих вертикально-интегрированного цикла по созданию качественного транспортно-логистического продукта, владеет и распоряжается Государственное унитарное предприятие «Крымские морские порты» (ГУП РК «КМП»). Однако, в современных условиях его портовые мощности являются избыточными, ибо характеризуются значительной степенью недоиспользования, в связи с резким ограничением грузопотоков, проходящих через порты полуострова, что сопряжено с отрицательной динамикой показателей деловой активности и финансовых результатов деятельности, что негативно отражается на финансовом состоянии предприятия: его финансовой устойчивости и ликвидности, а также на уровне экономической безопасности.

На рисунке 1 представлена динамика доходов и расходов ГУП «Крымские морские порты» за 2018-2021 гг. Так, по регулируемым видам деятельности имеет место явно выраженная тенденция к резкому снижению доходов и расходов, но, если в 2018-2019 гг. на фоне общего снижения уровня доходы по данным видам деятельности превышали расходы, то в 2020 г. ситуация изменилась: при сохранившейся тенденции к снижению их уровня стало наблюдаться существенное превышение расходов над доходами (к 2021 г. более чем на 70 млн руб.).

Вместе с этим, за рассматриваемый период наблюдается неустойчивая тенденция к расширению объемов нерегулируемой деятельности, однако, за весь период 2018-2021 гг. расходы по данной группе превышали доходы, то есть вне зависимости от изменений в структуре оказываемых услуг финансовый результат деятельности предприятия не стал положительным.

Рассматривая непланируемые доходы и расходы в динамике за исследуемый период только в 2019 г. доходная часть денежных потоков превысила расходную, что не компенсировало полученные убытки в предыдущем и последующих периодах.

Детализация доходов и расходов по регулируемым и нерегулируемым видам деятельности в 2021 г. представлена на рисунках 2 и 3.

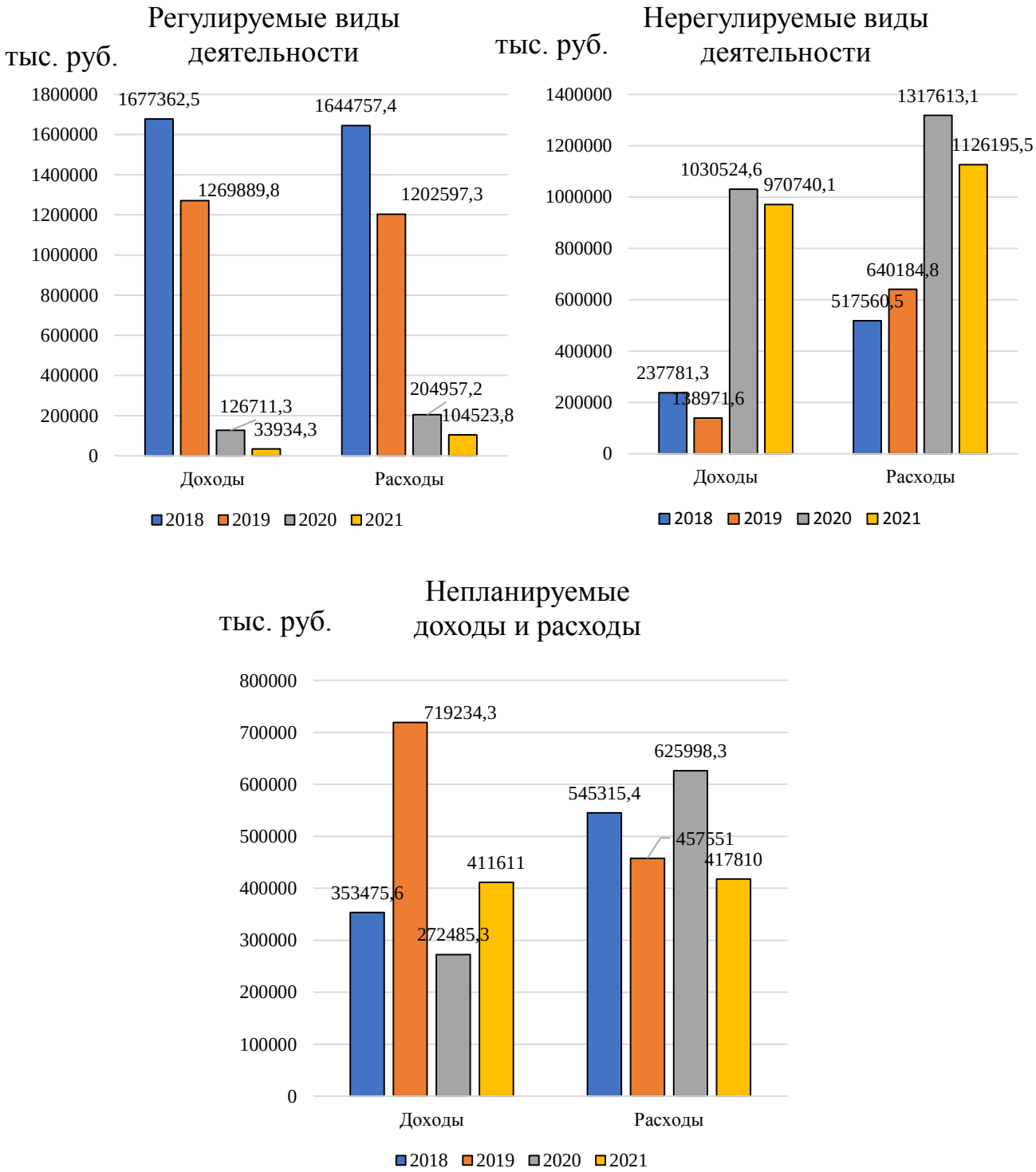
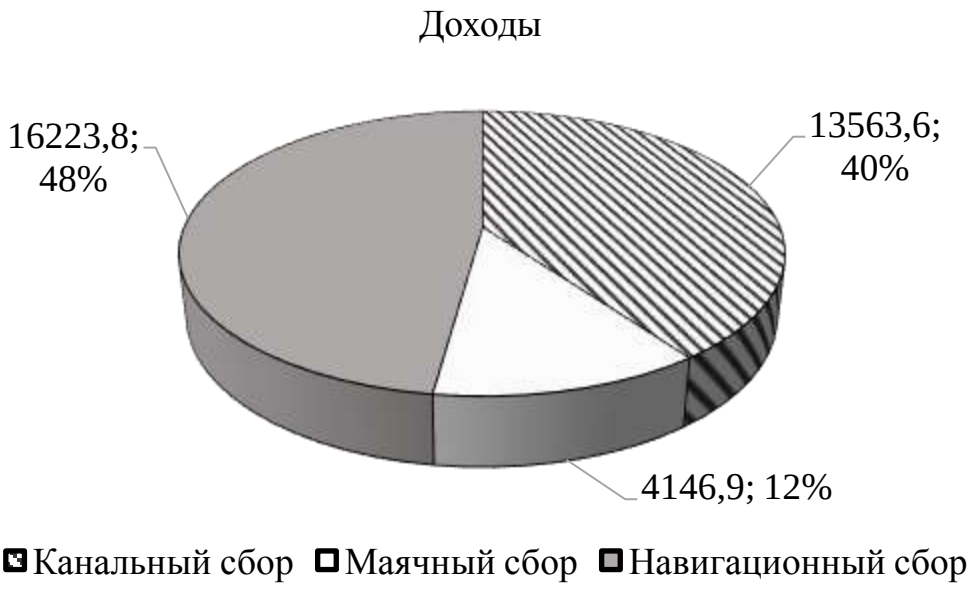


Рисунок 1 – Динамика доходов и расходов ГУП «Крымские морские порты» по группам видов деятельности (по критерию регулируемости и плановости) за 2018-2021 гг., тыс. руб.

Источник: составлено автором на основе данных [2]



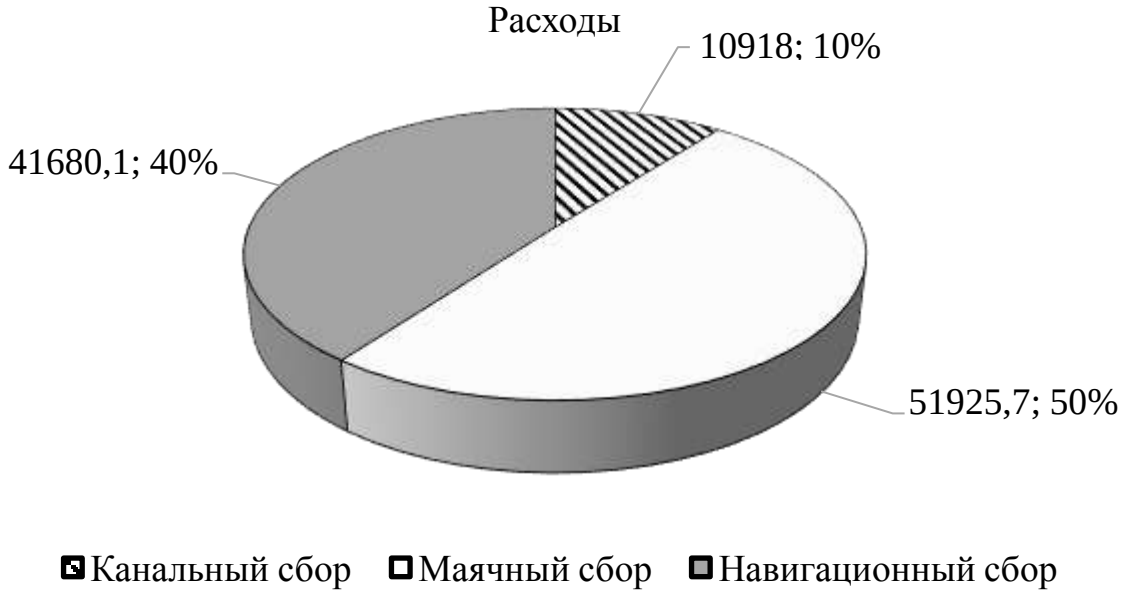


Рисунок 2 – Структура доходов и расходов ГУП «Крымские морские порты» в 2021 г. по регулируемым видам деятельности, тыс. руб., %

Источник: составлено автором на основе данных [2]

По данным о структуре доходов и расходов ГУП «Крымские морские порты» в 2021 г. по регулируемым видам деятельности видно, что в доходной части денежных потоков доминирует навигационный сбор (48 %), а в расходной части маячный сбор (50 %). При этом более, чем на 25 млн руб. расходы по

навигационному сбору превысили доходы в этой части, а по маячному сбору более чем на 47 млн руб.

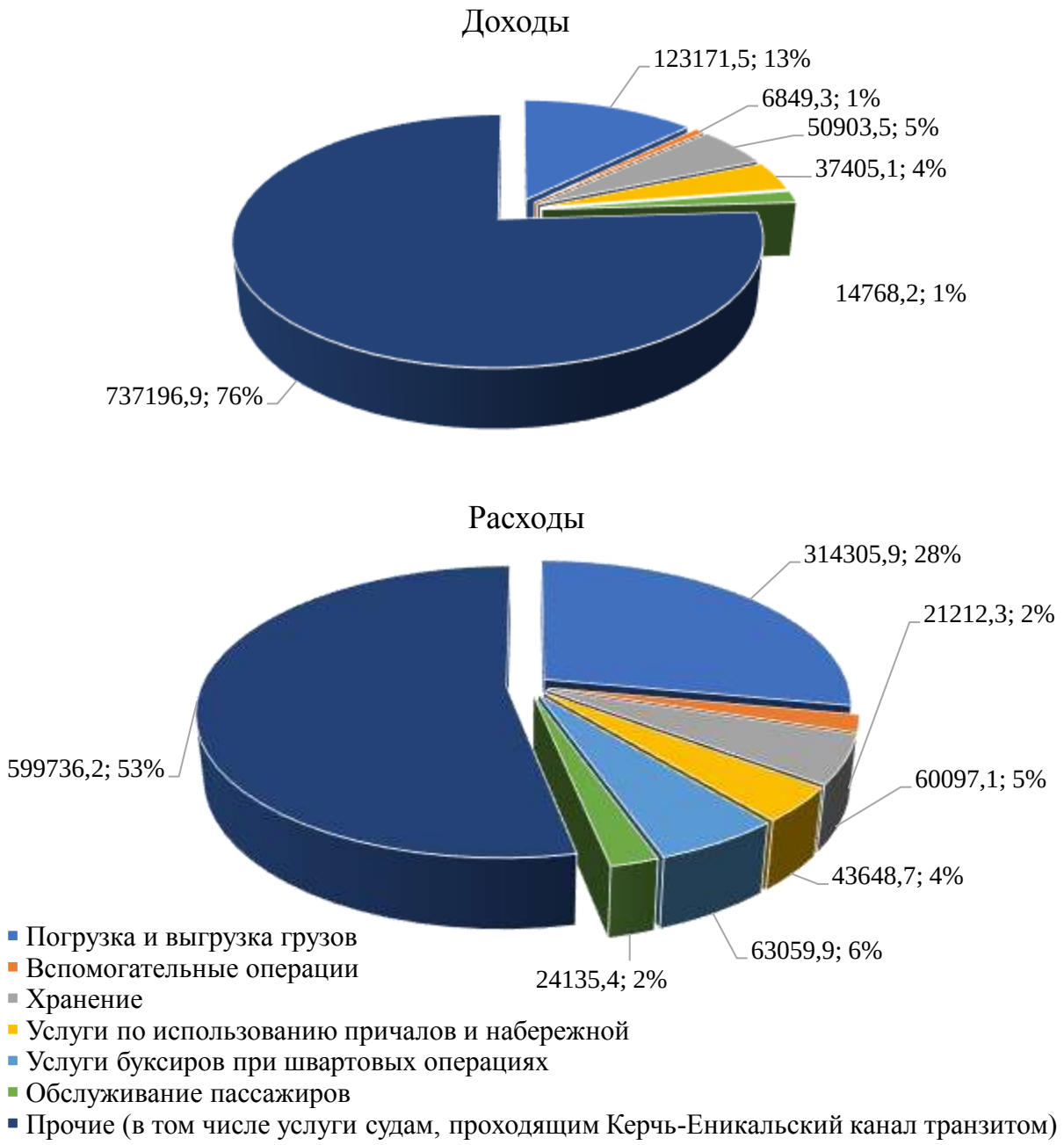


Рисунок 3 – Структура доходов и расходов ГУП «Крымские морские порты» в 2021 г. по нерегулируемым видам деятельности, тыс. руб., %

Источник: составлено автором на основе данных [2]

В структуре нерегулируемых видов деятельности как в доходной части (76 %), так и в расходной части (53 %) доминируют прочие виды деятельности,

основными среди которых выступают оказываемые услуги судам, проходящим Керчь-Еникальский канал транзитом. То есть имеет смысл констатировать существенное и прогрессирующее недоиспользование возможностей портового хозяйства по прямому производственному профилю.

Расходы ГУП «Крымские морские порты» за 2021 гг. в разрезе видов деятельности с точки зрения регулируемости и плановости детализированы по экономически однородным статьям на рисунке 4.

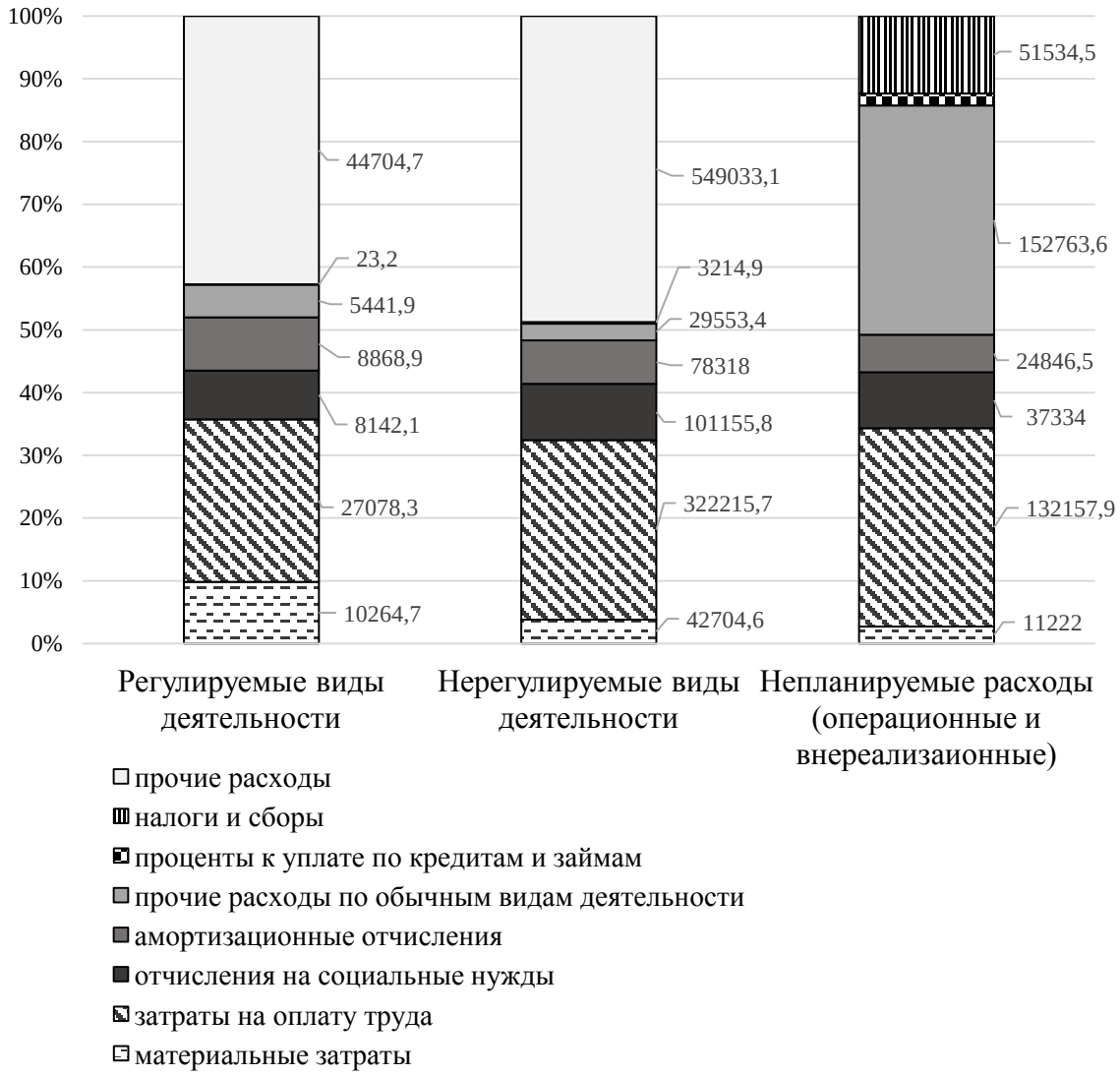


Рисунок 4 – Расходы ГУП «Крымские морские порты» за 2021 г. по элементам, тыс. руб., %

Источник: составлено автором на основе данных [2]

Так, довольно существенными статьями расходов выступают затраты на оплату труда с отчислениями на социальные нужды (более 30 %), прочие расходы (более 40 %) и прочие расходы по обычным видам деятельности (в операционных и внереализационных расходах более 35 %. Предприятие в сложных условиях продолжает сохранять рабочие места и накопленный кадровый потенциал.

Динамика непокрытого убытка базы исследования представлена на рисунке 5.

Рисунок 5 – Динамика непокрытого убытка ГУП «Крымские морские порты» за 2018-2021 гг., тыс. руб.

Источник: составлено автором на основе данных [2]

Итак, за исследуемый период прослеживается явно выраженная тенденция к росту непокрытого убытка ГУП «Крымские морские порты», который за четыре года приумножился в 2,71 раза и по состоянию на 31.12.2021 г. достиг значения 2513115 тыс. руб., что составляет 46,1 % от размера уставного капитала предприятия. При этом данное Крымские морские порты получили субсидий от Республики Крым в 2020 и 2021 гг. в объёме 173946 и 262993 тыс. руб. соответственно. Субсидирование в таком размере даже не компенсирует суммы

средств, направленные на оплату труда, не говоря уже о получаемых убытках.

Кроме политических причин, обусловивших такую ситуацию, это также следует рассматривать как одно из проявлений, так называемой стагфляционной ловушки, которая выражается в падении производства (и инвестиций, капитальных вложений в основные фонды, в частности) при наличии свободных производственных мощностей. Глазьев С.Ю. отмечает, что в такие сложные периоды «государство форсирует как государственный спрос на новую продукцию, так и государственную поддержку» [3].

Морской транспорт Крыма должен стать объектом реального стратегирования с доведением документов по стратегическому планированию до логического завершения, то есть до вывода предприятий морского транспорта (в частности, портового хозяйства) на объемы перевалки грузов и других оказываемых услуг выше точки безубыточности, а также дальнейшего устойчивого наращивания объемов оказываемых услуг с обеспечением возможностей обновления технико-технологической базы для успешной деятельности в условиях нового технологического уклада. От органов власти требуется уделить должное внимание к проблемам данной отрасли в Крымском регионе, чтобы не утратить ее вовсе.

Участие государства в поддержке предприятия позволит ему перестать вести «робкую» тарифную политику с необоснованным занижением тарифов при фактически монопольном положении в регионе.

Органам власти целесообразно обеспечить направление стабильного грузопотока через порты Крыма, предусмотреть целевое субсидирование предприятия на выполнение дноуглубительных работ, рассмотреть возможности снижения железнодорожного тарифа для экспортных грузов (или субсидирования Крымских портов в таком объеме), «предоставлять целевые кредиты, чтобы проекты, согласованные бизнесом в рамках государственно-частного партнёрства с соответствующими ведомствами, были реализованы» [4, с. 18].

Адресность, плановость, действенность и эффективность предоставления такой помощи предприятиям морского транспорта видится нам в рамках применения выработанного инструментария стратегического планирования, то есть путем формирования целостной системы стратегирования развития морского транспорта Крыма, тем более, что вопросам стратегирования развития в сфере морского транспорта, логистики, портового хозяйства в современной научной литературе уделяется достаточно большое внимание [3-10].

Так, методологическая база формирования взаимосвязанных процессов целеполагания, прогнозирования, планирования и программирования как составных элементов механизма управления, направленного на достижение приоритетных целей отрасли в регионе, достаточно полно сформирована отечественными и зарубежными [5] теоретиками и апробирована практиками стратегического планирования, которое выступает весьма актуальным подходом к разрешению противоречия между сложившимся реальным положением и желаемыми индикаторами состояния. Российской школой стратегического планирования [3, 4, 6-10] в достаточной степени разработан инструментарий, использование которого может помочь привести морской транспорт Крыма как важный сегмент российского экономического пространства к желаемому состоянию, учитывая роль, потенциальные возможности инфраструктуры региона и субъектов хозяйствования. При этом именно стратегическое планирование, в рамках которого прогнозы строятся, прежде всего, не на выявленных в ретроспективе тенденциях, а на тщательном изучении возможностей развития, вытекающих из неожиданных трансформаций элементов внешней среды прямого и косвенного воздействия.

Выводы. Портовое хозяйство Республики Крым в современной геополитической реальности нуждается в реализации срочных мер по ликвидации сложившейся проблемной ситуации в данной сфере региона, причем эти меры не должны быть приняты стихийно, морской транспорт требует реализации комплексного и системного подхода к управлению им на основе

реализации научно-обоснованного подхода к стратегированию его развития, прежде всего, для недопущения утраты сформированного экономического и кадрового потенциала с последующим обеспечением: долгосрочного конкурентного преимущества, востребованности, устойчивого развития, поддержки инициатив по росту качественного уровня и расширению ассортимента транспортно-логистических услуг, предоставляемых в регионе.

Так, существенные изменения в геополитической ситуации и вероятность возрождения железнодорожного сообщения с южными областями Украины после транспортной блокады, санкционный ответ РФ формируют новый логистический контур, существенна роль в котором, по нашему мнению, с необходимостью должна быть отведена портовому хозяйству Крыма при непременной его адресной поддержке со стороны Правительства Республики Крым, заключающейся в снижении затратности доставки экспортных грузов железнодорожным транспортом в морские порты Крыма, в обеспечении грузопотока прямым методом государственного регулирования данной отрасли, а также обеспечением льготного кредитования отрасли по ставкам существенно ниже среднеотраслевого уровня рентабельности, то есть удешевлением денег для субъектов предпринимательства в сфере морского транспорта.

Список использованной литературы:

1. *Алексахина Л.В.* Крымские морские порты: индикаторы состояния // Вестник КГМТУ. 2021. Выпуск 4. С. 287-301. URL: https://www.ejkgmtu.ru/?p=23307 (дата обращения: 05.06.2022).
2. Официальный сайт Крымских морских портов. URL: https://crimeaports.ru/ (дата обращения: 05.06.2022).
3. *Глазьев С.Ю.* О неотложных мерах по укреплению экономической безопасности России и выводу российской экономики на траекторию опережающего развития // Научные труды Вольного экономического общества России. 2015. № 7. С. 86-186. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/o-neotlozhnyh-merah-po-ukrepleniyu-ekonomicheskoy-bezopasnosti-rossii-i-vyvodu-rossiyskoy-ekonomiki-na-traektoriyu-operezhayuschego (дата обращения: 05.06.2022).
4. *Глазьев С.Ю.* Стратегическое планирование как интегративный элемент в системе управления развитием // Экономическое возрождение России. 2021. № 3 (69). С. 14-19. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/strategicheskoe-planirovanie-kak-integrativnyy-element-v-sisteme-upravleniya-razvitiem (дата обращения: 05.06.2022).
5. *Liliyani N.W., Harianto H., Safari A.* Development of value chain strategy of sea transport services' companies after spin off // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic

Sciences. 2019. No. 1 (85). P. 386-394. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/development-of-value-chain-strategy-of-sea-transport-services-companies-after-spin-off (дата обращения: 05.06.2022).

6. *Абрамов А.В., Волостных В.В.* Стратегия развития отечественного морского транспорта // Вестник Забайкальского государственного университета. 2019. Т. 25. № 10. С. 112-119. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/strategiya-razvitiya-otechestvennogo-morskogo-transporta (дата обращения: 05.06.2022).
7. *Балыбердин А.Л.* О стратегии развития морского транспорта России // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. 2011. № 2 (33). С. 11-13. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/o-strategii-razvitiya-morskogo-transporta-rossii (дата обращения: 05.06.2022).
8. *Ерыгина А.Р.* Особенности стратегического развития предприятий морского транспорта (на примере порта Новороссийск) // Вестник магистратуры. 2016. № 11-2 (62). С. 182-185. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-strategicheskogo-razvitiya-predpriyatiy-morskogo-transporta-na-primere-porta-novorossiysk (дата обращения: 05.06.2022).
9. *Жусупов С.Д.* Состояние и перспективы развития морских портов России // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. 2011. № 6 (37). С. 36-39. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-i-perspektivy-razvitiya-morskih-portov-rossii (дата обращения: 05.06.2022).
10. *Титов А.В., Ивашкович Д.Б.* Современные тенденции развития морских портов в мире и их влияние на портовую индустрию России // Вестник АГТУ. Серия: Морская техника и технология. 2016. № 1. С. 115-124. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-tendentsii-razvitiya-morskih-portov-v-mire-i-ih-vliyanie-na-portovuyu-industriyu-rossii (дата обращения: 05.06.2022).

References:

1. Aleksahina L.V. Krymskie morskie porty: indikatory sostoyaniya [Crimean seaports: status indicators]. *Vestnik KGMTU* [Bulletin of KSMTU], 2021, no. 4, pp. 287-301. (In Russian). Available at: https://www.ejkgmtu.ru/?p=23307 (accessed 05.06.2022).
2. *Ofitsial'nyi sait Krymskikh morskikh portov* [The official website of the Crimean seaports]. (In Russian). Available at: https://crimeaports.ru/ (accessed 05.06.2022).
3. Glaz'ev S.Yu. O neotlozhnyh merah po ukrepleniyu ekonomicheskoj bezopasnosti Rossii i vyvodu rossijskoj ekonomiki na traektoriyu operezhayushchego razvitiya [On urgent measures to strengthen Russia's economic security and put the Russian economy on a trajectory of advanced development]. *Nauchnye trudy Vol'nogo ekonomicheskogo obshchestva Rossii* [Scientific works of the Free Economic Society of Russia], 2015, no. 7, pp. 86-186. (In Russian). Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/o-neotlozhnyh-merah-po-ukrepleniyu-ekonomicheskoy-bezopasnosti-rossii-i-vyvodu-rossiyskoy-ekonomiki-na-traektoriyu-operezhayuschego (accessed 05.06.2022).
4. Glaz'ev S.Yu. Strategicheskoe planirovanie kak integrativnyj element v sisteme upravleniya razvitiem [Strategic planning as an integrative element in the development management system]. *Ekonomicheskoe vozrozhdenie Rossii* [Economic Revival of Russia], 2021, no. 3 (69), pp. 14-19. (In Russian). Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/strategicheskoe-planirovanie-kak-integrativnyy-element-v-sisteme-upravleniya-razvitiem (accessed 05.06.2022).
5. Liliyani N.W., Harianto H., Safari A. Development of value chain strategy of sea transport services' companies after spin off. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*, 2019, no. 1 (85), pp. 386-394. (In English). Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/development-of-value-chain-strategy-of-sea-transport-services-companies-after-spin-off (accessed 05.06.2022).
6. Abramov A.V., Volostnyh V.V. Strategiya razvitiya otechestvennogo morskogo transporta [Strategy for the development of domestic maritime transport]. *Vestnik Zabajkal'skogo*

gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of the Transbaikal State University], 2019, vol. 25, no. 10, pp. 112-119. (In Russian). Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/strategiya-razvitiya-otechestvennogo-morskogo-transporta (accessed 05.06.2022).

7. Balyberdin A.L. O strategii razvitiya morskogo transporta Rossii [On the strategy of development of maritime transport of Russia]. *Transport Rossiiskoi Federatsii. Zhurnal o nauke, praktike, ekonomike* [Transport of the Russian Federation. Journal of Science, Practice, economics], 2011, no. 2 (33), pp. 11-13. (In Russian). Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/o-strategii-razvitiya-morskogo-transporta-rossii (accessed 05.06.2022).
8. Erygina A.R. Osobennosti strategicheskogo razvitiya predpriyatij morskogo transporta (na primere porta Novorossijsk) [Features of strategic development of maritime transport enterprises (on the example of the port of Novorossiysk)]. *Vestnik magistratury* [Bulletin of the Magistracy], 2016, no. 11-2 (62), pp. 182-185. (In Russian). Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-strategicheskogo-razvitiya-predpriyatiy-morskogo-transporta-na-primere-porta-novorossiysk (accessed 05.06.2022).
9. Zhusupov S.D. Sostoyanie i perspektivy razvitiya morskikh portov Rossii [State and prospects of development of Russian seaports]. *Transport Rossiiskoi Federatsii. Zhurnal o nauke, praktike, ekonomike* [Transport of the Russian Federation. Journal of Science, Practice, Economics], 2011, no. 6 (37), pp. 36-39. (In Russian). Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-i-perspektivy-razvitiya-morskih-portov-rossii (accessed 05.06.2022).
10. Titov A.V., Ivashkovich D.B. Sovremennye tendentsii razvitiya morskikh portov v mire i ikh vliyanie na portovuyu industriyu Rossii [Current trends in the development of seaports in the world and their impact on the Russian port industry]. *Vestnik AGTU. Seriya: Morskaya tekhnika i tekhnologiya* [Bulletin of the ASTU. Series: Marine Engineering and Technology], 2016, no. 1, pp. 115-124. (In Russian). Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-tendentsii-razvitiya-morskih-portov-v-mire-i-ih-vliyanie-na-portovuyu-industriyu-rossii (accessed 05.06.2022).

Сведения об авторах / Information about authors

Алексахина Людмила Викторовна
канд. экон. наук, доцент кафедры экономики и гуманитарных дисциплин
Керченский государственный морской технологический университет
298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82
lyu6097@yandex.ru

Aleksakhina Lyudmila Viktorovna
Ph.D. (Econ.), Associate Professor at the Department of economics and humanities
Kerch State Maritime Technological University
298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82
lyu6097@yandex.ru

УДК 338.48

Гамаюнов О.А.

КЕРЧЕНСКИЙ ПОЛУОСТРОВ В РАЗРЕЗЕ ТУРИСТИЧЕСКОЙ СФЕРЫ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

Аннотация. В данной статье рассматривается туристическая сфера Республики Крым в разрезе последних пяти лет, а также анализ рекреационной деятельности на территории Восточного побережья Крыма, в частности Керченского полуострова, основные проблемы развития туристической отрасли г. Керчи и Ленинского района. Территория Восточного Крыма обладает всеми необходимыми природными ресурсами для развития туристической сферы, в первую очередь привлекательность региона для инвесторов должна базироваться на не освоенности береговой линии Азово-Черноморского бассейна Керченского полуострова, которая занимает 35 % от всей береговой линии Крыма. Развитие туристической отрасли вдоль береговой линии Керченского полуострова, позволит улучшить социально-экономическую ситуацию в регионе и станет новым вектором развития туристической сферы всей Республики Крым.
Ключевые слова: Республика Крым, туристическая сфера, Керченский полуостров, туристический поток, рекреационная деятельность, развитие, потенциал.

Gamaiunov O.A.

KERCH PENINSULA IN THE SECTION OF THE TOURIST SPHERE OF THE REPUBLIC OF CRIMEA

Abstract. This article discusses the tourism sector of the Republic of Crimea in the context of the last five years, as well as an analysis of recreational activities on the territory of the Eastern coast of Crimea, in particular the Kerch Peninsula, the main problems in the development of the tourism industry in Kerch and the Leninsky district. The territory of the Eastern Crimea has all the necessary natural resources for the development of the tourism sector, first of all, the attractiveness of the region for investors should be based on the undeveloped coastline of the Azov-Black Sea basin of the Kerch Peninsula, which occupies 35 % of the entire coastline of Crimea. The development of the tourism industry along the coastline of the Kerch Peninsula will improve the socio-economic situation in the region and become a new vector for the development of the tourism sector throughout the Republic of Crimea.
Keywords: Republic of Crimea, tourism, Kerch Peninsula, tourist flow, recreational activities, development, potential.

