

На правах рукописи

БЕЛОГУРОВА Раиса Евгеньевна

**СООБЩЕСТВА РЫБ КАРКИНИТСКОГО ЗАЛИВА ЧЕРНОГО МОРЯ:
СОСТАВ, СТРУКТУРА, ИЗМЕНЕНИЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ
ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ**

1.5.16 – Гидробиология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Севастополь – 2022

Работа выполнена в отделе ихтиологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН» (ФИЦ ИнБЮМ), г. Севастополь

Научный руководитель:

Карпова Евгения Павловна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела ихтиологии ФИЦ ИнБЮМ, г. Севастополь

Официальные оппоненты:

Балыкин Павел Александрович – доктор биологических наук, главный научный сотрудник отдела водных биоресурсов бассейнов южных морей ФГБУН «Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук» (ЮНЦ РАН), г. Ростов-на-Дону

Булли Любовь Ивановна – кандидат биологических наук, доцент по специальности «ихтиология», доцент кафедры технологии продуктов питания технологического факультета ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет» (КГМТУ), г. Керчь

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН (ИБВВ РАН), п. Борок, Ярославская обл.

Защита диссертации состоится «25» октября 2022 г. в 10:00 на заседании диссертационного совета 24.1.221.01 при ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», по адресу: 299011, г. Севастополь, пр. Нахимова, 2. E-mail: dissovvet@ibss-ras.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН» по адресу: 299011, РФ, г. Севастополь, пр. Нахимова, 2, и на сайте:

https://ibss-ras.ru/science/dissertation-council-24-1-221-01/dissertations/belogurova/Dissertation_Belogurova.pdf.

Автореферат разослан «__» _____ 2022 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат биологических наук

Поспелова Наталья Валериевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Значение прибрежных морских экосистем для человечества колоссально: они характеризуется высокой продуктивностью и биоразнообразием; в зарослевых биоценозах прибрежных районов происходит нерест и нагул молоди многих видов рыб (Pauly, 2008). Прибрежные экосистемы выполняют регулируемую роль в формировании климата местности и предотвращении береговой эрозии (Ecosystems..., 2005); здесь также образуются сложные биоценозы, выполняющие функцию мощных биологических фильтров (Капков и др., 2006). Большая часть мировой добычи биологических ресурсов приходится на прибрежные зоны (Pauly, 2008). Вместе с этим, прибрежные морские экосистемы становятся все менее стабильными из-за усиливающегося антропогенного воздействия: во всем мире данная зона является одной из самых густонаселенных и эксплуатируемых (Hinkel et al., 2013; Luijendijk et al., 2018 и др.). Хозяйственная деятельность предполагает постоянный приток в прибрежные морские экосистемы загрязняющих веществ с суши, эвтрофикацию, строительство гидротехнических сооружений, дампинг, добычу полезных ископаемых, чрезмерную эксплуатацию биоресурсов, снижение биоразнообразия, инвазию чужеродных видов и многие другие негативные воздействия (Eremeev et al., 2012).

В Чёрном море, как в обособленном водоеме Мирового океана, последствия антропогенного пресса в большей мере ощутимы, чем в морях, имеющих свободный водообмен с океаном. Наиболее остро проявляются результаты антропогенного воздействия в изолированных районах – бухтах, заливах, лагунах (Зайцев, 2006).

Антропогенные воздействия в Каркинитском заливе Чёрного моря за последние 50 лет уникальны по своим масштабам. Вплоть до 2014 года экосистема восточной части залива находилась под опресняющим воздействием Северо-Крымского канала (СКК). Функционирование, а затем прекращение его работы в Крыму привело к коренным перестройкам ихтиофауны данной акватории (Карпова и др., 2016 и др.). Добыча песка, осуществляемая в районе Бакальской косы, усугубила ее размыв, который начался в середине 1990-х годов XX века и активизировался после шторма в ноябре 2007 года (Иванов и др., 2012); это привело к возможности свободного перемещения водных масс из глубоководной части залива в мелководную (Карпова и др., 2016 и др.). Развитое в Каркинитском заливе браконьерство послужило одной из причин практически полного исчезновения осетровых *Acipenseridae*. Масштабный промысел травяной креветки *Palaemon adspersus* Rathke, 1837, который ведется в зарослях морских трав залива, ежегодно наносит урон молоди промысловых рыб и охраняемым видам (Болтачев и др., 2017 и др.).

Учитывая недостаточную изученность ихтиофауны Каркинитского залива, а

также кардинальные изменения его гидрохимических условий, повлекшие за собой перестройки в составе ихтиофауны, актуальность приобретает уточнение ее современного состава. Кроме этого, требуется оценка пространственных изменений состава ихтиофауны залива в зависимости от биотопических особенностей его западного и восточного подрайонов. В связи с недавним пуском воды в систему СКК исследование особенно актуально, так как за период 2008-2018 гг. удалось изучить состояние и трансформацию ихтиофауны в условиях краткосрочного осолонения.

Степень разработанности темы исследований. До начала XXI века ихтиофауну Каркинитского залива целенаправленно не изучали. Работы, проводившиеся в 1950-х гг., были фрагментарными и осуществлялись в связи с комплексными исследованиями в высокопродуктивной северо-западной части Чёрного моря (СЗЧМ). Результатом этих работ стала монография К. А. Виноградова, в которой состав ихтиофауны (67 видов) указан лишь для двух участков Каркинитского залива: Джарылгачского залива (49 видов) и акватории п-ва Тарханкут (47 видов) (Виноградов, 1958). Преимущественно для западной части залива А. Н. Световидов (1964) указывал около 50 видов рыб. На основе собственных и литературных данных Ю. В. Мовчан (2000) отмечал в Джарылгачском заливе и в окрестностях острова Джарылгач 56 видов и подвидов рыб. В 2006 г. была опубликована монография, в которой были обобщены результаты работ, проводившихся в 1960-е гг. в СЗЧМ, однако и в ней состав ихтиофауны непосредственно Каркинитского залива целенаправленно не рассматривался (Северо-западная..., 2006). Систематические комплексные ихтиофаунистические и гидробиологические исследования в Каркинитском заливе проводятся лишь с 2008 г.

Цель и задачи исследования. Цель работы – оценка современного состояния и характера долговременных изменений в сообществах рыб Каркинитского залива под воздействием природных и антропогенных факторов.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Оценить современное таксономическое разнообразие ихтиофауны Каркинитского залива Чёрного моря;
2. Изучить пространственное распределение ихтиофауны Каркинитского залива;
3. Исследовать изменения структуры сообществ рыб Каркинитского залива и причины, их вызывающие;
4. Изучить процессы трансформации зарослевых ихтиоценов восточной части залива под влиянием изменений солёностного режима;
5. Изучить морфо-биологические характеристики некоторых видов рыб Каркинитского залива.

Научная новизна. Проведено детальное и системное исследование ихтиофауны Каркинитского залива – одного из наиболее крупных заливов Чёрного моря, в результате которого выявлено 99 видов рыб из 42 семейств. Впервые для акватории залива выполнено районирование, основанное на критериях таксономического сходства, выделены и описаны локальные ихтиоцены. Для акватории особо охраняемой природной территории (ООПТ) «Лебяжьи острова» впервые проведена инвентаризация ихтиофауны.

Впервые исследованы процессы трансформации видового состава и структурных особенностей сообществ рыб восточной части залива, приуроченных к зарослям морских трав, под воздействием резких колебаний солёности вод прибрежной акватории, вызванной антропогенной деятельностью. Установлено влияние прекращения эксплуатации СКК на структурно-функциональные характеристики и показатели обилия сообществ рыб Каркинитского залива.

Методы исследования. В работе применены общепринятые гидробиологические и ихтиологические методики сбора и анализа материалов для исследования в сочетании с современными математическими и статистическими методами обработки и анализа данных.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. Современный состав ихтиофауны Каркинитского залива отличается высоким видовым богатством по сравнению с остальными участками прибрежной зоны Крымского полуострова.

