

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ»
(Азово-Черноморский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»))

На правах рукописи



НАДОЛИНСКИЙ РОМАН ВИКТОРОВИЧ

**ИХТИОПЛАНКТОН АЗОВСКОГО МОРЯ В УСЛОВИЯХ
ИЗМЕНЕНИЯ ПРЕСНОВОДНОГО СТОКА И РАЗВИТИЯ
ЖЕЛЕТЕЛОГО МАКРОЗООПЛАНКТОНА**

1.5.13. Ихтиология

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель:
кандидат биологических наук, доцент
Дудкин Сергей Иванович

Москва – 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА I. КРАТКАЯ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АЗОВСКОГО МОРЯ.....	11
ГЛАВА II. ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА РАННИЕ СТАДИИ РАЗВИТИЯ РЫБ.....	16
2.1. История изучения ихтиопланктона Азовского моря.....	16
2.2. Динамика изменения условий внешней среды Азовского моря под влиянием природных и антропогенных факторов.....	18
2.3. Состояние ихтиопланктона Азовского моря в 2018-2023 гг.	26
ГЛАВА III. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	37
ГЛАВА IV. Видовой состав ихтиопланктона Азовского моря в современных условиях.....	49
ГЛАВА V. ДИНАМИКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ЧИСЛЕННОСТЬ ИКРЫ И ЛИЧИНОК РЫБ АЗОВСКОГО МОРЯ.....	61
5.1. Тюлька черноморско-каспийская.....	62
5.2. Хамса азовская.....	71
5.3. Пиленгас.....	81
5.4. Камбала-калкан.....	92
5.5. Бычки.....	102
5.6. Барабуля обыкновенная.....	107
5.7. Ставрида средиземноморская.....	109
5.8. Прочие виды.....	110
ГЛАВА VI. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРИОДА МАКСИМАЛЬНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ИХТИОПЛАНКТОНА В ПЕЛАГИАЛИ АЗОВСКОГО МОРЯ И ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА.....	112
ГЛАВА VII. ОЦЕНКА УРОЖАЙНОСТИ ПОКОЛЕНИЙ МАССОВЫХ ПЕ-	

ЛАГИЧЕСКИХ ВИДОВ РЫБ (ТЮЛЬКА И ХАМСА) АЗОВСКОГО МОРЯ	118
ПО ДАННЫМ ИХТИОПЛАНКТОННЫХ СЪЁМОК.....	
ВЫВОДЫ.....	121
СПИСОК ТЕРМИНОВ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	124
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	129

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Азовское море, в сравнении с другими внутренними морями средиземноморского бассейна, является наиболее изолированным от Мирового океана, связь с которым осуществляется через ряд морей и узких проливов. В настоящее время соленость вод Азовского моря увеличивается, что ведет к смене доминирующих биоценозов и трансформации традиционных для моря ихтиоценозов. Изменения среды обитания могут затрагивать наиболее уязвимые для внешнего воздействия ранние стадии онтогенеза рыб, что может делать ихтиопланктон одним из наиболее чувствительных биоиндикаторов воздействия климатических изменений на сообщества рыб Азовского моря. Ихтиопланктон также может служить ранним биологическим показателем, который позволяет объяснять и прогнозировать динамику численности популяций рыб, которые имеют в своем онтогенезе ихтиопланктонную стадию развития.

В период с 2018 по 2023 годы в экосистеме Азовского моря произошли значительные изменения в результате повышения солёности вод моря. Вследствие этого, как и в середине 1970-х гг., появились новые потребители кормового зоопланктона в собственно Азовском море, а именно сцифоидные медузы (*Rhizostoma pulmo* и *Aurelia aurita*). Наряду с мнемнопсисом, в теплое время года они создают мощные вспышки численности и биомассы, значительно сокращая кормовую базу для ранней молоди азовской хамсы, тюльки и некоторых других видов рыб. Следовательно, повторное осолонение Азовского моря привело к новому проникновению сцифоидных медуз. Это становится существенным фактором изменения численности и распределения ихтиопланктона как в Таганрогском заливе, так и в собственно Азовском море, что определяет необходимость проведения ихтиопланктонных исследований по оценке численности ранних стадий развития рыб и пространственного распределения в Азовском море.

Актуальность исследования связана с недостаточной изученностью видового состава, численности и пространственного распределения ихтиопланктона

морских рыб в Азовском море под влиянием изменившихся природных и антропогенных факторов среды обитания.

Степень разработанности темы. В конце 1920-х годов начались первые исследования ихтиопланктона Азовского моря. Они были осуществлены В. А. Водяницким. В этот период были определены сроки размножения рыб, определена методика отбора и обработки проб. В 1960-х годах другие исследователи разработали схему пространственного размещения (сетки) станций отбора ихтиопланктонных проб на акватории Таганрогского залива и Азовского моря. В этот период ихтиопланктонные исследования ограничивались акваторией Таганрогского залива. С 1980-х до начала 1990-х гг. Г. И. Луц и С. Ф. Рогов проводили ихтиопланктонные съёмки по всей акватории моря, однако в пробах ими учитывались только икра и личики массовых пелагических промысловых видов рыб – хамсы и черноморско-каспийской тюльки. С середины 1990-х гг. В. П. Надолинский при изучении ихтиопланктона стал учитывать все встречающиеся в уловах ихтиопланктонных сетей ранние стадии развития рыб.

С 2007 г. отмечается новое повышение солёности вод Азовского моря и сопровождается массовым развитием желетелого макрозоопланктона. В 2016 г. показатели солёности вод моря превысили показатели 1970-х годов, после чего начали отмечаться признаки глубокой трансформации ихтиоценов, которая сопровождается сокращением уловов многих традиционных объектов рыболовства в Азовском море. Эти изменения сырьевой базы рыболовства диктуют необходимость проведения исследований ихтиопланктона, как индикатора состояния естественного воспроизводства нескольких промысловых видов рыб, которое формирует будущее пополнение промысловых популяций. Рекордное осолонение вод Азовского моря и развитие организмов желетелого макрозоопланктона вызывает необходимость изучения изменений видового состава, численности и распределения ихтиопланктона моря в новых экологических условиях.

В 1980-х – 2000-х годах сотрудниками ЮгНИРО проводились исследования по оценке урожайности поколений мальковым тралом конструкции Н. Н. Данилевского. С 2018 года мальковые съёмки проводятся в Азово-Черноморском фи-

лиале ГНЦ ФГБНУ «ВНИРО». В съёмках использовался 25-метровый мальковый трал. С его помощью облавливались сеголетки промысловых видов рыб. Эти данные в дальнейшем использовались в общепринятой формуле метод прямого учета, при помощи которой и рассчитывалась урожайность поколений [Жиликова и др., 2005; Brockwell, 1991; Chen, 2015].

Цель исследования. Целью настоящей работы является изучение видового состава, численности и пространственного распределения ихтиопланктона в Азовском море под влиянием природных и антропогенных, оценка направленности динамики таких изменений и разработка нового методического подхода к оценке урожайности поколений массовых пелагических видов рыб.

Задачи исследования:

1. Выявить влияние повышения солености на видовой состав и численность ранних стадий развития массовых пелагических видов рыб Азовского моря.

2. Исследовать влияние желетелого макрозоопланктона на пространственное распределение основных промысловых видов рыб (черноморско-каспийской тюльки, азовской хамсы, пиленгаса, камбалы-калкана) на ранних этапах жизненного цикла.

3. Уточнить сроки массового нереста рыб и ареалов распределения ранних стадий развития рыб в планктоне моря для ограничения негативного воздействия хозяйственной деятельности человека.

4. Разработать новый метод предварительной оценки урожайности поколений массовых пелагических видов рыб (азовской хамсы и черноморско-каспийской тюльки), позволяющий прогнозировать численность пополнения популяций короткоцикловых рыб на три месяца раньше того, который используется в настоящее время.

Научная новизна. Уточнён видовой состав и статус распространенности ихтиопланктона различных видов рыб в Азовском море в период его современного значительного осолонения. Выявлены изменения в распределении и численности ихтиопланктона. Впервые разработана методика предварительной оценки

урожайности поколений основных пелагических промысловых видов рыб (хамсы, черноморско-каспийской тюльки) по данным ихтиопланктонных съёмок.

Выполнен анализ воздействия природных и антропогенных факторов в современный период, которые оказывают прямое и косвенное влияние на динамику численности промысловых видов рыб, имеющих в индивидуальном развитии стадию ихтиопланктона. Впервые определены зависимости между составом и численностью ихтиопланктона Азовского моря и показателями развития популяций желетелого макрозоопланктона, представленного сцифоидными медузами и гребневиками.

Теоретическая и практическая значимость. Полученные материалы позволяют понять воздействие новых экологических факторов – изменение солёности среды обитания сверх традиционных многолетних значений, увеличение численности популяций видов макрозоопланктона, являющихся пищевыми конкурентами для ранних стадий развития рыб, а также связь данных факторов с численностью популяций промысловых рыб. Теоретически обоснована и экспериментально подтвержден метод предварительной оценки урожайности массовых пелагических видов рыб Азовского моря, основанная на данных ихтиопланктонных съёмок, которая может в дальнейшем использоваться для сохранения и рациональной эксплуатации их запасов. Данные ихтиопланктонных съёмок и методику оценки урожайности поколений массовых видов рыб Азовского моря возможно использовать для более точного и раннего прогнозирования состояния запасов и возможных уловов короткоцикловых видов промысловых биоресурсов, имеющих в своем развитии планктонную стадию.

Методология и методы исследования. По результатам изучения отечественной и зарубежной научной литературы по теме исследования, выполненного анализа архивной базы данных по ихтиопланктону Азовского моря за предыдущие годы, автором определена актуальность исследования, сформулированы цель и задачи исследования, определены методы проведения исследования. Сбор ихтиологического материала ежегодно проводился по стандартной сетке станций, образцы проб обрабатывали в камеральных лабораторных условиях общеприня-

тыми методами с использованием специальных руководств. При работе с данными использовались общепринятые методы статистической обработки материала.

Положения, выносимые на защиту.

1. Видовой состав, численность и пространственное распределение ихтиопланктона морских рыб Азовского моря зависят от уровня солености вод моря, обусловленного сокращением объема пресноводного стока.

2. На динамику пространственного распределения и численность ихтиопланктона морских рыб Азовского моря негативное влияние оказывает сезонное расширение ареала гребневиков и сцифоидных медуз. Степень такого влияния зависит от биологических сроков нереста каждого вида рыб и совмещения периодов нереста или питания личинок того или иного вида рыб в пелагиали со сроками развития популяций гребневиков и медуз.

3. Потепление климата вызывает смещение сроков массового нереста пелагофильных рыб на более ранние даты, что необходимо учитывать при осуществлении мероприятий (запрет хозяйственной деятельности человека, запрет промысла в период массового нереста в период массового нереста и др.), ограничивающих или снижающих негативное воздействия некоторых видов хозяйственной деятельности (дноуглубление, буровые работы и т.п.) в Азовском море и в Таганрогском заливе на водные биологические ресурсы.

4. Разработан новый метод оценки урожайности поколений массовых пелагических видов рыб Азовского моря (хамсы и черноморско-каспийской тюльки) по уловам их ранней молоди в ихтиопланктонных съёмках, отличающегося от традиционного метода оценки по данным малькового трала тем, что позволяет оценить урожайность нового поколения рыб на два-три месяца раньше.