Введение. В реалиях мировой пандемии коронавирусной инфекции в 2020 и 2021 годах и ограничениями, связанными с ней на посещение туристами большинства мировых туристических регионов, переориентацией российского туризма на внутренний рынок, улучшением рекреационной привлекательности и предоставления услуг в туристической сфере многих регионов Российской Федерации, наблюдается положительная динамика увеличения количества отдыхающих на внутреннем рынке туристических услуг. Лидером из регионов,

представляющих рекреационные услуги в летний период, является Краснодарский край. С начала 2021 года Кубань посетили порядка 15 миллионов туристов, в Республике Крым в 2021 году количество отдыхающих составило около 9,5 миллионов человек. Ожидается, что уже в 2022 году плановый показатель по Крыму на 2025 год выйти на 10 миллионов человек в год будет выполнен. Увеличение туристического потока позволит расширить географию отдыха в Крыму и задействовать в курортно-оздоровительной сфере те регионы, которые инфраструктурно мало развиты в туристической индустрии, однако обладают большим природным, рекреационным и культурно-историческим потенциалом. Ярким примером такого региона является Керченский полуостров, где доля от общего потока туристов в Крыму составляет только 5 %. Восточная часть Крыма обладает 300-километровой береговой линией песчано-ракушечного пляжа, что составляет 35 % от всей береговой линии Крыма.

Развитие рекреационной сферы Керченского полуострова позволит увеличить финансовые поступления в бюджет Крыма, улучшить конкурентоспособность сферы туристических услуг, увеличить занятость местного населения в рекреационной деятельности, повысить социально-экономические показатели региона.

Целью исследования является выявление основных проблем, препятствующих развитию туризма в Восточном Крыму, на основе анализа туристической сферы Республики Крым и Керченского полуострова.

Материалы и методы исследования. Материалами данного исследования являются статистические данные Крымстата и Росстата, отчеты глав администраций Ленинского района и г. Керчи, нормативно-правовая база Российской Федерации, касающаяся туристической сферы, национальные проекты и государственные программы развития.

В данном исследовании базисными методами являлись: метод сравнения, синтеза и метод экономико-статического анализа, которые позволили оценить состояние и тенденции развития туристической отрасли в Крыму и на

Керченском полуострове, в частности.

Теоретические аспекты организации туристической деятельности в Российской Федерации и за рубежом широко освещены в научных работах таких ученых, как А. Ю. Александров, Н. Безрукова, В.А. Гладилин, А.Б. Косолапов, И. Н. Феденев, А.Д. Чудновский и другие [1-3].

Результаты исследования и их обсуждение. Туристическая сфера в Республике Крым является важнейшей и развивающейся отраслью экономики региона. Доля налоговых поступлений в республиканский бюджет от туристической деятельности и смежных областей экономики, задействованных в этой сфере, равна 25 % от общих налоговых поступлений в Крымский бюджет [4]. За последние пять лет количество отдыхающих в Крыму постоянно растёт, только 2020 году было снижение туристического потока, в связи с ограничительными мерами для предотвращения коронавирусной инфекции (табл. 1).

Таблица 1 – Налоговые поступления в бюджет Республики Крым от туристической деятельности в 2017-2021 гг.

Показатели	2017	2018	2019	2020	2021
Туристический поток, млн чел.	5,4	6,8	7,4	6,3	9,5
Налоговые поступления в бюджет Республики Крым от туристической отрасли, млрд руб.	1,6	3,2	3,7	3,8	5,8
Общие налоговые поступления в бюджет Республики Крым, млрд руб.	62,7	54,1	74,7	73,2	55,8
Доля налоговых поступлений от туристической отрасли от общих поступлений в бюджет, %	2,55	5,91	4,95	5,19	10,39

Положительная динамика увеличения числа отдыхающих связана со многими факторами развития региона. Основной положительный эффект принесло развитие логистической инфраструктуры: введение в эксплуатацию транспортного перехода через Керченский пролив, новая федеральная трасса «Таврида», строительство нового терминала в международном аэропорту в г.

Симферополь, запуск железнодорожного сообщения через Крымский мост. Так, в 2021 году больше всего туристов прибыло личным автотранспортом или автобусным сообщением (62 %) по Крымскому мосту, на втором месте – посредством авиасообщения (30 %) и только менее десятой части по железной дороге (8 %), что говорит о необходимости дополнения стратегии развития железнодорожного сообщения с Крымом (рис. 1).

Рисунок 1 – Процентное соотношение прибывших туристов в Крым по видам транспорта

Федеральная целевая программа «Развитие внутреннего и въездного туризма в Российской Федерации» рассматривает приоритетным видом туристической деятельности оздоровительный туризм [5]. Государственная программа развития курортов и туризма в Республике Крым расширила видовое разнообразие туристических направлений и кроме основного оздоровительного включила в список приоритетных видов туризма, такие как: культурно-познавательный, событийный, пешеходный, велосипедный, подводный, конный, этнографический, спортивный, круизный [6].

Уникальность географического расположения Крымского полуострова, климатические и природные условия действительно позволяют сделать акцент на медицинском, оздоровительном туризме. За всю историю развития крымской

туристической деятельности именно оздоровление населения было главной целью развития курортной отрасли Крыма.

По данным министерства курортов и туризма Республики Крым на 2021 год на территории Крыма расположено 1092 коллективных средства размещения (санаторно-курортных и гостиничных учреждений) общей вместимостью более 160 тыс. мест, из которых 122 организации предоставляют услуги по санаторно-курортному лечению, 153 учреждения предоставляют услуги оздоровительного характера, 817 учреждений – услуги по временному размещению [7]. Кроме того, на территории Республики Крым функционирует более 9 тыс. домовладений, предоставляющих услуги по временному размещению, и около 18 тысяч квартир предназначены под сдачу.

Одной из основных проблем, препятствующих улучшению качества обслуживания в отрасли, является изношенность основных фондов и медицинской базы коллективных средств размещения. Данная проблема касается объектов санаторно-курортного комплекса, находящихся в государственной собственности Республики Крым, основные фонды и медицинские базы которых изношены на 70 - 90%. Увеличение государственного финансирования и привлечение инвестиционного капитала для модернизации и реконструкции объектов санаторно-курортного комплекса Республики Крым, позволит в кратчайшие сроки не только улучшить качество проживания в сфере гостеприимства, а также выйти на высокий уровень обслуживания туристов и отдыхающих.

Субсидирование из федерального бюджета Российской Федерации позволяет ежегодно в Крыму улучшать объекты инфраструктуры туристической сферы. В период за последние пять лет с 2017 по 2021 года объем финансирования туристической отрасли составил 12,25 млрд руб. бюджетных ассигнований, объем привлеченных частных инвестиций составил 10,3 млрд. руб. (табл. 2).

На территории Республики Крым реализуются несколько инвестиционных

проектов в сфере туризма на общую сумму 35 млрд руб. Инвестиционные проекты направлены на создание круглогодичного курорта Alean Family Resort в Сакском районе, туристско-рекреационного кластера «Черноморский» в пос. Оленевка и строительство парка развлечений на территории Большой Ялты.

Таблица 2 – Объем финансирования туристической отрасли на территории Республики Крым по годам, млрд руб.

Объем финансирования	2017	2018	2019	2020	2021
Общий объем финансирования туристической отрасли Республики Крым из государственного бюджета по Государственной программе развития курортов и туризма в Республике Крым, в т. ч.:	1,57	3,49	2,43	3,18	1,58
- объем финансирования из федерального бюджета	1,42	3,2	2,2	2,79	1,32
- объем финансирования из регионального бюджета	0,15	0,29	0,23	0,39	0,26
Объем привлеченных частных инвестиций	0,34	3,28	3,68	3,00	н/д
Всего	1,91	6,77	6,11	6,18	1,58

В период с 2022 по 2025 годы на развитие сферы туризма в Крыму запланировано выделение средств в размере 36,25 млрд руб. из разных бюджетных уровней [8].

Развитие туристической сферы на территории Крыма вследствие разных географических и климатических зон происходит неравномерно; это обуславливается как природными условиями полуострова, так и традиционностью массового отдыха населения. Исторически акцент распределение мощностей коллективных средств размещения делался на Южный берег Крыма и Западное побережье, где сейчас отдыхают около 70 % от общего количества туристического потока (рис. 2). В дальнейшем при разработке целевых программ развития туристической отрасли Крыма необходимо направить вектор развития на территории Восточного Крыма, в частности, на побережье Азовского и Черного морей Керченского полуострова и северной части Крыма.

Туристический район Восточного побережья охватывает территории Феодосийского, Судакского и Керченских городских советов, а также Ленинского района. В 2021 году на востоке Крыма отдохнуло 3 млн. чел, из них 80 % отдыхают в Феодосии и Судаке, где преобладающее количество рекреационного коечного фонда относится к частным домовладениям.

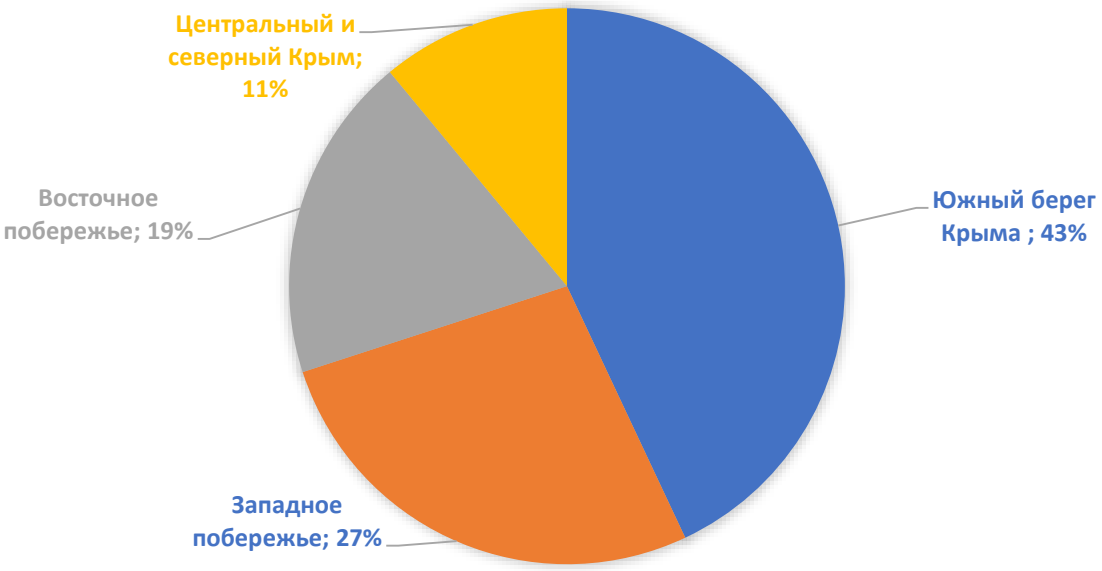


Рисунок 2 – Процентное соотношение отдыхающих в Крыму по географическому положению территории

На территории Ленинского района и г. Керчи сфера гостеприимства развита очень слабо как в инфраструктурном, так и в обслуживающем уровне. Более всего средств размещения для рекреантов сосредоточено в курортных поселках возле Керчи: Героевское, Юркино, Курортное, Золотое, Новоотрадное и г. Щелкино в Ленинском районе. Основной проблемой является малая туристическая привлекательность района. Несмотря на более двух тысячелетнюю историю г. Керчи с ее археологическим достоянием, ее героической военной славой, для туристов город в основном остается транзитной точкой до места полноценного отдыха либо на Южном берегу Крыма, либо на Западном побережье.

Центром туристической индустрии в Ленинском районе является прибрежный город Щелкино, который изначально должен был стать городом-спутником Щелкинской атомной станции и для сферы рекреации не был в общем подготовлен. Территория, где расположен город, располагает большим туристическим потенциалом. Щелкино находится на побережье Азовского моря у мыса Казантип, который является государственным природным заповедником. Мыс Казантип и Казантипский залив обладают большой береговой линией с чистым белым песком и удобным входом в воду, что способствует развитию летнего оздоровительного семейного туризма. Недостатком является «дикость» пляжной территории – оборудованные туристической инфраструктурой пляжи только в самом городе, а также в другой части Казантипского залива в поселках Золотое, Новоотрадное. Непосредственно поток отдыхающих в Щелкино с каждым годом становится все меньше, и одной из самых главных причин является низкий уровень общегородской инфраструктуры.

Природный потенциал Керченского полуострова позволяет сделать полноценные рекреационные зоны по побережью как Азовского моря, так и Черного. Протяженность береговой линии составляет около 300 км [9]. По данным Министерства курортов и туризма Республики Крым на территории Керченского полуострова на курортный сезон 2021 года были допущены к работе 18 пляжей 5 из них на территории Керчи и 13 по Ленинскому району общей протяженностью около трех километров, то есть 1 % от общей береговой линии Керченского полуострова (табл. 3). По сравнению на территории Крыма в 2021 году были допущены до работы 428 пляжа [10].

Малая освоенность береговой линии для обеспечения безопасного пляжного отдыха на территории Керченского полуострова говорит о малом потоке отдыхающих, вследствие чего доходная часть от финансовых поступлений туристов не позволяет дальнейшее развитие туристической сферы региона.

Отсутствие на территории Керченского полуострова крупных объектов

санаторно-курортного комплекса также негативно влияет на общее развитие туристической сферы региона. Единственным инвестиционным проектом на территории Ленинского района в сфере туризма является строительство санатория и развитие бальнеологического курорта на территории, прилегающей к озеру Чокрак.

Таблица 3 – Пляжи Керченского полуострова, допущенные к работе на период 2021г. по данным реестра пляжей Министерства курортов и туризма Республики Крым [10]

№ п.п.	Пользователь пляжа	Месторасположение	Размеры пляжа, м
1	ООО «Стройевросервис» пляж «Морская звезда»	г. Керчь	145
2	ИП Красников Анатолий Федорович, пляж «Героевка»	г. Керчь	320
3	ИП Красников Анатолий Федорович, «Городской пляж №1»	г. Керчь	360
4	ИП Тыква Владимир Александрович	г. Керчь	105
5	ИП Боднар Д.Ю., пляж «Нимфей»	г. Керчь	3,5
6	«Планета Лета»	Ленинский район, с. Каменское	100
7	ООО «База отдыха Золотое»	Ленинский район, с. Золотое	250
8	ООО «ЛаГрэйс» (ИП Лазарева С.Г.)	Ленинский район, с. Золотое	150
9	ООО «Пансионат «Азовский»	Ленинский район, с. Песочное	70
10	ООО «Бригантина»	Ленинский район, с. Набережное	100
11	ООО «ДОК «Новоотрадное -1»	Ленинский район, с. Новоотрадное	150
12	ООО «ДЗО и О «Автомобилист»	Ленинский район, с. Нижнезаморское	0,6865
13	ООО «Крымотель»	Ленинский район, с. Мысовое	200
14	ИП Бернацкий П.	Ленинский район, с. Каменское	100
15	ООО «Вымпел Тур»	Ленинский район, с. Каменское	150
16	ИП Лихачева А.А.	Ленинский район, г. Щелкино	35
17	ООО «Пансионат «Заря»	Ленинский район, с. Нижнезаморское	178.1
18	ИП Перекрестов Ю.В.	Ленинский район, с. Юркино	660

Выводы. Туристическая сфера Республики Крым, основываясь на финансировании из государственного бюджета Российской Федерации и с привлечением частных инвестиционных вложений, модернизирует и реконструирует основной санаторно-оздоровительный коечный фонд, развивает туристическую инфраструктуру, способствует строительству современных гостиничных комплексов мирового стандарта. Основные финансовые вложения

в улучшение рекреационной индустрии направлены на Южный берег Крыма и Западное побережье, в основном это обуславливается уже созданной инфраструктурой и большим количеством номерного фонда в гостиницах. Керченский полуостров, является перспективной территорией для развития туристической сферы, малая освоенность региона позволяет создать целостный туристический кластер, делая акцент на пляжно-оздоровительный отдых семейного типа. Целостное, повсеместное развитие туристической сферы Республики Крым позволит привлечь большее количество отдыхающих из разных регионов России, увеличит занятость местного населения в сфере туризма, улучшит инженерную и рекреационную инфраструктуру, а также увеличит положительную динамику развития социально-экономического комплекса Восточного Крыма.

Список использованной литературы:

1. *Гладилин В.А.* Организация и менеджмент в туризме: учебно-практическое пособие. М.: Русайнс, 2021. 119 с.
2. *Косолапов А.Б.* География российского внутреннего туризма: учебное пособие. М.: КноРус, 2020. 267 с.
3. Федеральный закон «Об основах туристской деятельности в Российской Федерации» № 132-ФЗ от 24.11.1996. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_12462/ (дата обращения 10.02.2022).
4. *Чудновский А. Д., Жукова М. А.* Управление индустрией туризма России в современных условиях: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. М.: КноРус, 2007. 415 с.
5. Распоряжение Правительства РФ № 872-р от 05.05.2018 «Об утверждении Концепции федеральной целевой программы «Развитие внутреннего и въездного туризма в Российской Федерации». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_297883/18eb24005fd062573c142fb7f98769137ce7d974/ (дата обращения: 11.02.2022).
6. Государственная программа развития курортов и туризма в Республике Крым. URL: https://mtur.rk.gov.ru/ru/structure/245 (дата обращения 15.02.2022).
7. Сайт «Министерство курортов и туризма Республики Крым». URL: https://mtur.rk.gov.ru/ru/article/show/2228 (дата обращения: 14.02.2022).
8. Государственная программа «Социально-экономическое развитие Республики Крым и г. Севастополя». URL: https://minek.rk.gov.ru/ru/structure/1871 (дата обращения: 18.02.2022).
9. *Гамаюнов О.А.* Перспективы использования природных ресурсов Керченского полуострова в рекреационной сфере Республики Крым // Материалы III Национальной научно-практической конференции с международным участием. Керчь, 2022. С. 283-286.
10. Перечень пляжей Республики Крым, допущенных к работе в 2021 году. URL: https://mtur.rk.gov.ru/uploads/txteditor/mtur/attachments/d4/1d/8c/d98f00b204e9800998ecf8427e/phpXhJU2t_реестр_пляжей_от%2031.08.2021%20(1)(1).PDF (дата обращения: 14.02.2022).

References:

1. Gladilin V.A. *Organizaciya i menedgment v turizme* [Organization and management in tourism]. Moscow, Rusayns Publ., 2021, 119 p. (In Russian).
2. Kosolapov A.B. *Geografiya rossiyskogo vnutrenego turuzma* [Geography of Russian domestic tourism]. Moscow, KnoRus Publ., 2020, 267 p. (In Russian).
3. Russian Federation. The Federal Law of the Russian Federation № 132-FZ of November 24, 1996, *Ob osnovakh turisticheskoy deyayel'nosti v Rossiyskoy Federacii* [On the basics of tourism activities in the Russian Federation]. (In Russian). Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_12462/ (accessed 10.02.2022).
4. Chudnovsky A.D., Zhukova M.A. *Upravlenie industriey turizma Rossii b sovremennykh usloviyakh* [Management of the Russian tourism industry in modern conditions]. Moscow, KnoRus Publ., 2007, 415 p. (In Russian).
5. Russian Federation. Decree of the Government of the Russian Federation № 872-r of May 05, 2018, *Ob utverzhdenii Konsepcii federal'noy celevoy programmy "Razvitie vnytrenego I v'ezdnogo turizma v Rossiyskoy Federacii* [On Approval of the Concept of the Federal Target Program "Development of Domestic and Inbound Tourism in the Russian Federation]. (In Russian). Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_297883/ 18eb24005fd062573c142fb7f98769137ce7d974/ (accessed 11.02.2022).
6. *Gosydarstvennaya programma razvitiya kurortov i turizma v Respublike Krym* [State program for the development of resorts and tourism in the Republic of Crimea]. (In Russian). Available at: https://mtur.rk.gov.ru/ru/structure/245 (accessed 15.02.2022).
7. *Sayt "Ministerstvo kyrortov I turizma Respybliki Krym"* [Website "Ministry of Resorts and Tourism of the Republic of Crimea"]. (In Russian). Available at: https://mtur.rk.gov.ru/ru/article/show/2228 (accessed 14.02.2022).
8. *Gosydarstvennaya programma "Social'no-ekonomicheskoe razvitie Respybliki Krym i g. Sevastopol'"* [State program "Socio-economic development of the Republic of Crimea and the city of Sevastopol"]. (In Russian). Available at: https://minek.rk.gov.ru/ru/structure/1871 (accessed 18.02.2022).
9. Gamayunov O.A. Perspektivy ispol'zovaniya prirodnyx resursov Kerchenskogo poluostrova v rekreacionnoy sfere Respybliki Krym [Prospects for the use of natural resources of the Kerch Peninsula in the recreational sphere of the Republic of Crimea]. *Materialy III Nacional'noy nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem* [Proceedings of the III National Scientific and Practical Conference with International Participation]. Kerch, 2022, pp. 283-286. (In Russian).
10. *Perechen' plyazhey Respybliki Krym, dopushennyzh k rabote v 2021g.* [List of beaches in the Republic of Crimea approved for operation in 2021]. (In Russian). Available at: https://mtur.rk.gov.ru/uploads/txteditor/mtur/attachments/d4/1d/8c/d98f00b204e9800998ecf8427e/phpXhJU2t_реестр_пляжей_от%2031.08.2021%20(1)(1).PDF (accessed 14.02.2022).

Сведения об авторе / Information about author

Гамаюнов Олег Анатольевич
ассистент кафедры экологии моря
Керченский государственный морской технологический университет
298306, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82
Gamayunovoleg88@gmail.com

Gamayunov Oleg Anatolievich
assistant of the Department of Marine Ecology
Kerch State Maritime Technological University
298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82
Gamayunovoleg88@gmail.com

УДК 332.1

Иванов А.В., Дорофеева В.В., Ульяненкова О.А.

ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ

Аннотация. Повышение эффективности деятельности на всех уровнях управления всегда являлось важным направлением государственной политики. Государство, как орган управления природными ресурсами, осуществляет оценку деятельности любой добывающей отрасли с точки зрения её эффективности и на основе полученных данных формирует план развития. Насколько точно и своевременно будет дана оценка эффективности деятельности организаций отрасли на федеральном уровне, настолько точно будет разработана стратегия развития отрасли в регионе. Для повышения результативности системы государственного управления в рыбной отрасли необходимо применение современных методов и механизмов оценки при использовании новых экономических подходов и соответствующей системы показателей. В данной статье авторами предложен новый подход к формированию системы экономических показателей для оценки эффективности рыбохозяйственной деятельности на уровне региона.
Ключевые слова: эффективность, рыбохозяйственная деятельность, рыбная отрасль, внутренний региональный отраслевой продукт.

Ivanov A.V., Dorofeeva V.V., Ulyanenkova O.A.

FORMATION OF A SYSTEM OF INDICATORS FOR ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF FISHERIES ACTIVITIES AT THE REGIONAL LEVEL

Abstract. The issue of improving the efficiency of activities is always an important area of improvement of public policy. The state, as a natural resources management body (in particular, the fisheries complex), evaluates the activities of the fishing industry from the point of view of its effectiveness and forms a development plan based on the data obtained. How accurately and timely an assessment of the effectiveness of organizations in the industry will be given, so precisely will a strategy for the development of any industry in the region be developed. To improve the effectiveness of the public administration system in the fishing industry, it is necessary to introduce modern methods and evaluation mechanisms using new economic indicators. The existing assessment methods are full of shortcomings, since they contain a limited list of indicators, not allowing to determine the effectiveness of the fisheries management activities of organizations at the territorial level, thereby leading to the adoption of incorrect management decisions. In this article, the authors propose a new approach to the formation of indicators for assessing the effectiveness of fisheries management at the regional level.
Keywords: efficiency, fishery activity, fishing industry, domestic industry product, region.

Введение. Рыбная отрасль является одной из стратегических отраслей российского государства и ключевой для большинства приморских регионов. Ряд субъектов Российской Федерации, такие как Приморский край, Архангельская, Мурманская, Астраханская, Сахалинская области являются

оплотом страны в части развития рыбохозяйственной деятельности, а в Камчатской области этот сегмент экономики дает более 2/3 валового регионального продукта (далее – ВРП) [1]. Предприятия рыбохозяйственного комплекса традиционно были важнейшими работодателями и налогоплательщиками на федеральном и региональном уровне. Основной целью функционирования отрасли является обеспечение населения качественной пищевой продукцией из рыбного сырья в объемах, соответствующих санитарным нормам, в достаточно широком ассортименте и по доступным ценам, а также предприятий других отраслей народного хозяйства – ценным сырьем для дальнейшей переработки. При этом, роль государства в отношении рыбной отрасли, главным образом, сводится к выполнению функций регулирования и контроля, а также разработки нормативно-правовой базы и установлению правил, которые позволят эффективно функционировать отрасли. Для предприятий рыбопромышленного комплекса важнейшей целью при осуществлении производственной деятельности является получение экономического (коммерческого) эффекта.

Целью исследования является разработка предложений по формированию системы показателей для оценки эффективности отдельных видов деятельности на региональном уровне (на примере рыбной отрасли), позволяющей повысить качество экономического анализа и стратегического управления в регионе.

Материалы и методы исследования. Теоретической и методической основой исследования являются труды ведущих ученых-экономистов в области теории экономической эффективности, экономики и управления рыбным хозяйством, а также результаты собственных исследований.

Оценка эффективности является важнейшей задачей экономической науки и актуальной научной проблемой на примере кардинальных отличий в методических подходах к оценке эффективности государственных органов и отдельных хозяйствующих субъектов (главным образом, коммерческих

предприятий) в сфере рыбохозяйственной деятельности.

Многие ученые в своих работах уделяют большое внимание разработке методических подходов к оценке эффективности финансово-хозяйственной деятельности, в том числе с точки зрения бюджетной эффективности, как в целом по всем отраслям народного хозяйства, так и по отдельным предприятиям.

Ряд ученых подходит к данному вопросу с позиции эффективности государственных органов (А. В. Спатарь, И. Н. Барциц) [2], другие же с позиции эффективности коммерческих решений (В. И. Якунин, С. С. Сулакшин и А. Н. Тимченко) [3]. Так или иначе, вопрос оценки экономической эффективности применительно к отдельному виду деятельности и методы её оценки на региональном уровне управления являются недостаточно исследованными и актуальными.

Результаты исследования и их обсуждение

При формулировании набора показателей, необходимых при оценке экономической эффективности на различных уровнях управления, важно, на наш взгляд, учитывать, что с точки зрения государства и его региональных подразделений важнейшими целями являются удовлетворение общественных потребностей, законность и максимальная бюджетная эффективность (в том числе, в виде объемов денежных поступлений в бюджеты соответствующих уровней). С точки зрения государственного управления, под эффективностью в широком смысле понимается комплексная характеристика результатов с учетом соответствия полученных результатов целям и задачам [4]. Для отдельных предприятий, в частности коммерческих – получение прибыли, как главного финансового результата их производственно-хозяйственной деятельности.

Использование термина «эффективность» в государственном управлении и в частном секторе различно, поскольку цели в государственном управлении не так ясны, нежели как в частном секторе [5]. Многие аспекты

деятельности государства вообще невозможно измерить теми шкалами и механизмами, которые применяются в сфере реальной экономики [6].

Кроме того, необходимо также учитывать и специфику деятельности рыбохозяйственного комплекса, которая базируется, как правило, на использовании природных ресурсов региона.

Таким образом, учитывая принципиальные отличия в целях, а также в особенностях функционирования государственного и частного сектора, необходимо сформулировать систему отражающих их оценочных показателей для различных уровней и субъектов управления.

Для оценки экономической эффективности функционирования рыбной отрасли, на наш взгляд, необходимо учитывать фактор уровня управления и принятия решения. На наш взгляд, наиболее корректным можно считать рассмотрение проблемы на федеральном, региональном уровнях государственного управления и на уровне отдельного хозяйствующего субъекта – рыбопромыслового предприятия. Важнейшие показатели, которые, на наш взгляд, должны учитываться на различных уровнях, представлены в таблице 1.

Базовой проблемой отсталости рыбной отрасли, в особенности после 90-х годов прошлого века остаётся длительное нахождение отрасли в правовом вакууме. Отсутствие единообразия и понимания терминологии в отрасли также оказывается негативное влияние на процесс развития. Вопросы терминологии имеют крайне важное значение, поскольку позволяют структурировать задачи управления и во многом формируют правильное целеполагание и подходы к развитию [7]. Функции государства, как основополагающего игрока, ограничены в основном контролем за соблюдением освоения выделенных квот вылова рыбы, но никак не научно обоснованным стратегическим развитием. Формально, отрасли уделяется достаточно большое внимание, однако действующая структура управления не вызывает положительной динамики в экономической жизни рыбной отрасли в регионах.

Таблица 1 – Показатели рыбной отрасли, учитываемые на различных уровнях управления

Уровни управления		
Федеральный уровень	Региональный уровень	Уровень предприятия
- Объем добычи рыбы и морепродуктов в натуральном выражении; - Доля рыбной отрасли в объеме ВВП страны; - Доля объемов добычи в иностранных промысловых зонах и в открытой части океана; - Объем выпуска пищевой рыбной продукции в натуральном выражении; - Доля выпуска пищевой рыбной продукции на отечественных предприятиях; - Уровень потребления рыбы и рыбной продукции на душу населения; - Объем налоговых и неналоговых поступлений в федеральный бюджет от рыбопромышленного комплекса; - Доля импортной рыбной продукции в натуральном и стоимостном выражении.	- Объем добычи рыбы и морепродуктов рыбопромысловыми предприятиями региона; - Доли объемов добычи внутри региона и за его пределами; - Объем производства пищевой и непищевой рыбной продукции в натуральном и стоимостном выражении промысловыми и связанными с ними предприятиями региона; - Объем и структура налоговых и неналоговых поступлений в региональный бюджет от промысловых предприятий, работающих внутри региона и за его пределами; - Среднедушевое потребление рыбы и рыбной продукции в регионе; - Численность работников рыбопромысловых и связанных с ними предприятий региона.	- Объем реализации продукции в стоимостном выражении; - Себестоимость продукции; - Чистая прибыль, остающаяся в распоряжении предприятия; - Объем государственной поддержки промысловых и связанных с ними предприятий региона.

Следует также отметить, что в настоящее время не существует системы оценки эффективности деятельности предприятий рыбной отрасли (и иных отраслей тоже) на региональном уровне или иного универсального метода, который мог бы объективно представить положение дел в отрасли, определить величину этой эффективности, показать ее сильные и слабые стороны. Поэтому необходимость разработки и апробации такой системы оценочных показателей, на наш взгляд, является очень актуальной. Данная система показателей поможет решить, пожалуй, важнейший вопрос для любой отрасли, а именно её объективную экономическую оценку.

В настоящее время главным инструментом и показателем измерения эффективности деятельности любой отрасли на региональном уровне считается валовой региональный продукт (далее – ВРП). ВРП является главным показателем развития экономики, поскольку он показывает стоимость всех

товаров и услуг, которые произвели в конкретном регионе [8]. В качестве примера традиционной схемы формирования и распределения ВРП может служить схема ВРП Калининградской области, представленная на рисунке 1.

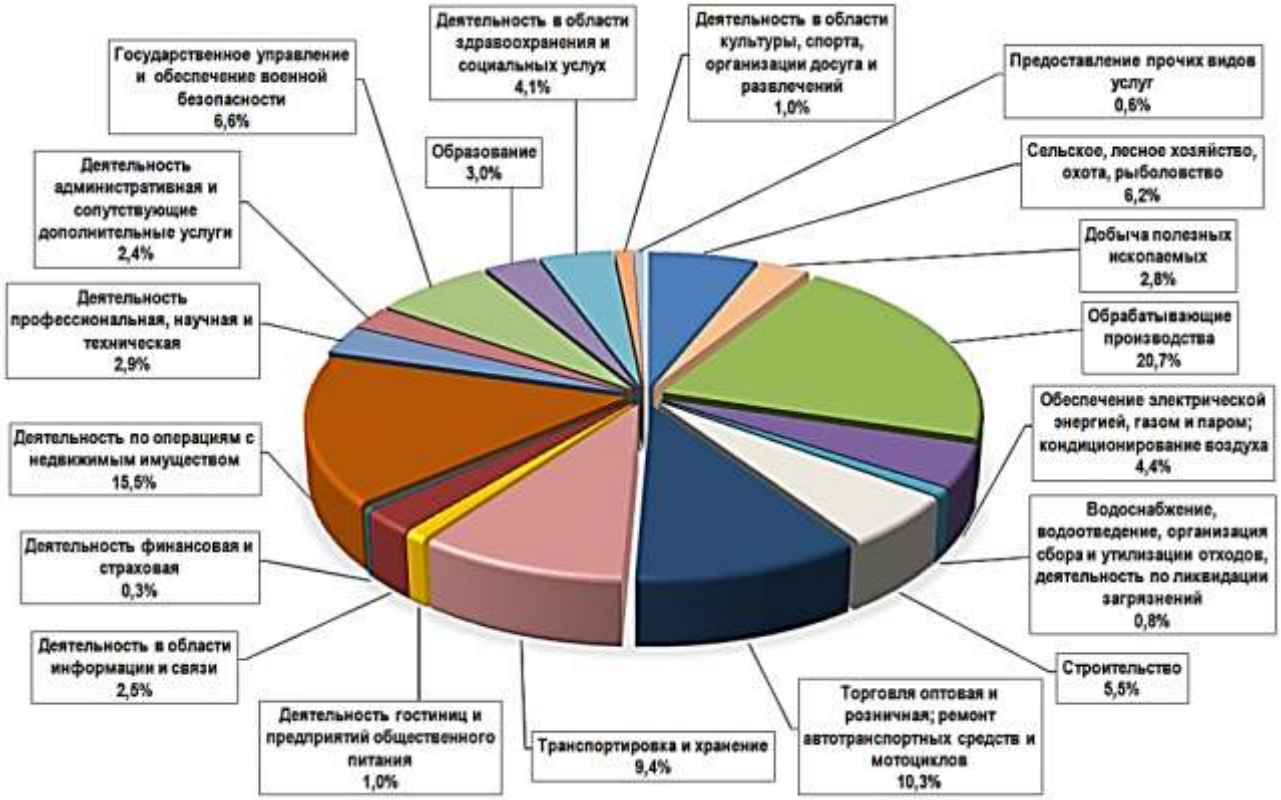


Рисунок 1 – Структура ВРП Калининградской области за 2020 год, в %

Структура ВРП поделена по отраслям, и в процентном соотношении наглядно демонстрирует, какая из той или иной сферы экономики в регионе преобладает над другой.