2. В Каркинитском заливе сформировались локальные ихтиоцены: ихтиоцен скально-каменистых ландшафтов западной части залива, ихтиоцен морских трав восточной части залива и зарослевый ихтиоцен Ярылгачской бухты, на формирование которых преимущественное влияние оказали биотопические и гидрохимические особенности среды.

3. За последние десятилетия наблюдались существенные трансформации в структуре сообществ рыб восточной части Каркинитского залива, происходившие в несколько этапов, и связанные с изменением гидрохимического режима в результате эксплуатации Северо-Крымского канала.

Степень достоверности результатов. Достоверность результатов диссертационной работы обеспечивается тщательным планированием проведения экспериментов и применением адекватных современных методов исследования. Научные результаты и выводы, сформулированные в работе, подкреплены убедительными фактическими данными. Анализ и интерпретация полученных результатов проведены с использованием современных методов обработки информации и статистического анализа.

Теоретическая и практическая значимость работы. Настоящая работа является одной из составных частей комплексных гидробиологических, ихтиологических, экологических и природоохранных исследований в прибрежной зоне Крымского полуострова. Полученные сведения расширяют представления о закономерностях трансформации локальных сообществ под воздействием антропогенных факторов. Результаты исследования позволят существенно пополнить общие представления об ихтиофауне Чёрного моря в целом. Материалы работы могут быть использованы при разработке мероприятий по рациональному использованию и сохранению биологического разнообразия в регионе, регулированию промысла с использованием креветочных вентерей, а также при разработке обоснования по выделению ООПТ в пределах северо-западного побережья Крымского полуострова.

Личный вклад соискателя. Тема, цель и задачи исследования определены автором совместно с научным руководителем. Диссертант принимал непосредственное участие в экспедиционных исследованиях и отборе проб с 2015 по настоящее время, обработке ихтиологического материала и идентификации таксономической принадлежности, проведении биологического и морфологического анализов рыб за весь период исследований, пополнения первичных массивов данных, а также статистической обработке и интерпретации результатов. Соискатель участвовал в пополнении материалов ЦКП «Коллекция гидробионтов Мирового океана» ФИЦ ИнБЮМ. Анализ и обобщение полученных результатов, формулировка выводов и основных защищаемых положений выполнены автором самостоятельно.

Апробация результатов диссертации. Материалы диссертационной работы были представлены на 13 научных конференциях: VIII Международной научно-практической конференции «Заповедники Крыма – 2016: биологическое и ландшафтное разнообразие, охрана и управление» (Симферополь, 2016 г.), Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, приуроченной к 145-летию Севастопольской биологической станции «Морские биологические исследования: достижения и перспективы» (Севастополь, 2016 г.), X Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых по проблемам водных экосистем, в рамках проведения Года экологии в Российской Федерации «Pontus Euxinus 2017» (Севастополь, 2017), IV Всероссийской научно-практической конференции «Устойчивое развитие особо охраняемых природных территорий» (Сочи, 2017), Молодежной научной конференции «Морские исследования и рациональное природопользование» (Севастополь, 2018), V Научно-практической молодежной конференции «ЭКОБИО–2018: Экобиологические проблемы Азово-Черноморского региона и комплексное управление биологическими ресурсами» (Севастополь, 2018), Международной научно-практической конференции

«Биологическое разнообразие: изучение, сохранение, восстановление, рациональное использование» (Керчь, 2018); Всероссийской научно-практической конференции «Водные биоресурсы и аквакультура Юга России» (Краснодар, 2018); Научно-практической школе-конференции «Наземные и морские экосистемы Причерноморья и их охрана» (Новороссийск, 2018), Международной научно-технической конференции «Системы контроля окружающей среды – 2019» (Севастополь, 2019), Всероссийской онлайн-конференции «Актуальные проблемы изучения черноморских экосистем — 2020» (Севастополь, 2020), XII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых по проблемам водных экосистем, посвященной 150-летию Севастопольской биологической станции – ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН» «Понт Эвксинский – 2021» (Севастополь, 2021); Международной научной конференции, посвященной 150-летию Севастопольской биологической станции – Института биологии южных морей имени А. О. Ковалевского и 45-летию НИС «Профессор Водяницкий» «Изучение водных и наземных экосистем: история и современность» (Севастополь, 2021).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 19 работ (4 научные статьи, 1 авторское свидетельство о регистрации баз данных, 14 материалов и тезисов конференций), из них 4 работы опубликованы в изданиях, включенных в Перечень рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 204 страницах машинописного текста; состоит из введения, 6 глав, заключения, выводов и списка использованной литературы, включающего 164 источника, (из них 38 на иностранных языках) и приложения. Работа содержит 18 таблиц и 53 рисунка.

Благодарности. Выражаю глубокую признательность моим наставникам, Александром Романовичу Болтачеву и к.б.н., с.н.с. отдела ихтиологии ФИЦ ИнБЮМ Карповой Евгении Павловне, а также коллегам, участвовавшим в экспедициях.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность научного исследования, сформулированы цель и задачи, описана научная новизна работы, изложена практическая и теоретическая значимость исследования, сформулированы положения, выносимые на защиту, указаны сведения о степени достоверности данных и апробации результатов.

Глава 1 Литературный обзор изученности ихтиофауны Каркинитского залива Чёрного моря

В главе приводится обзор таксономических и фаунистических исследований в Каркинитском заливе. Рассмотрены основные этапы изучения ихтиофауны залива.

Глава 2 Материал и методы исследований

Исследования проводили с 2008 по 2018 гг. в Каркинитском заливе на 35 станциях (рис. 1). Сбор проб осуществляли с помощью креветочных вентерей с диаметром ячеи 6,5-8,0 мм, ручными сачками с диаметром ячеи 2-5 мм, жаберными сетями с диаметром ячеи от 12 до 22 мм. Рыб идентифицировали по определителям (Световидов, 1964; Васильева, 2007). Латинские и русские названия рыб приведены согласно работе (Парин и др., 2014).



Рисунок 1 – Карта-схема отбора проб в Каркинитском заливе в 2008–2018 гг.

Отбирали пробы воды для определения солености и измеряли температуру воды. Всего собрано и обработано более 32 тыс. экз. рыб. Биологический и морфологический анализ рыб проводили по общепризнанным методикам (Правдин, 1966).

Для оценки видового сходства ихтиофауны различных участков в Каркинитском заливе использовали следующие индексы и коэффициенты: индекс видового разнообразия Шеннона-Уивера (H), коэффициент Серенсена-Чекановского (K), индекс видового богатства Маргалефа (D), индекс выровненности Пиелу (E), индекс доминирования Симпсона (C) (Песенко, 1982).

Для оценки различий для выборок с небольшим количеством экземпляров применяли критерий Манна-Уитни (U) при уровне значимости $p \leq 0,05$. Для оценки расхождения по комплексам изученных признаков между рыбами различных районов использовали показатель дивергенции Кульбака-Лейблера (D) (Андреев, Решетников, 1977). Реализованы методы одномерного и многомерного статистического анализа. При анализе соотношения полов рыб применяли критерий χ^2 (Лакин, 1990). Характер распределения по линейным размерам и массе оценивали по W -критерию Шапиро-

Уилка (Халафян, 2007). Для описания линейного роста использовали уравнение Берталанфи (Bertalanffy, 1938; Рикер, 1979; Мина, Клевезаль, 1976).

Глава 3 Физико-географическая и гидролого-гидрохимическая характеристика Каркинитского залива

Рассмотрены физико-географические особенности Каркинитского залива. Впервые получены оригинальные данные о трансформации гидрохимического режима кутовой части Каркинитского залива. На распределение солености здесь до 2014 г. влияло функционирование Северо-Крымского канала: области значительного распреснения (0,5–1,8‰) регистрировали в районах впадения сбросных каналов системы СКК, особенно в заливах, образованных устьями рек Самарчик и Чатырлык. Период после прекращения работы СКК в Крыму характеризуется ростом солености в ранее распресненных районах – до 25–26‰.