Личный вклад автора. В диссертации представлены результаты исследований, выполненных автором. Личный вклад автора состоит в анализе литературных данных, сборе и камеральной обработке биологических проб, собранных в ходе проведения 20 научных рейсов и 10 экспедиций на мониторинге промысла основных промысловых рыб в Азовском море в течение 2018-2023 гг., анализе и обобщении полученных результатов и формулировке выводов.

Степень достоверности и апробация результатов исследований. Достоверность результатов работ, выполненных в Азово-Черноморском филиале Государственного научного центра Российской Федерации ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ») (далее также – АЧФ ВНИРО), определяется значительным массивом полученных первичных данных и их статистической обработкой. Исследованиями была охвачена вся акватория Азовского моря, включая Таганрогский залив. Полученные зависимости выявлены по результатам статистической обработки всего массива полученных данных.

Результаты научного исследования с 2018 по 2023 гг. ежегодно рассматривались на отчётных научных сессиях и заседаниях Учёного совета АЧФ ВНИРО, а также представлялись на заседании Азово-Черноморского бассейнового научно-промышленного совета.

Публикации. Результаты диссертационной работы отражены в 13 публикациях в отечественных изданиях, из которых 3 – в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК МОН РФ, 1 зарегистрированная база данных, 4 статьи в других изданиях и 5 тезисов докладов на всероссийских и международных конференциях.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 7 глав, заключения, списка литературы, включающего 149 наименований, в том числе 12 на иностранных языках. Объём работы составляет 146 страниц, в которую входят 37 таблиц и 41 рисунок.

Благодарности. Автор выражает признательность за консультации, помощь в выполнении исследований и совместных публикаций научному руководителю кандидату биологических наук С. И. Дудкину. Выражаем искреннюю благодарность сотрудникам Государственного научного центра Российской Федерации ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ») за ценные советы по сбору первичного материала и его обработке: кандидату биологических наук З. А. Мирзоян, старшему научному сотруднику М. Л. Мартынюк, кандидату биологических наук С. Н. Кульбе, кандидату биологических наук В. П. Надолинскому, заместителю

заведующего центром цифровизации М. М. Пятинскому, кандидату географических наук С. В. Жуковой.

ГЛАВА I. КРАТКАЯ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АЗОВСКОГО МОРЯ

Данный раздел написан на основании публикаций: «Гидрология устьев рек Азовского моря» (1989), «Моря СССР» (1991,1992), «Национальный атлас России» (2004-2008), «Соленость воды и солевой баланс Азовского моря» (2024), а также архивных материалов Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»).

Географические характеристики. Азовское море является одним из высокопродуктивных районов Мирового океана и имеет давнюю историю проведения исследований. Азовское море расположено на юго-востоке Восточно-Европейской равнины. На юго-западе оно имеет связь через Керченский пролив с Чёрным морем и далее системой Средиземного моря с Мировым океаном.

Азовское море – одно из самых маленьких и мелководных морей в мире. Расположено между $45^{\circ}17'$ и $47^{\circ}17'$ с. ш. и $34^{\circ}49'$ и $39^{\circ}18'$ в. д. Его площадь – 39 тыс. км², объем воды – 290 км³, средняя глубина – 7 м наибольшая глубина – 13 м. На северо-востоке вдается в сушу на 140 км самый большой залив моря – Таганрогский, вершина которого представляет собой дельту Дона. Море условно делят на две части: Таганрогский залив и собственно Азовское море. На юго-востоке собственно Азовского моря тянется на 100 км дельта Кубани с обширными плавнями и многочисленными протоками, сама река Кубань впадает в вершину открытого Темрюкского залива.

На северном побережье собственно моря расположен ряд далеко вдающихся в море песчаных кос: Белосарайская, Бердянская и Обиточная, отделяющие соответственно Белосарайский, Бердянский и Обиточный заливы. От основания Керченского полуострова Крыма и вдоль всего западного побережья собственно моря располагается коса Арабатская Стрелка, отделяющая от моря солёный залив Сиваш (рисунок 1.1).

Рельеф дна моря ровный. В северо-западной и северо-восточной частях собственно моря равнинная поверхность дна моря нарушается небольшими локаль-

ными поднятиями в 3–4 м (бычковые банки, банка Железинская, отмель косы Елены).

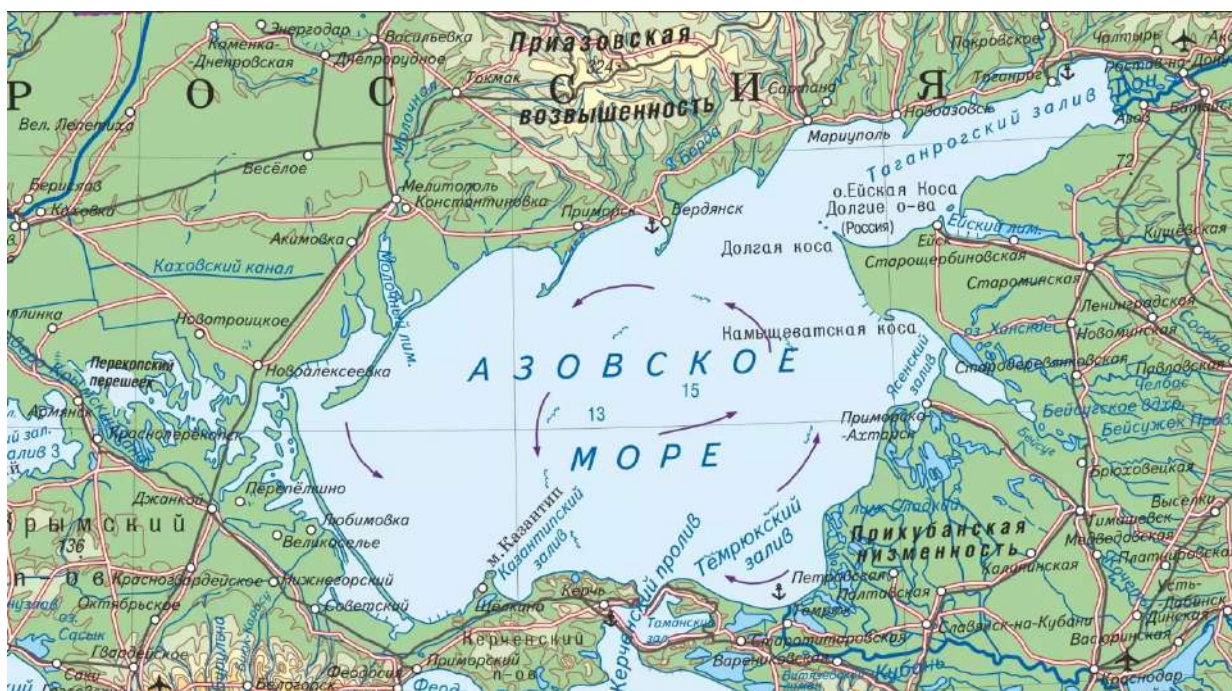


Рисунок 1.1 – Азовское море. Общегеографическая карта на 1 октября 2022 г. (Большая Российская энциклопедия)

Глубины плавно увеличиваются с удалением от берегов, максимальные отмечаются в центральной части моря – 13-14 м, в Таганрогском заливе нарастание глубин идёт с северо-востока на юго-запад до 9 м. Донные отложения в основном представлены глинистым илом, алевроитовым илом, илистым песком и песком.

В Азовское море впадают две крупные и около 20 небольших рек. В результате более 90 % пресноводного стока в Азовское море обеспечивают крупные реки – Дон и Кубань. Среднемноголетний суммарный сток после их зарегулирования составляет $28 \text{ км}^3/\text{год}$ [Симов, 1989].

Температура. Климат Азовского моря характеризуется умеренно мягкой, короткой зимой и теплым, продолжительным летом. Самая низкая среднемесячная температура воздуха отмечается в январе от 2 до 5 °С мороза, однако во время северных и северо-восточных штормов она понижается до -25 °С и ниже. В ве-

сенне-летний период преобладает маловетренная и теплая погода. В июле средне-многолетняя температура воздуха равна 23-25 °С, а максимальная – более 30 °С.

В зимний период средние значения температуры воды в поверхностном слое Таганрогского залива и северной половины собственно Азовского моря колеблется в пределах -1 – +0,3 °С, а в южной +1 – +3 °С. В летний период температура поверхностного слоя воды по всей акватории моря составляет 23-24 °С [Моря СССР, 1991].

Ледостав. Каждый год, когда температура воды опускается ниже нуля, Азовское море покрывается льдом. Ледостав – процесс установления сплошного ледяного покрова – продолжается с декабря по март. Толщина льда достигает 80-90 см. Раньше всего лёд появляется в Таганрогском заливе, затем в Утлюкском, Ейском, Бейсугском и Ахтарском лиманах (рисунок 1.2) [Симов, 1989].

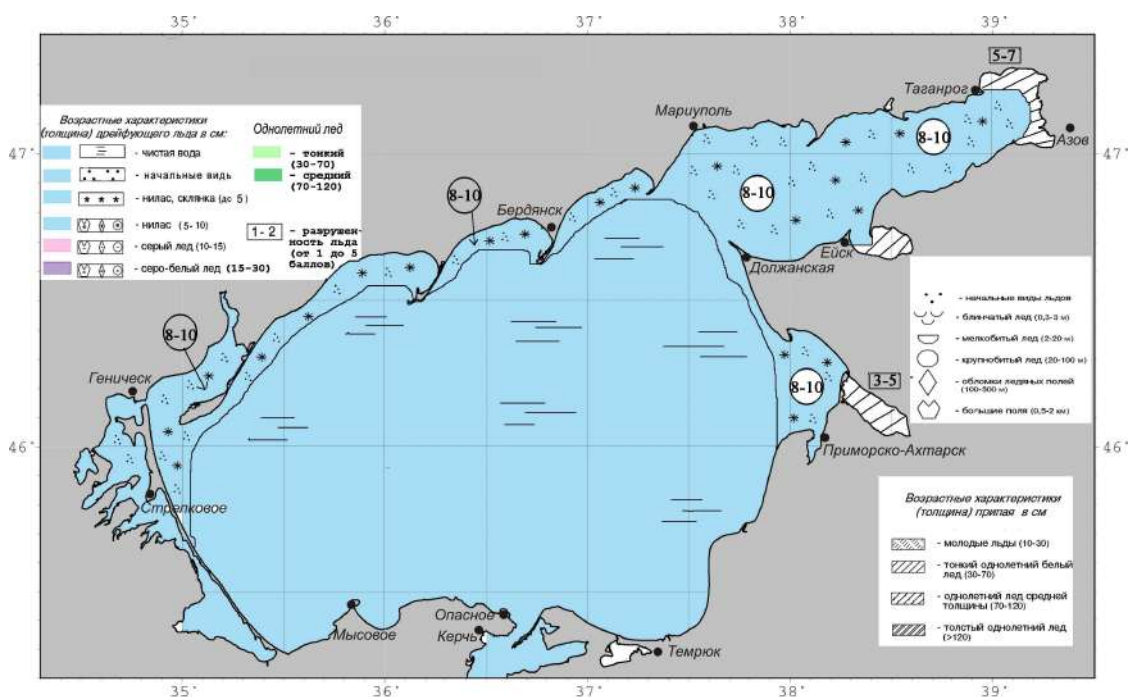


Рисунок 1.2 – Ледовый режим Азовского моря в начальный период льдообразования (по данным Гидрометцентра России)

Площадь распределения льда на акватории моря значительно зависит от характера зимы. В суровые по температурному режиму зимы льдом покрывается вся акватория Азовского моря (рисунок 1.3). По многолетним данным, длительность

ледостава по акватории моря сильно варьирует. Средняя продолжительность его составляет до 100-125 сут. в восточной части Таганрогского залива и северо-западном районе моря, а на юге порядка 60-70 сут. Очищение моря от ледяного покрова происходит в начале весны (март) сначала на юге и устьях рек, а в последнюю очередь лед сходит в Таганрогском заливе.