В отличие от других регионов нашей страны, Калининградская область характеризуется достаточно специфическим географическим положением, является самым западным регионом, который находится на территории, не имеющей сухопутных границ с остальной частью страны. Экономика Калининградской области является высоко диверсифицированной с упором на обрабатывающую промышленность [8].

На протяжении продолжительного времени в структуре экономики

региона одно из лидирующих мест занимало пищевое производство, а в частности, рыбный промысел и переработка рыбы. Для Калининградской области рыбная промышленность является одной из ключевых и представляет производственный комплекс, включающий в себя обширную отраслевую систему хозяйствования, в том числе с межрегиональными и интернациональными связями, объединяющий промышленное рыболовство, рыбоводство, изготовление пищевой продукции, а также сопутствующие вспомогательные и обслуживающие производства.

Объем ВРП Калининградской области по результативным показателям 2020 года превышает 520 млрд рублей. ВРП на душу населения составил 515,9 тыс. рублей. При анализе структуры ВРП Калининградской области установлено, что наибольший удельный вес занимает обрабатывающие производство, которое составляет 20,7 %. «Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство» из общего объема составляет 6,2 % [9].

Доля налоговых и неналоговых доходов (далее – ННД) в доходах бюджета региона в 2020 году составила 60,9 %. Анализируя структуру налоговых доходов по итогам 2020 года, максимальный удельный вес отводиться следующим налогам:

- налог на доходы физических лиц (далее – НДФЛ) в размере 36,4 %;
- налог на прибыль организаций в размере 25,4 %;
- налог, взимаемый в связи с применением специальных режимов налогообложения (упрощенная система налогообложения, единый сельскохозяйственный налог) в размере 12,6 %.

По результатам анализа кредитоспособности региона можно сделать вывод о том, что наибольший удельный вес 41,1 % (51,2 млрд рублей) приходится на трансферты, направленные на помощь компаниям, осуществляющим деятельность на территории Калининградской области, и резидентов особой экономической зоны.

Размер налоговых поступлений в консолидированный бюджет

Российской Федерации по итогам 2020 года составил 154,2 млрд рублей.

Применительно к рыбной промышленности, согласно отчета по форме № 1-НОМ «Отчет о поступлении налогов и сборов в консолидированный бюджет Российской Федерации по основным видам экономической деятельности» по состоянию на 01.01.2021 года, доля налоговых платежей в бюджет Калининградской области по виду осуществляемой деятельности «Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство, рыбоводство» составляет всего 1,79 %. Однако при этом следует учитывать специфику организации ведения промысла предприятиями рыбной отрасли региона, суть которой заключается в том, что значительная доля добычи рыбы приходится на районы открытой части мирового океана и исключительные экономические зоны иностранных государств.

Прибрежное рыболовство осуществляется как юридическими лицами, так и индивидуальными предпринимателями (далее – ИП) [10, с. 16]. Рыбопромысловым компаниям и ИП необходимо приобрести разрешение на ведение рыбного промысла, которое предоставляется в определенном порядке и составляет существенный источник доходов бюджета. Данное разрешение позволяет осуществлять добычу (вылов) водных биологических ресурсов во внутренних водах, в территориальном море, на континентальном шельфе Российской Федерации и в исключительной экономической зоне Российской Федерации, а также в Азовском, Каспийском, Баренцевом морях и в районе архипелага Шпицберген [11, с. 818-819]. Разрешения на добычу (вылов) водных биологических ресурсов выдаются в случае:

- осуществления промышленного и прибрежного рыболовства;
- рыболовства в целях научно-исследовательского направления, а также контрольного, учебного и культурно-просветительского;
- рыболовства в целях воспроизводства водных биоресурсов;
- рыболовства в целях акклиматизации водных биоресурсов;
- рыболовства в целях организации любительского и спортивного

рыболовства.

Государство предусмотрело льготы, которые выражаются в пониженной нулевой ставке сбора, которая применяется в случаях:

- рыболовства в целях воспроизводства и акклиматизации водных биологических ресурсов;

- рыболовства в научно-исследовательских и контрольных целях.

Ставка в размере 15 % применяется за каждый объект водных биологических ресурсов для следующих случаев:

- градо- и поселкообразующих российских рыбохозяйственных организаций, включенных в перечень, утвержденный Постановлением Правительства Российской Федерации от 03.09.2004 № 452 (ред. от 31.12.2020) «О Перечне градо- и поселкообразующих российских рыбохозяйственных организаций, которым предоставлено право применения пониженной ставки сбора за пользование объектами водных биологических ресурсов» [12, с. 4-6];

- российских рыбохозяйственных организаций, в том числе рыболовецких артелей (колхозов);

- индивидуальных предпринимателей, которые удовлетворяют критериям, установленным для рыбохозяйственных организаций.

В соответствии с данными отчета по форме с № 5-ВБР «Отчет о структуре начислений по сбору за пользование объектами водных биологических ресурсов», представленных в таблице 2, по состоянию на 01.01.2021 сумма сбора, подлежащая уплате в бюджет за пользование объектами водных биологических ресурсов Калининградской области, составила 7 802 тыс. рублей [13, с. 1].

При этом необходимо отметить, что примерно в таком же объеме была представлена льгота в размере 15 % для предприятий, относящихся к категории градо- и поселкообразующих организаций, включенных в Перечень.

Такие рыбодобывающие компании обеспечивают пусть и не такой большой, но достаточно стабильный приток налоговых платежей в бюджет

региона. Кроме того, от совокупного дохода сотрудников таких предприятий исчисляется подоходный налог в размере 13 %, а полученные денежные средства население региона реализует на региональном уровне.

Таблица 2 – Сведения из отчета по форме № 5-ВБР «Отчет о структуре начислений по сбору за пользование объектами водных биологических ресурсов» по состоянию на 01.01.2021 г.

Показатели	Код строки	Значение показателей
Количество плательщиков сбора (юридических лиц, ИП) – всего, единиц	100	94
Количество полученных разрешений – всего, единиц	200	424
Сумма сбора, подлежащая уплате в бюджет – всего, тыс. руб.	300	7 802
Сумма разового и регулярных взносов, тыс. руб.	310	7 658
Сумма единовременного взноса, тыс. руб.	360	144
Сумма сбора, не поступившая в бюджет в связи с предоставлением льгот по сбору, тыс. руб.	400	7 285
в том числе по льготам:		
по основаниям применения ставки сбора 0 % (п.6 ст.333.3 НК), в тыс. руб.	410	8
в связи с применением ставки сбора 15 % (п.7 и 9 ст.333.3 НК), в тыс. руб.	420	7 277

Однако система учета данного показателя достаточно сложна и не всегда корректна. В частности, сектор «Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство» включает в себя сразу несколько отраслевых направлений в экономики, в результате чего становится невозможно определить удельный вес каждой. Применительно к структуре ВРП Калининградской области становится непонятным, за счет какой из отраслей (сельское, лесное хозяйство, охота или рыболовство) сформировался данный показатель в размере 6,2 %.

Также, применительно к региональному рыбохозяйственному комплексу в целом, действующая классификация предприятий и видов деятельности в органах государственной статистики и налоговых органах учитывает только непосредственно объем вылова рыбы, что и приводит к выпадению из отрасли данных о результатах деятельности береговых предприятий по производству пищевой рыбной продукции и других, непосредственно связанных с рыбным промыслом предприятий и организаций.

Например, Федеральной налоговой службы Российской Федерации отчет по форме № 1-НОМ «Отчет о начислении и поступлении налогов, сборов и страховых взносов в бюджетную систему Российской Федерации по основным видам экономической деятельности» формируется по видам экономической деятельности (ОКВЭД), а в частности сумма поступлений учитывается в общем объеме: ОКВЭД – «Рыболовство, рыбоводство», ОКВЭД – «Переработка и консервирование пищевой продукции», тем самым не позволяя детально определить, какой из видов деятельности (рыболовство, рыбоводство или рыбопереработка) обеспечивает наибольшее поступление налоговых платежей [8].

Кроме того, публикация различных статистических данных происходит с большим опозданием. Например, региональные показатели 2017 года были опубликованы лишь в марте 2019 года, что связано с тем, что расчеты ВРП, выполненные региональными статистическими органами, затем корректируются Росстатом федерального уровня и только после этого становятся доступными для аналитической работы. В итоге, на основании сформированных данных базового периода происходит разработка региональных прогнозов и стратегий, что зачастую не совпадает с данными, опубликованными после принятия отчета.

Нет необходимости убеждать в том, что разработка региональной стратегии развития любой отрасли, невозможна без безупречной, чёткой и своевременной оценки реальности происходящего в региональной экономике, поскольку недостаточный учет фактического межотраслевого баланса может быть основой для принятия неверных управленческих решений.

В случае разработки данная система оценки будет, безусловно, полезна для региональных органов государственной власти при выборе получателей бюджетных средств, налоговых льгот и льготных кредитных ресурсов, поскольку позволит ранжировать их по уровню экономической эффективности и полезности с точки зрения объемов налоговых и неналоговых платежей

в региональный бюджет.

Компенсировать указанные выше недостатки таких расчетов поможет, на наш взгляд, внедрение комплексного индекса, который может называться «внутренний региональный отраслевой продукт».

Для расчета показателя внутреннего отраслевого продукта необходимо использование следующих показателей, представленных в таблице 3. Однако и в данном случае возникает ряд проблем, затрудняющий расчет показателя.

Рыбная отрасль выбрана в качестве примера не случайно, ведь именно она является отраслью продовольственного значения, её механизм деятельности достаточно сложен, отрасль также имеет систему межотраслевой кооперации и международной деятельности.

Количество показателей может быть дополнено с учетом специфики других отраслей. Кроме того, при расчете вышеуказанных показателей также необходимо учитывать:

- действующий уровень инфляции;

- стоимость конечной продукции, в случае, если предприятие многотерриториальное (наличие головной компании и её обособленных подразделений в различных регионах страны и за рубежом);

- при подсчёте учитываются только те сделки, которые зарегистрированы, т.е. отражены в официальной бухгалтерской отчётности предприятия.

При анализе результатов расчета показателя внутреннего регионального отраслевого продукта необходимо учитывать соответствующие показатели на федеральном уровне (например, уровень потребления рыбы и рыбной продукции на душу населения) и на уровне других регионов страны.

Выводы. Результаты исследования позволили сделать вывод, о том, что для современного российского рыбного хозяйства и его успешного развития, крайне важным становится разработка модели и системы показателей для оценки эффективности производственно-хозяйственной деятельности на уровне конкретных регионов.

Таблица 3 – Показатели для расчета внутреннего отраслевого продукта

Наименование показателя	Источник информации	Возникающие проблемы
Количество предприятий, расположенных на территории региона (с разделением на организации и ИП) с видом экономической деятельность (ОКВЭД): рыболовство, рыбоводство Доля предприятий рыбной отрасли = $\frac{\text{кол-во предприятий рыб.отрасли}}{\text{кол-во предприятий всех отраслей}} * 100\ \%$	Данные Росстата	Вид осуществляемой деятельности не совпадает с указанным ОКВЭД. Например, код по ОКВЭД ОАО «Калининградский тарный комбинат» 25.92 – Производство тары из легких металлов. В 2010 году комбинат диверсифицировал своё производство и наладил выпуск собственных рыбных консерв. Таким образом, предприятия подобного типа также можно отнести в рыбопромышленный комплекс.
Среднесписочная численность сотрудников, задействованных в рыбной отрасли (в сравнении в % соотношении с численностью в регионе)	Данные ФНС (ССЧ, Расчет сумм налога на доходы физических лиц, исчисленных и удержанных налоговым агентом (форма № 6-НДФЛ)	-
Валовая прибыль Валовая стоимость = валовая стоимость крупных предприятий + валовая стоимость средних и малых предприятий + валовая стоимость индивидуальных (КФХ и ИП)	Данные ФНС (форма № 2 «Отчет о финансовых результатах»)	В данный показатель также включена прибыль, полученная как от основного, так и от вторичного вида экономической деятельности. Таким образом, необходимы данные (полученные доходы и понесённые расходы) в разрезе по каждого виду осуществляемой деятельности.
Наличие активов (основные средства, нематериальные активы)	Данные ФНС (форма № 1 «Бухгалтерский баланс») Данные Государственной инспекции по маломерным судам МЧС России	Задействовано то или иное оборудование при создании конечной готовой продукции, относящейся к рыбной отрасли (суда, гидроциклы, оборудование и др.).
Объем добычи (производства) рыбной продукции	Данные Росстата Данные Федерального агентства по рыболовству	Дублирование при подсчете продукции, т.е. продажа рыбы живой, перепродажа её для переработки и изготовления готовой продукции (по факту используется одна и тоже сырье).
Эффективность использования трудовых ресурсов	$Э = ВП/П_З+Ф_{ос}*К$ (ВП – стоимость валовой продукции; $П_З$ – производственные затраты; $Ф_{ос}$ – основные производственные фонды; К – коэффициент эффективности фондов).	-

Подводя итог сказанному выше, можно сделать следующие выводы:

1. Существенные различия в целеполагании требуют использования и различных методических подходов к оценке экономической эффективности на разных уровнях управления.

2. Система показателей для оценки эффективности функционирования отрасли федерального уровня во многом носит социальный, а не экономический характер.

3. Система показателей коммерческой эффективности отдельных предприятий (хозяйствующих субъектов) достаточно глубоко проработана, изложена в методических документах, имеющих официальный характер, на протяжении уже более двадцати лет опробована на практике.

4. Система показателей для оценки эффективности функционирования отдельных видов деятельности на региональном уровне проработана явно недостаточно и на примере рыбной отрасли Калининградской области показано, что при расчете даже показателя внутреннего отраслевого регионального продукта существуют значительные методические и технические проблемы. При этом сам по себе указанный расчет имеет большое значение для аналитической работы и подготовки документов по стратегическому развитию регионов.

Список использованной литературы:

1. *Боголюбов С.А., Краюшкина Е.Г.* Комментарий к Федеральному закону «О континентальном шельфе Российской Федерации (постатейный). М.: Юстицинформ, 2003. 207 с.
2. *Спатарь А.В.* Эффективность государственной службы и критерии эффективности // Молодой ученый. 2014. № 8. С. 595-598.
3. *Якунин В.И., Сулакшин С.С., Тимченко А.Н.* Теоретические аспекты проблемы эффективности государственного управления // Власть. 2006. № 8. С. 7-14.
4. *Пугачева Л.В., Дягилева Т.В.* Эффективность государственного и муниципального управления: сущность, критерии, оценка // Актуальные вопросы социально-экономического развития современного государства: сборник научных статей по материалам II научно-практической конференции, 15 апреля 2015 г., г. Новочеркасск. Новочеркасск: Южно-Российский гос. политехнический ун-т (НПИ) им. М. И. Платова, 2015. С. 30-38.
5. *Raadschelders J.C.N.* Government: A Public Administration Perspective. Armonk, N. Y.: M. E. Sharpe, 2003. 442 p.
6. *Барциц И.Н.* Конституционное право на хорошее (эффективное) управление: критерии,

показатели, оценки // Конституционное и муниципальное право. 2013. № 11. С. 64-71.
7. *Иванов А.В., Ульяненкова О.А.* К вопросу терминологии в рыбной отрасли на региональном уровне // Региональная и отраслевая экономика: сборник научных статей по материалам XVIII международной научной конференции «Инновации в науке, образовании и предпринимательства – 2021», 14 мая 2021 г., г. Калининград. Калининград: ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», 2021. С. 16-20.
8. Сайт Правительства Калининградской области. URL: https://msk.gov39.ru/kaliningradskaya-oblast/geograficheskoepolozhenie/?ysclid=l3rh8dry6l (дата обращения: 29.05.2022).
9. *Иванов А.В., Ульяненкова О.А.* К вопросу бюджетной эффективности предприятий рыбной отрасли региона // Современные проблемы и тенденции социально-экономического развития региона: сборник научных статей по материалам XIX международной научной конференции «Инновации в науке, образовании и предпринимательства – 2021», 4 октября 2021 г., г. Калининград. Калининград: ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», 2021. С. 500-506.
10. Закон Калининградской области от 06.11.2014 № 352 «О рыболовстве, аквакультуре (рыбоводстве) и сохранении водных биологических ресурсов в Калининградской области» (принят Калининградской областной Думой 23.10.2014). URL: http://www.consultant.ru/regbase/cgi/online.cgi?req=doc&base=RLAW044&n=60978#A0ADYgSRr6GQsGKM (дата обращения 30.05.2022).
11. Налоговый кодекс Российской Федерации (часть вторая): федеральный закон от 05.08.2000 № 117-ФЗ (ред. от 01.05.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу с 16.05.2022). Глава 25.1. Сборы за пользование объектами животного мира и за пользование объектами водных биологических ресурсов. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28165/c4345b2e9082f9260e5cac769cd8448ddf1d7f70/ (дата обращения: 29.05.2022).
12. Постановление Правительства Российской Федерации от 03.09.2004 № 452 (ред. от 23.12.2021) «О Перечне градо- и поселкообразующих российских рыбохозяйственных организаций, которым предоставлено право применения пониженной ставки сбора за пользование объектами водных биологических ресурсов». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_94953/ (дата обращения: 29.05.2022).
13. Сайт Федеральной налоговой службы, отчет по форме 5-ВБР «Отчет о структуре начислений по сбору за пользование объектами водных биологических ресурсов» по состоянию на 01.01.2021. URL: https://www.nalog.gov.ru/rn39/related_activities/statistics_and_analytics/forms/10603427/ (дата обращения: 30.05.2022).

References:

1. Bogolyubov S.A., Krayushkina E.G. *Kommentarij k Federal'nomu zakonu «O kontinental'nom shel'fe Rossijskoj Federacii (postatejnyj)* [Commentary to the Federal Law “On the Continental Shelf of the Russian Federation” (article by article)]. Moscow, Yusticinform Publ., 2003, 207 p. (In Russian).
2. Spatar A.V. Effektivnost' gosudarstvennoj sluzhby i kriterii effektivnosti [Efficiency of public service and efficiency criteria]. *Molodoj uchenyj* [Young scientist], 2014, no. 8, pp. 595-598. (In Russian).
3. Yakunin V.I., Sulakshin S.S., Timchenko A.N. Teoreticheskie aspekty problemy effektivnosti gosudarstvennogo upravleniya [Theoretical aspects of the problem of efficiency of public administration]. *Vlast'* [Power], 2006, no. 8, pp 7-14. (In Russian).
4. Pugacheva L.V., Diaghileva T.V. Effektivnost' gosudarstvennogo i municipal'nogo

upravleniya: sushchnost', kriterii, ocenka [Efficiency of state and municipal management: essence, criteria, evaluation]. *Sbornik nauchnyh statej po materialam II nauchno-prakticheskoj konferencii «Aktual'nye voprosy social'no-ekonomicheskogo razvitiya sovremennogo gosudarstva» (15 aprelya 2015, Novocherkassk)* [Collection of scientific articles based on the materials of the 2nd scientific and practical conference "Topical issues of socio-economic development of the modern state" (April 15, 2015, Novocherkassk)]. Novocherkassk, South Russian State Polytechnic University named after M. I. Platov Publ., 2015, pp. 30-38. (In Russian).

5. Raadshelders J.C.N. *Government: The perspective of public administration*. Armonk, New York, M. E. Sharp, 2003, 442 p. (In English).
6. Bartsits I.N. Konstitucionnoe pravo na horoshee (effektivnoe) upravlenie: kriterii, pokazateli, ocenki [Constitutional right to good (effective) governance: criteria, indicators, assessments]. *Konstitucionnoe i municipal'noe pravo* [Constitutional and Municipal law], 2013, no. 11, pp. 64-71. (In Russian).
7. Ivanov A.V., Ulyanenkova O.A. K voprosu terminologii v rybnoj otrasli na regional'nom urovne [On the issue of terminology in fishing industry at the regional level]. *Regional'naya i otraslevaya ekonomika: sbornik nauchnyh statej po materialam XVIII mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii «Innovacii v nauke, obrazovanii i predprinimatel'stva – 2021» (14 maya 2021, Kaliningrad)* [Regional and branch economics: collection of scientific articles based on the materials of the 18th International Scientific Conference "Innovations in science, education and entrepreneurship – 2021" (May 14, 2021, Kaliningrad). Kaliningrad, Kaliningrad State Technical University Publ., 2021, pp. 16-20. (In Russian).
8. *Sajt Pravitel'stva Kaliningradskoj oblasti* [Site of the Government of the Kaliningrad region]. (In Russian). Available at: https://msk.gov39.ru/kaliningradskaya-oblast/geograficheskoepolozhenie/?ysclid=l3rh8dry6l (accessed 29.05.2022).
9. Ivanov A.V., Ulyanenkova O.A. K voprosu byudzhetnoj effektivnosti predpriyatij rybnoj otrasli regiona [On the issue of budgetary efficiency of enterprises of the fishing industry of the region]. *Sovremennye problemy i tendencii social'no-ekonomicheskogo razvitiya regiona: sbornik nauchnyh statej po materialam XIX mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii «Innovacii v nauke, obrazovanii i predprinimatel'stva – 2021» (4 oktyabrya 2021, Kaliningrad)* [Modern problems and trends of socio-economic development of the region: a collection of scientific articles based on the materials of the 19th International Scientific Conference "Innovations in science, education and entrepreneurship – 2021" (October 4, 2021, Kaliningrad)]. Kaliningrad, Kaliningrad State Technical University Publ., 2021, pp. 500-506. (In Russian).
10. *Zakon Kaliningradskoj oblasti ot 06.11.2014 № 352 «O rybolovstve, akvakul'ture (rybovodstve) i sohranenii vodnyh biologicheskih resursov v Kaliningradskoj oblasti» (prinyat Kaliningradskoj oblastnoj Dumoj 23.10.2014)* [Law of the Kaliningrad Region of 06.11.2014 No. 352 "On fishing, aquaculture (fish farming) and conservation of aquatic biological resources in the Kaliningrad region" (adopted by the Kaliningrad Regional Duma on 23.10.2014). (In Russian). Available at: http://www.consultant.ru/regbase/cgi/online.cgi?req=doc&base=RLAW044&n=60978#A0ADYgSRr6GQsGKM (accessed 30.05.2022).
11. Russian Federation. The Federal Law № 117-FZ of August, 05, 2000, *Nalogovyj kodeks Rossijskoj Federacii (chast' vtoraya). Glava 25.1. Sbory za pol'zovanie ob"ektami zhivotnogo mira i za pol'zovanie ob"ektami vodnyh biologicheskih resursov* [Tax Code of the Russian Federation (Part Two). Chapter 25.1. Fees for the use of objects of the animal world and for the use of objects of aquatic biological resources]. (In Russian). Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28165/c4345b2e9082f9260e5cac769cd8448ddf1d7f70/ (accessed 29.05.2022).
12. Russian Federation. Decree of the Government № 452 of September, 03, 2004, *O Perechne grado- i poselkoobrazuyushchih rossijskih rybohozyajstvennyh organizacij, kotorym*

predostavleno pravo primeneniya ponizhennoj stavki sbora za pol'zovanie ob"ektami vodnyh biologicheskih resursov [On the List of city- and settlement-forming Russian fisheries organizations that have been granted the right to apply a reduced fee rate for the use of objects of aquatic biological resources]. (In Russian). Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_94953/ (accessed 29.05.2022)

13. *Sajt Federal'noj nalogovoj sluzhby, otchet po forme 5-VBR «Otchet o strukture nachislenij po sboru za pol'zovanie ob"ektami vodnyh biologicheskih resursov» po sostoyaniyu na 01.01.2021* [Site of the Federal Tax Service, report on the form 5-VBR "Report on the structure of charges for collection for the use of water facilities biological resources" as of 01.01.2021]. (In Russian). Available at: https://www.nalog.gov.ru/rn39/related_activities/statistics_and_analytics/forms/10603427/ (accessed 30.05.2022).

Сведения об авторах / Information about authors

Иванов Александр Вадимович	д-р экон. наук, профессор Калининградский государственный технический университет 236022, Калининградская область, г. Калининград, Советский проспект, 1 ivanovav57@mail.ru
Ivanov Alexander Vadimovich	Dr. Sci. (Econ.), Professor Kaliningrad State Technical University 236022, Kaliningrad region, Kaliningrad, Sovetsky ave., 1 ivanovav57@mail.ru
Дорофеева Виктория Вячеславовна	д-р экон. наук, доцент Калининградский государственный технический университет 236022, Калининградская область, г. Калининград, Советский проспект, 1 viktoriya.dorofeeva@klgtu.ru
Dorofeeva Victoria Vyacheslavovna	Ph.D. (Econ.), Associate professor Kaliningrad State Technical University 236022, Kaliningrad region, Kaliningrad, Sovetsky ave., 1 viktoriya.dorofeeva@klgtu.ru
Ульяненкова Ольга Александровна	старший специалист 2 разряда отдела камерального контроля Управление ФНС России по Калининградской области 236017, Калининградская область, г. Калининград, ул. Каштановая аллея, 28 oulianenkova_oa@mail.ru
Ulyanenkova Olga Alexandrovna	Senior specialist of the 2nd category of the desk control Department of Federal Tax Service of Russia for the Kaliningrad region 236017, Kaliningrad region, Kaliningrad, Kashtanovaya alley str., 28 oulianenkova_oa@mail.ru

УДК 339.9

Котенев А.Д., Жикривецкая Ю.В., Крыжевская Н.Н.

ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В УСЛОВИЯХ ТУРБУЛЕНТНОСТИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ (НА ПРИМЕРЕ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ)

Аннотация. Проблемы устойчивого положения государства на внешнеторговых ранках обусловлены введением рядом иностранных государств экономических санкций, одинаково губительных для обеих сторон, как показывает экономическая практика. В статье раскрываются теоретические подходы к осуществлению внешнеэкономической деятельности в условиях современной неопределенности и турбулентности экономических процессов. Указывается на изменение существующего экспортного вектора, подразумевающего смещение центра из европейской части в азиатскую. Анализ заявленной проблемы позволил выявить её общность как для регионов России, так и Республики Беларусь. Используя метод прогнозирования, выявлены возможные экспортные потери на примере Ставропольского края от введенных санкционных режимов. Для решения текущих проблем Правительство России в рамках протекционистских мер создает «Биржу импортозамещения», существование которой окажет благотворное влияние на восстановление логистических связей.
Ключевые слова: внешнеэкономическая деятельность, экономическая война, санкционный режим, мировой рынок, государственная поддержка, экспортные операции, внешнеэкономические связи.

Kotenev A.D., Zhikrivetskaya Yu.V., Kryjevskaya N.N.

FOREIGN ECONOMIC ACTIVITIES IN CONDITIONS OF TURBULENT ECONOMIC PROCESSES (ON THE EXAMPLE OF THE STAVROPOL TERRITORY)

Abstract. The problems of the state's stable position in the foreign trade markets are due to the introduction of economic sanctions by a number of foreign states, which are equally detrimental to both sides, as economic practice shows. The article reveals theoretical approaches to the implementation of foreign trade activities in the conditions of modern uncertainty and turbulence of economic processes. It points to a change in the existing export vector, which implies a shift of the center from the European part to the Asian one. The analysis of the stated problem made it possible to identify its commonality both for the regions of Russia and the Republic of Belarus. Using the forecasting method, possible export losses were identified on the example of the Stavropol Territory from the imposed sanctions regimes. To solve the current problems, the Russian Government, within the framework of protectionist measures, is creating an “Import Substitution Exchange”, the existence of which will have a beneficial effect on the restoration of logistic ties.
Keywords: foreign trade activities, economic war, sanction regime, global market, state support, export operations, foreign economic relations.

Введение. Вопросы внешнеэкономической деятельности, как в целом государства, так и отдельных его регионов, в настоящее время имеют особое значение в свете введения рядом иностранных государств экономических санкций в отношении России. С учетом принимаемых Правительством

государства антисанкционных мер наблюдается выстраивание принципиально нового подхода к организации механизма осуществления указанной деятельности. Так, на первый план выходят обеспечение безопасности отечественных товаропроизводителей, осуществляющих экспортно-импортную деятельность; повышение привлекательности отечественных товаров; закрепление рубля в качестве валюты расчетов; смена вектора торговли с европейского на азиатский; изменение логистичесих цепочек, с учетом требований безопасности и оптимальности маршрутов.

Целью исследования является анализ внешнеэкономической деятельности региона с прогнозированием объема экспортных потерь в условиях влияния действующих экономических санкций.

Материалы и методы исследования. Исследование выполнено на основе применения следующих методов: монографического, метода сравнения, построения прогноза, обобщения, графического метода, статистического анализа данных. Исследование выполнено на основе научных трудов российских ученых в области внешнеэкономической деятельности и международной торговли, статистическая информация представлена данными Федеральной таможенной службой, Федеральной службы государственной статистики, агентства «Московский комсомолец».

Результаты исследования и их обсуждение

Вопросы внешнеэкономической деятельности государства в целом, и его регионов, в частности, нашли свое отражение в работах ряда ученых: А.И. Алтухова, С.Ю. Глазьева, И.С. Гладкова, Е.В. Дробот, С.С. Красных, А.Б. Мельникова, А.Г. Папцова, З.Э. Сулейманова, В.И. Трухачева, А.А. Оразалиева и других.

Тем не менее, современные реалии, вызванные фактическим объявлением экономической войны одних государств другим, требует изучения текущей ситуации, и прогнозирования возможных последствий. Таким образом, заявленная проблематика является актуальной, требующей дополнительной теоретической проработки.

Устойчивое развитие внешнеэкономической деятельности, основанное на закреплении существующих и поиске новых связей, позволяет государству не только увеличивать наполняемость бюджета, но также способствует закупке сырья и материалов, требуемых для технологического развития экономики [1].

Значимость внешнеторговой деятельности в рамках развития национальной экономики сложно переоценить, в особенности в условиях формирования принципиально новой модели развития мирохозяйственных отношений. Так, по мнению И.Б. Гетмана указанное обстоятельство способствует формированию факторов, сложно прогнозируемых в части их воздействия на уровень экономической безопасности. Таким образом, обеспечение его требуемого уровня возводится в ранг первостепенных задач при формировании стратегии внешней торговли. Особую озабоченность вызывает содержание её задач, которые обусловлены особенностями проводимой политики, имеющей строго выраженный идеологический характер [2].

Анализ процессов, имеющих место на мировой арене, по мнению З.Э. Сулейманова, свидетельствует о формировании принципиально нового механизма внешнеэкономических отношений, с нестандартными подходами в конкурентной борьбе, что требует изменения существующего внешнеэкономического вектора государства с ориентацией на сохранение собственных позиций. В условиях протекающего мирового финансового кризиса наблюдается дисбаланс ранее выстроенных внешнеэкономических связей, негативно влияющих на всю цепочку международных хозяйственных отношений. По мнению автора, решающим является необходимость выстраивания эффективного хозяйственного механизма, с учетом требований таможенно-логистических процедур [3].

Внешнеэкономические отношения в формате современного этапа реализуемой эволюции мирохозяйственных связей, по заявлению И.С. Гладкова отличаются неустойчивостью, крайней неопределенностью, турбулентностью, а также наличием синусоидных трендов. По мнению автора, изменение

геополитических и экономических сил в Европе, позволил России направить свой взор в сторону Великобритании, завершившей Брексит. Однако, в силу имеющихся разногласий между указанными государствами, ожидать высокие результаты не стоит [4].

Внешнеэкономическая деятельность для любого региона во все времена выступала не столько основным источником пополнения бюджета, сколько индикатором, свидетельствующем о конкурентоспособности имеющегося потенциала. Ряд регионов России, включая Ставропольский край, постепенно меняют внешнеэкономический курс, ориентируясь на восточный рынок, являющийся более перспективным.

Проблемы развития внешнеэкономической деятельности регионов, как российских, так и белорусских, во многом имеют схожие причины. Так, А.П. Геврасева указывает на наличие дефицита внутренних источников финансирования, связанного с критичной денежно-кредитной политикой в Республике Беларусь, что напрямую влияет на эффективность деятельности хозяйствующих субъектов на внешних рынках. Данные обстоятельства вызвали сокращение объемов государственной поддержки хозяйствующих субъектов, что в свою очередь выразилось в дорогих кредитных продуктах, необходимых для обеспечения их платежеспособности. Указанная ситуация обусловлена наличием принципиальных правил со стороны финансово-кредитных учреждений в части требований к заемщикам и целям кредитования. Таким образом, парадоксальной является информация, касающаяся отказа от кредитования инновационных проектов, в том числе реализуемых во внешнеторговой деятельности, вызванная высоким уровнем риска возможного невозврата полученных средств [5].