Глава 4 Таксономический состав и структура ихтиофауны Каркинитского залива

Аннотированный список рыб Каркинитского залива. За всю историю ихтиологических исследований акватории, включая собственные данные, имеются сведения об обнаружении 108 видов рыб, принадлежащих к 75 родам, 44 семействам, 17 отрядам и 2 классам (хрящевые рыбы – Chondrichthyes и лучеперые рыбы – Actinopterygii).

Временные вариации состава ихтиофауны Каркинитского залива. Состав ихтиофауны Каркинитского залива отличался в различные временные периоды: 39 видов рыб из 108 являются общими для четырех выделенных периодов исследования, что составляет 36% от всего видового состава фауны рыб (табл. 1).

Таблица 1 – Сходство ихтиофауны Каркинитского залива в различные периоды исследований

Период исследований	1950–1960-е гг.	2000–2006 гг.	2008–2014 гг. (наши данные)	2015–2018 гг. (наши данные)
1950–1960-е гг.		55*	51*	53*
2000–2006 гг.	0,79		43*	40*
2008–2014 гг. (наши данные)	0,65	0,61		69*
2015–2018 гг. (наши данные)	0,67	0,61	0,92	

**Примечание. Над чертой – число общих видов для сравниваемых временных периодов. Под чертой приведены значения индексов Серенсена-Чекановского для четырех временных периодов.*

В Каркинитском заливе отмечено 23 ранее не встречавшихся в этой акватории вида рыб: 7 представителей пресноводного фаунистического комплекса (амурский

чебачок *Pseudorasbora parva* (Temminck & Schlegel, 1846), плотва *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758), горчак *Rhodeus amarus* (Bloch, 1782), красноперка *Scardinius erythrophthalmus* (Linnaeus, 1758), укляя *Alburnus alburnus* (Linnaeus, 1758), серебряный карась *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) и солнечный окунь *Lepomis gibbosus* (Linnaeus, 1758)), появившиеся в результате резких колебаний гидрохимического режима в восточной части залива, 8 рыб из семейства бычковые (бычки бурый *Gobius bucchichi* Steindachner, 1870, кругляш *G. cobitis* Pallas, 1814, паганель *G. paganellus* Linnaeus, 1758, сурман *Ponticola cephalargoides* Pinchuk, 1976, рыжик *P. eurycephalus* (Kessler, 1874), губан *P. platyrostris* (Pallas, 1814), ротан *P. ratan* (Pallas, 1814) и лысун Бата *Pomatoschistus bathi* Miller, 1982), зубарик *Diplodus puntazzo* (Cetti, 1777), зеленый губан *Labrus viridis* Linnaeus, 1758, троепер *Tripterygion tripteronotus* (Risso, 1810), морские собачки сфинкс *Aidablennius sphynx* (Valenciennes, 1836) и павлин *Salaria pavo* (Risso, 1810), рыбы присоски: малоголовая *Apletodon dentatus* (Facciola, 1887), толсторылая *Lepadogaster candolii* Risso, 1810 и одноцветная *L. lepadogaster* Risso, 1810 – преимущественно, виды атлантическо-средиземноморского фаунистического комплекса.

В современных исследованиях в Каркинитском заливе не отмечено 4 вида рыб: меч-рыба *Xiphias gladius* Linnaeus, 1758, солнечник *Zeus faber* Linnaeus, 1758, шип *Acipenser nudiiventris* Linnaeus, 1758 и атлантический осетр *A. sturio* Lovetzky, 1828, уже давно не регистрировавшиеся для крымского побережья Чёрного моря (Guchmanidze, 2009; Болтачев, Карпова, 2017). Из обобщенного списка видов рыб также были исключены несколько видов, так как их идентификация представляется спорной. Встречающиеся в распресненных участках северо-западной части Чёрного моря тюлька *Clupeonella cultriventris* (Nordmann, 1840) и бычок-гонец *P. gymnotrachelus* (Kessler, 1857) современными исследованиями в Каркинитском заливе не отмечены.

Таким образом, современная ихтиофауна Каркинитского залива, представлена 99 видами рыб, из которых в уловах встречаются 80 видов. Основу таксономического разнообразия составляет семейство бычковых *Gobiidae* (16 видов); семейство карповых *Cyprinidae* представлено 8 видами рыб, игловых *Syngnathidae* – 7 видами. По 6 видов насчитывают семейства губановые *Labridae* и собачковые *Blenniidae*, семейство сельдевые представлено 5 видами. Семейства кефалевых *Mugilidae* и присосковых *Gobiesocidae* представлены 4 видами каждое, осетровые *Acipenseridae* и скумбриевые *Scombridae* – 3. По 2 вида рыб отмечено для семейств атериновые *Atherinidae*, колюшковые *Gasterosteidae*, спаровые *Sparidae* и горбылевые *Sciaenidae*. Остальные 29 семейств насчитывают по одному виду.

Пространственные вариации ихтиофауны Каркинитского залива.

Природные условия акватории Каркинитского залива неоднородны. С учетом этого были выделены ихтиоцены, приуроченные к различным ее участкам: ихтиоцен скально-каменистых ландшафтов западной части залива, ихтиоцен морских трав восточной части залива и зарослевый ихтиоцен Ярылгачской бухты. Из 80 видов рыб общими для выделенных ихтиоценов являются 31 вид, что составляет 39% видового состава. Наибольшим видовым богатством для трех акваторий отличается семейство бычковых (рис. 2).

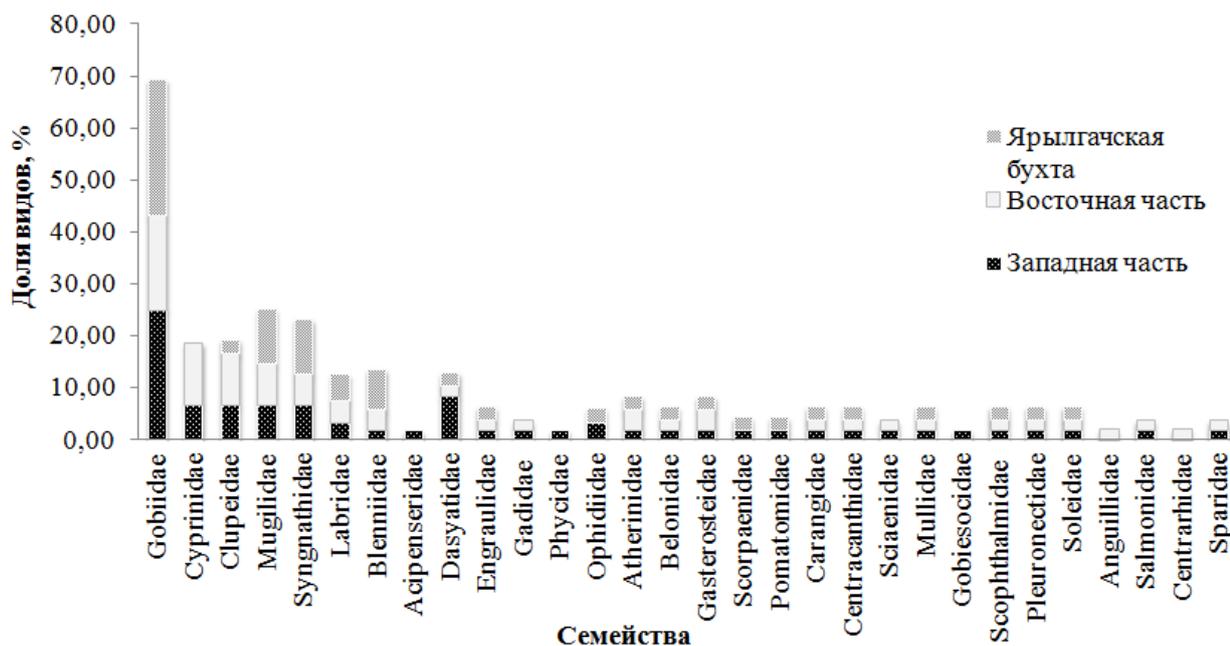


Рисунок 2 – Таксономическая структура ихтиофауны Каркинитского залива

В восточной части Каркинитского залива была велика доля карповых рыб, не отмеченных для двух других районов. Общими для трех сравниваемых районов оказались пелагические мигранты (анчоусовые *Engraulidae*, сельдевые *Clupeidae* и кефалевые), эврибионтные и эвригалинные виды семейств игловые, губановые и собачковые, а также представители морских по происхождению бычковых (родов *Gobius* и *Pomatoschistus*) и солоноватоводных понто-каспийских видов (бычки родов *Neogobius* и *Ponticola*).