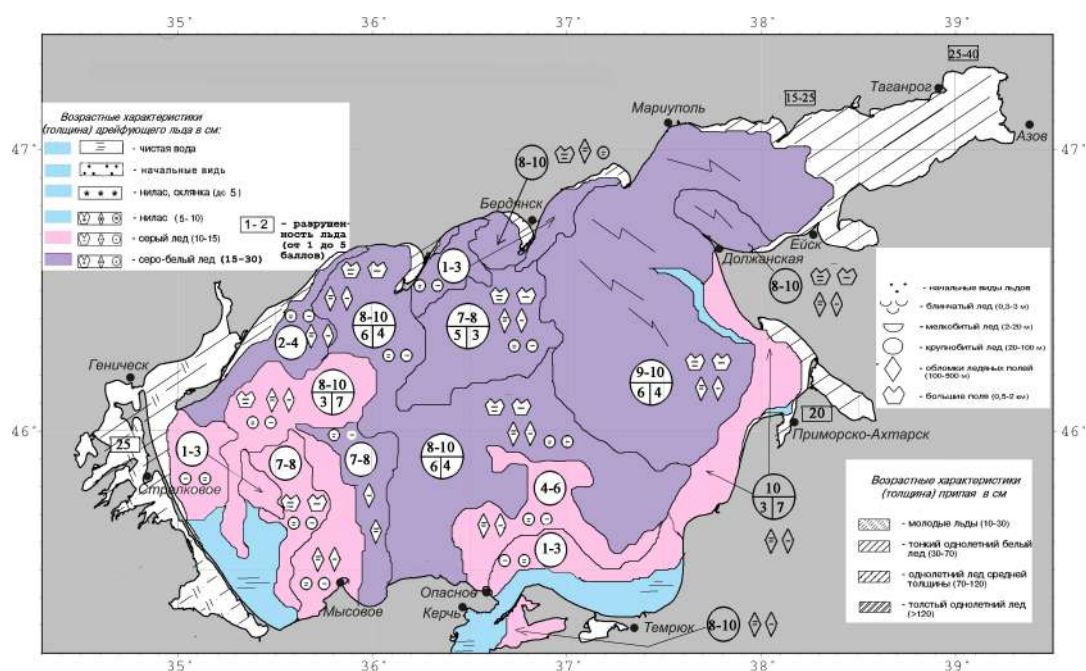


Рисунок 1.3 – Ледовый режим Азовского моря в суровые зимы (по данным Гидрометцентра России)

Количество атмосферных осадков на восточном побережье моря составляет 500 мм в год, на западном – около 300 мм. Наибольшее среднее месячное количество осадков (до 60 мм) выпадает летом, в остальные сезоны года среднее месячное количество осадков составляет 20-40 мм [Моря СССР, 1991].

Ветровая активность и волнение. Сезонные изменения погоды на Азовском море формируются под влиянием крупномасштабных синоптических процессов. В осенне-зимний период над Азовским морем преобладают ветры северо-восточных и восточных румбов со средней скоростью 4-7 м/с, в отдельные дни ветер может усиливаться до штормового. В весенне-летний период отмечается преобладание маловетреной, безоблачной и теплой погоды. Ветры неустойчивы

по направлению, их скорость незначительна (3-5 м/с), часто наблюдается полный штиль.

Волнение Азовского моря зависит в первую очередь от силы и продолжительности ветра. Мелководность и малые размеры Азовского моря приводят к быстрой смене величины и направления волн в зависимости от смены направления ветра и его силы. Максимальная высота волны обычно не превышает 3 м, а длина 26 м [Моря СССР, 1991].

Наибольшие волнения наблюдаются зимой, когда часты сильные ветры. Повторяемость 4-5 балльных волнений составляет 8-16 %. Но волнения силой в 6 баллов и выше не часты, их повторяемость не превышает 1-5 %.

Скорость и направление течений. Течения в море возбуждаются, главным образом, ветром. Он может вызывать значительные стонно-нагонные колебания уровня, которые в вершине Таганрогского залива могут достигать 6 м. Под действием западных и юго-западных ветров в море образуется циркуляция вод по часовой стрелке. Циклоническая циркуляция возбуждается и при восточных, и при северо-восточных ветрах, которые сильнее в северной части моря. При слабых ветрах и штилях отмечаются незначительные течения переменных направлений. Поскольку над морем преобладают слабые и умеренные ветры, наибольшую повторяемость имеют течения со скоростями до 10 см/с. При сильных ветрах (15-20 м/с) скорости течений равны 60-70 см/с [Моря СССР, 1991].

Динамика солёности. Солёность вод является ключевым гидрохимическим и экологическим фактором для любого водоема. Ведущий параметр, определяющий солевой режим Азовского моря – это объем материкового стока. Таганрогский залив и восточная половина собственно моря опресняется крупными реками Дон и Кубань, а район Керченского предпроливья находится под воздействием вод Чёрного моря. При естественном режиме пресноводного стока солёность поверхностных вод изменялась от 1 ‰ в авандельте Дона до 10,5 ‰ в центральной части моря и 11,5 ‰ в Керченском предпроливье. После создания Цимлянского гидроузла солёность Азовского моря начала повышаться и составила в центральной части собственно моря порядка 14 ‰ [Солёность..., 2024].

ГЛАВА II. ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА РАННИЕ СТАДИИ РАЗВИТИЯ РЫБ

2.1. История изучения ихтиопланктона Азовского моря

С давних пор жители Приазовья добывали промысловые виды рыб. Период эмпирического познания продолжался до конца XVIII столетия, когда в Азово-Черноморском бассейне начали проводиться научные экспедиции. Первым ученым, который в своих работах описал 94 вида рыб в Азово-Черноморском бассейне, является П. С. Паллас (1841). В последующие годы в Чёрное и Азовское моря совершили ещё множество научно-исследовательских экспедиций. Членами и руководителями этих исследований были такие известные естествоиспытатели, как профессор А. Д. Нордманн, академик К. М. Бэр, Н. Я. Данилевский. Их целью было определение и описание принципов ведения рыбного хозяйства рациональным образом в бассейне Азовского и Черного морей.

Многое для изучения морских рыб было сделано К. Ф. Кесслером. Он часто бывает в бассейнах южных морей и, основываясь на собственных исследованиях, подтвердил гипотезу, утверждающую единство происхождения фауны и флоры Азовского, Каспийского и Чёрного морей, которую выдвигал ещё П. С. Паллас. Он впервые разделил рыб согласно их экологическим классам на пресноводные, морские, полупроходные, проходные, разноводные и солоноватоводные.

В 1896 г. А. А. Остроумов выпускает первый определитель рыб для Азово-Черноморского бассейна, который содержит описание 150 видов. В начале XX века первый зоогеографический и фаунистический этап исследования моря был завершён.

Современный период в изучении данного бассейна начинается с организации регулярных исследований биологических ресурсов. Азово-Черноморская научно-промысловая экспедиция, начавшаяся в 20-х гг. прошлого века, приступила к работе под руководством профессора Н. М. Книповича.

В середине 1930-х гг. в Азовском и Черном морях изучением ихтиопланктона занимаются несколько биостанций и научно-исследовательских институтов.

В их число в 1928 г. входит Азово-Черноморская научная рыбохозяйственная станция в Ростове-на-Дону, на базе которой в 1958 г. создается Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства (АзНИИРХ). В ходе внутриотраслевой реорганизации АзНИИРХ преобразован в Азово-Черноморский филиал Государственного научного центра Российской Федерации Федерального государственного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии».

Ихтиопланктон является совокупностью ранних стадий развития рыб (икра, личинки, ранняя молодь), обитающих в пелагиали моря. Эмбриональный и ранний постэмбриональный периоды жизненного цикла рыб имеют большое значение в формировании запасов рыб. Знание численности, пространственного распределения по акватории моря ранних стадий развития рыб в условиях всё более обширной хозяйственной деятельности человека дает возможность снизить её отрицательное влияние на запасы водных биоресурсов.

Первое изучение эмбриональных и ранних постэмбриональных стадий развития рыб в Азово-Черноморском бассейне предпринято в 1927 г. В. А. Водяницким. В дальнейшем изучением ихтиопланктона Азово-Черноморского бассейна занимались различные научные биостанции, расположенные вдоль всего побережья. Углублённое исследование ихтиопланктона Азовского и Чёрного морей проводились Т. В. Дехник, результатом которого является опубликование в 1973 г. монографии-определителя «Ихтиопланктон Чёрного моря», в которой частично приводились данные по икринкам и личинкам азовских морских видов рыб [Макоедов, 2014].

Первые исследования ихтиопланктона Азовского моря в АзНИИРХ относятся к 1968 г. На начальном этапе исследований определяются сроки максимальной численности ихтиопланктонных стадий развития рыб, отрабатывается сетка станций, методика отбора проб. Изначально исследования охватывают только Таганрогский залив, однако с 1980-х гг. ихтиопланктонные съёмки стали проводиться на всей акватории моря. До начала 1990-х гг. в пробах ихтиопланктона учиты-

вались только икра и ранняя молодь массовых промысловых видов рыб – хамсы и черноморско-каспийской тюльки.

Анализ данных этих съемок позволил констатировать, что массовый нерест тюльки отмечается с конца мая по начало июня в восточной части и центральном районе Таганрогского залива. Наибольшее количество ранней молоди регистрировали в середине июня в центральной части залива. Выживаемость личинок при переходе на внешнее питание в значительной мере определялось обеспеченностью кормовыми организмами. Стабильность трофических отношений в рассматриваемый период создавала благоприятные условия для питания личинок. Средняя численность ранних стадий развития тюльки в заливе в период 1960-х – 1990-х гг. являлась высокой, и на 5-минутный облов ихтиопланктонной сети составляла более 1000 шт.

Одновременно с нерестом черноморско-каспийской тюльки в Таганрогском заливе происходит нерест хамсы в собственно море. Хамсе требуется более высокая соленость для размножения (10-11 ‰), которая отмечалась в собственно Азовском море при естественном гидрологическом режиме. Усредненный улов икры азовской хамсы в собственно море составлял более 5000 шт. на один 10-минутный вылов ихтиопланктонной конусной сетью, а личинок – в районе 100 шт. [Бронфман и др., 1979]. В дальнейшем в исследовании ихтиопланктона стали учитываться все встречающиеся виды, а результаты этих исследований позволили установить фактический видовой состав, распределение и численность ихтиопланктона Азовского моря [Надолинский, 2004; Надолинский, 2006].

2.2. Динамика изменения условий внешней среды Азовского моря под влиянием природных и антропогенных факторов

Подробный анализ изменений условий внешней среды после зарегулирования стока основных рек, питающих Азовское море, а также их влияние на обитателей моря, изложен в коллективной монографии А. М. Бронфмана, В. Г. Дубининой и Г. Д. Макаровой [1979].