Справедливым будет мнение Е.Л. Андреевой, А.Ф. Линецкого и А.Г. Тарасова, которые указывают на действие ряда факторов, приводящих к существенным изменениям во внешнеэкономической деятельности. Так, указанные авторы считают, что современной российской экономике в условиях действующих геополитических вызовов необходим особый сценарий развития,

учитывающий, помимо прочего, влияние пандемии коронавируса. Деятельность регионов на внешних рынках требует детального анализа, выстроенного на основе процесса оптимизации стратегии внешнеэкономической деятельности субъекта [6].

На текущее состояние внешнеэкономической деятельности оказали влияние два фактора: пандемия ковид-19 и экономическая война, объявленная России мировым сообществом.

Раскрывая первый фактор, следует акцентировать внимание на внезапности появления и высокой скорости распространения инфекции. Данная ситуация оказала крайне негативное влияние на экономическое развитие практически всех стран, пострадала сфера экспортно-импортных отношений. По мнению С.С. Красных, наиболее сложным для внешнеторговых отношений регионов оказался 2020 год, вследствие чего наблюдалось сокращение объемов, как экспорта, так и импорта. Однако анализ 2021 года продемонстрировал способность хозяйствующих субъектов к адаптации в рамках нового экономического порядка, что способствовало возобновлению активности деятельности [7].

Страны Европейского Союза, США, Япония, Канада и ряд иных государств 2 марта 2022 года объявили о введении в отношении России нового пакета экономических санкций. Санкции носят тотальный характер, степень влияния которых больше отождествляется с экономической войной.

Справедливым следует считать заключение Дробот Е.В. и Масловой В.Ю., указывающих на санкции в отношении регионов, как на прямое или косвенное желание нанести ущерб существующим хозяйственным отношениям в рамках международного обмена товарами (работами, услугами). Важнейшим итогом санкционного давления является изменение структуры экспортно-импортных операций ряда регионов, а также заметный спад их объемов. Кроме того, наблюдается изменение географии торговых потоков. В качестве поддерживающей меры, указанные авторы предлагают предоставление гарантий от возможных как экономических, так и политических рисков [8].

Вводимые экономические ограничения охватывают широкий диапазон сфер деятельности, от экспорта энергоресурсов, до сотрудничества в области образования и науки. Так, 2 марта 2022 года председатель европейской ассоциации лизинговых компаний Фил Сеймур заявил, что на основании введенных в отношении ряда российских юридических лиц ограничительных санкций, России необходимо вернуть 520 самолетов, эксплуатируемых российскими авиационными компаниями. На рисунке 1 представлен алгоритм взаимоотношений участников лизингового договора. В ответ на данное заявление, российские авиакомпании заверили лизингодателя в желании продлить контракт, а в случае невозможности вернуть предметы лизинга (самолеты) лизинговой компании. Однако, в связи с закрытием российским государством воздушного пространства для иностранных судов (в случае возврата самолетов, они автоматически меняют прописку и становятся иностранными), их транспортировка становиться невозможной. Таким образом, выполнить условия контракта в части оплаты за самолеты становится невозможным в связи с отключением российских банков от системы SWIFT, а их возврат затруднительным.

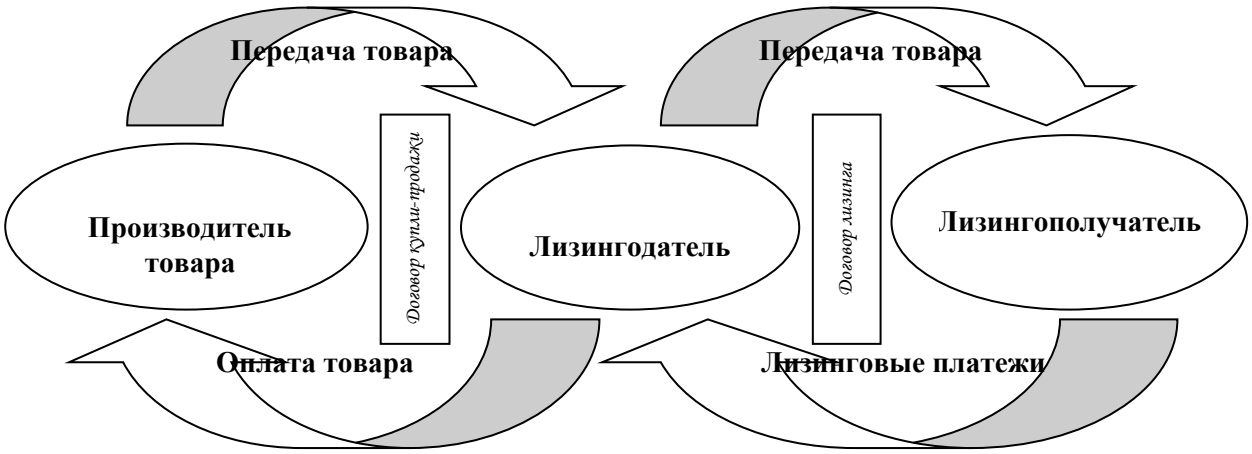


Рисунок 1 – Схема осуществления международных лизинговых операций

Дополняя ранее принятые меры, направленные на защиту экономических интересов хозяйствующих субъектов, 8 марта 2022 года принят указ

Президента РФ «О применении в целях обеспечения безопасности Российской Федерации специальных экономических мер в сфере внешнеэкономической деятельности». Данный документ направлен на реализацию ряда специальных мер экономического характера, основные из которых – введение эмбарго на экспортно-импортные операции продукции, перечень которой определяется соответствующим постановлением Правительства России. Данная меры не распространяется на предметы личного пользования [9].

Проведем анализ внешнеторговой деятельности региона на примере Ставропольского края, на основе которого выявим возможные потери от вводимых санкций. Объем экспорта Ставропольского края в 2021 году составил 1511,5 млн долл. США, что эквивалентно 67,25 % в обороте товаров региона. Данный показатель превышает значение аналогичного периода более чем на 42%. Основными покупателями продукции Ставрополья выступили страны дальнего зарубежья – 1083,26 млн долл. США, государства-члены СНГ импортировали на сумму 428,24 млн долл. США.

В структуре экспорта длительное время преобладает продукция химической промышленности – 52,8 % регионального экспорта. Данное обстоятельство вызвано размещением на территории Ставропольского края крупных химических производств, сконцентрированных в г. Невинномысске (АО «Невинномысский Азот», АО «Арнест», АО «ЕвроХим» и др.) и г. Буденновске («Ставролен» ПАО «Лукойл», Аметист-Юг и др.). В представленной укрупненной группе основным видом товаров в 2021 году являются удобрения, главными потребителями которых выступали страны, объявившие России экономическую войну – США, Франция, Австралия и ряд других. Помимо удобрений, экспортировались следующие товары:

1) эфирные масла и резиноиды – 100,9 млн долл. США (6,7 % стоимостных объемов экспорта): ОАЭ, Израиль, Украина, Сингапур, Нидерланды;

2) органические химические соединения – 100 млн долл. США (6,6 % стоимостных объемов экспорта): Турция, Польша, Нидерланды, Беларусь,

Финляндия;

3) пластмассы и изделия из них – 59,4 млн долл. США (около 4 % стоимостных объемов экспорта): Украина, Литва, Армения, Турция, Грузия;

4) продукты неорганической химии – 11,8 млн долл. США (0,8 % стоимостных объемов экспорта): Украина, Литва.

Помимо продукции химических производств, более трети (33,6 % в 2021году) в структуре экспорта занимают продовольственные товары и сельскохозяйственное сырье. По итогам 2021 года объемы экспорта указанной товарной группы превысили 507 млн долл. США, что выше показателя 2020 года более чем на 35%. Основными покупателями продовольствия выступили Китай (мясо, и мясные субпродукты), Азербайджан (злаковые культуры, алкогольные и безалкогольные напитки, готовые корма для животных), Турция (жиры и масла), Украина (мясо, и мясные субпродукты) и другие государства.

В таблице 1 представлены объем экспорта продукции из Ставропольского края за 2021 года, а также прогнозируемый объем прямых потерь от его ограничения, вызванного введением экономических санкций иностранными государствами.

Таблица 1 – Влияние санкционных режимов на размеры экспорта продукции из Ставропольского края*, млн долл. США

Укрупненная товарная группа	Объемы экспорта продукции в 2021 году	Прогнозируемый объем прямых потерь от ограничений экспорта в 2022 году
Продукция химической промышленности	509,82	497,22
Продовольственные товары и сельскохозяйственное сырье	507,33	296,43
Металлы и изделия из них	83,58	62,14
Минеральные продукты	52,01	48,14
Прочие товары	32,84	28,93
Машины, оборудование и транспортные средства	24,90	17,68
Итого:	1210,48	950,54

* составлено авторами на основе данных ФСГС: https://www.gks.ru/

Представленные в таблице 1 данные свидетельствуют о важнейшей роли экспортных операций в формировании валового регионального продукта. Так, основными покупателями указанных укрупненных групп товаров выступали страны дальнего зарубежья (США, Франция, Германия, Нидерланды, ОАЭ, Сингапур, Грузия и другие), большинство из которых объявили о запрете ввоза отечественных товаров. Таким образом, по нашему мнению, прогнозируемый объем прямых потерь от ограничений экспорта товаров, произведенных на территории России, для Ставропольского края составит 950,54 млн долл. США. Однако, в условиях тотальной экономической войны, объявленной иностранными государствами Российской Федерации, приведшей к жесточайшему дефициту товаров на мировом рынке, и как следствие к неконтролируемому росту цен, переориентация торговых потоков будет способствовать не только возможным выходом из сложившейся ситуации, но и более эффективной альтернативой, направленной на осуществление расширенного воспроизводства указанных групп товаров.

Кроме того, в рамках антисанкционных мероприятий, реализуемых Правительством РФ, предложено создание «Биржи импортозамещения», которая выступит площадкой для развития отношений производителей с поставщиками сырья и материалов. В основе данного предложения планируется возобновить разрушенные торгово-деловые отношения, а также свести к минимуму возможную бюрократическую и административную нагрузку на контрагентов. Отличительной особенностью Биржи будут равные возможности работы, как для отечественных поставщиков, так и их иностранных контрагентов [10].

Осуществление внешнеэкономической деятельности в настоящее время связано с риском, который Н.Т. Талипова подразделяет на прямой и косвенный. В качестве прямых рисков выделяются наличие возможных сложностей в функционировании совместных предприятий; рост уровня инфляции; низкая эффективность реализуемых маркетинговых мероприятий; логистические проблемы в доставке сырья и материалов. Косвенные угрозы обусловлены

ослаблением хозяйственных связей между участниками рыночных отношений; ростом кредиторской и дебиторской задолженностей; проблемами финансово-кредитной системы [11].

Базовыми партнерами, осуществлявшими импорт на территорию Ставропольского края в 2021 году, как и в предшествующем году, являлись (в процентах от стоимости импорта региона) Китай (32,2 %), Германия (9,4 %). Турция (5,9 %) и ряд других. Традиционным является превалирование в импорте стран-контрагентов, представляющих дальнее зарубежье, доля которых составляет около 80 %. Страны СНГ, активно развивающие внешнеторговые связи с регионом в 2021 году представлены, в основном, Беларусью и Украиной. Основными группами товаров, ввозимых на территорию Ставропольского края являются: машиностроительная продукция (376,8 млн долл. США), летательные аппараты (0,11 млн долл. США), продукция химического производства (122,5 млн долл. США), продовольственные товары и сельскохозяйственное сырье (45,7 млн долл. США).

Выводы. Таким образом, проведенный анализ внешнеэкономической деятельности позволил сделать ряд выводов:

1) современные реалии накладывают особую специфику на участников внешнеэкономической деятельности, как на региональном, так и федеральном уровнях;

2) анализ теоретических аспектов, свидетельствует об отсутствии единых подходов и принципов, учитывающих современные реалии ведения бизнеса;

3) принимаемые решения в отношении участников внешнеэкономической деятельности формируются на основе краткосрочных анализов, без учета дальнейшей специфики, как социально-экономического, так и политико-правового характера развития ситуации;

4) финансово-кредитные учреждения, осуществляющие сопровождение экспортно-импортных сделок (кредитование, купля-продажа валютных средств

и др.) вынужденно предлагают кабальные условия, принятие которых снижает результативность сделки.

Список использованной литературы:

1. Архипова Н.В. Оценка устойчивости внешнеэкономических связей региона // Известия высших учебных заведений. Серия: Экономика, финансы и управление производством. 2021. № 3 (49). С. 105-112.
2. Гетман И.Б. Особенности и угрозы экономической безопасности государства в сфере внешней торговли // Столыпинский вестник. 2020. Т. 2. № 2. С. 193-208.
3. Сулейманов З.Э. Тенденции изменения внешнеторговой деятельности в развитии национальной экономики // Большая Евразия: развитие, безопасность, сотрудничество. 2022. № 5-1. С. 962-964.
4. Гладков И.С. Внешнеторговые связи Российской Федерации: новый поворот // Власть. 2022. № 1. С. 116-122.
5. Геврасёва А.П. Инновационная деятельность в обеспечении сбалансированности внешней торговли региона // Труды БГТУ. Серия 5: Экономика и управление. 2020. № 1 (232). С. 57-62.
6. Андреева Е.Л., Линецкий А.Ф., Тарасов А.Г. Особенности внешнеторговой деятельности России и ее регионов в условиях обострения геополитической ситуации // Теория и практика общественного развития. 2021. № 5. С. 54-60.
7. Красных С.С. Внешнеторговая деятельность России в условиях распространения COVID-19 // Российский внешнеэкономический вестник. 2021. № 9. С. 82-91. DOI: 10.24412/2072-8042-2021-9-82-91.
8. Дробот Е.В., Маслова В.Ю. Исследование особенностей внешнеторговой деятельности Ленинградской области в условиях санкций // Российское предпринимательство. 2017. № 14. С. 2101-2128.
9. О применении в целях обеспечения безопасности Российской Федерации специальных экономических мер в сфере внешнеэкономической деятельности: Указ Президента РФ № 100 от 08.03.2022. URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/47611 (дата обращения 25.03.2022).
10. Минпромторг и Минцифры запускают цифровой сервис «Биржа импортозамещения». URL: https://news.mail.ru/economics/50421519/?frommail=1 (дата обращения: 25.03.2022).
11. Талипова Н.Т. Управлением внешнеэкономическими рисками на современном этапе // Региональные проблемы преобразования экономики. 2020. № 8 (118). С. 167-175.

References:

1. Archipova N.V. Ocenka ustojchivosti vneshneekonomicheskih svyazej regiona [Assessment of the stability of foreign economic relations of the region]. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya: Ekonomika, finansy i upravlenie proizvodstvom* [News of higher educational institutions. Series: Economics, Finance and Production Management], 2021, no. 3 (49), pp. 105-112. (In Russian).
2. Hetman I.B. Osobennosti i ugrozy ekonomicheskoj bezopasnosti gosudarstva v sfere vneshnej torgovli [Features and threats to the economic security of the state in the field of foreign trade]. *Stolypinskij vestnik* [Stolypin Bulletin], 2020, vol. 2, no. 2, pp. 193-208. (In Russian).
3. Suleimanov Z.E. Tendencii izmeneniya vneshnetorgovoj deyatel'nosti v razvitii nacional'noj ekonomiki [Trends in the development of foreign trade activities in the development of the national economy]. *Bol'shaya Evraziya: razvitie, bezopasnost', sotrudnichestvo* [Greater Eurasia: development, security, cooperation], 2022, no. 5-1, pp. 962-964. (In Rissian).
4. Gladkov I.S. Vneshnetorgovye svyazi Rossijskoj Federacii: novyj povorot [Foreign trade

relations of the Russian Federation: a new turn]. *Vlast'* [Power], 2022, no. 1, pp. 116-122. (In Russian).
5. Gevrasyova A.P. Innovacionnaya deyatel'nost' v obespechenii sbalansirovannosti vneshnej torgovli regiona [Innovative activities in ensuring the balance of foreign trade in the region]. *Trudy BGTU. Seriya 5: Ekonomika i upravlenie* [Proceedings of the BSTU. Series 5: Economics and management], 2020, no. 1 (232), pp. 57-62. (In Russian).
6. Andreeva E.L., Linetsky A.F., Tarasov A.G. Osobennosti vneshnetorgovoj deyatel'nosti Rossii i ee regionov v usloviyah obostreniya geopoliticheskoj situacii [Features of foreign trade activities of Russia and its regions in the context of the geopolitical situation]. *Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya* [Theory and Practice of Public Development], 2021, no. 5, pp. 54-60. (In Russian).
7. Krasnyh S.S. Vneshnetorgovaya deyatel'nost' Rossii v usloviyah rasprostraneniya COVID-19 [Foreign trade activities of Russia in the context of the dissemination of COVID-19]. *Rossijskij vneshneekonomicheskij vestnik* [Russian Foreign Economic Bulletin], 2021, no. 9, pp. 82-91. (In Russian). DOI: 10.2442 / 2072-8042-2021-9-82-91.
8. Drobot E.V., Maslova V.Yu. Issledovanie osobennostej vneshnetorgovoj deyatel'nosti Leningradskoj oblasti v usloviyah sankcij [The study of the peculiarities of foreign trade activities of the Leningrad region in the conditions of sanctions]. *Rossijskoe predprinimatel'stvo* [Russian entrepreneurship], 2017, no. 14, pp. 2101-2128. (In Russian).
9. Russian Federation. Decree of the President № 100 of March, 08, 2022, *O primenenii v celyah obespecheniya bezopasnosti Rossijskoj Federacii special'nyh ekonomicheskih mer v sfere vneshneekonomicheskoj deyatel'nosti* [On application to ensure the security of the Russian Federation of special economic measures in the field of foreign economic activity]. (In Russian). Available at: http://www.kremlin.ru/acts/bank/47611 (accessed 25.03.2022).
10. *Minpromtorg i Mincifry zapuskayut cifrovoj servis «Birzha importozameshcheniya»* [The Ministry of Industry and Trade and the Ministry of Finance launch the digital service “Import Substitution Exchange”]. (In Russian). Available at: https://news.mail.ru/economics/50421519/?frommail=1 (accessed 25.03.2022).
11. Talipova N.T. Upravleniem vneshneekonomicheskimi riskami na sovremennom etape [Control of foreign economic risks at the present stage]. *Regional'nye problemy preobrazovaniya ekonomiki* [Regional problems of the transformation of the economy], 2020, no. 8 (118), pp. 167-175. (In Russian).

Сведение об авторах / Information about authors

Котенев Александр Дмитриевич	д-р экон. наук, доцент, начальник кафедры социально-экономических и гуманитарных дисциплин Ставропольский филиал Краснодарского университета МВД России 355000, г. Ставрополь, пр. Кулакова, 43 kot_sasha81@mail.ru
Kotenev Aleksandr Dmitrievich	Dr. Sci. (Econ.), Associate professor, Chief of the Department of socio-economic and humanitarian disciplines Stavropol Branch of the Krasnodar University of the Ministry of Internal Affairs of Russia 355000, Stavropol, Kulakov ave., 43 kot_sasha81@mail.ru
Жикривецкая Юлия Владимировна	канд. филос. наук, доцент кафедры социально-экономических и гуманитарных дисциплин Ставропольский филиал Краснодарского университета МВД России 355000, г. Ставрополь, пр. Кулакова, 43

Zhikrivetskaya Yuliya Vladimirovna	Ph.D. (Philos.), Associate professor of the Department of social, economic and humanitarian disciplines Stavropol branch of the Krasnodar university of the Ministry of internal affairs of Russia 355000, Stavropol, Kulakov ave., 43
Крыжевская Наталья Николаевна	канд. псих. наук, профессор кафедры социально-экономических и гуманитарных дисциплин Ставропольский филиал Краснодарского университета МВД России 355000, г. Ставрополь, пр. Кулакова, 43
Kryjevskaya Natalya Nikolaevna	Ph.D (Psych.), Professor of the department of social, economic and humanitarian disciplines Stavropol branch of the Krasnodar university of the Ministry of internal affairs of Russia 355000, Stavropol, Kulakov ave., 43

УДК 331.5

Меркушева М.В., Пономарёва Е.О.

ИНТЕГРАЦИЯ МОЛОДЕЖИ В СИСТЕМУ ТРУДОВЫХ ОТНОШЕНИЙ: ОПЫТ ЕВРОПЕЙСКИХ СТРАН

Аннотация. В статье рассматриваются актуальные на сегодняшний день проблемы молодежной занятости через призму интеграции молодых людей в систему трудовых отношений. Обобщены характерные особенности развития молодежного сегмента рынка труда в современных условиях. Представлена сравнительная характеристика европейского опыта интеграции молодых людей в систему трудовых отношений на примере таких стран, как Англия, Германия и Франция с учетом исторических и национальных особенностей. На примере Англии рассмотрены процессы взаимодействия системы образования и востребованности на рынке труда в достаточно длительном временном интервале, на примере Германии и Франции представлены меры со стороны государства, наиболее способствующие росту молодежной занятости. Отдельное внимание уделено обзору мер со стороны правительства РФ в сфере содействия молодежной занятости на период до 2030 года.
Ключевые слова: образование, занятость, обучение, переходный режим, безработица, молодежь.

Merkusheva M.V., Ponomareva E.O.

INTEGRATION OF YOUTH INTO THE SYSTEM OF LABOR RELATIONS: THE EXPERIENCE OF EUROPEAN COUNTRIES

Abstract. The article deals with the current problems of youth employment through the prism of the integration of young people into the system of labor relations. The characteristic features of the development of the youth segment of the labor market in modern conditions are summarized. A comparative description of the European experience of integrating young people into the system of labor relations is presented on the example of such countries as England, Germany and France, taking into account historical and national characteristics. On the example of England, the processes of interaction between the education system and demand on the labor market in a fairly long time interval are considered, on the example of Germany and France, measures from the state that are most conducive to the growth of youth employment are presented. Special attention is paid to the review of measures by the government of the Russian Federation in the field of promoting youth employment for the period up to 2030.
Keywords: education, employment, training, transition regime, unemployment, youth.

Введение. Интеграция молодежи на рынок труда и в систему трудовых отношений значительно различается между странами. В одних странах молодежь плавно интегрирует в систему рынка труда, а в других – напротив, испытывает серьезные и постоянные проблемы и трудности. Эти различия систематически изучаются и структурируются. При этом общим фактором влияния остается степень регулирования рынка труда. Защита занятости существующей рабочей силы отрицательно сказывается на интеграции

молодежи. В странах с низким уровнем законодательного влияния и регламентации о защите занятости молодые люди значительно проще находят стабильное место работы, чем в странах с высокой степенью законодательной защиты трудовых отношений.

В целом уровень молодежной безработицы в Европейских странах продолжает оставаться достаточно высоким на уровне 20 %.

Проблемы молодежной безработицы во многих странах на протяжении длительного времени остаются одними из актуальных, несмотря на активные меры, принимаемые для ее разрешения со стороны правительств, общества и предпринимательского сектора.

Значимость молодежной занятости переоценить невозможно, так как именно молодежь становится двигателем современного общественного и экономического развития. Именно молодежь способна привнести огромный вклад благодаря абсолютно новому видению и представлению действительности. Кроме того, молодежь больше заинтересована в развитии окружающего ее мира, нежели старшие поколения.

Цель исследования – изучение опыта интеграции молодежи в систему трудовых отношений и анализ мер преодоления критических границ уровня молодежной безработицы на примере Европейских стран, а также оценка возможности применения и реализации этих подходов в условиях молодежного сегмента российского рынка труда.

Материалы и методы исследования. Рассматриваемая проблема в силу своей социальной и экономической значимости требует постоянного мониторинга и анализа с целью выработки и реализации наиболее действенных мер содействия молодежной занятости с учетом постоянно меняющихся условий рынка труда. В основу исследования положены отечественные и зарубежные теоретические наработки и законопроекты, а также практический опыт и рекомендации по вопросам интеграции молодёжи в рабочую силу и борьбу с безработицей. Проводимый обзор мер поддержки занятости молодежи в Европейских странах основывается на периодических годовых аналитических

обзорах и научных публикациях [1-11], что позволяет обобщить существующие подходы к исследуемой проблеме на примере стран Европейского союза и оценить эффективность их применения во временном аспекте. Информационной основой для критического анализа мер поддержки молодежной занятости в России послужили официальные электронные ресурсы по поддержке занятости и бизнеса в РФ [12-13].

К методам исследования в данной статье относятся:

– анализ зарубежной и отечественной литературы, посвящённый прикладным аспектам интеграции молодежи в систему трудовых отношений в условиях кризисных периодов развития экономических систем;

– синтез моделей эффективной поддержки адаптации молодежи в систему рынка труда.

Результаты исследования и их обсуждение. Молодость – это переходный жизненный этап от детства и юношества к взрослению и достижению зрелости. Именно этот возрастной период отмечается высокой мобильностью как в части профессиональных аспектов, так и квалификационных.

Характерной особенностью развития системы образования и ее влияния на рынок труда в последние десятилетия стало то, что значительно замедлился переход от юношества к взрослению (этап молодости), обусловленный, главным образом, увеличением длительности профессионального образования и, соответственно, расширением возрастных границ окончания образования и начала полноценной занятости и трудовой деятельности.

Второй особенностью современного состояния молодежного сегмента рынка труда является ранняя их вовлеченность в систему трудовых отношений. В настоящее время достаточное количество молодых людей приобретает трудовой опыт еще во время обучения, активно совмещая образование и работу, устраиваясь на неполный рабочий день или временную работу, например во время выходных или каникул.

Третьим отличительным моментом в системе взаимодействия

образования и занятости является то, что пренебрежение профессиональным образованием (как средним, так и высшим) в пользу полноценной трудовой деятельности значительно теряет свою ценность и актуальность, становясь зачастую больше исключением, нежели правилом. Если все же молодой человек в силу каких-либо обстоятельств выбрал работу, а не образование, то он в любой момент может изменить свое решение и после определенного времени, активной трудовой занятости, вновь вернуться к образованию. Именно такие «скачки» являются предметом исследования и направлены на выявление побудительных факторов и формирующихся тенденций таких «карьерных маршрутов».

Поскольку переходы от образования к трудовой деятельности удлинились и стали более сложными, большинство европейских стран запустили параллельные исследовательские проекты, исследуя группы молодых людей в контрольных точках во время их перехода от образования к работе [1, 2]. Цель состояла в том, чтобы определить основные карьерные маршруты, по которым шли различные группы молодых людей. Национальные проекты вскоре обнаружили, что детали карьерных маршрутов и групп специфичны для конкретных стран, и попытались разработать типологии переходных режимов. Дальнейшая цель состояла в том, чтобы свести значительное число стран к небольшому числу типов, а затем сравнить их результаты, особенно в минимизации безработицы среди молодежи, которая стала серьезной проблемой в большинстве стран Европы в период 2007-2015 гг. [3, 4, 5]. Дэвид Раффе (один из участников исследования), пришел к выводу, что невозможно определить какие-либо механизмы, которые были бы наилучшими для всех стран одновременно. Он рекомендовал использовать концепцию переходного режима в тематических исследованиях по каждой стране, и именно такой подход был принят. Это не значит, что типологии лишены ценности. Они могут заострить внимание на сходстве переходных режимов в нескольких странах. Однако не существует единой типологии, которая могла бы охватить все межстрановые вариации. Типологии должны быть дополнены национальными

тематическими исследованиями.

Так, в Англии государственная политика в области образования, профессиональной подготовки, занятости и социального обеспечения устанавливает условия, в которых учреждения среднего, средне-профессионального и высшего образования, работодатели и другие участники профессиональной подготовки преследуют свои собственные цели, а молодые люди выбирают из имеющихся у них вариантов. Связи между ступенями и границами карьерных маршрутов согласовываются интерактивным агентством всех этих сторон. Данные взаимосвязи не являются фиксированными, поэтому постоянно пересматриваются в контексте взаимодействия местных систем образования и рынка труда, с учетом ограничений и возможностей, предлагаемых политикой национального правительства, которые также меняются с течением времени. Этот процесс является постоянным, в котором взаимодействие сторон поддерживает одни черты переходных режимов, видоизменяя другие. До сих пор предпринимаемые типологии всегда использовались для сравнения переходных режимов стран в конкретные моменты времени. Результатом является нереалистичный статический взгляд на режимы стран.

Переходный режим Великобритании 1870-1970-ых годов заключался в следующем: режим был построен на фундаменте, заложенном Законом об образовании 1870 года, который позволял получать начальное образование всем детям, а с 1880 года посещение школы стало обязательным, первоначально в возрасте от 5 до 10 лет. Основной учебной программой были так называемые 3Rs – чтение, письмо и математика, дополненные религиозным и физическим воспитанием. Затем появились школы, которые предлагали среднее образования, которые чаще всего были платными. Это привело к тому, что молодые люди разделились на две группы: имеющие только начальное образование и те, кто имели среднее образование. На основании этого деления образовалась система хозяина-слуги, когда люди со средним образованием могли позволить себе более престижную работу, а с начальным – были

обслуживающим персоналом и простыми рабочими. В 1944 году был принят закон об обязательном среднем образовании для всех, что привело к относительному смягчению системы хозяин-слуга. В течение 1970-х годов трудовой режим Англии начал страдать от снижения занятости, в основном рабочего класса, в обрабатывающей и добывающей промышленности. Таким образом, Великобритания стала столицей безработицы среди молодежи в Европе, и к середине 1980-х годов это была страна с относительно богатым опытом и экспериментами по решению проблемы безработицы среди молодежи.

Первой крупной инициативой по преодолению молодежной безработицы стала Программа молодежных возможностей (YOP), которая действовала с 1978 по 1983 год и обычно предлагала шестимесячный опыт работы, который должен был укрепить позиции молодых людей при подаче заявки. Однако ее реализация осложнялась огромным уровнем безработицы и большим количеством лиц, изъявившим получить доступ к программе. Ее заменой стала Программа обучения молодежи (YTS), запущенная первоначально как однолетняя программа в 1983 году, возобновленная как двухлетняя программа в 1986 году и в последний раз переименованная просто в программу обучения молодежи (YT) в 1990 году [6]. Были сопутствующие инициативы: субсидии на заработную плату, меры по принудительному снижению заработной платы молодежи до уровня, при котором безработица исчезнет, схема высвобождения рабочих мест, разрешающая досрочный выход на пенсию по полной пенсии при условии, что освободившаяся работа будет заполнена безработным молодым человеком [7], усилия по превращению среднего образования в "лучшее", помощь молодым людям в создании собственного бизнеса и новые профессиональные квалификации под руководством работодателя. Однако и эта программа провалилась. Было слишком много «зарезервировано» молодых людей в схемах обучения, образовательных программах и временных рабочих местах, что разрушило «бренд» обучения молодежи. Одной из первых инициатив нового правительства в 1997 году был «новый курс» для

безработных в возрасте 18-25-летних. Безработица среди молодежи была просто вытеснена из 16 и 17-летних в следующие более высокие возрастные группы.

После ряда неудач была предпринята попытка пересмотра системы взаимоотношений. Государственная политика в области образования, профессиональной подготовки, занятости и социального обеспечения устанавливала ограничения и создавала возможности, иногда при государственной финансовой поддержке, для школ, колледжей, университетов, предприятий и других участников профессиональной подготовки достигать свои собственные цели и при этом предлагать различные варианты профессиональной образовательной подготовки и трудовой адаптации различным группам молодежи. Затем, исходя из своих возможностей, молодые люди решали, как выстраивать свою собственную трудовую и карьерную линию. В интерактивном режиме эти инициативы различных субъектов реформировали группы молодых людей в точке входа в систему «образование-трудоустройство», создавали новые направления трудоустройства и маршруты, связывающие их.

В это время доля молодых людей, получающих квалификацию средней школы в возрасте 16 лет, а затем доля поступающих в систему высшего образования, резко возросла. Утверждалось, что необходимо укрепить человеческий капитал молодых людей страны, с тем, чтобы они могли быть в курсе новых технологий и других достижений в области знаний. Была вера в то, что в будущем будет изобилие рабочих мест в области знаний и технологий. Почти все новые рабочие места должны были быть созданы именно в «интеллектуальном» сегменте рынка труда.

Дерегулирование экономики Великобритании в 1980-х годах привело к впечатляющим быстрым результатам. Одним из них было резкое сокращение занятости в обрабатывающей и добывающей промышленности. Другим был всплеск неравенства доходов, вызванный впечатляющими доходами, которые стали доступны в некоторых финансовых компаниях. Снятие контроля над

внутренними и внешними денежными потоками привели к формированию элитных профессий и «карьерных маршрутов» с высокой заработной платой.

После разграничения карьерных маршрутов, доступных молодым людям в возрасте 16 и 18 лет, произошли два значительных изменения. Менее значительным из этих изменений была интеграция профессиональных квалификаций.

Более значительным изменением стала замена ранее действующих схем обучения на обучение при поддержке правительства. Правительство начало поддерживать ограниченное число современных средне-профессиональных образовательных учреждений, которые стали характеризоваться более высоким уровнем профессиональной подготовки. Эти учебные заведения оказались популярными среди молодежи и зафиксировали впечатляющие результаты с точки зрения прогресса в области занятости и заработка [8,9]. Однако многое изменилось с 2015 года, когда возраст, до которого молодые люди были юридически обязаны оставаться в очной форме обучения, был повышен до 18 лет. Затем правительство объявило цель обучения трех миллионов учеников к 2020 году, и в этом процессе можно сказать, что качество было принесено в жертву количеству. С 2015 года учебные заведения предназначались для всех возрастов. Около половины поддерживаемых правительством учеников старше 24 лет. К 2019 году каждый шестой молодой человек поступал на работу через обучение, поддерживаемое правительством.

В эти годы молодые люди, получившие средне-профессиональное образование, имели выбор: продолжить обучение в высшем учебном заведении или эквивалентная работа с последующим профессиональным обучением и карьерным ростом. Однако молодые люди, выбиравшие работу, часто сталкивались с проблемой, что навыков, которым их обучали «на местах», было недостаточно.