Таким образом, ихтиофауна Каркинитского залива сходна на различных его участках, что закономерно для близко расположенных акваторий. С другой стороны, именно в восточной части залива сформировались значительные по площади зарослевые биоценозы, ихтиофауна которых отличается своим видовым составом, наличием группировок солоноватоводных и пресноводных видов, приуроченных к местам сброса пресных вод.

Структура ихтиофауны Каркинитского залива. В составе ихтиофауны Каркинитского залива присутствуют группы рыб, отличающиеся по генезису и особенностям экологии (типу размножения и питания).

Для западной части Каркинитского залива характерно преобладание морских по происхождению видов рыб (более 80%) (рис. 3 А, Б). Лидируют они и в восточной части Каркинитского залива (рис. 3 В, Г). Группа рыб понто-каспийского фаунистического комплекса высока по относительной численности в кутовой части залива (16–17%) и представлена бычковыми родов *Mesogobius*, *Ponticola*, *Neogobius*, разнообразие которых достаточно велико на всей акватории Каркинитского залива (Прищепа и др., 2018). В восточной части залива до 2014 г. заметна доля пресноводных рыб (17%).

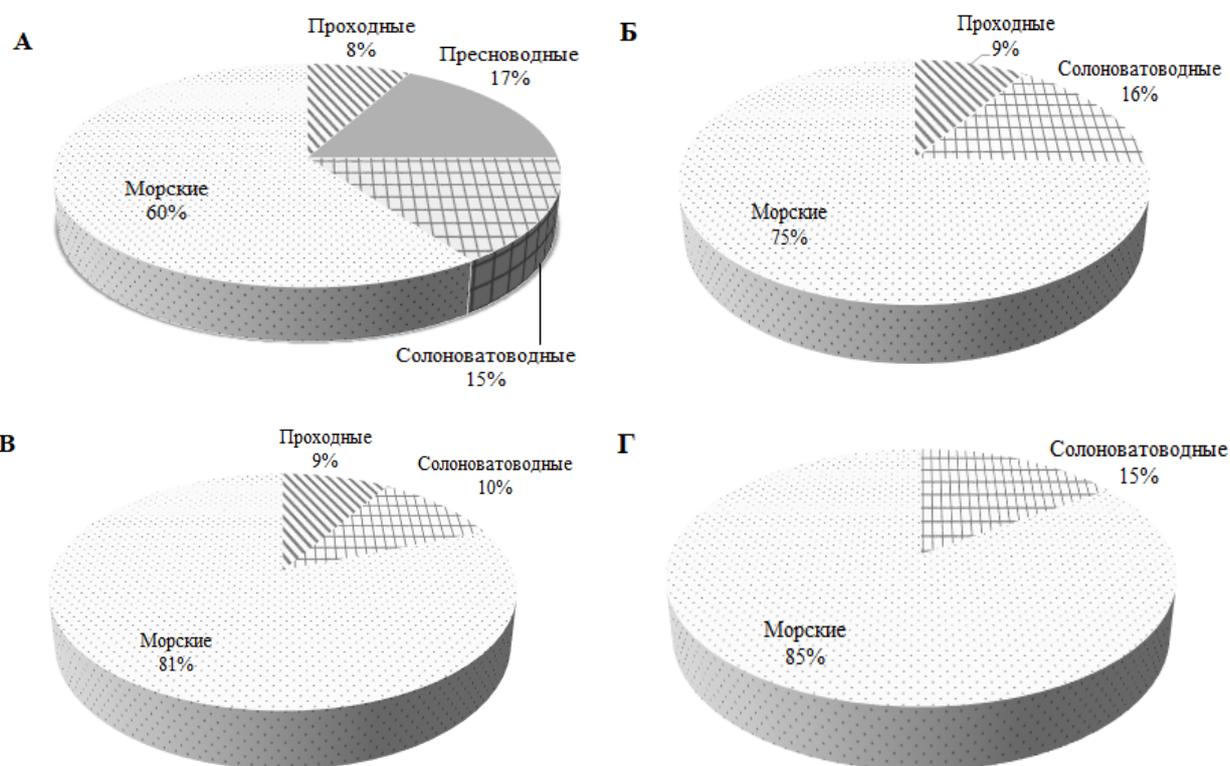


Рисунок 3 – Структура (по генезису) ихтиофауны восточной части залива до 2014 г. (А) и после 2014 г. (Б), а также западной части Каркинитского залива (В) и Ярылгачской бухты (Г)

За счет обилия представителей семейств бычковые, собачковые и присосковые, группа оседлых рыб донно-придонного комплекса практически в три раза превышает по количеству видов группу мигрирующих. Пелагические мигранты в заливе представлены кефалевыми, сельдевыми и атериновыми рыбами и некоторыми другими видами (ставрида *Trachurus mediterraneus ponticus* Aleev 1956, европейский анчоус *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758), луфарь *Pomatomix saltatrix* (Linnaeus, 1766) и сарган *Belone belone euxini* Gunther, 1866).

По типу размножения в Каркинитском заливе отмечены следующие группы: яйцеживородящие, остракофилы, литофилы, вынашивающие икру, фитофилы, строящие гнезда и пелагофилы. Массовыми в заливе являются гнездящиеся рыбы (губановые, собачковые и бычковые), вынашивающие икру (игловые) и пелагофилы (сельдевые, кефалевые и некоторые другие). Большинство рыб Каркинитского залива размножаются в теплый период года – с марта по сентябрь, исключение составляют холодолюбивые бореальные виды (шпрот *Sprattus sprattus phalericus* (Risso, 1826), средиземноморский налим *Gaidropsarus mediterraneus* (Linnaeus, 1758), мерланг *Merlangius merlangus euxinus* (Nordmann, 1840)), а также черноморская кумжа *Salmo trutta labrax* Pallas, 1814.

После 2014 г. в восточной части Каркинитского залива у побережья Крыма исчезли эврифаги (карась, плотва, красноперка и солнечный окунь), зоофаги/зоопланктофаги (укляя) и фитопланктофаги (белый толстолобик *Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes, 1844)). Основу здесь составляют зоопланктофаги (игловые, атериновые и некоторые сельдевые), бентофаги/хищники (практически все бычковые), бентофаги (губановые), хищники (угорь *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758), сарган, бычок-мартовик *Mesogobius batrachocephalus* (Pallas, 1814), черноморский калкан *Scophthalmus maeoticus* (Pallas, 1814), сельдь *Alosa immaculata* Bennett, 1835, кумжа и мерланг), а также детритофаги (кефалевые). Единичны фитопланктофаги (белый толстолобик), зоофаги/зоопланктофаги (укляя), хищники/бентофаги (бычок-травяник *Zosterisessor ophiocephalus* (Pallas, 1814)). В западной части Каркинитского залива и Ярылгачской бухте наибольшим числом видов были представлены бентофаги (губановые, присосковые), бентофаги/хищники (практически все бычковые и осетровые) и зоопланктофаги (сельдевые и игловые).

Несмотря на качественные изменения в видовом составе сообществ рыб Каркинитского залива, достоверных отличий в их экологической структуре не выявлено. Главным образом это связано с тем, что видовой состав ихтиофауны восточной и западной частей залива сходен, за исключением кутовых участков, а изменения проявились преимущественно в перераспределении характера доминирования отдельных групп рыб.

Глава 5 Динамика видового состава ихтиофауны Каркинитского залива в 2008–2018 гг. под влиянием различных факторов

Пространственные изменения ихтиофауны восточной части Каркинитского залива. Динамика состава ихтиофауны Каркинитского залива наиболее полно прослеживается на примере процессов, происходящих в его восточной части. Проанализирован видовой состав сообществ рыб двух временных периодов: первый период (2008–2014 гг.) – активный сброс пресной воды из СКК в

кутовую часть залива, второй (2015–2018 гг.) – прекращение функционирования СКК в Крыму.