В период естественного состояния водного баланса величина средней солёности Азовского моря составляла 10,6 ‰. Межгодовые изменения солёности Азовского моря напрямую связаны с величиной объема пресноводного стока рек. Вследствие этого изменяется как водный, так и солевой обмен между Азовским и Черным морями [Алдакимова и др., 1977; Новожилова, 1955]. При естественном пресноводном стоке периоды осолонения были весьма кратковременными и разделялись продолжительными фазами, в течение которых сравнительно низкая солёность вод благоприятствует развитию солоноватоводной и реликтовой фауны практически на всей акватории моря [Мордухай-Болтовской, 1960; Бронфман и др., 1979].

Регулярные исследования уровня солёности Азовского моря начали проводиться с 1952 г. после строительства Цимлянского гидроузла. Океанографические съёмки были направлены на получение достоверной информации о последствиях зарегулирования стока реки Дон. До 1958 г. исследования по стандартной схеме станций в основном выполнялись АзЧерНИРО, а с 1958 г. – АзНИИРХом. Согласно этим исследованиям, в период с 1956 по 1968 гг. при ежегодном изъятии порядка 20 % объема пресноводного стока происходит сравнительно небольшое повышение средней солёности моря (на 0,7 ‰). Это объясняется достаточно высоким уровнем речного стока в тот период. Между тем, благоприятный период в водном балансе Азовского моря заканчивается в конце 1960-х гг., когда начинается очередная фаза пониженной увлажнённости водосборного бассейна моря. Данный показатель регулирует балансовый уровень Азовского моря, в результате изменяется как водный, так и солевой обмен между Азовским и Черным морями. Вслед за тем величина пресноводного стока упала до уровня менее 60 % от нормы, что приводит к повышению средней солёности до 11,7 ‰ в собственно Азовском море и до 9,3 ‰ в Таганрогском заливе.

В начале 1970-х гг. снижение величины объема пресноводного стока продолжается, что было вызвано увеличением безвозвратного водопотребления в сельском хозяйстве на фоне низкого стока с водосборного бассейна. В 1972–1976 гг. суммарный сток Дона и Кубани в Азовское море составляет поряд-

ка 22-27 км³, что ниже нормы более чем на 40 %. В результате значительно возросла тенденция к продолжению повышения солёности моря [Бердников и др., 2019].

Средняя солёность по собственно морю в описываемый период составляла в пределах 12-13 ‰, а в Таганрогском заливе 9,0-9,5 ‰ [Куропаткин и др., 2013]. Анализ данных океанографических съёмок периода 1972–1975 гг. показывает, что распространение черноморских вод по акватории Азовского моря происходило вдоль восточного побережья [Добровольский, 1982; Статистическая ..., 1979]. Это привело к резкому ухудшению условий среды обитания для воспроизводства проходных и полупроходных видов рыб в Азово-Кубанском районе. В результате осолонения моря, вызванного антропогенным преобразованием речного стока, рыбное хозяйство ежегодно недополучало от 45 до 50 тыс. т улова проходных и полупроходных видов рыб, зоной обитания которых являются солоноватые воды. К ним относятся осетровые, судак, лещ, тарань, рыбец и другие [Куранова и др., 1973].

Повышение средней солёности Азовского моря привело не только к сокращению зон обитания солотоватоводной ихтиофауны, но и к ухудшению физиологического состояния рыб [Climate Change ..., 2018]. Действительно, перемещение зон обитания рыб в Таганрогский залив означает перемещение их в область экстремального развития сгонно-нагонных явлений со свойственной ей чрезвычайной изменчивостью всех абиотических характеристик, в особенности солёности вод.

Концентрация проходных и полупроходных рыб Азовского моря в зоне повышенного загрязнения вод, а также значительные колебания солёности в нём вызывают дополнительные энергетические затраты на осморегуляцию, что приводит к снижению размерно-массовых характеристик особей.

Существуют определенные четко выраженные закономерности в пространственном распределении солёности, которые проявляются в тесноте и стабильности связи между средней солёностью моря и размерами площадей, ограниченных изогалинами разных значений. Для стеногалинных видов, обитающих при срав-

нительно низких значениях средней солёности, даже незначительные её колебания, связанные с небольшим снижением пресноводного стока, приводят к весьма существенным изменениям в распределении видов [Балыкин и др., 2014]. В условиях низкой солёности и повышенного пресноводного стока возрастает эффективность их воспроизводства, что приводит к существенному расширению ареала, а благоприятные условия размножения рыб влекут за собой хорошие условия их нагула [European small pelagic fish ..., 2015]. В годы низкой водности рек происходит сокращение площади распределения вида и, следовательно, снижается численность новых поколений. Следовательно, в условиях низкой солёности биологическая и гидрологическая системы Азовского моря функционировали согласовано. В условиях высокой солёности моря, даже в годы высокого пресноводного стока, не образуются достаточные по размеру ареалы обитания рыб [Состояние биологических ресурсов, 1995].

Площади распределения солоноватоводной и пресноводной фауны моря при солёности порядка 13,5-14,0 ‰ сокращаются до авандельты Дона и прилегающих районов Таганрогского залива, которые занимают всего лишь порядка 3 % площади и 1 % объема моря. В подобных условиях численность популяции проходных и полупроходных рыб Азовского моря может опуститься до уровня зоологического вида, не имеющего промыслового значения [Городина и др., 2004].

Значительное осолонение – до 15-17 ‰ в южной части Азовского моря способствует появлению здесь новых черноморских видов и увеличению численности ранее редких в данном бассейне черноморских мигрантов – черноморского калкана, глазчатого губана, ската хвостостола, катрана, светлого и темного горбылей, бычка бланкета, черноморского лосося, морских собачек, луфаря и других [Мордухай-Болтовской, 1969; Куропаткин, 2003]. Большинство видов черноморских мигрантов использует Азовское море исключительно как нагульный ареал. Частичное размножение в южной части моря отмечается только у барабули, ставриды, морских собачек и некоторых других видов рыб.

Не менее важным следствием периода осолонения в 1970-х гг. можно считать то, что в морском зоопланктоне произошли структурные изменения [Влияние

океанографических ..., 1991]. Солоноватоводные аборигенные виды, которые обеспечивают высокую численность кормовой базы для ранней стадий развития рыб и производителей, были замещены более теплолюбивыми и менее продуктивными мигрантами из Черного моря [Афанасьев и др., 2019].

В конце 1970-х – начале 1980-х гг., после ряда лет с высоким пресноводным стоком, отмечается постепенное снижение солёности до уровня 10,6-11 ‰, что близко к среднегодовым характеристикам естественного режима водного баланса моря [Куропаткин, 2001]. Снижение солёности приводит к восстановлению биоты моря практически до уровня естественного режима. В последний раз повышенный пресноводный сток в Азовском бассейне отмечается в 1994 г. [Жукова, 2012; Шишкин и др., 1997]. В дальнейшем вследствие естественных климатических изменений, гидротехнического строительства и увеличения безвозвратного водопотребления отмечаются годы с аномально низким стоком, а с 2007 г. в Азовском море наблюдается новый период повышения солёности [Жукова и др., 2013; Куропаткин и др., 2013].

В период 2009–2012 гг. средняя величина солёности Азовского моря увеличилась до 12,8 ‰, а уровень солёности Таганрогского залива возрос до 6,4 ‰ [Результаты гидрологического мониторинга..., 2013]. Второе повышение солёности имеет в своей основе все те же причины, что и первое – уменьшение пресноводного стока и внутривековые циклы климата [Торопов и др., 2018]. Азовское море характеризуется большой степенью зависимости собственной солёности от пресноводного стока. После того, как Дон был зарегулирован, сброс пресной воды в Азовский бассейн в объеме порядка 30 км³ считается оптимальным. В последнее время приток пресных речных вод сократился до 11-16 км³. Иными словами, речной сток сократился практически в два – три раза [Гидрометеорологический режим ..., 2014]. Недостаток воды, порядка 20 км³, по теории сообщающихся сосудов, возмещается через Керченский пролив черноморскими водами, чья солёность находится в районе 17-18 ‰ [Жукова и др., 2020] (рисунок 2.1).

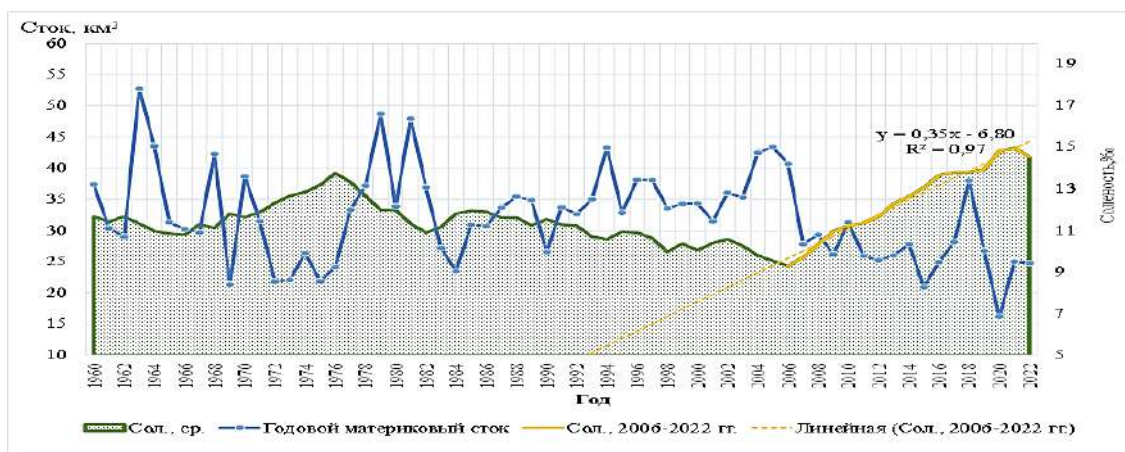


Рисунок 2.1 – Объем годового материкового стока и среднегодовой величины солености Азовского моря в период 1960–2023 гг.

В современный период, ввиду наступления продолжительного маловодного цикла в формировании стока с материка, в Азовском море наблюдается непрерывный рост солености, чей среднегодовой уровень в 2020 г. достигал 14,83 ‰ [Рыбак и др., 2013]. Наиболее высокие показатели солености регистрировали осенью того же года – 15,28 ‰. Более того, уровень солености, составляющий 18,30 ‰ (рисунок 2.2, 2.3), был отмечен в придонном слое на станции у Керченского пролива, что является абсолютным максимумом за весь период исследований с 1960 по 2020 г. [Жукова, 2020].

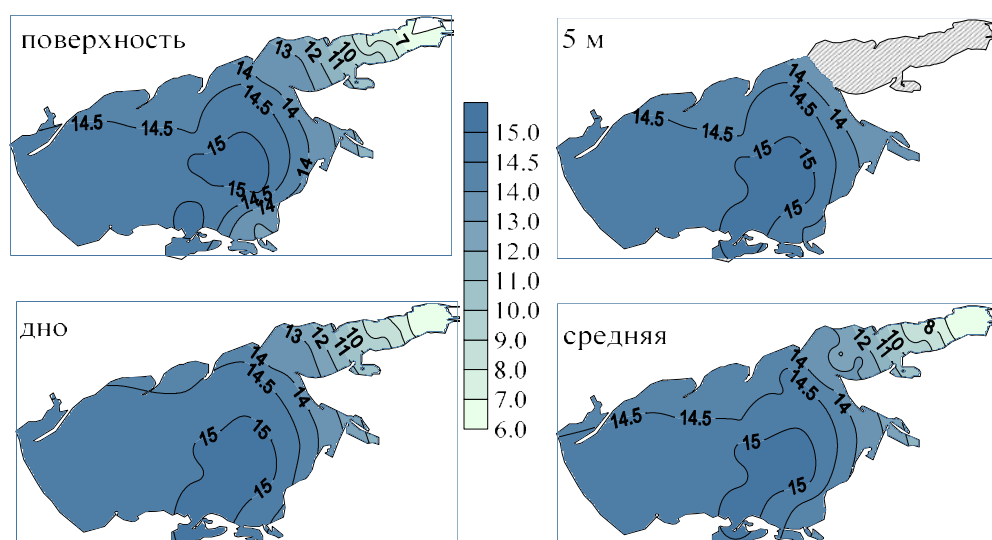


Рисунок 2.2 – Динамика солености воды в период исследований (август 2020 г.)