Многие 18-летние подростки ожидали поступления в университет достаточно долго. Их надежды обычно оправдывались.

Университет в настоящее время является наиболее распространенным

следующим шагом в «карьерном маршруте» для британских 18-19-летних молодых людей. Две трети имеют право войти в эту систему, и к 2019 году почти 40 % возрастной группы сделали этот шаг вперед.

В 2020 году предложенный подход был испытан распространением COVID-19, за которым последовала национальная изоляция. Были прогнозы массового всплеска безработицы, особенно среди молодежи. Однако общая безработица была сдержана правительственной схемой отпуска, которая предусматривала выплату 80 % заработной платы временно уволенных сотрудников. Во время пандемии безработица среди молодежи (16-24 года) выросла в 2020 году, а затем упала до своего прежнего уровня в 2021 году.

Германия имеет широкий спектр инструментов воздействия на рынке труда, которые могут использоваться для интеграции молодежи в рабочую силу. В основном все инструменты, формирующие обеспечение занятости молодежи, основаны на Национальном плане внедрения молодежных гарантий ЕС в Германии. Сам план описывает существующие услуги в области образования, занятости и профессиональной подготовки, которые способствуют интеграции молодежи на рынок труда [10].

Среди государственных программ по интеграции молодежи на рынок труда в Германии можно выделить:

– Директиву федерального правительства об интеграции ESF (ESF-Integrationsrichtlinie Bund) (2014-2020 гг.), целью которой является интеграция молодых людей, испытывающих особые трудности с доступом к занятости или профессиональной подготовке, на рынок труда. Ключевыми областями является интеграция через обмен.

– Федеральную программу ESF, целью которой является интеграция молодежи в профессиональную подготовку. В случае если молодой человек с низкими показателями знаний по окончанию школы желает получать высшее образование, они получают личную поддержку от наставников по карьере, начиная со школы и заканчивая профессиональной подготовкой.

– Модельную программу ESF – «поддержка молодежи по соседству»

(2014-2022) в сотрудничестве с Федеральным министерством окружающей среды, охраны природы, строительства и ядерной безопасности. Целью данной программы является специализация отделений социального обеспечения молодежи в отдельных городах Германии в работе с молодыми людьми, которым недоступны вышеописанные программы из-за личных проблем или нуждающимся в специальной образовательной программе.

Конкретных гибких схем трудоустройства молодежи в Германии не существует. Труд молодых людей в обязательном порядке базируется на имеющейся трудовой законодательной базе страны. Кроме того в каждой компании есть дополнительные правила, которые оговариваются в трудовом соглашении, в том числе и о количестве рабочего времени в месяц.

Еще одной мерой поддержки молодежи, не имеющей возможности трудоустройства, являются гарантированные социальные пособия по безработице. Кроме того с 15 лет молодые люди имеют право на второе пособие по безработице, которое предназначено помочь им зарабатывать на жизнь.

В соответствии с Законом Германии об оказании помощи в повышении квалификации, молодые люди имеют право на получение финансовой поддержки со стороны государства для дальнейшего образования (но только при условии соответствия всем критериям, указанным в законе).

Франция является одной из тех стран, в которой показатель молодой безработицы достаточно высок. Во втором квартале 2020 года он достиг 21 %, в то время как общий уровень безработицы по стране составлял 7,1 %. Столь высокий показатель молодежной безработицы в первую очередь сопряжен с тем, что наблюдается сокращение числа молодых соискателей, в частности за счет сокращения существующих различий между молодыми людьми с низкой квалификацией, выходцами из неблагополучных городских районов и молодыми выпускниками, а также принятия предварительных мер по устранению препятствий на пути профессиональной интеграции [11].

Для снижения показателя молодежной безработицы во Франции

применяется ряд мер:

– разработан план на период 2018-2022 гг. по подготовке молодежи, особенно низкоквалифицированной. Целью этого плана является подготовка миллиона низкоквалифицированных молодых людей и миллиона низкоквалифицированных долгосрочных соискателей. На региональном уровне данный план осуществляется посредством развития образования, характеризующегося способностью быстро адаптироваться и переходить из одной сферы в другую, увеличения мест в системе обучения для молодых людей, имеющих сложные жизненные ситуации и др.;

– разработана программа «Гарантия для молодежи», которая основывается на интенсификации коллективной поддержки, повторном опыте профессионального трудоустройства, индивидуальном сопровождении в течении всего года (с момента вступления в данную программу) и ежемесячной финансовой помощи;

– применяются учебные программы EPIDE, предназначенные для молодых людей в возрасте 18-25 лет, не имеющих диплома об образовании – учреждения по интеграции занятости несут ответственность за сопровождаемых молодых людей, испытывающих трудности, в их социальных и профессиональных проектах с помощью адаптивных индивидуальных программ.

Кроме того, институциональные субъекты профессиональной интеграции молодежи Франции приняли меры, которые обеспечивают более легкий и стабильный профессиональный переход, меры, направленные на инвестирование в профессиональные навыки молодежи, которые направлены на сокращение безработицы среди молодых людей с низкой квалификацией посредством материальной поддержки на обучение и повышение квалификации.

В целях содействия профессиональной интеграции молодых людей были приняты меры, направленные на согласование их профессиональной и личной жизни, охватывающие области проживания, здравоохранения и семейной

жизни и включающие:

– Guarantee Visale – это государственная схема, которая позволяет студентам без каких-либо условий получить бесплатный арендный депозит за любой тип жилья;

– ясли для содействия профессиональной интеграции, которые обеспечивают поддержку и уход за детьми, в частности для матерей-одиночек и родителей, которым требуется время для поиска работы;

– общежития для молодых людей: общежития, которые сдают комнаты молодым людям 16-25 (иногда 30) лет, в частности тем, кто участвует в программах обучения (ученичество, работа / учеба или стажировка) и оплачиваемые студентам, тем, кто работает на своей первой работе (CDD / CDI) или находится в процессе обучения;

– введение академического отпуска, который позволяет студентам приостановить учебу на период от 6 месяцев до года, чтобы получить личный, профессиональный или волонтерский опыт во Франции или за рубежом. Такие годы «перерыва» способствуют облегчению выбора карьеры, личностному развитию и приобретению новых навыков.

Российская Федерация в течение многих лет предпринимала попытки решения проблемы молодёжной занятости, однако весьма ограниченный круг мер охватывал либо молодежь с ограниченными физиологическими возможностями, либо осуществлялось воздействие на этапе профессиональной подготовки. Данные меры не являлись исчерпывающими, в связи с чем данная проблема в течение многих лет оставалась нерешённой.

Запуск долгосрочной программы содействия занятости молодежи на период до 2030 года, утверждённой Правительством РФ [12], предусматривает активное взаимодействие между Минтрудом России, Минпросвещения России, Минобрнауки России, Федеральным государственным бюджетным учреждением «Всероссийский научно-исследовательский институт труда» Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации и другими исполнителями. Особое место занимают такие участники, как автономная

некоммерческая организация «Национальное агентство развития квалификаций», автономная некоммерческая организация «Агентство развития профессионального мастерства (Ворлдскиллс Россия)», автономная некоммерческая организация «Агентство стратегических инициатив по продвижению новых проектов», автономная некоммерческая организация «Университет национальной технологической инициативы 2035», Фонд Гуманитарных Проектов, что позволяет сделать вывод о том, что вопрос трудоустройства молодежи беспокоит не только государство, но и общественность.

Масштаб программы предусматривает охват не менее 10 миллионов молодых людей к 2030 году и предусматривает реализацию следующих мер:

– создание и развитие отдельных подсистем единой цифровой платформы в сфере занятости и трудовых отношений под названием «Работа в России» с целью информирования о состоянии рынка труда и прогнозах его развития, развитие мониторинга трудоустройства выпускников общеобразовательных организаций высшего и средне-профессионального образования;

– разработка предложений по совершенствованию норм трудового и пенсионного законодательства с целью привлечения к трудовой деятельности несовершеннолетних граждан;

– совершенствование механизмов прохождения производственной практики, посредством изменения законодательства РФ в части организации и прохождения практик, развитие, апробация и обеспечение функционирования на единой цифровой платформе в сфере занятости и трудовых отношений «Работа в России» подсистемы по осуществлению в электронном виде процедур организации и прохождения производственной практики;

– создание условий для возможности совмещения получения образования и трудовой деятельности;

– реализация всероссийской программы по развитию молодежного предпринимательства;

– апробация комплексного подхода по карьерному сопровождению

молодежи, включая развитие предпринимательских инициатив;

– реализация проекта «Страна мастеров» (персональное сопровождение молодежи для реализации предпринимательских навыков, включая оформление в качестве налогоплательщика налога на профессиональный доход);

– субсидирование трудоустройства молодежи;

– организация обучения молодежи в части самоопределения, планирования профессиональной деятельности и развития;

– адресное сопровождение трудоустройства молодежи;

– организация профессионального обучения и дополнительного профессионального образования женщин, находящихся в отпуске по уходу за ребенком до достижения им возраста 3 лет, в рамках федерального проекта «Содействие занятости» национального проекта «Демография», так как не столько остро стоит проблема трудоустройства молодежи 20 лет, как у молодежи 25-30 лет из-за семьи и прочих личных обстоятельств;

– пилотное введение системы обязательного распределения в трудодефицитные субъекты Российской Федерации на квотированные рабочие места выпускников образовательных организаций высшего образования по медицинским и педагогическим профессиям и развитие трудовой мобильности молодежи из трудоизбыточных в трудодефицитные субъекты Российской Федерации, которые предусматривают меры повышения трудовой мобильности молодых специалистов, однако пока охватывают весьма ограниченный перечень профессиональных направлений подготовки.

Кроме того будет обеспеченна господдержка работодателям, обеспечивающим трудовую занятость молодежи. Таким работодателям будет выделяться субсидирование в размере трех МРОТ, увеличенный на районный коэффициент, сумму страховых взносов и количество трудоустроенных молодых людей [13].

Целевыми ориентирами реализации этих мер будет снижение почти в 2 раза уровня безработицы молодежи в возрасте до 29 лет до уровня в 5 % к 2030 году, что будет являться одним из самых низких не только в историческом

аспекте российского рынка труда, но и в сравнении с международными тенденциями.

Вторым качественно важным целевым ориентиром является увеличение доли вовлеченности с 6 до 35 % молодежи в возрасте от 14 до 18 лет с целью приобретения первичного трудового опыта и навыков адаптации к рынку труда, что позволит получить более ранний опыт трудовой деятельности и взаимодействия с институциональными структурами рынка труда.

Выводы. Проведенное исследование позволяет утверждать, что не существует универсальных схем по интеграции молодежи на рынок труда. В каждой стране есть свои особенности, которые необходимо учитывать для разработки программ по интеграции молодежи в трудовую деятельность. Даже страны с высокими экономическими показателями на сегодняшний день страдают от высоких показателей безработицы среди молодежи. В России на конец 2019 года данный показатель составлял 15,5 % при общем показатели безработицы 4,6 %. Это говорит о том, что государству необходимо в срочном порядке разрабатывать комплекс мер по интеграции молодежи на рынок труда. Стоит проанализировать опыт развитых стран, которым удалось справиться с этой проблемой, например, как Англия, и интерпретировать комплексы мер, применяемых в этих странах в России с учетом специфики экономики и рынка труда в РФ. Если смотреть на опыт Англии за последние годы, а именно 2020-2021, становится понятно, что данная программа полностью себя оправдывает и дает качественные показатели.

Таким образом, меры, внедрённые на европейском рынке труда в молодёжном сегменте, могут быть успешно интегрированы и адаптированы в российскую систему трудовых отношений, что в целом предусмотрено Федеральной программой поддержки молодежи «Долгосрочная программа содействия занятости молодежи на период до 2030 года».

Список использованных источников:

1. *Courtenay G.* England and Wales Youth Cohort Study. Manpower Services Commission: Sheffield, UK, 1988.

2. *Furlong A., Raffe S.* Young People's Routes into the Labour Market. Centre for Educational Sociology, University of Edinburgh: Edinburgh, UK, 1988.
3. *Bratsberg B., Nyen, T., Raaum O.* Economic returns to adult vocational qualifications // J. Educ. Work. 2020, P. 99-114.
4. *Hadjivassiliou Kari P., Tassinari A., Eichhorst W., Wozny F.* How does the performance of school-to-work transition regimes in the European Union vary? In Youth Labor in Transition. Oxford University Press: New York, USA, 2019.
5. *De Lange M., Gesthuizen M.; Wolbers M.H.J.* Youth labour market integration across Europe: The impact of cyclical, structural and institutional characteristics // Eur. Soc. 2014. P. 194-212.
6. *Goos M., Manning A.* Lousy and Lovely Jobs: The Rising Polarisation of Work in Britain. Centre for Economic Performance, London School of Economics: London, UK, 2003.
7. Office for National Statistics. People in Employment on a Zero-Hours Contract. Office for National Statistics: London, UK, 2017.
8. *Engeli A., Turner D.* Degree Apprenticeships Motivations Research. Wavehill Social and Economic Research: London, UK, 2019.
9. *Powell A.* Apprenticeships and Skills Policy in England. House of Commons Library: London, UK. URL. https://commonslibrary.parliament.uk/research-briefings/sn03052 (дата обращения: 02.06.2022).
10. Интеграция молодежи на рынке труда. Германия. URL: https://national-policies.eacea.ec.europa.eu/youthwiki/chapters/germany/36-integration-of-young-people-in-the-labour-market (дата обращения: 02.06.2022).
11. Интеграция молодежи на рынке труда. Франция. URL: Режим доступа: https://national-policies.eacea.ec.europa.eu/youthwiki/chapters/france/36-integration-of-young-people-in-the-labour-market (дата обращения: 02.06.2022).
12. Долгосрочная программа содействия занятости молодежи на период до 2030 года. URL: http://static.government.ru/media/files/rPqTKcZXAGKm9YF3xVcoANoHZSUnnpE6.pdf (дата обращения: 02.06.2022).
13. Субсидии за трудоустройство молодёжи. URL: https://мойбизнес.рф/anticrisis/cubsidii-za-trudoustroystvo-molodyezhi (дата обращения: 02.06.2022).

References:

1. Courtenay G. *England and Wales Youth Cohort Study*. Manpower Services Commission, Sheffield, UK, 1988. (In English).
2. Furlong A., Raffe S. *Young People's Routes into the Labour Market*. Centre for Educational Sociology, University of Edinburgh, Edinburgh, UK, 1988. (In English).
3. Bratsberg B., Nyen, T., Raaum O. Economic returns to adult vocational qualifications. *J. Educ. Work*, 2020, pp. 99-114. (In English).
4. Hadjivassiliou Kari P., Tassinari A., Eichhorst W., Wozny F. *How does the performance of school-to-work transition regimes in the European Union vary? In Youth Labor in Transition*. Oxford University Press, New York, USA, 2019. (In English).
5. De Lange M., Gesthuizen M.; Wolbers M.H.J. Youth labour market integration across Europe: The impact of cyclical, structural and institutional characteristics. *Eur. Soc.*, 2014, pp. 194-212. (In English).
6. Goos M., Manning A. *Lousy and Lovely Jobs: The Rising Polarisation of Work in Britain*. Centre for Economic Performance, London School of Economics, London, UK, 2003. (In English).
7. *Office for National Statistics. People in Employment on a Zero-Hours Contract*. Office for National Statistics, London, UK, 2017. (In English).
8. Engeli A., Turner D. *Degree Apprenticeships Motivations Research*. Wavehill Social and Economic Research, London, UK, 2019. (In English).
9. Powell A. *Apprenticeships and Skills Policy in England*. House of Commons Library, London,

UK. (In English). Available at: https://commonslibrary.parliament.uk/research-briefings/sn03052 (accessed 02.06.2022).
10. *Integraciya molodezhi na rynke truda. Germaniya* [Integration of young people in the labour market. Germany]. (In Russian). Available at: https://national-policies.eacea.ec.europa.eu/youthwiki/chapters/germany/36-integration-of-young-people-in-the-labour-market (accessed 02.06.2022).
11. *Integraciya molodezhi na rynke truda. Franciya* [Integration of young people in the labour market. France]. (In Russian). Available at: https://national-policies.eacea.ec.europa.eu/youthwiki/chapters/france/36-integration-of-young-people-in-the-labour-market (accessed 02.06.2022).
12. *Dolgosrochnaya programma sodejstviya zanyatosti molodezhi na period do 2030 goda* [Long-term youth employment promotion program for the period up to 2030]. (In Russian). Available at: http://static.government.ru/media/files/rPqTKcZXAGKm9YF3xVcoANoHZSUnnpE6.pdf (accessed 02.06.2022).
13. *Subsidii za trudoustrojstvo molodyozhi* [Subsidies for youth employment]. (In Russian). Available at: https://мойбизнес.рф/anticrisis/cubsidii-za-trudoustroystvo-molodyezhi (accessed 02.06.2022).

Сведения об авторах / Information about authors

Меркушева Марина Вячеславовна	канд. экон. наук, доцент кафедры экономики и гуманитарных дисциплин Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82
Merkusheva Marina Vyacheslavovna	Ph.D. (Econ.), Associate Professor at the Department of Economics and Humanities Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82
Пономарёва Екатерина Олеговна	студент 3-го курса направления подготовки «Экономика» Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 ekaterina.pon2002@yandex.ru
Ponomareva Ekaterina Olegovna	student of the 3rd year of the training direction “Economics” Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82 ekaterina.pon2002@yandex.ru

УДК 332.14

Мнацаканян А.Г., Бильчак В.С., Харин А.Г.

ОБ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ РОССИЙСКИХ РЕГИОНОВ И ФАКТОРАХ ЕЕ ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ (НА МАТЕРИАЛАХ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ)

Аннотация. В статье анализируется экономическая специализация одного из приграничных российских регионов – Калининградской области. Делается вывод, что нынешняя специализация области обусловлена логикой постсоветского этапа развития отечественной экономики. Отличительной особенностью ведущих отраслей калининградской экономики является встроенность в глобальные и внутрироссийские производственно-логистические цепочки. Исследование показало, что магистральным направлением специализации экономики области выступают импортозамещающие производства отдельных видов потребительских товаров массового спроса, а ее главным конкурентным преимуществом до последнего времени была относительная доступность импортной промежуточной продукции, дополняемая преференциями ОЭЗ. Перспективы экономики Калининградской области в рамках данной траектории развития связаны с последовательным ростом технологической сложности местных обрабатывающих производств и дальнейшим углублением интеграции в мировое хозяйство. Альтернативный вариант, предполагающий пересмотр фундаментальных основ специализации экономики области сопряжен со значительными общественными издержками.
Ключевые слова: региональная политика, экономическая специализация, сравнительные преимущества, факторы специализации, Калининградская область.

Mnatsakanyan A.G., Bilchak V.S., Kharin A.G.

ECONOMIC SPECIALIZATION OF RUSSIAN REGIONS AND ITS DETERMINING FACTORS (ACCORDING TO THE KALININGRAD REGION)

Abstract. This paper examines the economic specialization of one of the Russian border regions - the Kaliningrad region. The authors conclude that the current specialization of the region is caused by the logic of the post-Soviet development of the domestic economy. A distinctive feature of the Kaliningrad business is its strong integration into global and domestic Russian production and logistics chains. Our study showed that the main direction of specialization of the region's economy is the import-substituting production of several types of consumer goods of mass demand. Until recently, the main competitive advantage of the region's economy has been the relative availability of imported intermediate goods, supported by SEZ preferences. We think that the prospects for the economy of the Kaliningrad region are associated with a further increase in the technological complexity of local manufacturing industries and deepening integration into the world economy. An alternative option, which involves revising the foundations of specialization of the region's economy, is associated with large social losses.
Keywords: regional policy, economic specialization, comparative advantages, factors of specialization, Kaliningrad region.

Введение. Разнообразие российских регионов затрудняет применение унифицированных подходов к выбору оптимального пути их развития. Сложности также возникают из-за несовершенства методологического

обеспечения, не всегда позволяющего в полной мере выявлять и правильно оценивать специализацию экономики регионов. Вместе с тем, мировой опыт свидетельствует, что правильное определение ключевых направлений развития региона выступает условием успешного преодоления многих проблем социально-экономического характера и поддерживает устойчивый экономический рост [1]. Поэтому важной задачей, решаемой разработчиками экономической политики, является то, как опираясь на отрасли и виды деятельности, обладающие сравнительными преимуществами, обусловленными региональной спецификой и иными факторами, обеспечить требуемые темпы и пропорции развития [2]. Частью решения этой проблемы выступает анализ структуры экономики региона.

Существуют разные подходы к типологизации регионов при анализе их экономической структуры. Так, некоторые российские авторы предлагают опираться на такие критерии как рыночная или отраслевая специализация региона, измеряя их посредством набора производственных характеристик [3]. В основе анализа также могут лежать показатели, характеризующие занятость и благосостояние населения региона [4]. Кроме того, для классификации регионов в нашей стране и за рубежом довольно широко применяются «синергетические», комплексные подходы [5]. Обычно такого рода исследования базируются на комбинации статистических данных, с разных сторон характеризующих степень экономической активности той или иной отрасли региона. Хотя данный способ измерения не лишен ряда недостатков, он часто рассматривается в качестве репрезентативного инструмента анализа экономики региона, развивающейся за счет использования хозяйствующими субъектами уникальных условий и компетенций. Имеется немало исследований, доказывающих предпочтительность комплексных показателей специализации при определении перспективных направлений развития региональной экономики [6, 7]. В состав этих показателей также рекомендуется включать динамические индикаторы, служащие лучшему выявлению тенденций и оценке устойчивости

экономической специализации [8].

Измерение экономической специализации является общепризнанным элементом региональной политики. Однако по-прежнему сохраняется дефицит работ, посвященных особенностям использования соответствующих показателей в конкретных условиях. Актуальность данной проблемы, в частности, отмечается в ряде публикаций, авторы которых дают критическую оценку многим популярным в настоящее время методам анализа региональной экономической политики (см. например, [9, 10]). Но особенно важным и, одновременно, сложным является правильное определение отраслевых приоритетов в регионах с ограниченным в силу разных причин потенциалом развития. В таких случаях задача выбора адекватных инструментов анализа приобретает ключевое значение [11].

Указанная проблема актуальна для современной России. Доминировавшие в течение нескольких последних десятилетий в мировой торговле процессы глобализации вместе с тенденцией роста открытости российской экономики, углубления ее интеграции в систему международного разделения труда обусловили существенную трансформацию специализации российских регионов. Эти изменения в первую очередь затронули приграничные регионы.

Современная экономическая теория предлагает разные трактовки того, как экономическая интеграция влияет на специализацию территорий. В частности, согласно известной модели Хекшера-Олина-Самуэльсона, специализация регионов определяется различиями в производительности и в ресурсах (см. например [12]). В свою очередь, теоретики новой экономической географии видят основную причину специализации регионов в процессе концентрации производства и эффектах масштаба [13]. При этом общим для неоклассической теории является объяснение специализации регионов их сравнительными преимуществами, возникающими и усиливающимися в условиях либерализации торговли и роста открытости экономик.

В определенной мере подтверждением данных теоретических идей служит

опыт России, в конце XX – начале XXI веков пережившей период быстрой интеграции в систему мировой экономики. Изменения затронули многие отрасли российской экономики, хотя и носили неоднородный характер. Так, например, если в экспортоориентированном секторе, специализирующимся в основном на производстве сырья и несложных продуктов его переработки, они в целом были позитивными и довольно устойчивыми во времени, то в отраслях, ориентированных на внутренний рынок условия для становления региональной специализации, сформировались только в последние годы, после ввода Россией ограничений на импорт ряда товаров. Не останавливаясь на всех аспектах влияния внешней торговли на экономику российских регионов (их описание можно найти в соответствующей литературе – см., например [14, 15, 16]), отметим мнение, что наиболее заметный положительный эффект от трансграничного экономического сотрудничества, как правило, достигается на «рубежах страны» [17]. Эмпирическая проверка данного утверждения, а также того, каковы его последствия для региона представляет определенный научный и практический интерес.

Цель исследования – выявить экономическую специализацию одного из приграничных российских регионов – Калининградской области и определить факторы, обусловившие ее формирование. Это позволит понять реальную роль региональной экономики в системе национального разделения труда, а также даст представление о разумных направлениях ее дальнейшего развития.

Материалы и методы исследования. Работа базируется на сочетании специального инструментария, применяемого для оценки экономической специализации и универсальных методов научных исследований, в частности, методов статистического анализа, графических интерпретаций, индукции и дедукции. Информационной основой исследования служат сведения, полученные из общедоступных баз данных Росстата и ФТС России.

Авторы многих современных эмпирических работ, следуя идее, предложенной Е. Глейзером [18], используют для выявления экономической

специализации промежуточный показатель – коэффициент локализации отрасли (вида деятельности) на территории региона, рассчитываемый как отношение удельного веса оцениваемой отрасли в общей структуре регионального производства к аналогичному показателю данной отрасли в целом в стране:

$$L_{ri} = \frac{W_{ri}}{W_i} = \frac{P_{ri}/(\sum_{i=1}^{N} P_{ri})}{(\sum_{r=1}^{M} P_{ri})/(\sum_{i=1}^{N}\sum_{r=1}^{M} P_{ri})}, \quad (1)$$

где L_{ri} – коэффициент локализации отрасли i в регионе r, $i = 1, \dots, N$, $r = 1, \dots, M$;

P_{ri} – параметр данной отрасли;

W_{ri} – доля в отрасли i в регионе r;

W_i – доля этой отрасли в экономике страны.

Для расчета коэффициента в качестве параметров отрасли могут использоваться показатели выпуска продукции, стоимости задействованного в отрасли капитала (или основных фондов), численности работников, занятых в отрасли, либо другие показатели, влияющие на экономический рост [19].

Коэффициент локализации служит основной для последующего выявления экономической специализации региона. Данный показатель (индекс специализации) представляет собой результат взвешивания величины коэффициента локализации отрасли относительно использовавшихся для его расчета параметров:

$$S_r = \sum_{i=1}^{N} ((P_{ri}/P_r) \cdot L_{ri}), \quad (2)$$

где P_{ri} – величина параметра отрасли i в регионе, $i = 1, \dots, N$;

P_r – величина этого параметра, рассчитанного для всей региональной экономики.

Преимуществом индекса специализации является унифицированная и стандартизированная процедура расчета, удобная для принятия решений.

Считается, что отрасль является отраслью рыночной специализации региона если для нее значение индекса больше единицы. Однако формализация в некоторых случаях приводит к поверхностным, возможно, неверным выводам. Погрешности возможны, например, из-за того, что при расчете индекса не учитывается размер и структура экономики региона [20].

Данное обстоятельство определяет необходимость тщательного выбора отраслей и видов экономической деятельности, участвующих в анализе экономической специализации региона. Обычно в качестве таких отраслей рассматриваются только отрасли, относящиеся к т.н. «торгуемому сектору» экономики. Оставляя за рамками нашего исследования дискуссию о том, как следует разделять торгуемый и неторгуемый сектора региональной экономики, мы вслед за многими другими авторами определяем неторгуемый сектор как отрасли, производящие услуги, потребляемые исключительно внутри региона, а к торгуемому сектору относим те отрасли, продукция и услуги которых могут продаваться на региональном, общенациональном и международных рынках [21]. Предметом нашего внимания является торгуемый сектор.

Для устранения недостатков стандартных показателей требуется их дополнение вспомогательными индикаторами. Например, важную информацию, уточняющую и конкретизирующую отраслевую специализацию содержит показатель региональной товарности – коэффициент, характеризующий соотношение между объемом вывоза какого-либо вида продукции из региона и ее производством в данном регионе [22]:

$$K_{rj} = E_j / M_{rj} \,, \tag{3}$$

где E_j – вывоз продукции из региона;

M_{rj} – производство продукции в регионе.

В дополнение к этому показателю полезно также анализировать соотношение между ввозом в регион и вывозом из него определенных видов

продукции и учитывать ряд других аспектов, с количественной и качественной стороны характеризующих региональную экономику. При этом следует понимать, что перечисленные показатели способны составить надежную основу для выявления фактических и перспективных областей специализации региональной экономики только в сочетании с другими методами экономических исследований.

Результаты исследования и их обсуждение. Объектом изучения выступает Калининградская область – один из малых субъектов Российской Федерации, территориально изолированный от основной части страны (не граничащий с другими российскими регионами), расположенный внутри крупнейшего глобального игрока – Евросоюза и в силу этих и других обстоятельств, имеющий во многом специфическую структуру экономики. К настоящему времени в калининградской экономике сформировалось несколько направлений деятельности, масштабы которых позволяют говорить об определенной экономической специализации региона.

Прежде чем приступить к детальному изучению направлений специализации, необходимо выделить отрасли региональной экономики занимающие в ней лидирующие места. Для этого воспользуемся универсальным показателем, который обычно ассоциируется с вкладом экономики в рост общего богатства и благосостояния – валовой добавленной стоимостью (ВДС). В отраслевой структуре ВДС, создаваемой в калининградской экономике, ведущую роль играет обрабатывающая промышленность, на долю которой приходится не менее 20 % ВДС [23]. Следующие за этой отраслью виды деятельности «Операции с недвижимым имуществом», а также «Торговля и бытовые услуги» (по 10-15 % ВДС) относятся к неторгуемому сектору и, следовательно, не рассматриваются нами в качестве направлений экономической специализации региона.

Обрабатывающая промышленность Калининградской области – довольно сильно диверсифицирована (насчитывает несколько десятков видов

деятельности). Но используя в качестве маркера статистический показатель объема выпуска (отгрузки) товаров собственного производства, можно выделить в ее составе две наиболее значимые отрасли. Это – отрасль (точнее, совокупность отраслей), выпускающая продукты питания, а также автомобилестроение. Начиная с 2008 г. на долю указанных отраслей приходится свыше 50 % валового стоимостного выпуска продукции обрабатывающей промышленности, а в последние годы – более 2/3 (рис. 1). Данное обстоятельство, учитывая малые размеры экономики Калининградской области (менее 0,5 % промышленного производства РФ), избавляет от необходимости рассматривать другие отрасли.

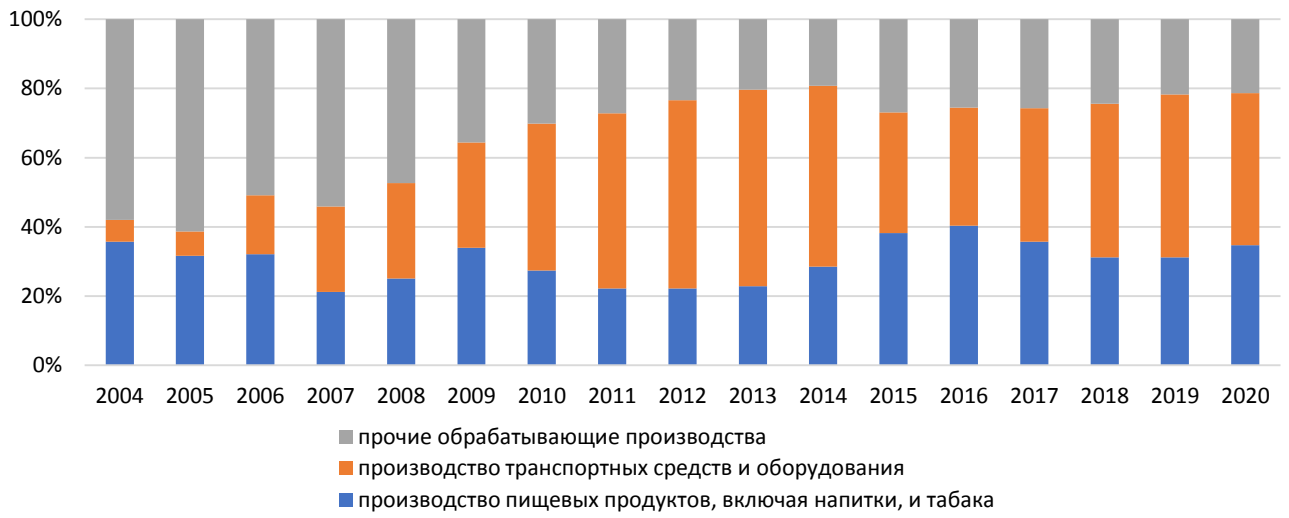


Рисунок 1 – Структура калининградской обрабатывающей промышленности по объему отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами, в процентах к общему объему обрабатывающих производств

Применив стандартные методы анализа (формулы 1 и 2) и использовав в качестве критерия показатель валовой товарной продукции, можно сделать вывод, что ключевым направлением экономической специализации региона является деятельность по производству автотранспортных средств – начиная с 2009 г. значение индекса специализации для нее стабильно превышало 1 и имело долгосрочную тенденцию роста. По этому же критерию пищевая

промышленность области не может быть отнесена к отраслям экономической специализации (рис. 2).