Изменения ихтиофауны четко прослеживаются при сравнении доли видов в уловах (рис. 4). В Чартырлыкском заливе до 2014 г. по численности и биомассе преобладали бычковые (кругляк *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814) и песочник *Neogobius fluviatilis* (Pallas, 1814)). Также здесь регистрировали карповых рыб (серебряный карась и укляя). Разнообразны по видовому составу, но малочисленны и другие представители данного семейства (плотва, горчак, красноперка), а также солнечный окунь из семейства центрарховых. В заливе Самарчик по биомассе преобладал серебряный карась (более 50%). После прекращения функционирования СКК в Крыму в указанных заливах исчезли представители пресноводной ихтиофауны, но еще высока доля солоноватоводных бычков (песочника и кругляка).

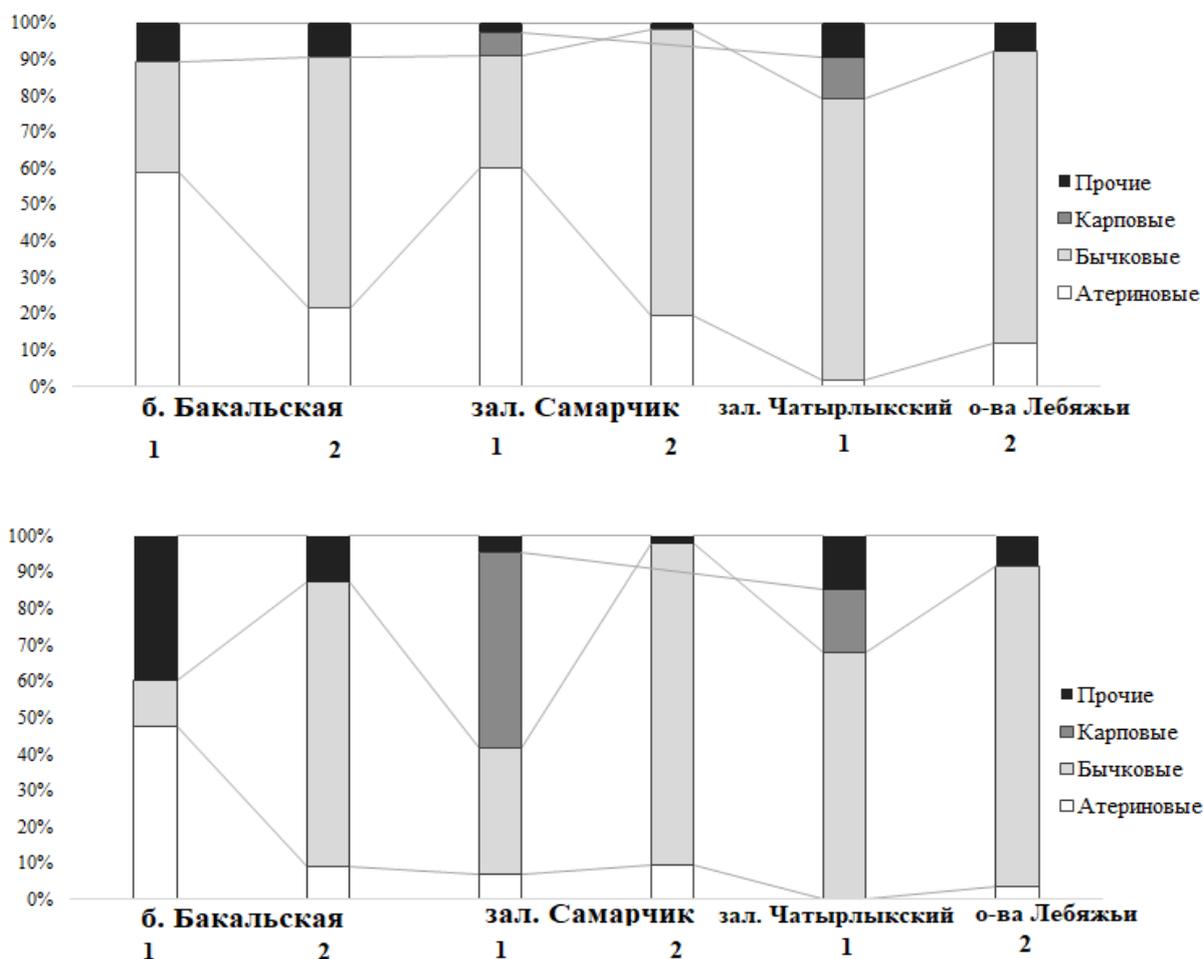


Рисунок 4 – Относительная численность (вверху) и масса (внизу) основных групп рыб восточной части Каркинитского залива в период 2008–2014 гг. (1) и 2015–2018 гг. (2)

Таким образом, состав ихтиофауны восточной части Каркинитского залива в период 2008–2014 гг. в целом оставался довольно стабильным и характеризовался лишь некоторыми пространственными изменениями, а также относительной численностью различных видов в уловах. После 2015 г. структура сообществ рыб

восточной части Каркинитского залива заметно изменилась в связи с преобразованием гидрохимического режима.

Динамика разнообразия сообществ рыб биоценоза морских трав восточной части Каркинитского залива. В Каркинитском заливе обширные площади дна в прибрежной зоне занимают заросли морских трав, где происходит активный нерест, рост и нагул различных видов рыб (Гордина, 1974; Болтачев, Карпова, 2012). Наиболее полно динамика разнообразия сообществ рыб биоценоза морских трав восточной части Каркинитского залива прослежена для Бакальской бухты (рис. 5).