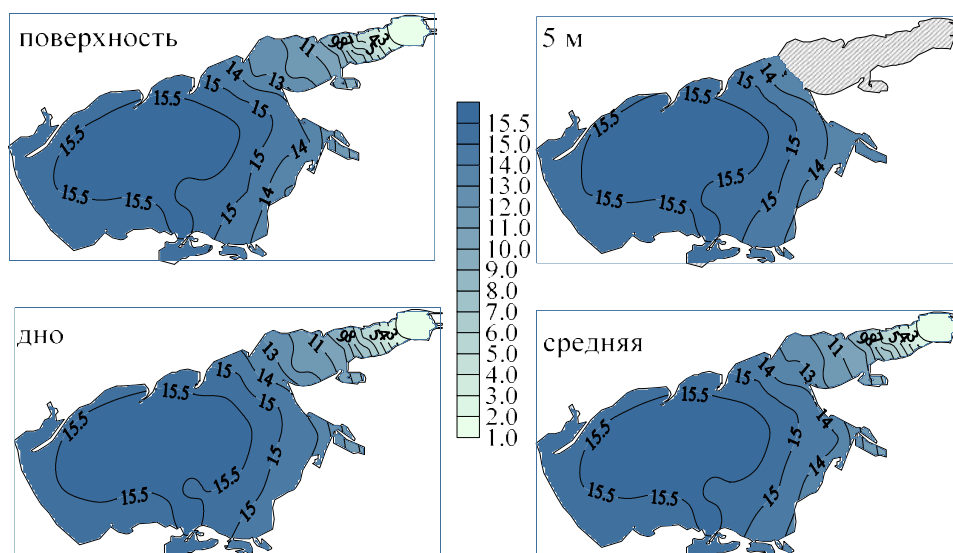


Рисунок 2.3 – Динамика солености воды в период исследований
(август 2023 г.)

В исследованиях П. А. Балыкина, Д. Н. Куцына, А. М. Орлова [2019] дана оценка зависимости эффективности нереста полупроходных и проходных рыб Азовского моря от солёности. При осолонении моря четко прослеживается тренд к снижению запаса и вылова шемаи, рыбца и осетровых. Было определено, что зависимость запасов судака и солености моря обратнопропорциональна. Верхней границей солености Азовского моря, которая считается благоприятной для половозрелого полупроходного судака, является 11 ‰. Нижняя граница соответствует 5 ‰. Запасы судака и леща находятся в непосредственной зависимости от размера зоны, имеющую благоприятную для ранней молоди соленость 7-9 ‰ [Троицкий, 1973]. Территория распределения взрослого леща в Азовском море ограничена соленостью 12 ‰. Тем не менее, верхней границей солености, являющейся благоприятной для взрослого леща, следует считать 10,5 ‰. В целом урожайность полупроходных рыб, ввиду уменьшения солености, в полноводные годы растет, причем урожайность судака растет быстрее, чем тарани [Матишов и др., 2014].

В годы естественной солености моря тарань, лещ и судак облавливались по всей акватории Азовского бассейна [Дубровина, Козлитина, 1976]. Первое осолонение акватории привело к тому, что территории распределения этих видов рыб

сократились, и с 1972 по 1977 гг. ограничили восточной частью Таганрогского залива [Гаргопа, 2003], при этом большая часть стада в данный период обитала в дельте Дона или лиманах Кубани. Во время повторного осолонения Азовского моря территория распределения описанных выше видов полупроходных рыб была ограничена авандельтой Дона и Кубани, а также лиманами [Балыкин и др., 2019; Старцев и др., 2010]. Следовательно, в первый период осолонения морские виды рыб оказались единственными представителями ихтиофауны, не испытывавшими значительного влияния от колебаний водно-солевого баланса Азовского моря, которые обеспечивали основу промысла [Овен, 1976].

Тем не менее, в 1982 г. в северной части Чёрного моря был отмечен экзотический вселенец, определённый как мнемипсис (*Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1805). Представитель североамериканской фауны, он был завезён с балластными водами судов в Черное море [Зайцев, 1998 б]. Являясь мощным потребителем зоопланктона, на первом этапе адаптации в новом водоёме он не находил достаточной кормовой базы для проявления своего воспроизводственного потенциала. Жёсткая пищевая конкуренция со стороны черноморских зоопланктофагов, которых только в водах СССР насчитывалось от 1 до 3 млн т [Промысловое описание ..., 1988], не позволила ему распространиться по акватории. Между тем значительный перелов зоопланктофагов промыслом (до 550 тыс. т ежегодно) высвободил огромную часть кормовой базы, которая впоследствии стала потребляться гребневиком [Гребневик ..., 2000].

В связи с этим к концу 1980-х гг. гребневик резко увеличил свою численность и биомассу в Черном море до 1 млрд т [Зайцев, 1998 б], став мощным конкурентом для аборигенных видов. Выедая кормовую базу, он стал сдерживать численность популяций зоопланктофагов на низком уровне.

2.3. Состояние ихтиопланктона Азовского моря в 2018-2023 гг.

Морские виды рыб ихтиофауны Азовского моря не испытывали значительного влияния от колебаний водно-солевого баланса Азовского моря и обеспечивали основу промысла. Экзотический желетельный вселенец мнemiопсис, впервые проникший в Азовское море в 1989 г., стал в значительной мере влиять на функционирование морской биоты Азовского моря [Оценка изменений ..., 2000; Оценка состояния ..., 2006].

Мнemiопсис имеет два ловчих щупальца, снабженных клейкими клетками, обеспечивающими механизм удержания добычи. Прилипшую к клейким клеткам щупалец добычу (мелких планктонных животных, иногда икру и мальков рыб), гребневик захватывает подвижными краями рта и поедает. Главной особенностью мнemiопсиса является отсутствие у него «рефлекса насыщения» [Шиганова, 2000]. При большом количестве кормовых организмов он срыгивает полупереваренную потреблённую пищу и начинает снова питаться [Kremer, 1979; Miller, 1974]. В хороших кормовых условиях он быстро размножается и способен давать «взрыв численности» [Miller, 1974].

Подробный анализ изменений, произошедших в функционировании биоты Азовского моря после вселения этого экзотического вида желетельных организмов, изложен в коллективной монографии «Гребневик *Mnemiopsis leidyi* (A. Agassiz) в Азовском и Чёрном морях: биология и последствия вселения» [2000].

Согласно данным ихтиопланктонных съёмок, проводившихся в Азовском море, установлено, что после появления вселенца мнemiопсиса, как и в «догребневиковый период», основную массу ихтиопланктона в Таганрогском заливе составляли личинки черноморско-каспийской тюльки, а в собственно море – личинки и икра хамсы. Тем не менее гребневик оказал отрицательное влияние на количественные характеристики азовского ихтиопланктона [Nadolinski, 2004; Дудкин, 2024].

На ранней стадии развития черноморско-каспийской тюльки мнemiопсис не оказывает непосредственного влияния из-за разного пространственного распреде-

ления. В период нереста и ската черноморско-каспийской тюльки из залива в море гребневик располагается в южных и юго-восточных районах собственно моря [Воловик и др., 2005], тем не менее, его косвенное влияние существенно. Биомасса производителей тюльки в Таганрогском заливе сократилась с 168 до 38 тыс. т. Некоторая часть производителей – около 30 % – начала пропускать сезон нереста и нагуливаться в районах, еще не занятых гребневиком. Способность экономно расходовать свои жировые запасы позволяла этой части популяции тюльки хорошо пройти зимовку и подготовиться к размножению в будущем году [Мирзоян и др., 2023]. Несмотря на это, средняя плодовитость самок черноморско-каспийской тюльки вследствие недостаточных кормовых условий во время нагульного периода уменьшилась в среднем с 8,8 до 6,8 тыс. икринок на особь. Меньшая биомасса нерестящейся тюльки и ее ранней молодежи приводит к сокращению объемов выедания зоопланктона и повышению его количества в заливе с 400 до 700 мг/м³, что способствует повышенной выживаемости личинок черноморско-каспийской тюльки. В результате среднее число личинок на один облов ихтиопланктонной конусной сети возрастает в «гребневиковый» период до 4,5 тыс. шт., что выше 1,5 тыс. шт., отмечаемое в «догребневиковые» годы [Михман, 1969; Надолинский, 2023].

В конце июня – начале июля подросшая молодежь черноморско-каспийской тюльки начинает скатываться из залива в собственно море, где в период до вселения гребневика отмечалась высокая концентрация кормового зоопланктона, обеспечивавшая формирование урожайных поколений. В «гребневиковый» период эта кормовая база поглощается мнемипсисом, в результате чего происходит значительная элиминация ранней молодежи [Воловик и др., 2005].

Существенно более высокое отрицательное воздействие мнемипсис оказывает на ранние стадии развития рыб в собственно Азовском море, где распределяются икра и ранняя молодежь хамсы, пелагические личинки азовских бычков, так как гребневик, кроме кормовой базы для личинок, проявляет хищничество в отношении ихтиопланктона. Таким образом, в местах наибольшей концентрации

гребневика отмечается более низкая численность ихтиопланктона [Гребневик ..., 2000].

В итоге численность азовских зоопланктофагов – массовых пелагических видов рыб (хамса и черноморско-каспийская тюлька) резко снизилась, что привело к запрету их промысла в течение 2 лет (1990–1991 гг.). Зимой мнемнописис в Азовском море полностью погибает, однако весной он ежегодно заносится течениями из Чёрного моря и развитие его популяции проходит по сценарию первичного вселения [Мартынюк, 2017], в результате чего происходило значительное снижение численности планктонных стадий развития морских рыб.

Хамса – это одна из наиболее массовых рыб Азово-Черноморского бассейна, по численности уступающая только черноморско-каспийской тюльке. Она является одним из наиболее изученных промысловых объектов. Азовская хамса – типично морская пелагическая рыба, временный обитатель моря, осваивающий его акваторию с соленостью более 7-8‰ в период нагула и размножения [Грудинин, 1966]. Хамса осваивает море только в теплый период года. Хамса по характеру своего питания относится к фильтраторам. Вследствие этого, в ее пищевом комке преобладают наиболее массовые организмы сестона [Бокова, 1955]. Обеспеченность кормом для планктонофагов в «догребневиковый» период была достаточно высокой, и они полностью удовлетворяли свои потребности в пище в первой половине периода нагула. При этом планктофаги использовали от 30 до 90, а в среднем – порядка 50 % продукции весенне-летнего зоопланктона.

В большинстве случаев во время основного летнего нагула хамса и черноморско-каспийской тюлька потребляют только продукцию планктона, не подрывая при этом его биомассу [Студеникина и др., 2012]. Последняя на протяжении июля-августа остается относительно высокой и обеспечивает высокий уровень своего возобновления, что является свидетельством сбалансированности системы пищевой цепи “зоопланктон – планктоноядные рыбы” в то время. Результатом устойчивости системы было эффективное питание рыб на одних и тех же территориях и их достаточно высокие запасы.