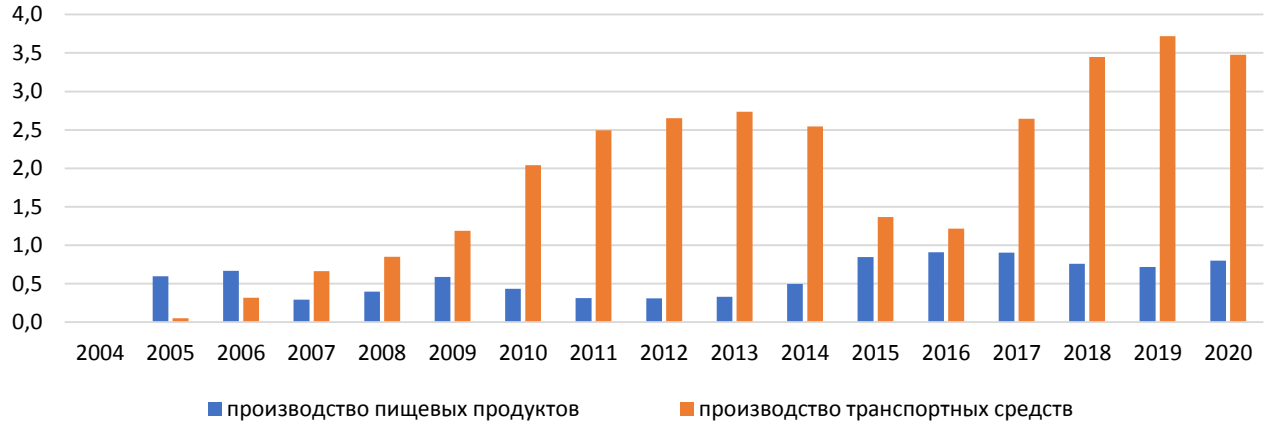


Рисунок 2 – Индексы специализации двух базовых отраслей калининградской экономики по валовой товарной продукции

Альтернативный способ расчета индекса специализации на основе величины стоимости основных фондов дает иной результат. В этом случае несомненной отраслью специализации калининградской экономики начиная с 2006 г. является пищевая промышленность, в то время как производство транспортных средств не соответствовало принятому критерию ни в одном из периодов расчетов (рис. 3).

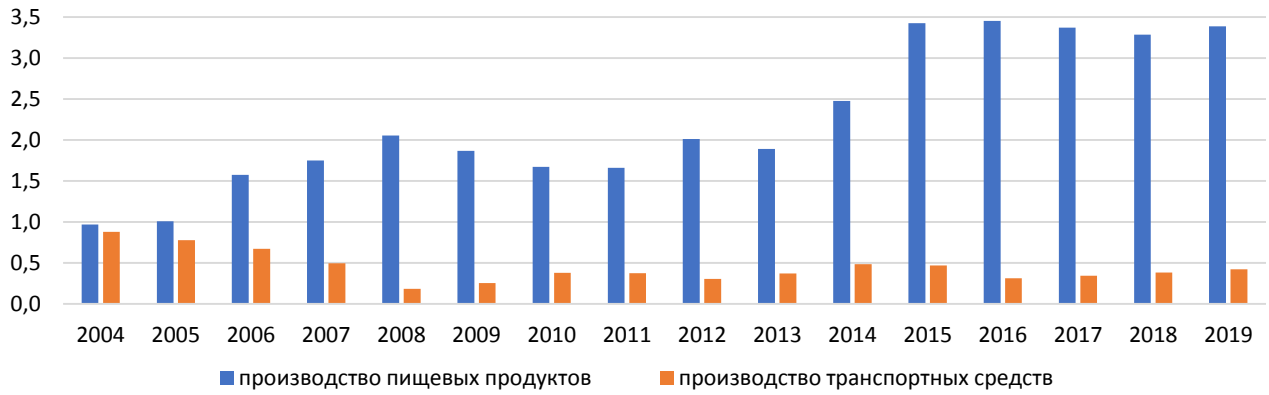


Рисунок 3 – Индексы специализации двух базовых отраслей калининградской экономики по стоимости основных фондов

Таким образом, количественная оценка степени специализации региона на основании стандартного показателя – индекса специализации не выявляет явный приоритет какой-либо из отраслей-лидеров калининградской экономики. Судя по динамике значений индекса, рассчитанных разными способами, специализация региона в области пищевого производства выглядит несколько более устойчивой. При этом если принимать во внимание натуральные объемы производства отдельных видов продукции, то действительно стабильным направлением специализации области может считаться лишь одна из отраслей пищевой промышленности региона – рыбная. Это наглядно иллюстрируют данные о доле Калининградской области в общероссийском выпуске основных видов промышленной продукции (рис. 4). В то время как на протяжении предыдущего десятилетия (2010-2020 гг.) доля области в выпуске наиболее массовой продукции ее пищевой промышленности – мясных консервов менялась в 2,4 раза, легковых автомобилей – в 2,8 раза, то производство рыбной продукции все эти годы оставалось на уровне 8-10 % от общероссийского.

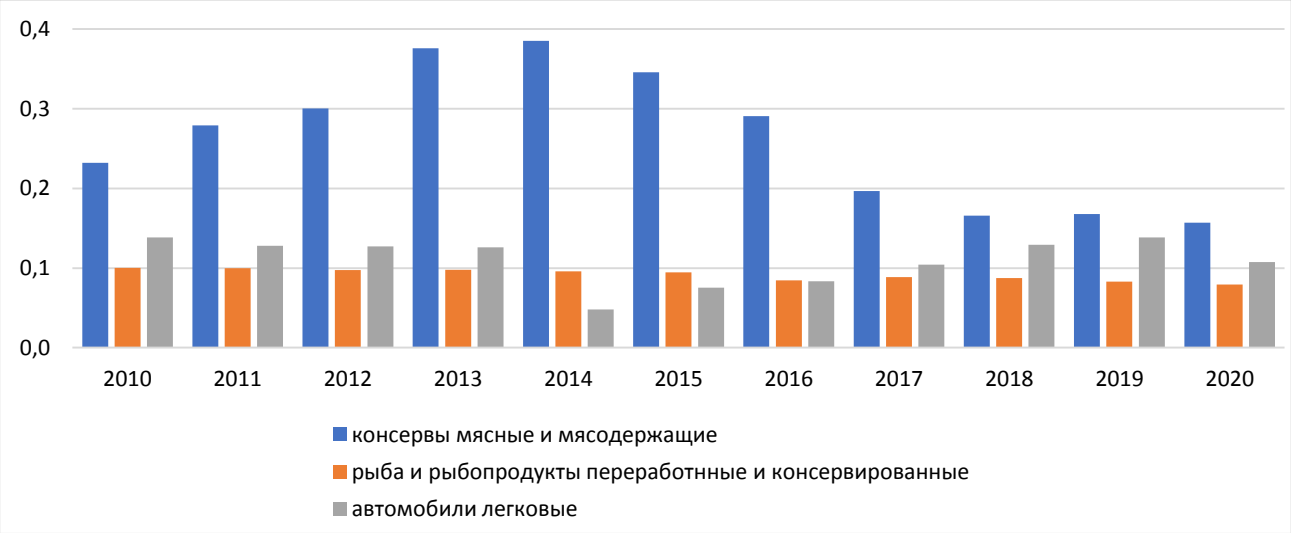


Рисунок 4 – Доля Калининградской области в общероссийском выпуске основных видов продукции отраслями специализации региональной экономики

Данная особенность – общая неустойчивость экономической

специализации Калининградской области во многом обусловлена, с одной стороны, ее терминальным по отношению к общероссийскому рынку положением, а с другой, ограниченностью собственных ресурсов, вынуждающих бизнес искать лакуны на внешнем контуре взаимодействия российской и мировой экономик. Исходя из этого основным профилем калининградской экономики стали импортозамещающие производства, базирующиеся переработке промежуточной импортной продукции – импортных сырье и компонентах, которые отсутствуют или не выгодно производить в России, и выпуске технически несложных товаров, пользующихся спросом на российском рынке. Колебания и долгосрочные тренды выпуска этой продукции определяются конъюнктурой российского рынка, а также политикой федеральных властей, ограничивающих или, напротив, стимулирующих определенную деятельность. На этом фоне рыбопереработка, использующая такой «незыблемый» фактор как доступность рыбного сырья (включая удобную логистику его поставок), выступает одним из «якорей» региональной экономики [24]. Она в меньшей мере, чем другие отрасли зависит от рыночных и политических условий. Аналогичные, хотя и менее стабильные факторы экономической специализации на протяжение последних 10-15 лет также определяли развитие калининградской мясной промышленности и автомобилестроения.

Степень вовлеченности калининградской экономики в международные и внутрироссийские производственно-торговые связи хорошо иллюстрирует деятельность мясной промышленности области. Оценочные расчеты, выполненные на основе данных о внешней торговле и перемещении сырья и готовой продукции между Калининградской областью и другими регионами России указывают на определяющую роль международной кооперации в экономической специализации региона. Хотя динамично развивающееся в последние годы мясное животноводство области и производит значительные объемы сырья, их недостаточно для полной загрузки имеющихся

производственных мощностей мясоперерабатывающей промышленности. Это вынуждает местные предприятия импортировать от 40 до 50% необходимого сырья. В 2019 и 2020 гг. импорт всех видов мясного сырья в Калининградскую область, соответственно, составлял 76,5 и 80,2 тыс. т [25], при этом чистый вывоз этого сырья в другие регионы РФ не превышал 6,9 тыс. т [26]. Завезенное в регион импортное сырье в значительной части направлялось на производство конечной продукции, в основном, мясных консервов и колбас – товаров, определяющих специализацию Калининградской области. По данным Росстата, чистый вывоз этих двух товаров из области в другие регионы России в 2019 и 2020 гг. в сумме составлял 74,6 и 64,2 тыс. т, соответственно [26], что сопоставимо с объемом импортированного в область мясного сырья.

Одной предпосылок, на которых зиждется специализация региона в области мясопереработки выступают налоговые и таможенные преференции ОЭЗ. Вместе с выгодной логистикой поставок сырья, они до недавнего времени обеспечивали относительно низкую себестоимость калининградской продукции. Последнее является немаловажным, поскольку основные потребители мясных консервов в России – население и государственные учреждения, в первую очередь, ориентируются на низкие цены. Благодаря преимуществу в цене Калининградская область в течение как минимум последних 10 лет занимала лидирующие позиции на этом сегменте российского рынка мясопродуктов. На рис. 5 приведены результаты расчета доли, занимаемой Калининградской областью в общероссийском выпуске мясных консервов, а также других видов продукции, составляющих основные направления специализации калининградской экономики.

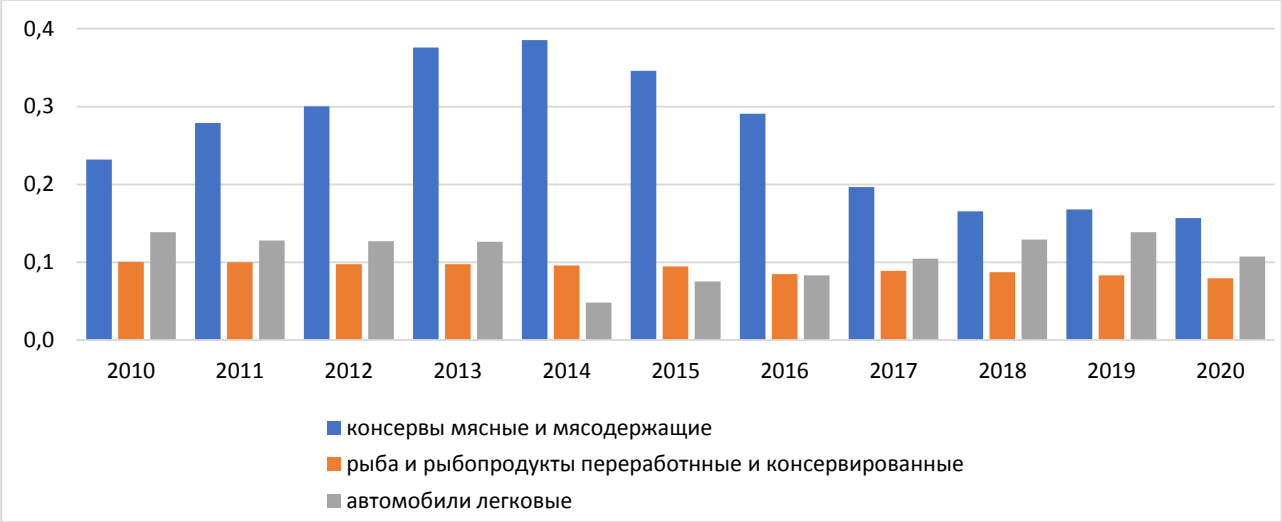


Рисунок 5 – Доля Калининградской области в производстве некоторых видов продукции, в натуральном выражении

Названные условия – наличие емкого российского рынка, особое географическое положение региона и удобная логистика (включая развитую транспортную инфраструктуру), а также преференции ОЭЗ – обусловливают сильную вовлеченность его экономики в процессы международной производственной кооперации и предопределяют место Калининградской области в экономике России. Таким образом, если придерживаться рамок существовавшей до последнего времени парадигмы социально-экономического развития России, то магистральным направлением экономической специализации региона является импортозамещающее производство потребительских товаров, основанное на широком использовании импортных сырья и компонентов. Игнорирование этой объективной закономерности означает разрушение основы функционирования калининградской экономики, следствием чего будут либо социальные потрясения, либо превращение области в хронически дотационный регион.

К сожалению, ограниченные рамки статьи не позволяют нам рассмотреть важный и сложный вопрос о характере влияния текущей специализации на социально-экономическое положение Калининградской области. Большинство ученых придерживаются мнения, что процессы экономической специализации

тесно связаны с развитием региона. В частности, считается, что рост масштаба отрасли в конечном счете, позитивно отражается на общем экономическом росте [27]. Вместе с тем, ряд авторов указывает на неоднозначность этой взаимосвязи (см. например, [27, 28]). Отмечается также, что в случае слабо развитых территорий, особенно когда специализация происходит в традиционных секторах, она может приводить к сужению диверсификации региональной экономики и даже к сокращению ее масштабов (см. например, [29, 30]). Имеет место и противоположный эффект – специализация в технологически сложных и наукоемких отраслях часто становится драйвером регионального развития [31]. В этой связи интерес представляет выяснение долгосрочных последствий роста уровня специализации калининградской экономики, в частности, может ли усиление доминирования двух отраслей обрабатывающей промышленности – пищевой и автомобилестроения – рассматриваться как признак деградации и неустойчивости региональной экономики.

Отмеченная особенность – связь между специализацией и устойчивостью региональной экономики представляет пространство для дальнейших исследований. Другим направлением исследований, имеющим практический интерес может стать установление соответствия фактической экономической специализации региона заявленным приоритетам его развития. Актуальность такой работы, в частности, подтверждается отечественными авторами, указывающими, что выявленная статистическим путем «отраслевая специализация российских регионов не учитывается при применении мер государственной поддержки» [32]. В результате возникают значительные расхождения в оценках направлений специализации, содержащихся в официальных документах и в независимых исследованиях. Так, например, в Стратегии пространственного развития РФ на период до 2025 года дается широкий спектр направлений экономической специализации Калининградской области, включающий 22 вида деятельности. В тоже время, исследование ВШЭ определяет для данного региона только 4 направления специализации и еще 7

отраслей локальной значимости [33]. Столь существенные различия могут быть причиной неэффективности мер государственной и корпоративных политик, направленных на использование реальных возможностей экономического потенциала региона.

Выводы. Целью нашего исследования было определение сложившихся направлений экономической специализации одного из российских регионов – Калининградской области и выяснение фундаментальных причин, обусловивших эти направления. Использовав стандартные методы измерений совместно с качественными оценками, мы пришли к выводу, что существующая специализация области стала закономерным следствием тридцатилетнего развития российской экономики. Ее отличительной чертой является глубокая встроенность ключевых отраслей калининградской экономики в глобальные и внутрироссийские производственные и логистические цепочки. Результаты нашего исследования подтверждают и дополняют выводы других авторов (см. например, [33]), что основными направлениями специализации экономики области являются импортозамещающие производства отдельных видов потребительских товаров массового спроса. При этом главным внутренним конкурентным преимуществом региона до последнего времени была относительная доступность импортных промежуточных товаров (включая удобную логистику, обусловленную географическим положением и наличием развитой инфраструктуры), усиливаемая преференциями ОЭЗ. Если следовать данной траектории развития, то перспективы экономики Калининградской области связаны, прежде всего, с постепенным наращиванием технологической сложности местных обрабатывающих производств и усилением их экспортного потенциала, используя для этого выгоды высокой степени интеграции в мировое хозяйство. Напротив, пренебрежение данной фундаментальной основой сложившейся специализации экономики области неизбежно вызовет значительные общественные издержки.

Список использованной литературы:

1. *McCann P., Ortega-Argilés R.* Smart specialization, regional growth and applications to European Union cohesion policy // Regional Studies. 2015. № 49. P. 1291-1302. DOI: 10.1080/00343404.2013.799769.
2. *Balland P.-A., Boschma R., Crespo J., Rigby D.* Smart specialization policy in the European Union: Relatedness, knowledge, complexity, and regional diversification // Regional Studies. 2019. № 53. P. 1252-1268. DOI: 10.1080/00343404.2018.1437900.
3. *Татаркин А.И., Романова О.А.* Промышленная политика: генезис, региональные особенности и законодательное обеспечение // Экономика региона. 2014. № 2. С. 9-21.
4. Россия регионов: в каком социальном пространстве мы живем / Независимый институт социальной политики. М.: Поматур, 2005. 278 с.
5. *Голяшев А.В., Григорьев Л.М.* Типы российских регионов: устойчивость и сдвиги в 2003-2013 годах. Аналитический доклад: Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации, декабрь 2014. URL: http://ac.gov.ni/files/publication/a/4363.pdf (дата обращения: 25.04.2022).
6. *Кузнецова О.В.* Структура экономики российских регионов и уровень их социально-экономического развития // Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. 2018. № 16. С. 473-493.
7. *Foray D.* Smart Specialisation. Opportunities and Challenges for Regional Innovation Policy. London: Routledge, 2015.
8. *Гребенкин И.В.* Тенденции изменения промышленной специализации и динамика развития российских регионов // Экономика региона. 2020. Т. 16. Вып. 1. С. 69-83.
9. *Hassink R., Gong H.* Six critical questions about smart specialization // European Planning Studies. 2019. № 27. P. 2049-2065. DOI: 10.1080/09654313.2019.1650898.
10. *Benner M.* Six additional questions about smart specialization: Implications for regional innovation policy 4.0 // European Planning Studies. 2020. № 28. P. 1667-1684. DOI: 10.1080/09654313.2020.1764506.
11. *Trippl M., Žukauskaite E., Healy A.* Shaping smart specialisation: The role of place-specific factors in advanced, intermediate and less-developed European regions // Regional Studies. 2020. № 54. P. 1328-1340. DOI: 10.1080/00343404.2019.1582763.
12. *Хекшер Э.Ф.* Влияние внешней торговли на распределение дохода / Под ред. А. П. Киреева. Вехи экономической мысли. Т. 6. Международная экономика. М.: ТЕИС, 2006. С. 154-173.
13. *Fujita M., Krugman P.* The New Economic Geography: Past, Present and the Future // Papers in Regional Science. 2004. № 83. P. 139-164. DOI: 10.1007/s10110-003-0180-0.
14. *Катровский А.П., Ридевский Г.В.* Сельское хозяйство российско-белорусского приграничья: тенденции развития и трансформация отраслевой и территориальной структуры // Региональные исследования. 2017. № 4 (58). С. 105-115.
15. *Мнацаканян А.Г., Корнева О.В., Мнацаканян Р.А.* Оценка влияния санкций и контрсанкций на состояние и развитие российского рыбохозяйственного комплекса // Рыбное хозяйство. 2017. № 2. С. 31-37.
16. *Мнацаканян А.Г., Кузин В.И., Харин А.Г.* О некоторых современных тенденциях в развитии российского рыбного хозяйства. Часть 5. Тенденции и перспективы российского рыбного импорта // Балтийский экономический журнал. 2019. № 3 (27). С. 61-74.
17. *Бабурин В.Л., Даньшин А.И., Катровский А.П.* Роль границ в формировании специализации сельского хозяйства западного порубежья России // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2019. № 64 (3). С. 388-402.
18. *Glaeser E.L., Kallal H., Scheinkman J., Shleifer A.* Growth in cities // Journal of Political Economy. 1992. № 100. P. 1126-1152. DOI: 10.1086/261856.
19. *Akcigit U.* Economic growth: The past, the present, and the future // Journal of Political Economy. 2017. № 125. P. 1736-1747. DOI: 10.1086/694617.
20. *Lahr M.L.* A review of the literature supporting the hybrid approach to constructing regional

input-output models // Economic Systems Research. 1993. № 5. P. 277-293. DOI: 10.1080/09535319300000023.
21. *Dzemydaite G.* The Impact of Economic Specialization on Regional Economic Development in the European Union: Insights for Formation of Smart Specialization Strategy // Economies. 2021. № 9 (76). DOI: 10.3390/economies9020076.
22. *Васильев А.Н.* О некоторых показателях специализации региона // Известия Дальневосточного федерального университета. Экономика и управление. 2007. № 3. С. 78-84.
23. Калининградская область в цифрах. 2021. Статистический сборник в 2 т. Т. II. Калининград. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Калининградской области (Калининградстат), 2021. 200 с.
24. *Мнацаканян А.Г., Кузин В.И., Харин А.Г.* О некоторых современных тенденциях в развитии российского рыбного хозяйства. Часть 8. Российское рыболовство на Балтике: состояние и сравнительный анализ // Балтийский экономический журнал. 2020. № 2 (30). С. 61-77.
25. Таможенная статистика внешней торговли РФ / ФТС России. URL: http://stat.customs.ru/ (дата обращения: 25.04.2022).
26. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2021: стат. сб. М.: Росстат, 2021. 1112 с.
27. *Kemeny T., Storper M.* Is Specialization Good for Regional Economic Development? // Regional Studies. 2014. № 49. P. 1003-1018. DOI: 10.1080/00343404.2014.899691.
28. *Kaulich F.* Diversification vs. Specialization as Alternative Strategies for Economic Development: Can We Settle a Debate by Looking at the Empirical Evidence? Vienna: United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), 2012.
29. *Lu Z., Flegg T., Xiang D.* Regional specialization: A measure method and trends in China. MPRA Paper No. 33867. 2011. P. 1-14. URL: https://mpra.ub.uni-muenchen.de/33867/1/MPRA_paper_33867.pdf (дата обращения: 25.04.2022).
30. *Sotarauta M., Suvinen N.* Place leadership and the challenge of transformation: Policy platforms and innovation ecosystems in promotion of green growth // European Planning Studies. 2019. № 27. P. 1748-1767. DOI: 10.1080/09654313.2019.1634006.
31. *Balland P.-A., Boschma R.* Mapping the potentials of regions in Europe to contribute to new knowledge production in Industry 4.0 technologies // Regional Studies. 2021. № 55. P. 1652-1666. DOI: 10.1080/00343404.2021.1900557.
32. *Куценко Е.С., Абашкин В.Л., Исланкина Е.А.* Фокусировка региональной промышленной политики через отраслевую специализацию // Вопросы экономики. 2019. № 5. С. 65-89.
33. Атлас экономической специализации регионов России / В.Л. Абашкин, Л.М. Гохберг, Я.Ю. Еферин и др.; под ред. Л.М. Гохберга, Е.С. Куценко; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ, 2021. 264 с.

References:

1. McCann P., Ortega-Argilés R. Smart specialization, regional growth and applications to European Union cohesion policy. *Regional Studies*, 2015, no. 49, pp. 1291-1302. (In English). DOI: 10.1080/00343404.2013.799769.
2. Balland P.-A., Boschma R., Crespo J., Rigby D. Smart specialization policy in the European Union: Relatedness, knowledge, complexity, and regional diversification. *Regional Studies*, 2019, no. 53, pp. 1252-1268. (In English). DOI: 10.1080/00343404.2018.1437900.
3. Tatarkin A.I., Romanova O.A. Promyshlennaya politika: genezis, regional'nyye osobennosti i zakonodatel'noye obespecheniye [Industrial policy: genesis, regional features and legislative support]. *Ekonomika regiona* [Economics of the region], 2014, no. 2, pp. 9-21. (In Russian).
4. *Rossiya regionov: v kakom sotsial'nom prostranstve my zhivem* [Russia of regions: in what social space do we live]. Moscow, Pomatur Publ., 2005. (In Russian).
5. Golyashev A.V., Grigor'yev L.M. *Tipy rossiyskikh regionov: ustoychivost' i sdvigi v 2003-2013*

godakh. Analiticheskiy doklad [Types of Russian regions: stability and shifts in 2003-2013. Analytical report], 2014. (In Russian). Available at: http://ac.gov.ni/files/publication/a/4363.pdf.
6. Kuznetsova O.V. *Struktura ekonomiki rossiyskikh regionov i uroven' ikh sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya* [The structure of the economy of Russian regions and the level of their socio-economic development]. *Nauchnyye trudy: Institut narodnokhozyaystvennogo prognozirovaniya RAN* [Scientific works: Institute of Economic Forecasting of the Russian Academy of Sciences], 2018, no. 16, pp. 473-493. (In Russian).
7. Foray D. *Smart Specialisation. Opportunities and Challenges for Regional Innovation Policy*. London, Routledge, 2015. (In English).
8. Grebenkin I.V. Tendentsii izmeneniya promyshlennoy spetsializatsii i dinamika razvitiya rossiyskikh regionov [Trends in changes in industrial specialization and dynamics of development of Russian regions]. *Ekonomika regiona* [Economics of the region], 2020, vol. 16, no. 1, pp. 69-83. (In Russian).
9. Hassink R., Gong H. Six critical questions about smart specialization. *European Planning Studies*, 2019, no. 27, pp. 2049-2065. (In English). DOI: 10.1080/09654313.2019.1650898.
10. Benner M. Six additional questions about smart specialization: Implications for regional innovation policy 4.0. *European Planning Studies*, 2020, no. 28, pp. 1667-1684. (In English). DOI: 10.1080/09654313.2020.1764506.
11. Trippl M., Žukauskaite E., Healy A. Shaping smart specialisation: The role of place-specific factors in advanced, intermediate and less-developed European regions. *Regional Studies*, 2020, no. 54, pp. 1328-1340. (In English). DOI: 10.1080/00343404.2019.1582763.
12. Kheksher E.F., Kireev A.P. (ed.) *Vliyaniye vneshney torgovli na raspredeleniye dokhoda. Vekhi ekonomicheskoy mysli. T. 6. Mezhdunarodnaya ekonomika* [The influence of foreign trade on the distribution of income. Milestones of economic thought. Vol. 6. International Economics]. Moscow, TEIS Publ., 2006, pp. 154-173. (In Russian).
13. Fujita M., Krugman P. The New Economic Geography: Past, Present and the Future. *Papers in Regional Science*, 2004, no. 83, pp. 139-164. (In English). DOI: 10.1007/s10110-003-0180-0.
14. Katrovskiy A.P., Ridevskiy G.V. Sel'skoye khozyaystvo rossiysko-belorusskogo prigranich'ya: tendentsii razvitiya i transformatsiya otraslevoy i territorial'noy struktury [Agriculture of the Russian-Belarusian borderland: development trends and transformation of the sectoral and territorial structure]. *Regional'nyye issledovaniya* [Regional studies], 2017, no. 4 (58), pp. 105-115. (In Russian).
15. Mnatsakanyan A.G., Korneva O.V., Mnatsakanyan R.A. Otsenka vliyaniya sanktsiy i kontrsanktsiy na sostoyaniye i razvitiye rossiyskogo rybokhozyaystvennogo kompleksa [Assessment of the impact of sanctions and counter-sanctions on the state and development of the Russian fishery]. *Rybnoye khozyaystvo* [Fishery], 2017, no. 2, pp. 31-37. (In Russian).
16. Mnatsakanyan A.G., Kuzin V.I., Kharin A.G. O nekotorykh sovremennykh tendentsiyakh v razvitii rossiyskogo rybnogo khozyaystva. Chast' 5. Tendentsii i perspektivy rossiyskogo rybnogo importa [On some current trends in the development of the Russian fish industry. Part 5. Trends and prospects of Russian fish imports]. *Baltiyskiy ekonomicheskiy zhurnal* [Baltic Economic Journal]. 2019, no 3(27), pp. 61-74. (In Russian).
17. Baburin V.L., Danshin A.I., Katrovskiy A.P. Rol' granits v formirovanii spetsializatsii sel'skogo khozyaystva zapadnogo porubezh'ya Rossii [The role of borders in shaping the specialization of agriculture in the western border regions of Russia]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Nauki o Zemle* [Bulletin of St. Petersburg University. Earth Sciences], 2019, no. 64 (3), pp. 388-402. (In Russian).
18. Glaeser E.L., Kallal H., Scheinkman J., Shleifer A. Growth in cities. Journal of Political Economy, 1992, no. 100, pp. 1126-1152. (In English). DOI: 10.1086/261856.
19. Akcigit U. Economic growth: The past, the present, and the future. *Journal of Political Economy*, 2017, no. 125, pp. 1736-1747. (In English). DOI: 10.1086/694617.
20. Lahr M.L. A review of the literature supporting the hybrid approach to constructing regional

input-output models. *Economic Systems Research*, 1993, no. 5, pp. 277-293. DOI: 10.1080/09535319300000023.
21. Dzemydaite G. The Impact of Economic Specialization on Regional Economic Development in the European Union: Insights for Formation of Smart Specialization Strategy. *Economies*, 2021, no. 9 (76). (In English). DOI: 10.3390/ economies9020076.
22. Vasil'yev A.N. O nekotorykh pokazatelyakh spetsializatsii regiona [On some indicators of the region's specialization]. *Izvestiya Dal'nevostochnogo federal'nogo universiteta. Ekonomika i upravleniye* [Proceedings of the Far Eastern Federal University. Economics and Management], 2007, no. 3, pp. 78-84. (In Russian).
23. *Kaliningradskaya oblast' v tsifrakh. 2021. Statisticheskiy sbornik* [Kaliningrad region in numbers. 2021. Statistical collection]. Kaliningrad, Kaliningradstat Publ., 2021, vol. 2. (In Russian).
24. Mnatsakanyan A.G., Kuzin V.I., Kharin A.G. O nekotorykh sovremennykh tendentsiyakh v razvitii rossiyskogo rybnogo khozyaystva. Chast' 8. Rossiyskoye rybolovstvo na Baltike: sostoyaniye i sravnitel'nyy analiz [On some modern trends in the development of Russian fisheries. Part 8. Russian fisheries in the Baltic: status and comparative analysis]. *Baltiyskiy ekonomicheskiy zhurna*l [Baltic Economic Journal], 2020, no. 2 (30), pp. 61-77. (In Russian).
25. *Tamozhennaya statistika vneshney torgovli RF. FTS Rossii* [Customs statistics of foreign trade of the Russian Federation. Federal Customs Service of Russia]. (In Russian). Available at: http://stat.customs.ru/ (accessed 25.04.2022).
26. *Regiony Rossii. Sotsial'no-ekonomicheskiye pokazateli. 2021* [Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2021]. Moscow, Rosstat Publ., 2021. 1112 p. (In Russian).
27. Kemeny T., Storper M. Is Specialization Good for Regional Economic Development? *Regional Studies*, 2014, no. 49, pp. 1003-1018. (In English). DOI: 10.1080/00343404.2014.899691.
28. Kaulich F. *Diversification vs. Specialization as Alternative Strategies for Economic Development: Can We Settle a Debate by Looking at the Empirical Evidence?* Vienna, United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), 2012. (In English).
29. Lu Z., Flegg T., Xiang D. Regional specialization: A measure method and trends in China. *MPRA Paper No. 33867*, 2011, pp. 1-24. (In English). Available at: https://mpra.ub.uni-muenchen.de/33867/1/MPRA_paper_33867.pdf (accessed 25.04.2022).
30. Sotarauta M., Suvinen N. Place leadership and the challenge of transformation: Policy platforms and innovation ecosystems in promotion of green growth. *European Planning Studies*, 2019, no. 27, pp. 1748-1767. (In English). DOI: 10.1080/09654313.2019.1634006.
31. Balland P.-A., Boschma R. Mapping the potentials of regions in Europe to contribute to new knowledge production in Industry 4.0 technologies. *Regional Studies*, 2021, no. 55, pp. 1652-1666. (In English). DOI: 10.1080/00343404.2021.1900557.
32. Kutsenko Ye.S., Abashkin V.L., Islankina Ye.A. Fokusirovka regional'noy promyshlennoy politiki cherez otraslevuyu spetsializatsiyu [Focusing regional industrial policy through industry specialization]. *Voprosy ekonomiki* [Questions of Economics], 2019, no. 5, pp. 65-89. (In Russian).
33. Gokhberg L.M., Kutsenko E.S. (eds.) *Atlas ekonomicheskoy spetsializatsii regionov Rossii* [Atlas of economic specialization of Russian regions]. Moscow, HSE Publ, 2021, 264 p. (In Russian).

Сведения об авторах / Information about authors

Мнацаканян Альберт Гургенович	д-р экон. наук, профессор, заведующий кафедрой экономики и финансов Калининградский государственный технический университет Российская Федерация, 236022, г. Калининград, Советский пр., 1 mag@klgtu.ru
Mnatsakanyan Albert Gurgenovich	Dr. Sci. (Econ.), Professor, Head of Department of Economics and Finance

	Kaliningrad State Technical University Russian Federation 236022, Kaliningrad, Soviet ave., 1 mag@klgtu.ru
Бильчак **Василий Степанович**	д-р экон. наук, профессор кафедры экономики и финансов Калининградский государственный технический университет Российская Федерация, 236022, г. Калининград, Советский пр., 1
Bilchak Vasily Stepanovich	Dr. Sci. (Econ.), Professor, Department of Economics and Finance Kaliningrad State Technical University Russian Federation, 236022, Kaliningrad, Soviet ave., 1
Харин **Александр Геннадьевич**	канд. экон. наук, доцент кафедры экономики и финансов Калининградский государственный технический университет Российская Федерация, 236022, г. Калининград, Советский пр., 1 aleksandr.harin@klgtu.ru
Kharin Alexander Gennadievich	Ph.D. (Econ.), Associate Professor of the Department Economics and Finance Kaliningrad State Technical University Russian Federation, 236022, Kaliningrad, Soviet ave., 1 aleksandr.harin@klgtu.ru

УДК 332.146.2

Труба А.С., Абряндина В.В.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕХАНИЗМА РЕГУЛИРОВАНИЯ СОЦИАЛЬНО-ТРУДОВЫХ ОТНОШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ СРЕДЫ

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы по совершенствованию механизма регулирования социально-трудовых отношений с учетом особенностей межотраслевого взаимодействия хозяйствующих субъектов аграрного сектора. Акцентировано внимание на нормировании труда как закреплённым законодательно (в Трудовом Кодексе РФ) элементе механизма функционирования трудовой сферы. Представлены результаты проведенного мониторинга в целях выявления недостатков и дальнейшего выбора мер по совершенствованию механизма государственного регулирования данных отношений. Освещена тенденция цифровой трансформации в производственные и управленческие процессы на предприятиях АПК. Рассмотрены вопросы нормативно-правовой регламентации государственного механизма правового регулирования в сфере введения антикризисных мер в пользу хозяйствующих субъектов агропромышленного сектора. Представлены результаты проведенного анкетирования на предмет выяснения практической значимости действия трансформационных цифровых процессов в организациях АПК.
Ключевые слова: регулирование труда, агропромышленная сфера экономики, цифровая трансформация правового регулирования труда.