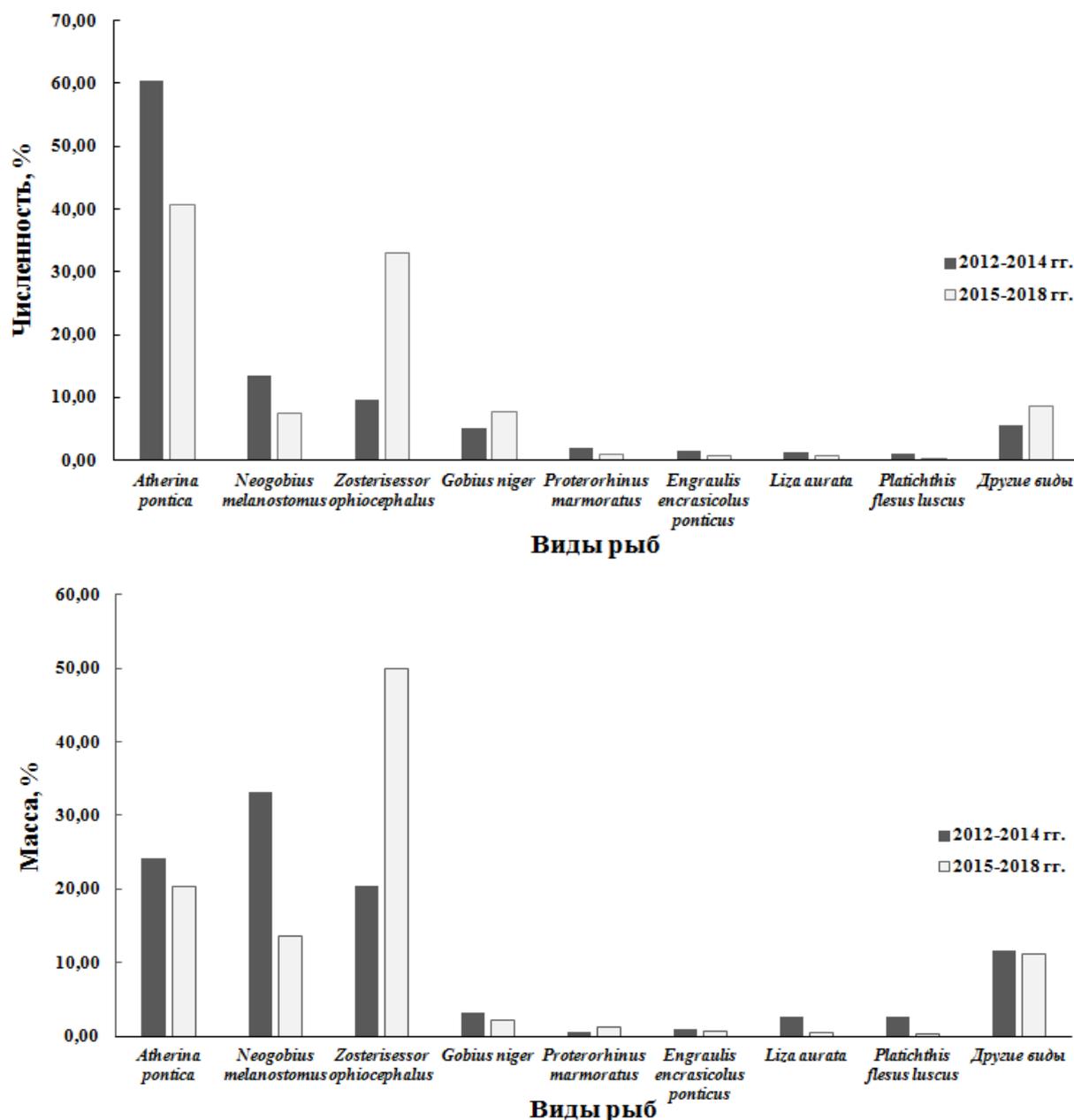


Рисунок 5 – Динамика видового состава ихтиоценоза биоценоза морских трав Бакальской бухты Каркинитского залива

В 2015-2018 гг. доля бычка-травяника достоверно ($U=53,0$ при уровне значимости $p<0,05$, $N_1=20$, $N_2=17$) увеличилась с 9,57% до 33,01% по численности и с

20,54% до 50% по массе по сравнению уловами 2012-2014 гг. При этом в 2015-2018 гг. доля черноморской атерины *Atherina boyeri pontica* (Eichwald, 1831) снизилась. Также отмечено значимое на уровне $p < 0,05$ увеличение доли чёрного бычка *Gobius niger* Linnaeus, 1758 – с 5,16% до 7,71% по численности ($U=28,5$, $N_1=13$, $N_2=12$). Статистически достоверно снижение доли понто-каспийских бычков: кругляка ($U=29,5$ при уровне значимости $p < 0,05$, $N_1=19$, $N_2=17$) и трубконосого *Proterorhinus marmoratus* (Pallas, 1814). Среди прочих видов рыб отмечен рост в уловах представителей морского фаунистического комплекса – черноморской ставриды и султанки *Mullus barbatus ponticus* Essipov, 1927.

Таким образом, для сообществ рыб биоценоза морских трав характерно довольно высокое значение выровненности (табл. 2), при этом показатели видового разнообразия и богатства увеличиваются по направлению к Бакальской косе, а значения индекса доминирования – по направлению к кутовым участкам Каркинитского залива. Так, на фоне довольно небольшого числа видов в ранее распресненном заливе Самарчик (10 видов) по численности выделяется бычок-песочник (около 60%). После 2014 г. биоценоз морских трав залива Самарчик остался местом сосредоточения понто-каспийских эндемичных бычковых (песочник и кругляк), предпочитающих распресненные участки.

Таблица 2 – Показатели разнообразия сообществ рыб биоценоза морских трав восточной части Каркинитского залива

Район	Индексы видового разнообразия*			
	<i>H</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>C</i>
Бакальская бухта (до 2014 г.), 32 вида	2,15	3,63	0,43	0,40
Бакальская бухта (после 2014 г.), 33 вида	2,24	3,29	0,44	0,30
район Лебяжьих островов (2017–2018 гг.), 17 видов	2,22	1,86	0,54	0,28
залив Самарчик (2015–2017 гг.), 10 видов	1,49	1,16	0,45	0,44

*Примечание. *H* – индекс видового разнообразия Шеннона-Уивера, *D* – индекс видового богатства Маргалефа, *E* – индекс выровненности Пиелу, *C* – индекс доминирования Симпсона

Глава 6 Биологическая характеристика массовых видов рыб Каркинитского залива

Промысловая значимость Каркинитского залива за последние полвека изменилась, и вместо ранее добываемых ценных видов (осетровые, камбаловые, кефалевые) здесь развит промысел травяной креветки. В качестве перспективных объектов использования в настоящее время здесь могут выступать короткоцикловые малоценные виды, массовые в прилове при добыче креветки – черноморская атерина

и бычки. В связи с этим представляет интерес изучение популяционных характеристик данных видов.

На формирование популяций некоторых видов, в частности, бычка-кругляка, до 2014 г. оказывал влияние Северо-Крымский канал. В связи с тем, что бычковые рыбы способны образовывать локальные морфологически отличающиеся группировки при разных условиях обитания, была оценена изменчивость данного вида в Каркинитском заливе и других районах Азово-Черноморского бассейна.

Особенности биологии атерины *Atherina boyeri pontica* (Eichwald, 1831) Каркинитского залива. Атерина в настоящее время является массовым видом при промысле креветки, что делает ее перспективным объектом для хозяйственного использования. Исследованы популяционные характеристики атерины в мае и июле 2016 года (316 экз.) и в апреле и июле 2017 года (510 экз.). Весовой рост атерины с высоким значением коэффициента детерминации (R^2) описывается степенными уравнениями:

$$W(2016) = 0,00001SL^{2,943}, R^2 = 0,86$$

$$W(2017) = 0,000006SL^{3,096}, R^2 = 0,86$$

Межгодовых различий в весовом росте атерины не зафиксировано: для каждого из периодов коэффициент регрессии b принимает значение, близкое к 3, что свидетельствует о положительной аллометрии. Заметно смещение модальных классов для атерины, выловленной в 2017 г. (рис. 6). Если в 2016 г. большинство рыб в пробе были представлены размерными классами 70,0–74,9 мм, то на следующий год отмечена тенденция смещения модальных классов рыб к более мелким размерам (65,0–69,9 мм).

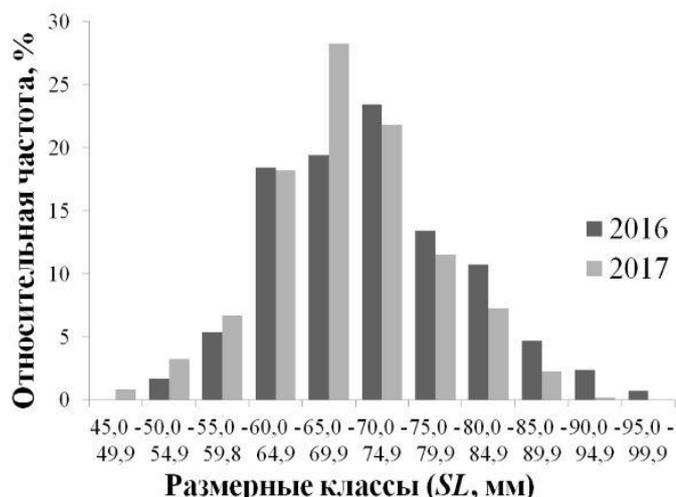


Рисунок 6 – Размерно-частотная характеристика *A. boyeri pontica*

Можно предположить, что подобное смещение размеров свидетельствует о влиянии промысла на размерную структуру популяции атерины, поскольку за последние годы в Каркинитском заливе возросла интенсивность промысла травяной креветки.

Морфологическая изменчивость бычка-кругляка *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814) Каркинитского залива. Проведена оценка морфологической изменчивости бычка-кругляка из трех акваторий Каркинитского залива, лимана Донузлав, Стрелецкой бухты Севастополя, реки Салгир и Казантипского залива. По результатам сравнения с применением критерия Манна-Уитни, индексы пластических признаков бычка-кругляка из 7 районов Азово-Черноморского бассейна достоверно различались между собой. В таблице 3 представлено количество признаков, изученных у бычка-кругляка, по которым обнаружены достоверные отличия.