При раннем сценарии развития популяции мнemiопсиса (в мае) он распространяется на значительной акватории уже в июне. Это приводит к резкому сокращению биомассы кормового зоопланктона, а также площади кормовых зон с биомассой не менее 250 мг/м^3 [Темных, 2018]. Такие территории, обеспечивающие достаточно хороший нагул производителей в первой половине лета, сокращаются на 12 %. Обладая высокой пищевой пластичностью, хамса не снижает интенсивность питания, переходя на потребление нетрадиционных объектов: икры рыб и фитопланктона – 10 %; червей, мизид и молоди крабов – до 40 %.

Интенсивное выедание мнemiопсисом кормового зоопланктона в пелагиали моря создает напряжение в трофической цепи [Воловик, 1985]. В результате совместного кормового прессинга мнemiопсиса и рыб-планктофагов продукция зоопланктона использовалась полностью, что катастрофически подрывало уровень продукции кормовой базы, нагул, порционное созревание половых продуктов и воспроизводство хамсы. Во второй половине лета хамса начинала сталкиваться с недостатком традиционных кормовых организмов [Надолинский, 2024]. Биомасса зоопланктона резко снижалась, ниже предельно допустимой (не менее 100 мг/м^3) для эффективного питания зоопланктофагов и составляла порядка $3\text{-}77 \text{ мг/м}^3$.

При позднем сценарии развития популяции гребневика мнemiопсиса (июль) в начале лета образуются большие высокопродуктивные зоны на большей части акватории моря [Будниченко, 2004]. Значения биомассы кормового зоопланктона, оптимальные для успешного питания рыб, составляют от 700 до 900 мг/м^3 . Индекс наполнения кишечника хамсы во время позднего захода мнemiопсиса в отдельные годы достигал максимального значения. Стадо зоопланктонофагов абсолютно удовлетворяло свои потребности в пище, используя при этом только 35 % продукции зоопланктона. Данные показатели были близки к периоду отсутствия гребневика. В пелагиали сохранялся еще достаточно высокий биофонд зоопланктона для интенсивного возобновления своей биомассы.

К середине лета, после того как гребневик распределялся практически по всей акватории моря, степень развития кормовой базы резко уменьшалась, поэто-

му вторая половина нагула для хамсы традиционно проходила в условиях крайне низкой обеспеченности кормовым зоопланктоном. Хамса в этот период использовала в пищу около 60 % ресурсов мягкого бентоса и фитопланктона.

Размножение хамсы начинается обычно во второй половине мая при прогреве воды до 16-18 °С, при этом наибольшее количество ихтиопланктонного материала отмечается в июне. Наибольшее количество икры обычно встречалось в водах с соленостью не менее 7-8 ‰. Выживаемость хамсы на ранних стадиях развития определяется комплексом биотических и абиотических факторов – соленостью воды, волнением моря, температурными условиями, обеспеченностью пищей. Хорошая выживаемость молоди хамсы отмечается при удельной численности науплий копепод – основного корма для личинок – не менее 30 тыс. экз./м³. Во время исследований периода 2000–2007 гг. было установлено, что концентрации науплий копепод в количестве 20 тыс. экз./м³ образуются средне- и высокоурожайные поколения хамсы, то есть порог достаточности кормовой базы для выживаемости молоди хамсы снижался.

В большей степени мнemiопсис оказывает влияние на выживаемость ранней молоди хамсы. Рацион мнemiопсиса включает помимо зоопланктона икру и личинки рыб. В годы раннего развития популяции мнemiопсиса в Азовском море до начала массового нереста хамсы мнemiопсис успевает освоить большую часть моря. В районе обитания гребневика, вне зависимости от его плотности, численность личинок и икры хамсы выявляется постоянно низкой. Только на акватории, на которой отсутствовал мнemiопсис, были сравнительно высокие уловы личинок и икры хамсы. В районах распределения гребневика постоянно отсутствовали зоны с количеством науплий, необходимых для эффективного питания личинок хамсы. В связи с этим в годы раннего развития популяции мнemiопсиса появляются низкоурожайные поколения хамсы.

При позднем заходе гребневика в Азовское море хамса на всей акватории, или как минимум на незначительной его части, успевает успешно отнереститься, что подтверждается обилием икринок в ихтиопланктоне. Одновременно с этим достаточно высокие концентрации науплий в разгар нереста хамсы обеспечивают

высокую выживаемость ее личинок июньских генераций. В целом, в годы с поздним заходом мнemiопсиса основные параметры воспроизводства – количество икринок и выживших личинок – были на высоком уровне. Характерной особенностью воспроизводства хамсы в современный период является формирование новых поколений исключительно июньскими генерациями.

Таким образом, в «гребневиковый» период урожайность поколения хамсы стала напрямую зависеть от сроков появления гребневика мнemiопсиса в Азовском море. В годы с ранним развитием его популяции средний улов икры хамсы составлял 10-380 шт./сеть, личинок 0-30 шт./сеть. В годы, когда популяция гребневика развивается по позднему сценарию, урожайность поколений хамсы оказывается достаточно высокой. Средняя численность икры по морю составляла от 850 до 3500 шт., а личинок – от 100 до 1800 шт. на один облов ихтиопланктонной конусной сети [Надолинский, 2018; Надолинский, 2020].

Икра и личинки хамсы имеют наибольшую концентрацию в основном в западной части собственно моря. Гребневик появляется в этой части моря существенно позже – во второй половине лета. Данный феномен позволяет икре и личинкам хамсы выжить, а ее молоди – нагуляться и подрасти. На востоке собственно моря удовлетворительные условия для развития молоди хамсы образуются крайне редко [Мирзоян и др., 2023]. Такие условия были отмечены только в 1996 г., когда продолжительные и сильные северо-восточные ветры и соответствующие им течения не позволяли мнemiопсису вселиться в северо-восточную часть Азовского моря. В остальные годы икры и личинок хамсы на востоке моря было отмечено значительно меньше.

Сравнивая характер воспроизводства и становления запасов массовых пелагических видов рыб Азовского моря в период господствования мнemiопсиса, можно констатировать, что влияние вселенца на популяции промысловых рыб, особенно в периоды с его ранним заходом в собственно море, является более мощным, чем развитие медуз, осолонение моря или интенсивное техногенное загрязнение бассейна.

Обобщая вышеизложенные данные, можно констатировать, что воспроизводство азовских морских рыб пелагического комплекса стало зависеть от сроков развития популяции мнемнопсиса в море. При раннем сценарии (май-июнь) выживаемость поколений оказывается довольно низкой, а при позднем (июль-август) – появляются среднеурожайные поколения [Надолинский, 2006; Надолинский, 2024].

В конце 1990-х гг. в Чёрном море, а с начала 2000-х гг. – и в Азовском, появляется облигатный по отношению к мнемнопсису хищник гребневик берое (*Beroe ovata* Bruger, 1789) [Шиганова и др., 2000]. В Азовском море он появлялся в конце августа – начале сентября, когда уже происходит значительная элиминация молоди морских рыб, в результате чего снижение численности мнемнопсиса под воздействием берое не приносило ощутимого положительного результата [Состояние ихтиопланктона ..., 2004]. Популяция берое в зимний период, как и мнемнопсиса, полностью погибает в Азовском море. Однако влияние его происходит опосредовано, через снижение численности мнемнопсиса в летне-осенний период в Чёрном море [Куманцов и др., 2012], что способствует более позднему заносу его в Азовское море и появлению у массовых пелагических видов рыб относительно урожайных поколений [Надолинский, 2004].

В период совместного существования в бассейне обоих видов ктенофор (с 1998 г. по настоящее время), развитие популяции мнемнопсиса в Азовском море стало проходить с достаточно существенными особенностями. Так, в 2000, 2001 и 2004 гг. развитие популяции мнемнопсиса проходило по позднему сценарию, тем не менее в эти годы численность ихтиопланктона была на низком уровне, что связано с неблагоприятными метеорологическими условиями, сложившимися над акваторией Азовского моря. Погодные условия приводили к нарушению обычной динамики развития и смены видов зоопланктонного сообщества.

В 2002 и 2003 гг. заход мнемнопсиса в Азовское море становится еще более поздним. Преднерестовый нагул производителей массовых пелагических видов рыб был удовлетворительным, но значительное повышение температуры воды до 26-28 °С в июле спровоцировало интенсивное развитие мнемнопсиса, который во

второй половине лета дал мощную вспышку биомассы. Популяция мнемнопсиса в Азовском море в эти годы достигла высокой биомассы 28 млн т, что оказалось соизмеримым с его продукцией в первый год появления в Азовском море в 1989 г. – 30 млн т. Результатом этой вспышки является значительная элиминация хамсы вследствие недостатка корма и личинок первых генераций [Надолинский, 2006; Мирзоян и др., 2023]. Приведенные сведения позволяют сделать вывод, что из первых шести лет после вселения берое в течение пяти лет условия среды были неблагоприятными для размножения хамсы, и только в 2005 г. нерест хамсы был эффективным.

С 2007 г. снова отмечается увеличение уровня солености Азовского моря. Его результатом, также, как и в середине 1970-х гг., являются структурные изменения в сообществе зоопланктона. Черноморские мигранты, имеющие меньшую продуктивность, снова стали заменять аборигенные солоноватоводные виды [Зайцев, 1998]. Главным отличием от периода 1970-х гг. является то, что в период 2008–2012 гг. на образование кормовой биомассы для личинок рыб стал оказывать влияние фактор хищничества гребневика мнемнопсиса [Александрова и др., 2016]. Между тем, в этот период нехватка корма для личинок хамсы в собственно Азовском море компенсировалась довольно высокой кормовой биомассой в западной части Таганрогского залива. Это послужило предпосылкой высокого уровня выживаемости личинок, а, следовательно, формированию среднеурожайных и урожайных поколений рыб-планктофагов [Надолинский, Надолинский, 2018; Мирзоян и др., 2023].

Изменение структуры зоопланктонного сообщества на начальном этапе увеличения солености вод Азовского моря привело к тому, что, несмотря на меньшую продуктивность черноморского зоопланктона, уровень смертности ранней молоди хамсы в собственно Азовском море значительно снизился. По-видимому, на сокращение уровня смертности личинок хамсы в Азовском море в этот период оказал фактор развития популяции гребневика берое.

В период с 2015 по 2017 гг. активная фаза развития популяции берое и подавление ею популяции гребневика мнемнопсиса в собственно море регистриру-

ют с конца августа (рисунок 2.4). В результате количество корма для планктофагов с уровня 22-27 мг/м³ в начале августа возрастает до 120-130 мг/м³ к сентябрю-октябрю [Мирзоян и др., 1998; Мирзоян, 2000]. Это позволяло получить хороший уровень нагула и выживаемости подросшей молоди хамсы [Надолинский, Надолинский, 2018; Мирзоян и др., 2023].