Truba A.S., Abriandina V.V.

IMPROVING THE MECHANISM OF REGULATION OF SOCIAL AND LABOR RELATIONS IN THE DIGITAL ENVIRONMENT

Abstract. The article deals with the issues of rationalization of the state mechanism of legal regulation of labor relations in the agro-industrial sector of the economy. Attention is focused on labor rationing as an element of the mechanism of functioning of the labor sphere fixed by law (in the Labor Code of the Russian Federation). The features of implementation in the conditions of digital transformation of economic activity and its legal regulation are defined and outlined. The analysis of labor legislation, including the regulatory and legal regulation of the social side of labor relations, as well as issues of labor protection regulation at work is presented. The institutional aspects underlying the essence of the implementation of the state legal mechanism of regulation of labor issues are investigated. In particular, the fundamental principles of normative and legal regulation of labor in Russia are highlighted. In addition, the signs of legitimate regulation of this sphere of relations are presented, which are the basis of the mechanism of state regulation of labor relations in the agro-industrial sphere in the face of new challenges.
Keywords: labor regulation, agro-industrial sphere of the economy, digital transformation of legal regulation of labor.

Введение. Социально-экономические изменения в нашей стране характеризуется рядом глобальных тенденций, основной из которых можно назвать цифровую трансформацию экономической деятельности. Что примечательно, на фоне новых вызовов коренным образом изменился

концептуальный подход к регулированию социально-трудовых отношений в условиях всеобщей трансформации и внедрения цифровой среды в экономическую сферу деятельности. При этом сфера социально-трудовых отношений перманентно подвергается радикальным преобразованиям. Данная ситуация актуализирует новые научно-обоснованные требования к механизмам и инструментам применительно к оптимизации регулирования рынка труда, что в свою очередь кардинальным образом отражается на функционировании механизма регулирования социально-трудовых отношений.

Целью исследования является разработка комплекса мер по совершенствованию механизма регулирования социально-трудовых отношений (СТО) с учетом особенностей межотраслевого взаимодействия хозяйствующих субъектов аграрного сектора.

Материалы и методы исследования. Работа базировалась на результатах собственных исследований авторов по вопросам регулирования социально-трудовых отношений [1-4], трудах отечественных и зарубежных ученых, освещающих проблематику цифровой трансформации в АПК и влияние цифровых технологий на труд [5-10].

Для исследования были использованы, прежде всего, эмпирические методы (мониторинг, наблюдение, анкетирование, интервьюирование и др.), а также основные теоретические методы, в том числе анализ, синтез, индукция и дедукция. С помощью системного подхода были сделаны выводы относительно основных барьеров трансформационных процессов экономики в цифровой среде**,** кадрового обеспечения в сельском хозяйстве, а также основ регулирования социально-трудовых отношений в АПК.

Результаты исследования и их обсуждение

Вызовы новой цифровой эпохи задали непростые задачи ученым исследователям в вопросах совершенствования механизма регулирования социально-трудовых отношений. Мы полагаем, что на начальном этапе проведение мониторинга современного состояния рассматриваемых отношений

является своевременным и необходимым действом в целях сбора значимой информации для понимания актуальной проблематики в совершенствовании механизма регулирования социально-трудовых отношений.

Считаем, что социологические данные, в рамках наших исследований, следует получать не только через анкетирование, интервьюирование, выделение фокус-групп. Так, наряду с традиционными подходами (оценка уровня оплаты труда, удовлетворенность работой, социальная защищенность, возможность карьерного роста, охрана и условия труда и др.) необходимо учитывать заявления, письма и жалобы работников субъектов хозяйствования агропромышленного сектора экономики, направляемые в органы государственного управления агропромышленного комплекса (различных уровней – Минсельхоз России, министерство регионального уровня, районное управление) и профсоюзные структуры.

Мониторинг заявлений, писем и жалоб весьма полезен для выявления «болевых точек» и выработки мер, направленных на совершенствование механизма социально-трудовых отношений в АПК [2].

Мониторинг реализации социально-трудовых отношений в АПК в ходе исследования проведён по статистическим данным Министерства агропромышленного комплекса и потребительского рынка Свердловской области, включающим в себя информацию об обращениях в министерство по вопросам взаимодействия участников трудовых и иных отношений в аграрной сфере региона. Были использованы данные с 2017 по 2021 годы. Информация за 2021 г. взята за 1-е полугодие. Данные представлены в относительных показателях ввиду обеспечения сопоставимости по всему хронологическому периоду исследования.

Анализ обращений по форме их получения показал, что наблюдается сокращение доли обращений, рассматриваемых в ходе личного приёма (рис. 1).

Данная тенденция обусловлена ростом уровня цифровизации системы работы с обращениями в рамках повышения эффективности государственного

управления, а также в связи с мерами развития дистанционного взаимодействия между участниками отношений, связанными с предотвращением распространения коронавирусной инфекции (Covid-19).

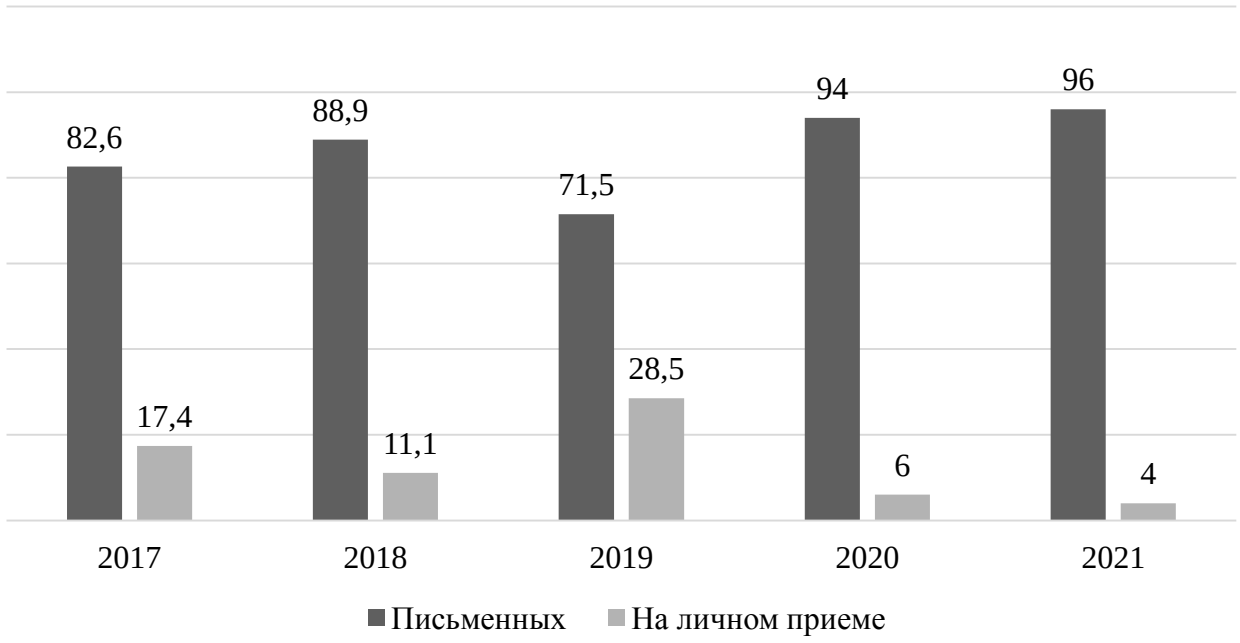


Рисунок 1 – Распределение обращений (письменных и на личном приеме) в Министерство агропромышленного комплекса и потребительского рынка Свердловской области, %

Следующим этапом исследования стало изучение способа получения обращений, результаты которого представлены на рисунке 2.

Из данных рисунка 2 видно, что на протяжении исследуемого периода получение обращений почтой остаётся, в среднем, на одном уровне. При этом существенно сократились способы получения обращений в ходе личного приёма и нарочным [3].

Основу поступлений в 2021 г. составили электронные способы получения обращений (78 %), в том числе через специальную систему обращения граждан. Электронная форма получения обращения позволила увеличить число получаемых заявок и сократить время их обработки.

Исследование по категориям респондентов представлено на рисунке 3.

Данные рисунка 3 показывают институциональные изменения субъектов корреспондентского взаимодействия, их статуса, и, следовательно, характера реагирования на них. Так, обращения социально-трудового и экономико-отраслевого характера в последние годы формируются в большой степени в системе органов государственной власти (федеральный и региональный уровни) – 55,3 % в 2021 году. Такая ситуация свидетельствует о повышении эффективности работы сотрудников уполномоченных органов в сфере управления АПК и/или увеличения численности проверок.

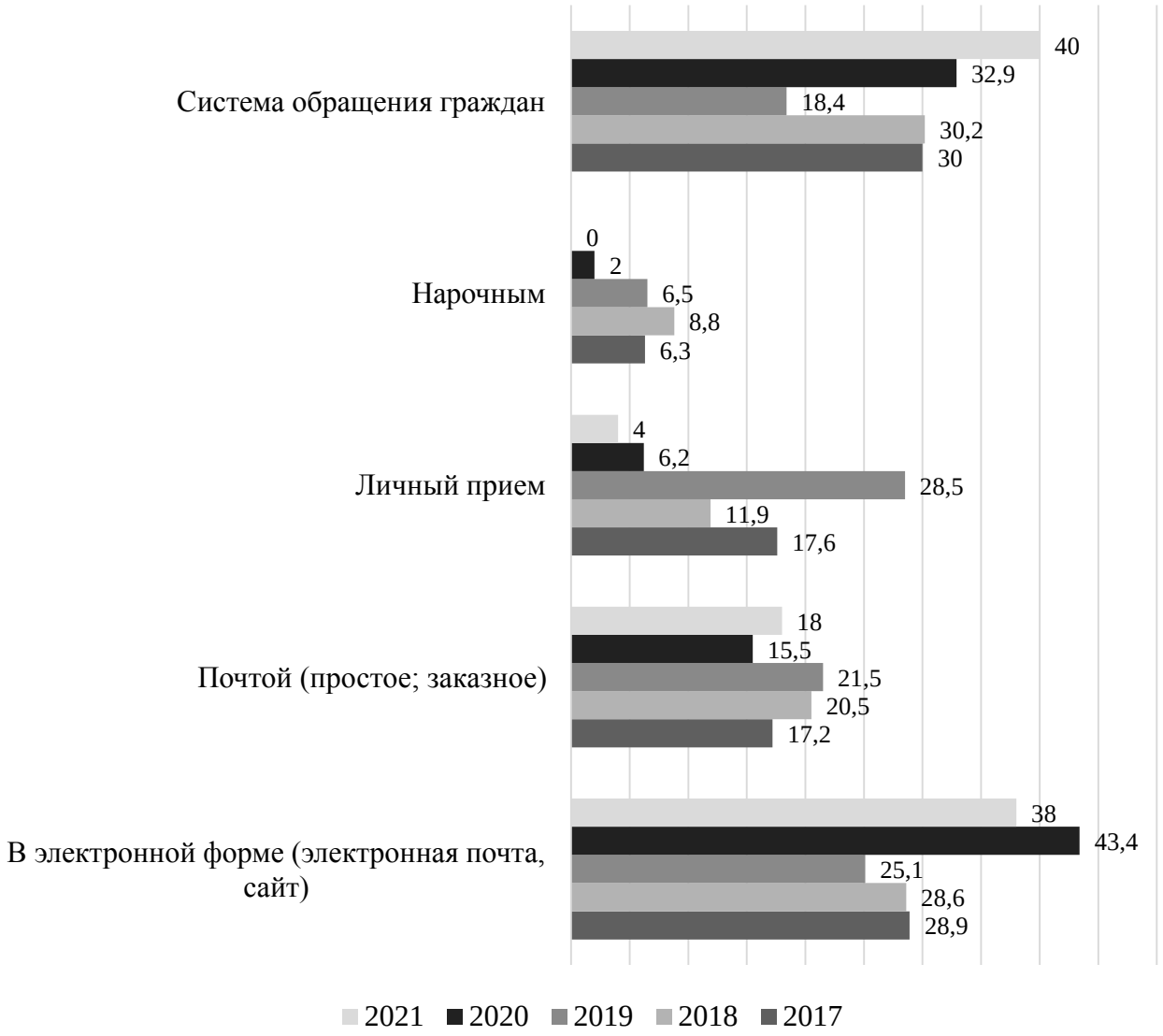


Рисунок 2 – Распределение обращений в Министерство агропромышленного комплекса и потребительского рынка Свердловской области по способу получения, %

Существенно сократилась доля обращений, инициированных физическими лицами (более 10 %).

Исследование результатов рассмотрения обращений представлено на рисунке 4.

Рисунок 3 – Распределение обращений в Министерство агропромышленного комплекса и потребительского рынка Свердловской области по категориям респондентов, %

В среднем за исследуемый период около 88 % обращений были рассмотрены и разъяснены Министерством агропромышленного комплекса и потребительского рынка Свердловской области оперативно.

Как видно на рисунке 4, в последние годы увеличивается доля обращений, передаваемых по компетенции в другие органы власти, что свидетельствует о снижении правовой грамотности респондентов, зачастую физических лиц. На заключительном этапе анализа обращений в Министерство агропромышленного комплекса и потребительского рынка Свердловской области осуществлено исследование содержания обращений (рисунок 5).

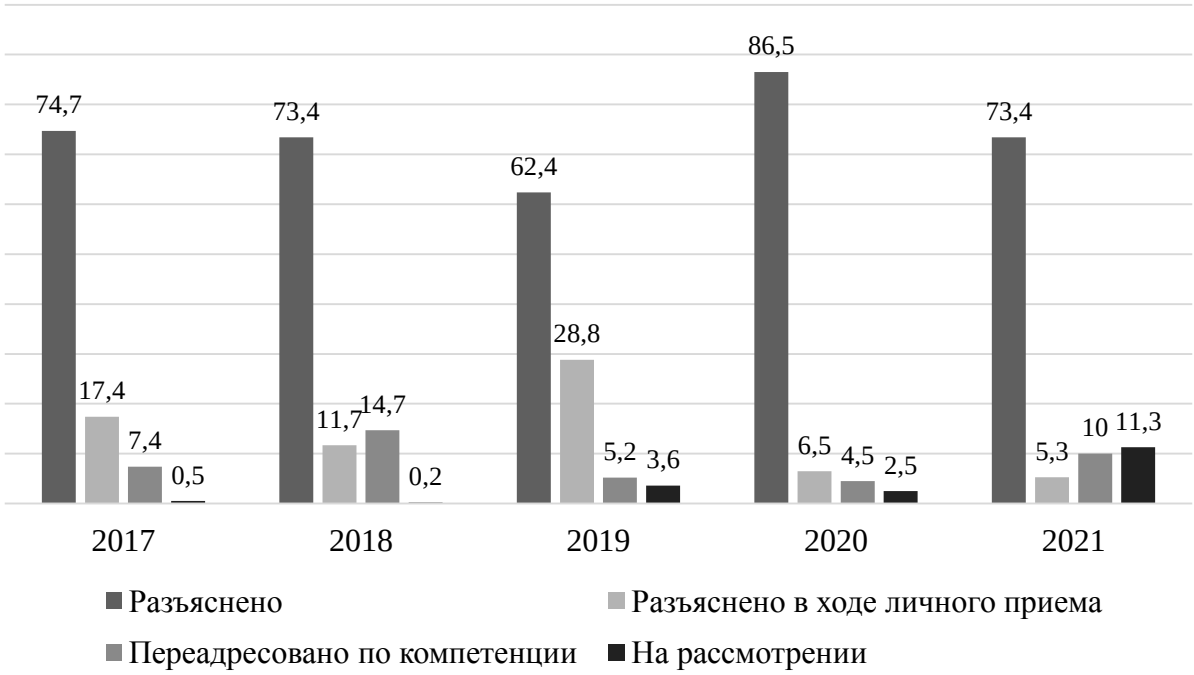


Рисунок 4 – Распределение обращений в Министерство агропромышленного комплекса и потребительского рынка Свердловской области по результатам рассмотрения, %

Данные, представленные на рисунке 5, наглядно демонстрируют, что вопросы социального и социально-трудового характера не выделяются в ходе их анализа в самостоятельную категорию, а включены в общие вопросы.

В 2017-2018 гг. в отчётности, формируемой по итогам работы с обращениями, выделялись категории «труд и занятость», «социальная сфера».

На сегодняшний день вопросы социально-трудовых отношений включены во все представленные категории содержания обращений.

В Министерство агропромышленного комплекса и потребительского

рынка поступают обращения, связанные с обеспечением жильём молодых специалистов, газификацией поселений, с работой организаций ЖКХ и социальной сферы в сельских территориях, с субсидированием субъектов аграрного предпринимательства и т. д. [4].

Проведённый анализ обращений в Министерство агропромышленного комплекса и потребительского рынка Свердловской области показал значимость регионального уровня реализации социально-трудовых отношений, так как большее количество обращений поступает через систему работы министерства и муниципальных органов управления АПК.

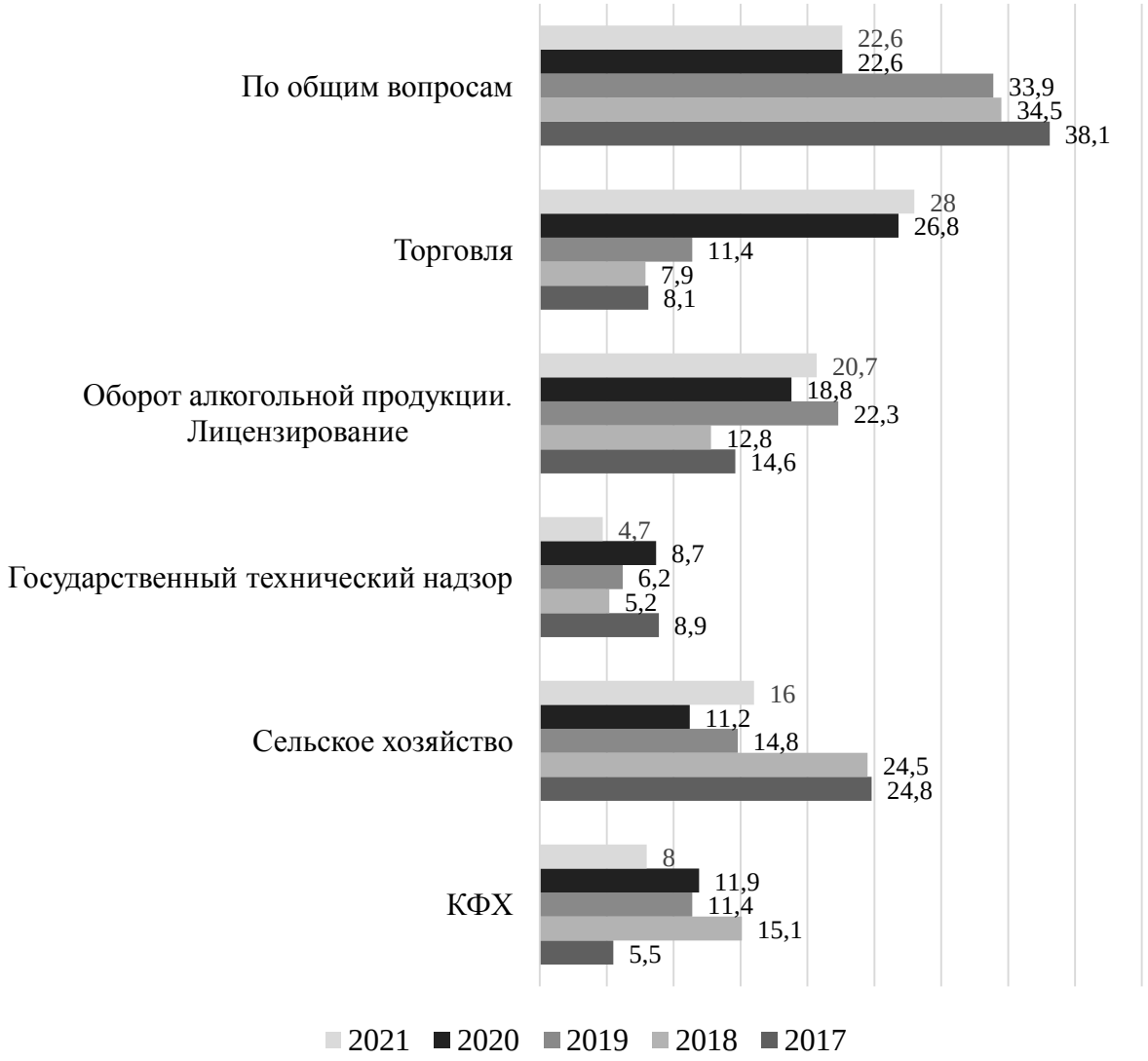


Рисунок 5 – Распределение обращений в Министерство агропромышленного комплекса и потребительского рынка Свердловской области по содержанию

обращений, %

Нормирование труда является закреплённым законодательно (в ТК РФ) элементом механизма функционирования трудовой сферы. С экономической точки зрения нормирование труда представляется способом сокращения издержек субъекта хозяйствования на организацию труда и на персонал в целом.

С позиций социально-трудовых отношений нормирование труда является основой формирования оптимальных, наиболее комфортных условий осуществления работником трудовых функций.

Многолетние исследования, проведённые в рамках исполнения государственных контрактов по совершенствованию норм труда в организациях социальной сферы, показывают, что на сегодняшний день существующие нормативы труда и отдыха не соответствуют характеру исполнения трудовых обязанностей. Это вызвано применением современных цифровых, автоматизированных производственных систем и систем управления. Существенно трансформировался процесс выработки и принятия решений, работа с кадрами и т. д.

Само осуществление исследований, являющихся основой научного обоснования норм труда и отдыха, всё больше опирается на инструменты удалённого наблюдения и анализа. В этом направлении стоит отметить, что сбор необходимой информации ведётся специальными компьютерными программами, анализирующими интенсивность и характер работы сотрудника с персональным компьютером, смартфоном, видеоматериалы на предмет вычисления трудовых операций, их длительности, повторяемости, а также определения потерь рабочего времени. Такие инструменты основаны на использовании искусственного интеллекта, технологий машинного обучения, сборе и анализе больших данных. Наиболее наглядной и массовой отечественной разработкой в контексте рассматриваемой темы является группа продуктов, в том числе специализированных под АПК, «1С».

Инструменты реализации социально-трудовых отношений включают в себя как производственные, так и организационные цифровые решения. Смысл их применения связан, с позиций экономического подхода, с обеспечением сокращения издержек в условиях высокой волатильности цены на аграрную продукцию. В ходе исследований [1] были выявлены основные мотивы применения цифровых технологий в аграрном производстве: сокращение непроизводственных потерь ресурсов, предотвращение потерь готовой продукции при транспортировке, обеспечение соблюдения работниками технологического процесса, режима труда и отдыха.

Каналы взаимодействия участников социально-трудовых отношений всё больше имеют цифровой, электронный характер. Это проявляется не только в возможностях взаимодействия работника с надзорными органами, с трудовой инспекцией. Электронные каналы взаимодействия работника с работодателем, руководством в организации осуществляется в ходе производственного процесса. Так, активно внедряются специальные приложения для мобильных устройств, используемых работником в ходе осуществления своих трудовых функций. Такие устройства автоматически отправляют в единый информационный центр информацию о выполнении трудовых операций, о состоянии здоровья работника, о соблюдении работником режима труда и отдыха.

Эффективным инструментом является применение электронного трудового договора. По оценкам экспертов, его применение поддерживает около 75 % работников.

Электронный трудовой договор можно заключать на платформе «Мастерчейн», разработанной по инициативе группы российских банков во главе с ЦБ РФ. Данная платформа функционирует на основе технологий блокчейн и smart-контрактов, что позволяет обеспечить комплексность реализации социально-трудовых отношений, дополнив базовые элементы возможностями страхования работников, увеличением способов их социальной

защиты и поддержки.

Необходимым условием заключения электронного трудового договора является наличие электронно-цифровой подписи (ЭЦП). В экспертной среде идёт обсуждение вопроса финансирования расходов на выпуск ЭЦП работника. В этом направлении можно предложить заключать электронный трудовой договор через сайт Федеральной налоговой службы, на котором уже предусмотрена возможность хранения ЭЦП граждан, а также выпуск одноразовых ЭЦП. Такой же механизм можно предложить в рамках платформы «Мастерчейн».

На наш взгляд, следует обратить внимание на регулирование трудовых отношений в межотраслевом аспекте. При этом, следует дифференцировать меры регулирования социально-трудовых отношений и их методы, которые в совокупности составляют одну систему, лежащую в основе межотраслевого взаимодействия (рис. 6).

Отдельно следует сказать об инструменте регулирования СТО, основанном на организационно-правовом подходе, в частности, таковым является программная регламентация.

В данном контексте исследований интерес представляет Национальный проект «Производительность труда и поддержка занятости».

На сегодняшний день данный проект является наиболее масштабным и востребованным. Ключевыми целями данного проекта являются рост производительности труда и увеличение количества средних и крупных предприятий. 24 декабря 2018 года был утвержден паспорт вышеназванного документа Президиумом Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам, разработанный Минэкономразвития России во исполнение Указа Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 года №204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года», который включает в себя три федеральных проекта: «Системные меры по повышению производительности

труда»; «Адресная поддержка повышения производительности труда»; «Поддержка занятости и повышение эффективности рынка труда для обеспечения роста производительности труда». Срок реализации данного нацпроекта – с октября 2019 года по 2024 год (включительно).

Рисунок 6 – Регулирование социально-трудовых отношений в системе межотраслевого взаимодействия

Если рассматривать данный нацпроект с точки зрения рациональности и

актуальности, то согласно программно-целевому подходу любая программа, чем и является по своей сути нацпроект, должна нести в себе определенную цель, при этом основываться на ресурсах, необходимых для реализации данной цели (выделяемых для достижения поставленной цели) и исполнителях. Что примечательно, в данном аспекте исполнителей по субъектному составу следует разделить на две группы. Первая группа – это лица, на которых возложена обязанность контроля в совокупности с ответственностью за непосредственное исполнение проекта и целевое использование ресурсов. Вторая группа – это адресаты, то есть реальные исполнители, для которых адресована программа.

С выделением и расходованием ресурсов также не все так однозначно: во-первых, определенная сумма или определенный бюджет проекта ничего на самом деле не определяет, так как, во-вторых, надо четко смотреть, сколько спускается непосредственно в субъекты, и в-третьих, а сколько же реально доходит до конкретных исполнителей – адресатов? И только затем можно определить возможность и нужность данного проекта как такового, т. е. дать оценку реальности исполнения и результативности определенного проекта.

Основной задачей, связанной с принятием и реализацией Правительством РФ пакета антикризисных мер, является, прежде всего, максимальное сохранение рабочих мест и занятости населения, а также поддержка хозяйствующих субъектов в наиболее пострадавших отраслях экономики. Итогом стало смягчение экономических последствий от введения ограничительных мер, а также концентрация государственной власти на формировании нормативно-правовой регламентации в сфере труда и занятости.

Это обусловлено также и важнейшими трансформационными процессами экономики, связанными с внедрением цифровых технологий, что повлияло на изменение трудовых функций достаточно объемного пласта работников различных отраслей экономики.

Следует отметить, что уже в апреле 2021 года Госдума одобрила законопроект о единой цифровой платформе вакансий. По оценкам депутатов ГД РФ, данный проект расширит возможности трудоустройства для граждан и

упростит для работодателей поиск персонала, а также позволит убрать барьеры межрегионального значения, мешающие поиску работы. Данный нормативно-правовой акт установит обязанность работодателей, кто имеет штат более 25 человек, размещать на цифровой платформе информацию обо всех рабочих местах, что позволит расширить банк вакансий, а также повысить качество оперативности работы служб занятости. Основной важнейшей задачей данного Закона будет являться не только предложения свободных вакансий, но и поддержка безработных в открытии своего дела.

Кроме того, Правительством РФ в целях поддержки занятости населения, (до 200 тыс. россиян, потерявших работу на фоне эпидемии), были утверждены ряд постановлений, а именно, от 13 марта 2021 г. № 369 «О предоставлении грантов в форме субсидий из федерального бюджета некоммерческим организациям на реализацию мероприятий по организации профессионального обучения и дополнительного профессионального обучения отдельных категорий граждан в рамках федерального проекта «Содействие занятости» национального проекта «Демография» [11]. Данный документ утверждает Правила предоставления грантов в форме субсидий из федерального бюджета, а также на основе анализа ситуации на рынке труда и выявления потребности работодателей в кадрах, предоставляет рекомендации органам государственной власти субъектов РФ по оказанию содействия в реализации мероприятий по организации профессионального обучения и дополнительного профессионального образования отдельных категорий граждан. Принятый постановлением Правительства РФ от 13 марта 2021 года № 362 нормативный документ «О государственной поддержке в 2021 году юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при трудоустройстве безработных граждан» [12] устанавливает Правила предоставления субсидий Фондом социального страхования РФ в 2021 году из бюджета социального страхования РФ юридическим лицам и индивидуальным предпринимателям в целях их стимулирования к трудоустройству безработных граждан.

Для выяснения практической значимости вопросов совершенствования

механизма государственного регулирования социально-трудовых отношений, нами было проведено анкетирование представителей организаций АПК Тамбовского региона [9], результаты которого приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты опроса представителей организаций АПК Тамбовского региона

№	Критерии	Участники (организации АПК), %	
		средние и крупные формы хозяйствования (ООО, ОАО, АО, ЗАО)	мелкие формы хозяйствования (КФХ, ИП)
1.	Доля участников анкетирование (по формам хозяйствования), %	33,2	66,8
2.	Основной вид деятельности: - сельское хозяйство, %	21,3	58,7
	-переработка сельскохозяйственной продукции, %	41,3	8,7
3.	Количество работников, человек (в среднем)	211	5
4.	Участники нацпроекта «Производительность труда и поддержка занятости»	8,5	-
5.	Применение цифровых технологий (ЦТ): - на производстве	8,5	0,2
	- в управлении	25,7	1,3
	- не используются ЦТ	3,2	95,7
6.	Использование цифровых инструментов в кадровой политике организации: - поиск персонала;	36,7	5,1
	- тестирование сотрудников	18,9	-
	- повышение квалификации	21,6	-
	- не используются	-	94,9
7.	Работники, прошедшие переобучение в условиях цифровизации, %	11,7	-
8.	Препятствия внедрения цифровых технологий: - административные барьеры	87,7	25,9
	- нежелание коллектива	7,2	49,8
	- отсутствие финансов	25,8	89,7
9.	Наличие социальных гарантий работников (коллективного договора)	24,7	-

Таким образом, согласно приведенным выше данным опроса, можно

констатировать следующее. Во-первых, большинство респондентов отмечают «ущемления» государства в форме административных барьеров, выраженных в разного рода администрировании финансово-хозяйственной деятельности организаций, которое, по мнению респондентов, проходят достаточно часто, а в некоторых случаях даже не имеет обоснования, что пагубно влияет в большей степени на малые формы хозяйствования. Во-вторых, основными барьерами для модернизации предприятия в условиях цифровой трансформации при внедрении ее в производственные, технологические, управленческие процессы отмечается предпочтение к консервативному подходу управления на предприятии и низкому уровню доверия к инновационным технологиям. Это может следовать из-за дефицита подготовленных квалифицированных кадров, способных осуществить внедрение новейших передовых технологий, а также из-за отсутствия устойчивого доступа к цифровой инфраструктуре, в первую очередь, к сети Интернет. В-третьих, расходы на внедрение IT технологий могут не оправдывать мощности производства, особенно малых форм, таких как ИП и КФХ.

Выводы. Таким образом, резюмируя вышеизложенное следует конкретизировать следующие положения:

Во-первых, правовые отношения остались не в правовом поле, что усугубило и социальный аспект, касаемый регулирования и защиты прав работников при расширении новых форм занятости и стабильной доходности населения.

Во-вторых, трудовое законодательство оказалось не готово к массовому переводу работников на удаленный режим работы, что стало очевидной проблемой, т. е. новые вызовы сформировали общественный запрос на законодательное регулирование и формирование правового механизма в условиях цифровизации.

В-третьих, нового подхода требует кадровое обеспечение, которое бы позволило закреплять в сельском хозяйстве специалистов соответствующего

профиля, обладающих профессиональными компетенциями и способных организовать внедрение цифровых технологий на всех стадиях агропродовольственной цепочки для повышения производительности труда и конкурентоспособности продукции российского АПК.

В-четвертых, важное значение для правовой регламентации регулирования СТО в настоящее время имеет правовой механизм электронного документооборота, который позволяет и работнику, и органам власти в социально-трудовой сфере взаимодействовать без использования бумажных носителей.