Таблица 3 – Результаты оценки различий между выборками бычка-кругляка из 7 районов Чёрного моря по пластическим признакам

Районы	Sam	Aur	Yarlg	Dnz	Slg	Kaz	Str
Sam		3	6	12	12	12	12
Aur	3		4	12	12	12	12
Yarlg	9	17		12	12	10	12
Dnz	23	24	24		9	8	12
Slg	24	24	24	24		11	12
Kaz	19	21	19	14	24		12
Str	24	24	24	24	24	24	

Примечание. Отличия наблюдаются при уровне достоверности $p \leq 0,05$. Под диагональю указано количество достоверно отличающихся признаков на теле бычка, над диагональю – на голове. Обозначения: Sam – залив Самарчик, Aur – бухта Бакальская (р-он пос. Аврора), Yarlg – Ярылгачская бухта; Dnz – лиман Донузлав; Str – Стрелецкая бухта; Slg – р. Салгир (р-н с. Новогригорьевка); Kaz – Казантипский залив.

Степень сходства бычка-кругляка из семи районов Азово-Черноморского бассейна по всем изученным признакам показана на дендрограмме (рис. 7), построенной с помощью кластерного анализа, осуществленного по показателям дивергенции Кульбака-Лейблера (D) в разных вариантах объединения признаков. На низшем уровне дивергенции ($D=28,6$) происходит объединение выборок бычка-кругляка из залива Самарчик и Ярылгачской бухты. К ним присоединяется группа из акватории Бакальской косы. На уровне дивергенции $D=47,3$ объединяется группа бычков из Стрелецкой бухты и Казантипского залива. Данная группировка образует кластер с группой бычков из трех районов Каркинитского залива, к ним примыкает выборка рыб из лимана Донузлав. Бычки из реки Салгир объединяются с этими группами на самом высоком уровне дивергенции – около 475.

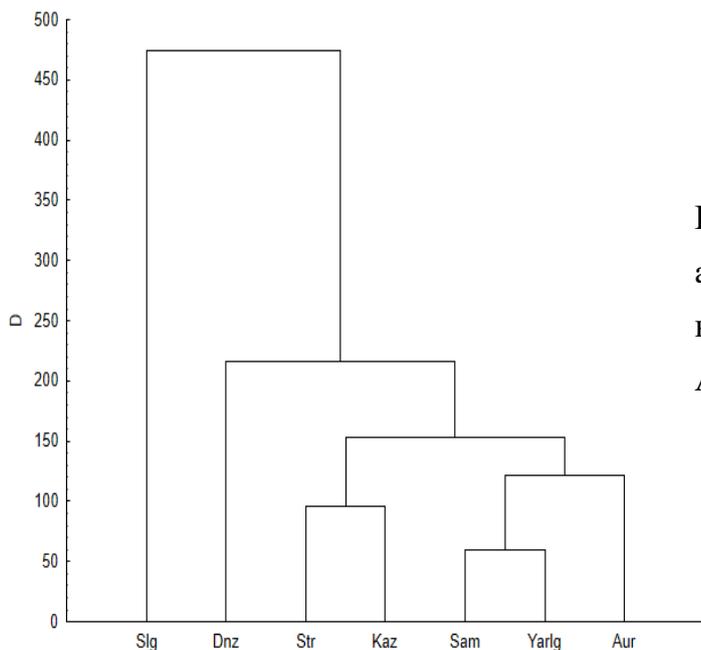


Рисунок 7 – Результаты кластерного анализа всех изученных признаков выборок бычка-кругляка из 7 районов Азово-Черноморского бассейна

Подобные различия связаны с гидрохимическими показателями изучаемых водоемов: рыбы из заливов и бухт Чёрного и Азовского морей образуют отдельную группу, к которой примыкает группа рыб из лимана Донузлав и последней в дендрограмме присоединяется группа бычка-кругляка из пресного водоема (река Салгир).

По результатам дискриминантного анализа, в популяционной структуре бычка-кругляка Азово-Черноморского бассейна выявлена некоторая неоднородность. Популяция бычка-кругляка дифференцирована минимум на три группировки, одну из которых образуют рыбы из района западного побережья Крымского полуострова (Каркинитский залив и озеро Донузлав) и района Севастополя (бухта Стрелецкая), вторую – бычки из реки Салгир, третью – бычки из Казантипского залива (Азовское море) (рис. 8).

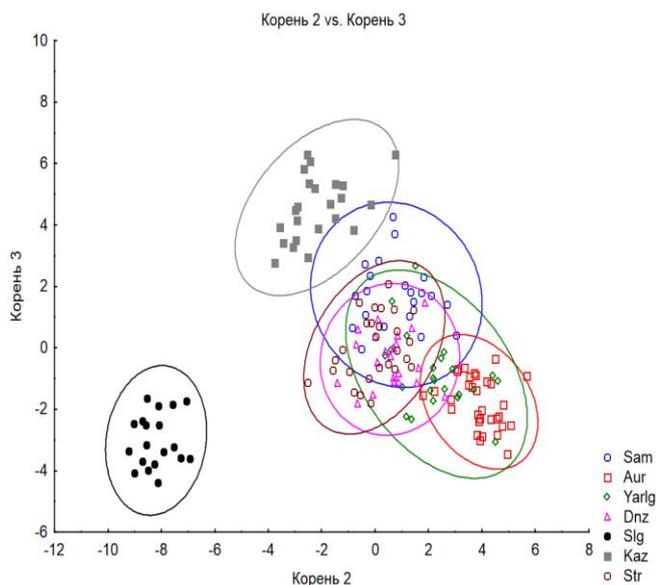


Рисунок 8 – Результаты дискриминантного анализа пластических признаков выборок бычка-кругляка из 7 районов Азово-Черноморского бассейна

Очевидно, серьезной дивергенции в популяции бычка-кругляка в условиях Азово-Черноморского бассейна не происходит и на морфологические параметры оказывают влияние локальные условия обитания бычка-кругляка.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Каркинитский залив среди районов северо-западной части Чёрного моря всегда отличался высокой биологической продуктивностью и активным развитием фито- и зообентоса, что обусловило важность этого района для нагула и нереста ценных видов рыб. Ихтиофауна Каркинитского залива среди прочих акваторий прибрежной зоны Крымского полуострова отличается довольно высоким видовым составом – здесь в целом отмечено 99 видов рыб из 42 семейств.

Негативные преобразования в экосистеме залива с 70-х годов прошлого столетия вызвали ряд изменений, особенно в мелководной восточной части Каркинитского залива, последствия которых отражены в данной работе. Полученные данные свидетельствуют об исчезновении у берегов Крыма пресноводных видов рыб после прекращения функционирования Северо-Крымского канала. В настоящее время здесь происходит коренная перестройка исторически сложившихся экосистем и идет процесс становления специфических ихтиоценов; их видовая и экологическая структура нестабильна и в основном зависит от деятельности человека.

Очевидно, процесс сокращения численности солоноватоводных рыб и замещение их морскими видами при отсутствии опресняющего воздействия СКК может прогрессировать. Кроме этого, нужно учесть, что медитерранизация Чёрного моря – перманентный процесс, тем важнее роль Каркинитского залива в сохранении самобытной солоноватоводной ихтиофауны. В настоящее время восточная часть залива еще остается местом сосредоточения реликтовой понто-каспийской ихтиофауны в акватории Лебяжьих островов и заливе Самарчик. Так, на акватории мелководной части Каркинитского залива обитает единственная для черноморской прибрежной зоны России развитая популяция бычка-песочника. Однако можно ожидать, что увеличение солености в данной акватории и разрушение Бакальской косы будет способствовать дальнейшему проникновению типично морских видов рыб в восточную часть Каркинитского залива.

Уникальность наземной и водной биоты Каркинитского залива и его прибрежных участков определили необходимость принятия ряда природоохранных мер, а именно организацию нескольких особо охраняемых территорий разной категории и статуса, включая водно-болотные угодья международного значения. Природный заповедник «Лебяжьи острова», природные заказники «Каркинитский» и

«Малое филофорное поле» и ландшафтно-рекреационный парк «Бакальская коса» имеют в своем составе морские охраняемые акватории площадью более 761 м². Благоприятные условия в восточной части Каркинитского залива сложились для обитания «краснокнижных» представителей семейства игловых, однако масштабный промысел травяной креветки может нанести урон популяциям этих видов. Стихийная рекреационная деятельность, развитая главным образом в районе Бакальской косы, представляет угрозу для ее природных комплексов, приводит к разрушению биотопов и угнетению состояния популяций охраняемых и ценных видов рыб.