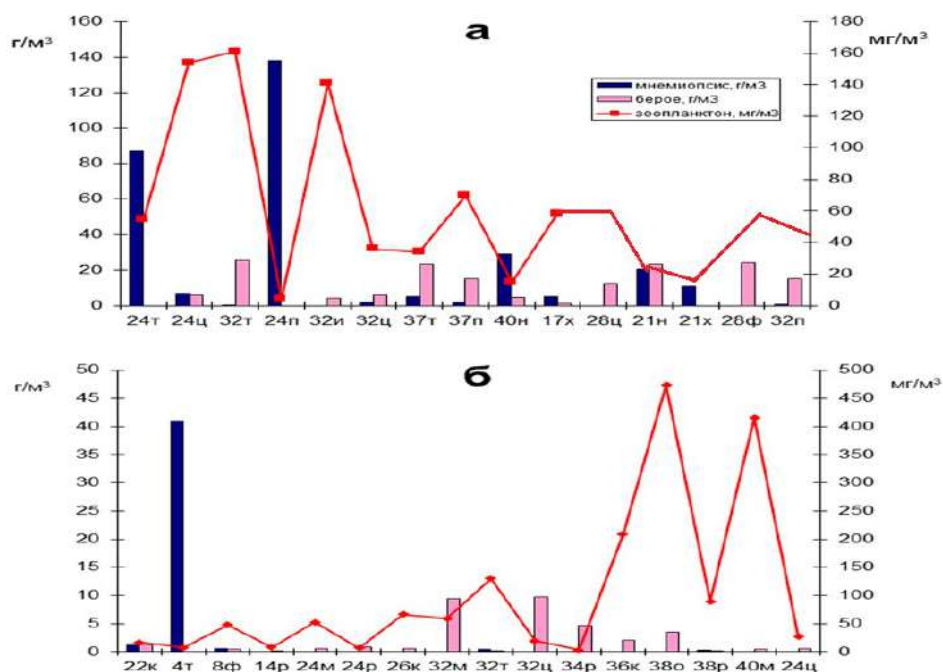


Рисунок 2.4 – Зависимость пространственного распределения биомассы кормового зоопланктона и биомассы гребневиков мнемиопсиса и берое в Азовском море (по оси абсцисс – наименования станций отбора проб)

Подводя итог оценке «гребневикового периода» в Азовском море (с 1989 г.), следует отметить, что вселение гребневика мнемиопсиса повлекло за собой значительный дефицит биомассы кормовых организмов для рыб-планктофагов в сроки их основного нагула. Это привело к консервации качественных показателей тюльки и хамсы (упитанность, содержание жира в теле, плодовитость) на низком уровне. Отрицательным эффектом недостатка корма и плохого физиологического состояния стал низкий уровень эффективности размножения данных видов промысловых пелагических рыб Азовского моря. В результате

запасы хамсы и черноморско-каспийской тюльки в среднем относительно «догребневикового периода» сократились в два раза, а сокращение объемов вылова – на порядок. В последующие годы эту негативную тенденцию усилил процесс осолонения вод Азовского моря.

К 2015 г. средняя солёность Азовского моря возросла до 12,8 ‰, а Таганрогского залива – до 6,4 ‰. Причины второго повышения солёности моря идентичны её повышению при первом – внутривековая цикличность климата. Водно-солевой баланс Азовского моря в большой степени зависит от речного стока [Жукова и др., 2021]. После зарегулирования рек Дон и Кубань сброс воды в Азовское море стал составлять порядка 30 км³. В последнее время сток воды сократился до 11-21 км³. Недостаток воды возмещается черноморскими водами, чья солёность находится в районе 17-18 ‰ [Жукова и др., 2013]. Объем поступления черноморских вод в Азовское море приблизительно оценивается на уровне 20 км³ [Жукова, 2020].

К концу 2010-х гг. среднегодовая солёность Азовского составляла 13,80 ‰ и превысила максимальное значение солёности первого осолонения, которое было в 1970-х гг. В октябре и июле 2018 г. было зарегистрировано дальнейшее повышение солёности до 14,05-14,19 ‰. Октябрь 2019 г. характеризовался значением 14,35 ‰. Рост солёности продолжился и в начале 2020-х гг. Осенью 2020 г. ее уровень достиг 15,28 ‰ [Жукова, 2020], а в августе 2023 г. – 15,85 ‰.

Резкое повышение солёности повлекло за собой новый этап проникновения в Азовское море двух черноморских видов сцифоидных медуз – ризостомы *Rhizostoma pulmo* (Macri, 1778) и аурелии *Aurelia aurita* (L., 1758) [Мирзоян и др., 2019; Надолинский, 2024]. Они, так же, как и гребневик мнemiопсис, являются конкурентами для планктонофагов и оказывают прямое влияние на количество зоопланктона, и сокращают кормовую базу для рыб на всех стадиях развития. Развитие популяций медуз в Азовском море начинается весной (аурелия) и продолжается в летне-осенний период (ризостома), и, таким образом, мнemiопсис при заходе в Азовское море не находит той кормовой базы, которая бы обеспечила его взрывное развитие популяции, как это происходило в прошлые годы. В со-

временный период биомасса его популяции в Азовском море даже на максимуме развития не превышает 1 млн т, в то время как в 1990-х гг. биомасса азовской популяции мнемииопсиса могла достигать порядка 20 млн т и более (рисунок 2.5).

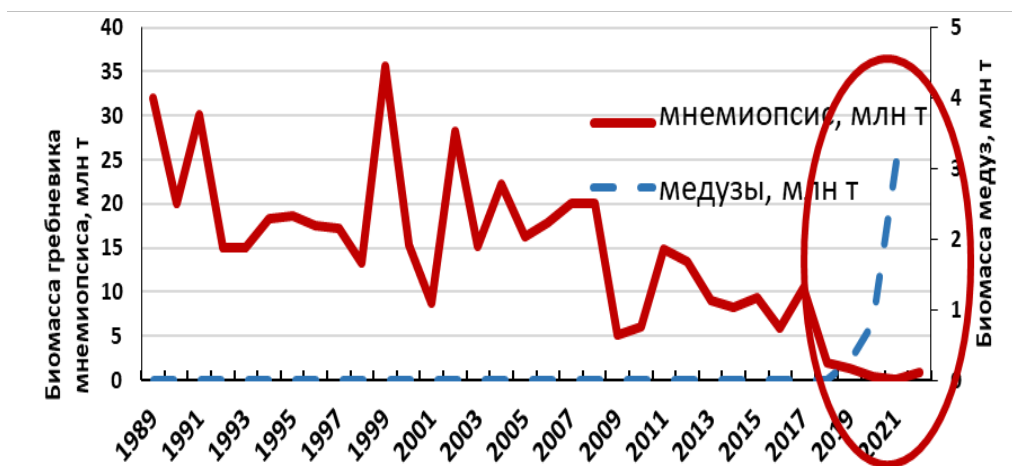


Рисунок 2.5 – Биомасса гребневиков и медуз в Азовском море в период 1989–2023 гг.

В целом, период 1970–2023 гг. характеризуется значительными изменениями в состоянии внешней среды, вызванными воздействием природных и антропогенных факторов, что приводит к изменениям как в экосистеме Азовского моря в целом, так и в ихтиопланктоне, как составной её части. При этом период 2018–2023 гг. характеризуется как аномально высоким и рекордным для Азовского моря уровнем солёности воды, так и существенными изменениями в развитии разных видов желетелого макрозоопланктона, что диктует необходимость исследования реакции ихтиопланктона Азовского моря на сочетанное воздействие нового комплекса перечисленных факторов.

Глава III. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В основу настоящей работы положены материалы, полученные в ходе выполнения учетных ихтиопланктонных, мальковых и лампарных съемок Азовского моря, которые проводит Азово-Черноморский филиал Государственного научного центра Российской Федерации ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), за период 2018–2023 гг. Исследования направлены на оценку интенсивности и эффективности размножения морских видов рыб в Азовском море. Материал отбирался согласно стандартной сетке станций ихтиопланктонной конусной сетью (ИКС-80) из мельничного газа № 15 (рисунок 3.1) и стандартной сетке станций работы 25-м мальковым тралом конструкции Н. Н. Данилевского с минимальным размером ячеи 3 мм (рисунок 3.2).



Рисунок 3.1 – Сетка станций ихтиопланктонной съёмки Азовского моря

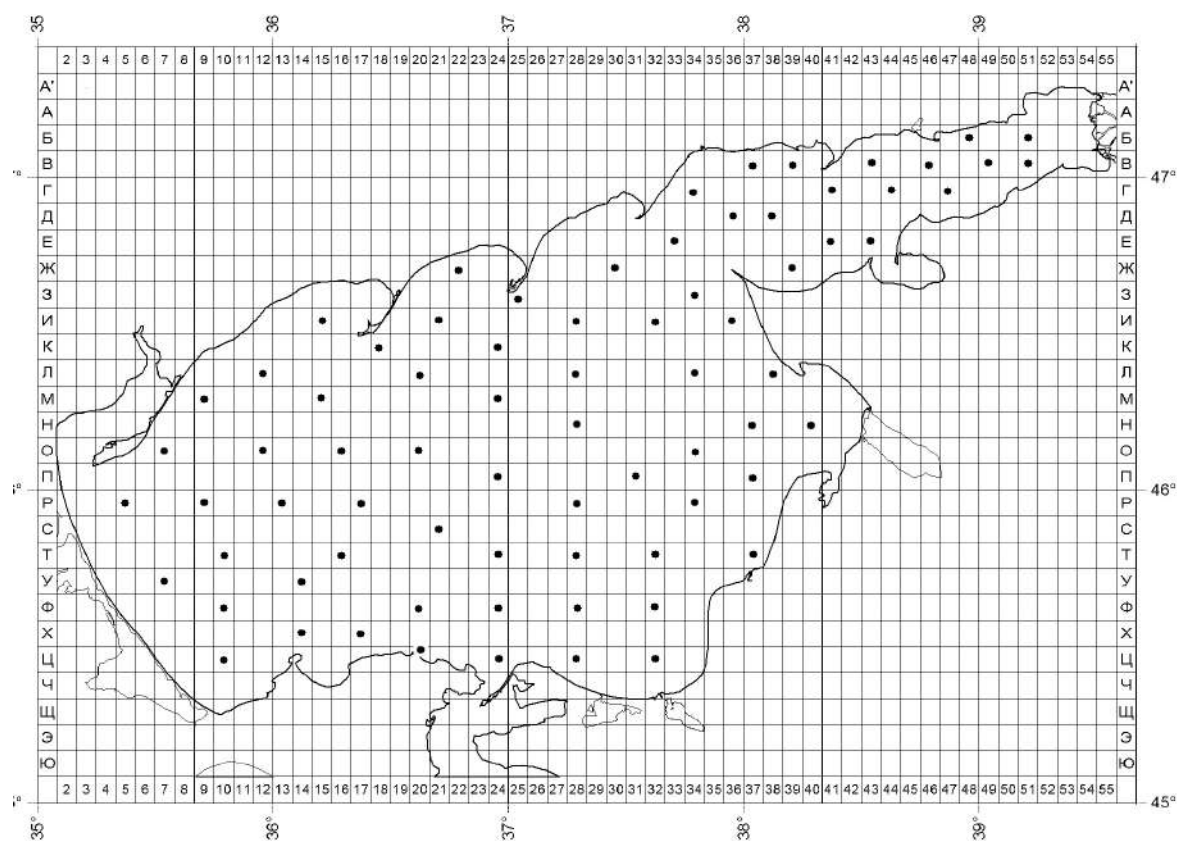


Рисунок 3.2 – Сетка станций учётной съёмки 25-м мальковым тралом конструкции Н.Н. Данилевского (показаны учетные квадраты Азовского моря)

Ежегодно в период массового размножения морских видов рыб в июне проводились обловы ихтиопланктонной конусной сетью на 32 станциях, равномерно расположенных в собственно Азовском море, и 18 станциях в Таганрогском заливе [Белоусов и др., 2018], а в сентябре проводились обловы мальковым тралом конструкции Н. Н. Данилевского на 75 станциях на всей акватории Азовского моря для учёта сеголеток. Кроме этого, в исследовании использовали материалы, полученные при проведении экспедиционных выездов на акваторию Керченского пролива (рисунок 3.3).