Список использованной литературы:

1. *Абряндина В.В.* Правовое регулирование экономической деятельности в условиях реализации проектно-цифрового подхода // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2020. № 6 (63). С. 117-121.
2. *Абряндина В.В.* Особенности правового регулирования трудовой деятельности в условиях новых вызовов // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2021. № 5. С. 115-118.
3. *Абряндина В.В*. Институциональные основы механизма государственного регулирования социально-трудовых отношений // Экономика сельского хозяйства России. 2021. № 11. С. 70-74.
4. *Труба А.С., Клишина М.О.* Государственное управление аграрным сектором требует совершенствования // АПК: Экономика, управление. 2014. № 2. С. 30-34.
5. *Труба А.С., Марков А.К., Можаев Е.Е.* Развитие инновационной составляющей экономического роста в сельском хозяйстве // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2020. № 8-1. С. 105-112.
6. Трансформационные процессы и адаптация хозяйствующих субъектов аграрной сферы: монография / Под науч. ред. О.А. Родионовой. М.: ООО «Сам Полиграфист», 2020. 148 с.
7. *Tukhkanen T., Oksenyuk E., Ripol-Saragosi L.* Justification of the need to reform the labor market in the agro-industrial complex of the region // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. V. 937 (3). P. 032072.
8. *Kreneva S., Tsaregorodtsev E., Tereshina V., Sredina Y.* Agro-industrial complex in the conditions of development of digital society as the instrument of economic development of the region // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management (SGEM). 2018. V. 18 (5.3). P. 19-26.
9. Цифровые и проектные ориентиры трансформации экономического взаимодействия хозяйствующих субъектов аграрной сферы: монография / Под науч. ред. О.А. Родионовой. М: ООО «Сам Полиграфист», 2021. 180 с.
10. *Филипова И.А.* Влияние цифровых технологий на труд: ориентиры для трудового права: монография. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет им. Н.И. Лобачевского, 2021. 106 с.
11. О предоставлении грантов в форме субсидий из федерального бюджета некоммерческим организациям на реализацию мероприятий по организации профессионального обучения и дополнительного профессионального обучения отдельных категорий граждан в рамках федерального проекта «Содействие занятости» национального проекта «Демография»:

постановление Правительства Российской Федерации от 13.03.2021 г. № 369. URL: https://base.garant.ru/400477087/ (дата обращения: 30.04.2022).
12. О государственной поддержке в 2021 году юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при трудоустройстве безработных граждан: постановление Правительства Российской Федерации от 13.03.2021 г. № 362. URL: https://base.garant.ru/400477081/ (дата обращения: 30.04.2022).

References:

1. Abryandina V.V. Pravovoye regulirovaniye ekonomicheskoy deyatel'nosti v usloviyakh realizatsii proyektno-tsifrovogo podkhoda [Legal regulation of economic activity in the context of the implementation of the project-digital approach]. *Ekonomika, trud, upravleniye v sel'skom khozyaystve* [Economics, labor, management in agriculture], 2020, no. 6 (63), pp. 117-121. (In Russian).
2. Abryandina V.V. Osobennosti pravovogo regulirovaniya trudovoy deyatel'nosti v usloviyakh novykh vyzovov [Peculiarities of legal regulation of labor activity in the context of new challenges]. *Ekonomika, trud, upravleniye v sel'skom khozyaystve* [Economics, labor, management in agriculture], 2021, no. 5, pp. 115-118. (In Russian).
3. Abryandina V.V. Institutsional'nyye osnovy mekhanizma gosudarstvennogo regulirovaniya sotsial'no-trudovykh otnosheniy [Institutional foundations of the mechanism of state regulation of social and labor relations]. *Ekonomika sel'skogo khozyaystva Rossii* [Economics of agriculture in Russia], 2021, no. 11, pp. 70-74. (In Russian).
4. Truba A.S., Klishina M.O. Gosudarstvennoye upravleniye agrarnym sektorom trebuyet sovershenstvovaniya [State management of the agrarian sector requires improvement]. *APK: Ekonomika, upravleniye* [APK: Economics, management], 2014, no. 2, pp. 30-34. (In Russian).
5. Truba A.S., Markov A.K., Mozhayev Ye.Ye. Razvitiye innovatsionnoy sostavlyayushchey ekonomicheskogo rosta v sel'skom khozyaystve [Development of the innovative component of economic growth in agriculture]. *Vestnik Altayskoy akademii ekonomiki i prava* [Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law], 2020, no. 8-1, pp.105-112. (In Russian).
6. Rodionova O.A. (sci. ed.) *Transformatsionnyye protsessy i adaptatsiya khozyaystvuyushchikh sub"yektov agrarnoy sfery* [Transformation processes and adaptation of economic entities in the agrarian sector]. Moscow, LLC “Sam Poligrafist” Publ., 2020, 148 p. (In Russian).
7. Tukhkanen T., Oksenyuk E., Ripol-Saragosi L. Justification of the need to reform the labor market in the agro-industrial complex of the region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, vol. 937 (3), pp. 032072. (In English).
8. Kreneva S., Tsaregorodtsev E., Tereshina V., Sredina Y. Agro-industrial complex in the conditions of development of digital society as the instrument of economic development of the region. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management (SGEM)*, 2018, vol. 18 (5.3), pp. 19-26. (In English).
9. Rodionova O.A. (sci. ed.) *Tsifrovyye i proyektnyye oriyentiry transformatsii ekonomicheskogo vzaimodeystviya khozyaystvuyushchikh sub"yektov agrarnoy sfery* [Digital and design guidelines for the transformation of economic interaction between economic entities in the agrarian sector]. Moscow, LLC “Sam Poligrafist” Publ., 2021, 180 p. (In Russian).
10. Filipova I.A. *Vliyaniye tsifrovykh tekhnologiy na trud: oriyentiry dlya trudovogo prava* [The impact of digital technologies on labor: guidelines for labor law]. Nizhniy Novgorod, Nizhny Novgorod State University named after N.I. Lobachevsky Publ., 2021, 106 p. In Russian).
11. Russian Federation. Decree of the Government № 369 of March, 13, 2021, *O predostavlenii grantov v forme subsidiy iz federal'nogo byudzheta nekommercheskim organizatsiyam na realizatsiyu meropriyatiy po organizatsii professional'nogo obucheniya i dopolnitel'nogo professional'nogo obucheniya otdel'nykh kategoriy grazhdan v ramkakh federal'nogo proyekta «Sodeystviye zanyatosti» natsional'nogo proyekta «Demografiya»* [About granting grants in the form of subsidies from the federal budget to non-profit organizations for the implementation of

measures for the organization of vocational training and additional vocational training of certain categories of citizens within the framework of the federal project “Employment Promotion” of the national project “Demography”]. (In Russian). Available at: https://base.garant.ru/400477087/ (accessed 30.04.2022).

12. Russian Federation. Decree of the Government № 362 of March, 13, 2021, *O gosudarstvennoy podderzhke v 2021 godu yuridicheskikh lits i individual'nykh predprinimateley pri trudoustroystve bezrabotnykh grazhdan* [On state support in 2021 for legal entities and individual entrepreneurs in the employment of unemployed citizens]. (In Russian). Available at: https://base.garant.ru/400477081/ (accessed 30.04.2022).

Сведения об авторах/ Information about the authors

Труба Анатолий Сергеевич	д-р экон. наук, главный научный сотрудник ВНИОПТУСХ – филиала ФГБНУ ФНЦ ВНИИЭСХ 111621, г. Москва, ул. Оренбургская, 15 truby.anatoly@yandex.ru
Truba Anatoly Sergeevich	Dr. Sci. (Econ.), Chief Researcher of VNIOPTUSKH branch of FGBNU FNC VNIIESH 15, Orenburg str., Moscow, 111621 truby.anatoly@yandex.ru
Абряндина Виктория Викторовна	канд. экон. наук, ведущий научный сотрудник ВНИОПТУСХ – филиала ФГБНУ ФНЦ ВНИИЭСХ 111621, г. Москва, ул. Оренбургская, 15 abrjandina@rambler.ru
Abrandina Victoria Viktorovna	Ph.D. (Econ.), leading researcher of VNIOPTUSKH – branch of FGBNU FNC VNIIESH 15, Orenburg str., Moscow, 111621 abrjandina@rambler.ru

UDC 338.2

N.N. Yarkina, N.A. Logunova, M.A. Osipova

CONCEPTUAL APPROACH TO STRATEGIC MANAGEMENT OF FISHERY ACTIVITIES OF THE CRIMEA

Abstract. The paper considers the problem of the fisheries development of the Crimea. The need of a conceptual approach to the management of the fishery activities of the peninsula is emphasized. It was noted that the management of fishery activities initially involves the development of strategically correct concepts at the state and entrepreneurial levels, which are supported by appropriate external and internal policy for the development of fisheries business in relation to the economic entity. The concepts of the state management of the Crimea fisheries and the intra-economic management of the relevant enterprises are presented. The first concept is considered as an archetype of sectoral development. These concepts include mission statements, strategic and tactical goals, identification of priority development directions at the state and entrepreneurial levels, clarification of relevant principles, means of control, methods and instruments of strategic management. A semantic description of the financial, economic, technical, social and environmental policies of fisheries management is given.
Key words: Crimea fishery, strategic management, management concept, strategic development alternatives, fisheries management policy.

Яркина Н.Н., Логунова Н.А., Осипова М.А.

СТРАТЕГИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ КРЫМА: КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД

Аннотация. В статье рассматривается проблема развития рыбного хозяйства Крыма. Акцентирована необходимость концептуального подхода к управлению рыбохозяйственной деятельностью полуострова. Отмечено, что управление рыбохозяйственной деятельностью изначально предполагает выработку стратегически выверенных концепций на государственном и предпринимательском уровнях, подкрепляемых соответствующими внешней и внутренней по отношению к хозяйствующему субъекту политиками развития рыбохозяйственного бизнеса. Представлены концепции государственного управления рыбным хозяйством Крыма и внутрихозяйственного управления соответствующими предприятиями, включая формулировки миссии, стратегических и тактических целей, обозначение приоритетных направлений развития на государственном и предпринимательском уровнях, уточнение соответствующих принципов, рычагов, методов и инструментов стратегического управления. Первая концепция рассматривается как архетип отраслевого развития. Дана содержательная характеристика финансово-экономической, технической, социальной и экологической политик управления рыбохозяйственной деятельностью.
Ключевые слова: рыбное хозяйство Крыма, стратегическое управление, концепция управления, стратегические альтернативы развития, политика управления рыбохозяйственной деятельностью.

Introduction. The modern fishery business of Crimea has historical and geographical predetermination. There are appropriate social and economic conditions for the successful development on the territory of the Crimean Peninsula. It is

impossible to revaluate the importance of fisheries as a subject of ensuring food security.

At the same time, in spite of the fact that in the Russian Federation the type of economic activity such as "fishing and fish farming" is profitable, and the profitability of which has remained at the level of 50 % for last six years, the fishing capacity of the Crimea, including the possibility of access to the World Ocean, is slightly used.

The sources of the Crimea fishing industry problems are well known: the chronic underfunding concerning all aspects of fishery activities due to the absence of effective state policy in the field of fisheries and effective mechanisms and instruments of state support for the industry, during the period when the region was a part of Ukraine, led both to the reduction of fishing activities not only in the World ocean but and in Azov-Black Sea basin due to the absence or lack of working capital and caused to unprecedented quantitative loss and qualitative aging of fishing vessels, caused not only by the problems with the lack of investment resources for the renovation of the fishing fleet base of the peninsula and maintaining it at a technical and technological level corresponding to world trends, but also by lack of control, corruption, indifference, incompetence in matters of fisheries management at the state and local levels in the 90s of the last century.

The abovementioned actualizes the necessity to develop an effective mechanism for development management of the region fisheries industry, in particular, the Republic of Crimea and city of Sevastopol paying attention to the implementation of a strategic approach to its formation.

The objective of the study is to conceptualize the problem of strategic management of Crimea fisheries for the development of new methods and solutions connected with functioning and development of region fisheries industry.

Materials and research methods

The results of research are based on numerous works of the faculty of FSBEI HE “Kerch State Maritime Technological University” concerning with functioning

and development of the fisheries industry [1-4], as well as the works of leading scientists, who are engaged in solving current problems in the field of fishing and fish farming [5-9].

Based on the famous scientific works in the field of strategic management and planning in fishing industry [11-13], as well as approved by the Government of the Russian Federation “The development strategy of agro-industrial complex and fisheries industry of the Russian Federation for the period till 2030” [14], the authors tried to give their own position regarding strategic development of fishery activities of the region (on the example of the Crimean Peninsula)from the position of a conceptual approach.

Systematic and comprehensive approaches were used as the research methods for solving the task. The structural and logical schemes of the Crimea fisheries management concept were built on the basis of generalization method, analytical and synthesis methods.

To define the strategic alternatives of sectoral development the authors used a logical approach and methods of induction, deduction and concretization.

Research results and their discussion

Having entered into the economical, legal and regulatory space of the Russian Federation and being under the influence of national policy in the field of regulation and support of fisheries, the Crimea fishing industry received a new impetus of the development within the framework of the Russian fisheries industry, having corresponding direction and fitting into the national development trend, relying on its own powerful fisheries management capacity both in the field of fishing and fish farming, including aquiculture.

Taking into account the world fisheries practice, it should be noted that rational strategizing at all levels of fishery activities management, which initially expected the development of strategically correct concepts of fishery activities management at the state(industry) and entrepreneurial (local) levels supported by appropriate external and internal policy in relation to the economic entity for the development of fisheries

business, provides effective development of fisheries industry nowadays. Strategic approach is aimed at the development of means of strategic management by industry enterprises, providing the support and capacity-building of their stable functioning and development, ensuring viability and competitiveness.

The concept of state management (in broad sense) of the Crimea fisheries, as an archetype of its revival and development, reflects the mission, strategic and tactic goals and priorities of sectoral development, defines the relevant principles, means of control, methods and instruments of strategic management and is realized by means of internal and external state policy in the field of fisheries (Fig. 1).

Entrepreneurial concept is the management concept based on a particular entity of fishery activities, which is the same according to its structure as a state management concept of fisheries sector (Fig. 2). The fundamental differences in the management concepts of an aquaculture enterprise and a fishing enterprise are reflected only in the definition of their missions.

If the task of a fish farming enterprise consists of meeting the appropriate public demand due to artificially fish breeding, the fishing enterprises carry out the catching of wild commercial fish, which is self eproducing in natural water reservoirs (mainly within the limits of the World Ocean) and having higher consumer (taste and nutritional) qualities.

The mission of artificial breeding and increasing of fish stock, which is not the task of fishing enterprises, is relied on the fish farming enterprises.

It may seem that compulsory condition not to infringe the reproductive abilities of corresponding aquatic ecosystem contradicts to the entrepreneurial interest, which is realized due to increasing the volume of catching fish. However, the strategic approach to the fishing enterprise management provides the viability and effectiveness of fishing business in future, the state is responsible for “controlling current fishing appetites” through the system of establishing the total allowable catches, limitation and quotation.

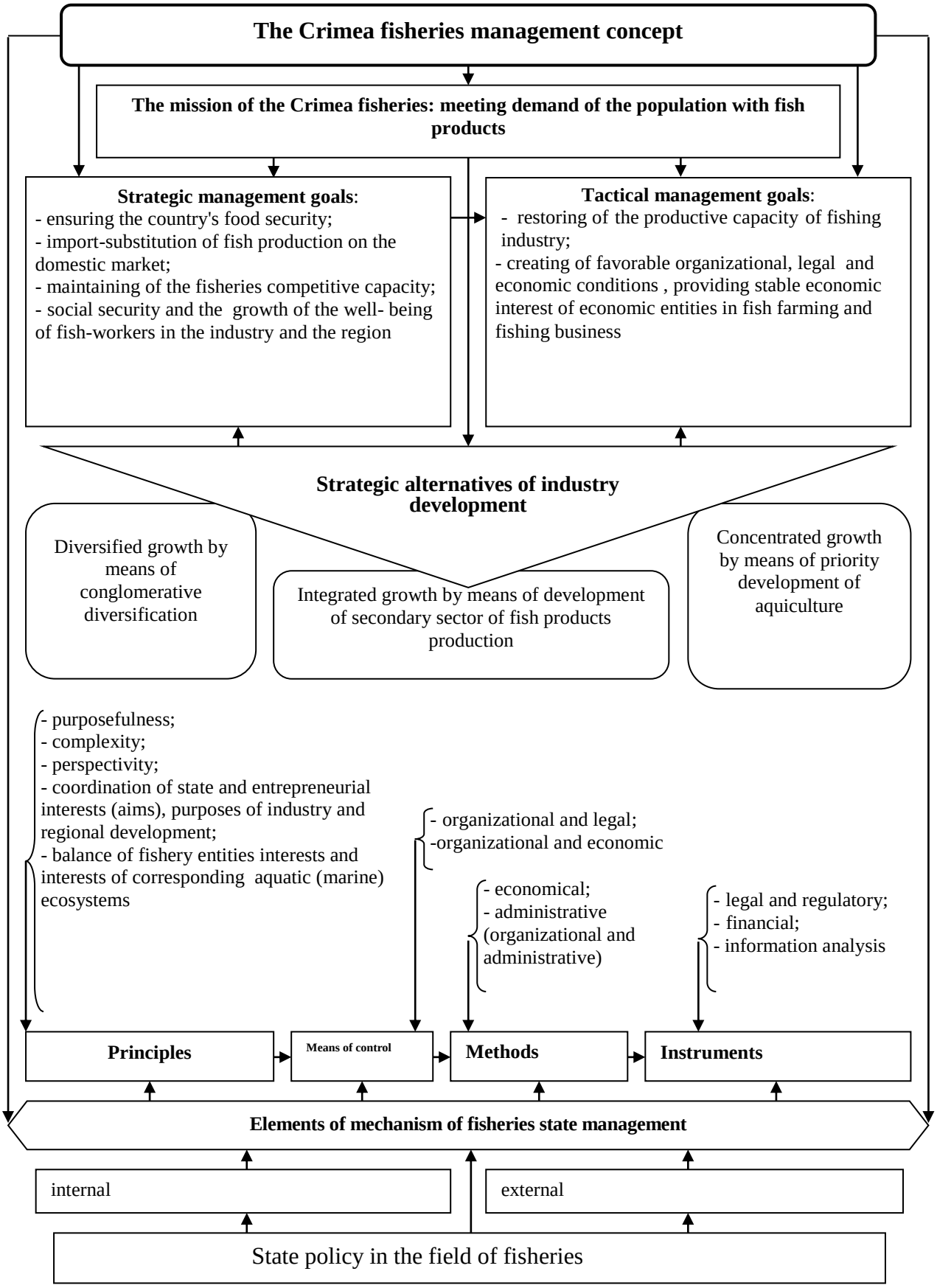


Figure 1 – Structural and logical scheme of the Crimea fisheries management concept

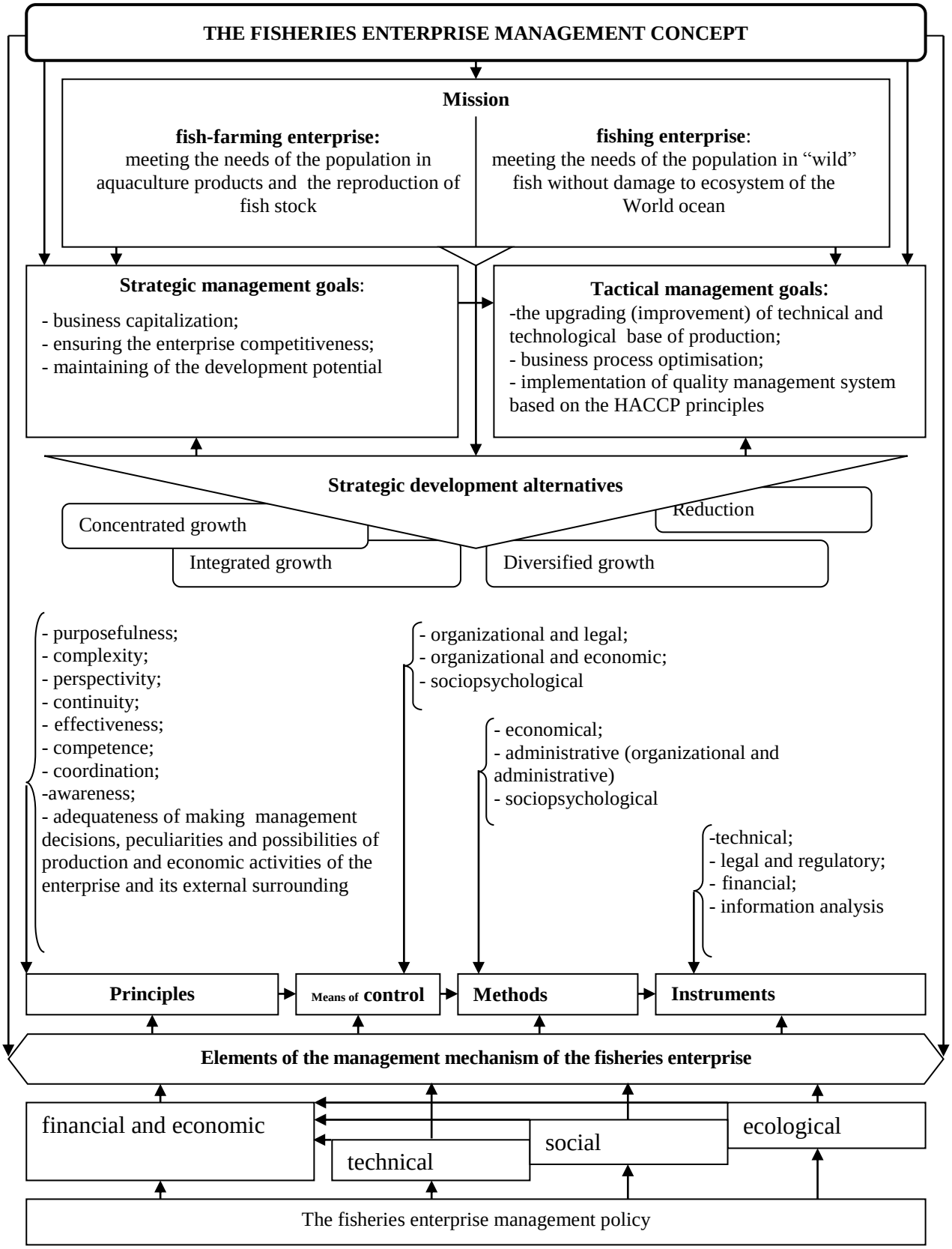


Figure 2 – Structural and logical scheme of entrepreneurial concept of the fisheries enterprise management

The state policy of fisheries management and its entities is carried out through the mechanism of government regulation and support of the branch having organizational and legal, organizational and economic (including financial) nature, which is investigated and described for fish farming and fishing in the specified area.

Within the internal policy management of the fisheries enterprise it is necessary to highlight financial and economic, as well as technical, social and environmental policies, having both independent and subordinate importance regarding financial and economic policy of the enterprise.

The financial and economic management policy of fisheries enterprise is aimed at financial stability and economical growth. It reflects economical education of the owners and top management of the enterprise, their purposefulness, values and preferences and also defines the strategy of economic entity, its aims and tasks (Fig. 2).

The implementation of economic purposes, formation and support of productive potential is defined by the quantitative and qualitative characteristics of technical and technological production base, from which the plant capacity, production cost and products quality depend on.

The realization of economic goals, the formation and support of production potential is determined by the quantitative and qualitative characteristics of the technical and technological base of production, on which the production capacity of the enterprise, the cost, and the quality of products depend.

The technical policy of the fisheries enterprises establishes a basis of their competitiveness and its importance is beyond doubt. The mere fact that a fishing vessel, which can be considered as complete self-sufficient economic system within the specific classification of basic production assets refers to the group of “working machines and equipment”, being the instrument of production, indicates to the technical dominant in fishing. The modern fish farming enterprise of industrial type is a high-technology mechanized and computer – integrated manufacturing facility for farming and rearing. The innovative technologies of fish farming provide the

presence of commercial products the whole year round.

The technical policy of fisheries management reflects the tendency of the enterprise technical development and establishes the strategy of technical development production, aimed at providing the enterprise competitiveness and maintaining of the corresponding potential, specifying its tasks. Within the limits of fishing enterprise it is focused on modernization and base updating of marine fleet and ocean fishing in order to produce fish products which are competitive on the world market both in price parameters due to resources (fuel) and due to quality characteristics in the result of creating conditions for the implementation of the HACCP International quality System, the main requirement of which is the compliance with international sanitation standards of food products production on the fishing vessels. It is practically impossible to carry out the latter, under conditions of the physically and obsolete base of native fishing fleet, which determines the necessity of measures implementation for its modernization and renewal. The main tendency of the fish farming enterprise technical policy is the intensification of production due to the implementation of modern aquaculture biotechnologies as well as mechanization and industrial process automation.

High technical and technological production characteristics have high competence requirements to the staff of fisheries enterprise, which is characterized by the unique specialization in the fishing sector (navigators, ship engineers, refrigerating engineers, commercial fisheries specialists etc.) and fish-f arming (fish- farmers, aquatic biologists, ichtyopathologists, hydraulic engineers etc.) having specialized training and experience. The unique staff of fishery enterprises, corresponding to their technical and technological level, requires a certain attitude (providing with adequate standard of living, offsetting the professional risks, respectful, careful, thankful etc., i.e. motivating attitude), the principles of which must be formulated in an effective social policy. We have to inform with regret that basically we are not talking about any socially oriented management of fishery entities. Nevertheless, defining conceptual approaches to the fishery activity management, it is necessary to highlight its social

aspect separately.

The social policy of fisheries activity management shows the attitude of business owners to employees and the enterprise top management to the staff. It defines the strategic course of socially oriented personnel management, providing the tension managing between the aims and interests of employees and owners, the formation of company-wide values and a favorable psychosocial climate in the staff, the creation of conditions providing employee's commitment to their company etc. and aimed at improving of employees living standard and their families.

Specifying the content of the ecological policy of fisheries activity management, it should be noted that it reflects top management commitment of the enterprise to ecosystem approach and fishing, based on the principles of responsible fishing and aimed at continuous improvement of all aspects of the enterprise. The ecological policy defines the ecological strategy, the key aims of which are the minimization and prevention of negative effect on aquatic (marine) ecosystems, providing and supporting of reproduction processes in natural reservoir, the rational use of aquatic bioresources, health and safety implementation of personnel and population, the achievement of high ecological safety level of production processes and consumption of fish products, the minimization of ecological risks. The implementation of specified aims provides the achievement of the primary objective both the ecological policy and financial and economic policy of fisheries management ensuring the viability and competitiveness of the enterprise over the long term.

The essential content of each specified policies defines the particular object management or their combination, the set of purposes, the definition of criteria, the specification of management factors, the development or improvement of instrumental and methodological means and the indication of resources for the achievement of aims.

Summary

Thus, the investigation of current condition of the Crimea fisheries

management and the analysis of industrial issues led to emphasizing of conceptual approach to the strategic fisheries management of the peninsula as the main principle of its effective development.

At the same time, the management of fishery activities initially involves the development of strategically correct concepts at the state and entrepreneurial levels, which are supported by appropriate external and internal policy for the development of fisheries business in relation to the economic entity.

References:

1. Yarkina N.N., Logunova N.A., Masyutkin Ye.P. (ed.) Strategicheskiye oriyentiry razvitiya rybnogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii [Strategic guidelines for the development of the fish industry of the Russian Federation]. *Sbornik tezisov dokladov uchastnikov II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Innovatsionnyye napravleniya integratsii nauki, obrazovaniya i proizvodstva»* [Collection of abstracts of reports of participants of the 2nd International Scientific and Practical Conference “Innovative directions of integration of science, education and production”]. Kerch, 2021, pp. 311-315. (In Russian).
2. Aleksakhina L.V. Sovremennyye organizatsionnyye formy regional'nogo rybokhozyaystvennogo morepol'zovaniya [Modern organizational forms of regional fishery sea use]. *Materialy II Regional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Rybokhozyaystvennyy kompleks Kryma: problemy i resheniya» (Kerch', 20 aprelya 2017 g.)* [Proceedings of the 2nd Regional Scientific and Practical Conference “Fishery complex of Crimea: problems and solutions” (Kerch, April, 20, 2017)]. Kerch, KSMTU Publ., 2017, pp. 4-9. (In Russian).
3. Ushakov V.V. Voprosy strategicheskogo upravleniya v rybnom khozyaystve Rossii [Issues of strategic management in the fish industry of Russia]. *Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kerch State Marine Technological University], 2020, no. 4, pp. 165-176. (In Russian).
4. Yarkina N. Logunova N. Applied potential of econometric instrumentation of substantiation of economic decisions within fisheries sector. *Topical Problems of Architecture, Civil Engineering and Environmental Economics (TPACEE 2018): E3S Web Conf.*, 2019, vol. 91, pp. 08054. (In English).
5. Volkogon V.A., Sergeyev L.I. Tsifrovyye platformy v rybnoy otrasli [Digital platforms in the fishing industry]. *Rybnoye khozyaystvo* [Fish Industry], 2019, no. 3, pp. 26-33. (In Russian).
6. Dusayeva Ye.M., Truba A.S., Kurmanova A.Kh. Obespecheniye ustoychivogo razvitiya rybokhozyaystvennogo kompleksa Rossii v usloviyakh tsifrovizatsii [Ensuring sustainable development of the fishery complex of Russia in the context of digitalization]. *Voprosy rybolovstva* [Issues of fisheries], 2021, vol. 22, no. 3, pp. 125-140. (In Russian).
7. Kostrikova N.A., Maytakov F.G., Yafasov A.YA. Sovremennyye trendy tsifrovizatsii ekonomiki i perspektivy ikh ispol'zovaniya v morskoy industrii na primere rybokhozyaystvennogo kompleksa Rossii [Modern trends in the digitalization of the economy and the prospects for their use in the marine industry on the example of the fishery complex of Russia]. *Morskiye intellektual'nyye tekhnologii* [Marine Intelligent Technologies], 2019, no. 4-4 (46), pp. 126-139. (In Russian).
8. *Rybnyy promysel: ulov ryby i dobycha drugikh vodnykh bioresursov* [Fishing: catch of fish and production of other aquatic biological resources]. Makhachkala, Dagestan GAU Publ., 2020, 64 p. (In Russian).
9. Mnatsakanyan A.G., Kuzin V.I., Kharin A.G. Perspektivy i problemy tsifrovizatsii rossiyskogo

rybnogo khozyaystva [Prospects and problems of digitalization of the Russian fish industry]. *Morskiye intellektual'nyye tekhnologii* [Marine Intelligent Technologies], 2019, no. 4-4 (46), pp. 103-110. (In Russian).

10. Sokolov A.V. Sovremennoye sostoyaniye i tendentsii razvitiya rybokhozyaystvennogo kompleksa Rossii [Current state and development trends of the fishery complex in Russia]. *Tekhnologii pishchevoy i pererabatyvayushchey promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya* [Technologies of the food and processing industry of the agro-industrial complex - healthy food products], 2019, no. 4. (In Russian). Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennoe-sostoyanie-i-tendentsii-razvitiya-rybohozyaystvennogo-kompleksa-rossii (accessed 14.06.2022).
11. Volkogon V.A., Sergeyev L.I., Kuzin V.I., Shekhovtseva L.S., Sergeyev L.I. (ed.) *Strategicheskoye upravleniye v rybnoy otrasli* [Strategic management in the fish industry]. 2nd edition. Moscow, Yurayt Publ., 2021, 327 p. (In Russian).
12. Karlina Ye.P., Shendo M.V., Arslanova. E.R. Sovershenstvovaniye strategicheskogo upravleniya rybokhozyaystvennym kompleksom na osnove kliyentooriyentirovannogo podkhoda [Improving the strategic management of the fishery complex based on a client-oriented approach]. *Voprosy rybolovstva* [Issues of fishing], 2021, vol. 22, no, 2, pp. 110-122. (In Russian).
13. Metanovskaya N.N., Yevgrafova L.Ye. Neobkhodimost' ispol'zovaniya sovremennykh mekhanizmov strategicheskogo upravleniya predpriyatiyami rybokhozyaystvennogo kompleksa [The need to use modern mechanisms of strategic management of enterprises of the fishery complex]. *Aktual'nyye voprosy ekonomicheskikh nauk* [Actual questions of economic sciences], 2010, no 17-1. (In Russian). Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/neobhodimost-ispolzovaniya-sovremennyh-mehanizmov-strategicheskogo-upravleniya-predpriyatiyami-rybohozyaystvennogo-kompleksa (accessed 27.05.2022).
14. Russian Federation. Decree of the Government № 993-r of April, 12, 2020, *Ob utverzhdenii Strategii razvitiya agropromyshlennogo i rybokhozyaystvennogo kompleksov Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda* [On approval of the Strategy for the development of the agro-industrial and fishery complexes of the Russian Federation for the period up to 2030]. (In Russian). Available at: https://docs.cntd.ru/document/564654448 (accessed 12.06.2022).

Сведения об авторах / Information about authors

Яркина Наталья Николаевна	д-р экон. наук, профессор кафедры экономики и гуманитарных дисциплин Керченский государственный морской технологический университет 298306, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 nata-yarkina@yandex.ru
Yarkina Natalya Nikolaevna	Dr. Sci. (Econ.), Professor at the Department of Economics and Humanities Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82 nata-yarkina@yandex.ru
Логунова Наталья Анатольевна	д-р экон. наук, профессор, проректор по научной работе Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 kgmtu@kgmtu.ru

Logunova Natalya Anatolyevna	Dr. Sci. (Econ.), Professor, Vice-rector for research Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82 kgmtu@kgmtu.ru
Осипова **Марина** **Александровна**	старший преподаватель кафедры иностранных языков Керченский государственный морской технологический университет 298309, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 marina131278al@mail.ru
Osipova Marina Alexandrovna	Senior Lecturer of the Department of Foreign Languages Kerch State Maritime Technological University 298309, Kerch, Ordzhonikidze str., 82 marina131278al@mail.ru