В то же время особо охраняемые территории западной части Каркинитского залива не имеют в своем составе акваторий. Здесь обитает, по меньшей мере, 7 видов рыб, занесенных в Красную книгу Республики Крым. В связи с возросшей популярностью подводной охоты, существование таких видов, как морской петух и зеленый губан находится под угрозой. Масштабная рекреационная деятельность, развитая в прибрежной части полуострова Тарханкут может привести к деградации популяций малоизученных обитателей подводных пещер – бычковых и присосковых.

Таким образом, учитывая особенности исследуемых районов и чрезвычайную антропогенную нагрузку на них, необходимо обратить внимание на сохранность благоприятных мест обитания для редких и исчезающих видов Каркинитского залива и полуострова Тарханкут, в том числе пересмотра правил рыболовства, в частности, увеличения размера ячеи в креветочных вентерях с 6 до 8 мм.

ВЫВОДЫ

1. Ихтиофауна Каркинитского залива в настоящее время насчитывает 99 видов рыб, принадлежащих 70 родам, 42 семействам, 16 отрядам и 2 классам (хрящевые рыбы – Chondrichthyes и лучеперые рыбы – Actinopterygii). Основу таксономического разнообразия формируют представители семейств бычковые (16 видов), карповые (8 видов), игловые (7 видов), губановые и собачковые (по 5 видов), сельдевые (5 видов), кефалевые и присосковые (по 4 вида).

2. Выделены и описаны локальные ихтиоцены Каркинитского залива, приуроченные к районам с различными биотопическими характеристиками: ихтиоцен скально-каменистых ландшафтов западной части залива, насчитывающий 67 видов; биоценоз морских трав восточной части залива, включающий 53 вида; ихтиоцен Ярылгачской бухты, представляющий собой обедненное сообщество, близкое по структуре и составу к ихтиоцену восточной части Каркинитского залива, и насчитывающий 38 видов рыб.

3. В западной части Каркинитского залива долговременные изменения в составе ихтиофауны связаны с общими процессами для Чёрного моря, вызванными

переловом, затруднением миграций рыб через пролив Босфор и общего снижения численности в пределах ареала. В настоящее время в Каркинитском заливе не отмечается 5 ранее встречавшихся видов (меч-рыба, солнечник, обыкновенный тунец, шип и атлантический осетр).

4. В восточной части Каркинитского залива изменения состава ихтиофауны определяются перестройками гидрохимических характеристик акватории, связанными с функционированием СКК, в результате чего колебания показателей солености воды составляли от 0,55 до 26,80 ‰. Изменения таксономического состава, характера доминирования и локализации рыб разных экологических групп коснулись преимущественно рыб пресноводного комплекса и понто-каспийских эндемиков.

5. В структурных характеристиках сообществ рыб биоценоза морских трав восточной части Каркинитского залива выявлены изменения: в уловах увеличилась доля морских по происхождению видов рыб – бычка-травяника (практически в 3 раза по численности) и чёрного бычка (с 5,16% до 7,71% по численности), доля солоноватоводного бычка-кругляка снизилась в 2 раза.

6. На размерную структуру популяции черноморской атерины влияет интенсивная промысловая нагрузка в акватории восточной части Каркинитского залива. Прослежена тенденция смещения модальных классов рыб к более мелким размерам (с 65,0–69,9 мм в 2016 г. до 70,0–74,9 мм в 2017 г.).

7. Популяция бычка-кругляка в Азово-Черноморском бассейне дифференцирована на три пространственных группы: первая образована рыбами из Каркинитского залива, лимана Донузлав и Стрелецкой бухты Севастополя, вторая – из Казантипского залива Азовского моря и третья – из реки Салгир. Пополнение популяции бычка-кругляка Каркинитского залива днепровскими особями в период функционирования СКК не повлияло на ее морфологическую структуру, и выявленная неоднородность обусловлена экологическими условиями среды обитания.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. **Белогурова, Р. Е.** К истории ихтиофаунистических исследований Каркинитского залива Черного моря / Р. Е. Белогурова // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2020. № 2. – С. 26–35. DOI: 10.24143/2073-5529-2020-2-26-35/
2. **Belogurova, R. E.** Long-Term Changes in the Fish Fauna of the Karkinitsky Gulf of the Black Sea / R. E. Belogurova, E. P. Karpova, E. R. Ablyazov // Russian Journal of Marine Biology. – 2020. Vol. 46, no. 6. – P. 452–460. DOI: 10.1134/S1063074020060036.

3. **Белогурова, Р. Е.** Пространственная неоднородность ихтиофауны Каркинитского залива (Чёрное море) / Р. Е. Белогурова, Е. П. Карпова // Труды Карадагской научной станции им. Т. И. Вяземского – природного заповедника РАН. – 2021. – Вып. 3 (19). – С. 3–13.
4. Kutsyn, D. N. Age, Growth, Maturation, and Mortality of Grass Goby *Zosterisessor ophiocephalus* (Gobiidae) of the Karkinitzky Gulf, the Black Sea // D. N. Kutsyn, I. I. Chesnokova, O. N. Danilyuk, S. V. Statkevich, E. R. Ablyazov, **R. E. Belogurova** // Journal of Ichthyology. – 2022. Vol. 62, no. 1. – P. 109–116. <https://doi.org/10.1134/S0032945221060096>
5. А. с. 2020620737. Морфометрические признаки бычка-кругляка *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814) различных акваторий Черного моря (2015-2017 гг.) / **Белогурова Р. Е.**; № 2020620614; заявл. 03.04.2020, опубл. 29.04.2020 Бюл. № 5.

Публикации в сборниках материалов и тезисов конференций

1. **Прищеп, Р. Е.** Охраняемые виды рыб Каркинитского залива и Тарханкутского полуострова / Р. Е. Прищеп, А. Р. Болтачев // Устойчивое развитие особо охраняемых природных территорий : Сборник статей IV Всероссийской научно-практической конференции, Сочи, 01–03 ноября 2017 года. – Сочи: Государственное казенное учреждение Краснодарского края "Природный орнитологический парк в Имеретинской низменности", 2017. – С. 232–238.
2. Карпова, Е. П. Мониторинговые исследования ихтиофауны в районе заповедника "Лебяжьих островов" (Крым, Каркинитский залив) / Е. П. Карпова, А. Р. Болтачев, **Р. Е. Прищеп** // Устойчивое развитие особо охраняемых природных территорий : Сборник статей IV Всероссийской научно-практической конференции, Сочи, 01–03 ноября 2017 года. – Сочи: Государственное казенное учреждение Краснодарского края "Природный орнитологический парк в Имеретинской низменности", 2017. – С. 121–128.
3. **Прищеп, Р. Е.** Разнообразие бычковых рыб (Perciformes: Gobiidae) Каркинитского залива (Черноморское побережье Крымского полуострова) / Р. Е. Прищеп, А. Р. Болтачев, Е. П. Карпова // Биологическое разнообразие: изучение, сохранение, восстановление, рациональное использование : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Керчь, 19–23 сентября 2018 г. Симферополь : ИТ «АРИАЛ», 2018. С. 259–265.
4. **Belogurova, R. E.** Morphological diversity in round goby, *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814) (Pisces, Actinopterygii, Gobiidae) from the Black Sea / R. E. Belogurova // Актуальные проблемы изучения черноморских экосистем — 2020 : тез. докл. Всерос. онлайн-конф., 19–22 октября 2020 г., Севастополь, Российская Федерация. Севастополь : ФИЦ ИнБЮМ, 2020. С. 12–13.

Научное издание

Белогурова Раиса Евгеньевна

**Сообщества рыб Каркинитского залива Черного моря: состав, структура,
изменения под влиянием природных и антропогенных факторов**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Подписано в печать 05.08.2022