Работы в Керченском проливе выполнялись в весенне-летний период, и включали отбор проб ихтиопланктона и обловы молоди мальковой волокушей, которые проводились как в собственно Керченском проливе, так и в Таманском и Динском заливах.



Рисунок 3.3 – Сетка станций экспедиционных выездов на акваторию Керченского пролива

Отбор проб ихтиопланктона (всего отобрано 550 проб) проводили икорной сетью с борта судна на циркуляции со скоростью 3 узла (миля/час) в течение 10 минут в собственно Азовском море и 5 минут в Таганрогском заливе с последующим пересчётом улова на 10 мин. [Воловик и др., 2005; Луц и др., 2005]. Обловы мальковым тралом проводили по методике ЮгНИРО [Павловская, Архипов, 1989]. Видовую принадлежность уловов малькового трала определяли при помощи определителей [Fischer, W., M.-L. Bauchot et M. Schneider, 1987; Световидов, 1964; Емтыль, Иваненко, 2002; Васильева, Лужняк, 2013; Парин и др., 2014].

Объём собранного и обработанного материала на акватории Азовского моря и Керченского пролива представлен в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Объем собранного и обработанного материала ихтиопланктона, мальков и старших возрастных групп рыб в Азовском море в период с 2018 по 2023 гг., экз.

Вид	Пробы ихтиопланктона	Промеры	Промеры и взвешивание	Полный биоанализ	Определение возраста	Пробы на жирность
Тюлька черноморско-каспийская	550	2700	25000	687	687	52
Хамса		1800	17200	765	765	52
Пиленгас		73	142	-	-	-
Камбала-калкан		23	47	-	-	-
Бычки		144	205	-	-	-
Атерина		5100	400	-	-	-
Барбуля обыкновенная		4860	640	-	-	-
Ставрида средиземноморская		2340	220	-	-	-

При определении видовой принадлежности ранней молодежи и икры рыб в уловах ихтиопланктонных сетей использовали общепринятые определители [Дехник, 1973; Водяницкий, Казанова, 1954; Павловская, Архипов, 1989; Коблицкая, 1981]. Номенклатура видов приведена по международному сайту WoRMS <https://www.marinespecies.org/index.php>. Методика обработки каждой ихтиопланктонной пробы представлена в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Методика обработки ихтиопланктонной пробы

Вид работ	Оборудование
Промывка пробы от формалина	Склянка 200 мл
Концентрация пробы до объема 50 мл	

Заливка первой части пробы (10 мл) в смотровую камеру	камера Богорова
Определение видовой принадлежности массового вида икры в заливке	Определитель, бинокляр
Подсчёт массового вида икры в заливке	бинокляр
Определение видовой принадлежности редких видов икры в заливке	Определитель, бинокляр
Подсчёт редких видов икры в заливке	бинокляр
Определение видовой принадлежности основного вида личинок в заливке	Определитель, бинокляр
Подсчёт основного вида личинок в заливке	бинокляр
Определение видовой принадлежности единичных видов личинок в заливке	Определитель, бинокляр
Подсчёт единичных видов личинок в заливке	бинокляр
Заливка второй части пробы (10 мл) в смотровую камеру	камера Богорова
Определение видовой принадлежности массового вида икры в заливке	Определитель, бинокляр
Подсчёт массового вида икры в заливке	бинокляр
Определение видовой принадлежности редких видов икры в заливке	Определитель, бинокляр
Подсчёт редких видов икры в заливке	бинокляр
Определение видовой принадлежности основного вида личинок в заливке	Определитель, бинокляр
Подсчёт основного вида личинок в заливке	бинокляр
Определение видовой принадлежности единичных видов личинок в заливке	Определитель, бинокляр
Подсчёт единичных видов личинок в заливке	бинокляр
Заливка третьей части пробы (10 мл) в смотровую камеру	камера Богорова
Определение видовой принадлежности массового вида икры в заливке	Определитель, бинокляр
Подсчёт массового вида икры в заливке	бинокляр
Определение видовой принадлежности редких видов икры в заливке	Определитель, бинокляр
Подсчёт редких видов икры в заливке	бинокляр
Определение видовой принадлежности основного вида личинок в заливке	Определитель, бинокляр
Подсчёт основного вида личинок в заливке	бинокляр
Определение видовой принадлежности единичных видов личинок в заливке	Определитель, бинокляр
Подсчёт единичных видов личинок в заливке	бинокляр

Заливка четвёртой части пробы (10 мл) в смотровую камеру	камера Богорова
Определение видовой принадлежности массового вида икры в заливке	Определитель, бинокляр
Подсчёт массового вида икры в заливке	бинокляр
Определение видовой принадлежности редких видов икры в заливке	Определитель, бинокляр
Подсчёт редких видов икры в заливке	бинокляр
Определение видовой принадлежности основного вида личинок в заливке	Определитель, бинокляр
Подсчёт основного вида личинок в заливке	бинокляр
Определение видовой принадлежности единичных видов личинок в заливке	Определитель, бинокляр
Подсчёт единичных видов личинок в заливке	бинокляр
Заливка пятой части пробы (10 мл) в смотровую камеру	камера Богорова
Определение видовой принадлежности массового вида икры в заливке	Определитель, бинокляр
Подсчёт массового вида икры в заливке	бинокляр
Определение видовой принадлежности редких видов икры в заливке	Определитель, бинокляр
Подсчёт редких видов икры в заливке	бинокляр
Определение видовой принадлежности основного вида личинок в заливке	Определитель, бинокляр
Подсчёт основного вида личинок в заливке	бинокляр
Определение видовой принадлежности единичных видов личинок в заливке	Определитель, бинокляр
Подсчёт единичных видов личинок в заливке	бинокляр
Суммирование результатов всех заливок	
Заполнение журнала	
Пересчёт данных на объём	

Сбор и обработку материалов из уловов малькового трала проводили по методическим указаниям И. Ф. Правдина [1966]. Вариационные ряды, данные биологических анализов и определения возраста обрабатывались с использованием методов вариационной статистики.

Длину рыб измеряли от вершины рыла до:

- конца средних лучей хвостового плавника (хамса, ставрида средиземноморская) с точностью до 1 мм;

- конца чешуйного покрова (барабуля обыкновенная, черноморско-каспийской тюлька, пиленгас, атерина) с точностью до 1 мм.

Вариационные ряды длины тела составляли:

- через 5 мм (хамса, черноморско-каспийской тюлька, ставрида средиземноморская, барабуля обыкновенная, атерина);
- через 10 мм (пиленгас).

Возраст определяли с использованием бинокля МБС-1 при 16-ти кратном увеличении путем подсчета годовых колец по:

- чешуе (барабуля обыкновенная);
- отолитам в просветляющей жидкости (черноморско-каспийской тюлька, хамса, ставрида средиземноморская, атерина).

Пробы на возраст массовых видов отбирались таким образом, чтобы на каждую размерную группу вариационного ряда приходилось не менее 20 экземпляров, а малочисленные и редкие виды из уловов отбирались для анализа полностью [Методы ..., 2005; GFCM Capture Production, 2019]. Определение жирности хамсы и черноморско-каспийской тюльки проводилось по методу Сокслетта [Кривобок, Тарковская, 1967].

Оценка численности и биомассы сеголеток рыб в Азовском море производилась только по данным учетных мальковых съемок. Использовался метод прямого учета по общепринятой формуле [Жиликова и др., 2005; Brockwell, 1991; Chen, 2015]:

$$M = P * m / p * k,$$

где M – численность или биомасса вида,

P – площадь района (км²),

p – площадь облова трала (км²/30 мин.),

m – средний улов за траление (т/30 мин. или экз./30 мин.),

k – коэффициент уловистости вида.

При учете пелагических рыб площадь облова малькового трала рассчитывалась только на горизонтальное раскрытие собственно трала и составляла

0,015 км²/30 мин. Коэффициент уловистости для черноморско-каспийской тюльки и хамсы принимался равным 0,25 [Забалуева и др., 2015].

Многие статистические методы предполагают, что данные в выборке распределены нормально. В реальности часто приходится иметь дело со статистическими данными, которые по тем или иным причинам не подходят под это определение. В этой ситуации использовали метод, позволяющий преобразовать исходную «ненормальную выборку» в «нормальную». Преобразование Бокса-Кокса – это статистический инструмент, который преобразует ненормальные данные в нормальное распределение [Вох, Сох, 1964]. Данное распределение в дальнейшем использовалось в формулах, применяемых при прогнозировании численности сеголеток. Для работы с преобразованием Бокса-Кокса использовали электронные таблицы Excel, www.codecamp.ru, 2022.

Данные по уловам личинок массовых пелагических видов рыб Азовского моря – хамса и черноморско-каспийская тюлька – подвергали этому преобразованию. Целью данного преобразования было получение средней плотности распределения ранней молодежи указанных выше видов в планктоне на 1 облов ихтиопланктонной сети. Чтобы судить о точности отражения проведенных измерений состава генеральной совокупности, необходимо было рассчитать стандартную ошибку средней арифметической выборочной совокупности [Аксютин, 1968; Дубровина, 1976; Лапач, 2002].

Стандартная ошибка средней арифметической определяет степень отклонений выборочной средней арифметической от средней арифметической генеральной совокупности.

Стандартная ошибка средней арифметической вычисляется по формуле:

$$S_x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

где σ – стандартное отклонение результатов измерений, n – объем выборки.

P-value – это вероятность получить значение статистики критерия, равное наблюдаемому или более нетипичное по сравнению с наблюдаемым при условии,

что нулевая гипотеза верна. Более неформально, p-value – это «жизнеспособность» нулевой гипотезы, которую оценивают по имеющимся данным.

В проведенном исследовании использовали двустороннюю альтернативную гипотезу $p\text{-value} = P(|z| \geq z \text{ набл.})$. В случае двусторонней альтернативной гипотезы изучали оба «хвоста» распределения (правый и левый). Фиксировали уровень значимости α . Уровень значимости α – это вероятность отвергнуть нулевую гипотезу при условии, что она верна. P-value – это минимальный уровень значимости, на котором нулевая гипотеза может быть отвергнута. Соответственно, если p-value меньше фиксированного уровня значимости, на котором проверяется гипотеза, нулевую гипотезу следует отвергнуть, если более – отвергать нулевую гипотезу оснований нет.

Объём процеженной воды сетью ИКС-80 определяли по формуле:

$$V = t * v * s,$$

где:

V – объём процеженной воды (м^3);

t – время экспозиции сети (мин.)

v – скорость движения судна (миля/час)

s – площадь облова ИКС-80 (м^2)

Подставляя данные в указанную формулу, получали, что в течение 10 минут при скорости 3 узла через сечение ИКС-80 ($0,25 \text{ м}^2$) проходит порядка 230 м^3 морской воды.

Используя объём процеженной воды за экспозицию, производили пересчёт количества личинок на 1 км^3 поверхностного слоя воды по формуле:

$$N = n * 1/0,00023,$$

где:

N – численность личинок рыб в 1 км^3 поверхностного слоя (шт./ км^3)

n – численность личинок в улове ИКС-80 (шт.)

0,00023 – объём процеженной воды (км^3)

Объём Таганрогского залива в поверхностном слое (0,5 м) составляет 2,80 км³, в собственно Азовском море – 16,25 км³. Далее перемножали данные предыдущего расчёта на 2,8 км³ (черноморско-каспийская тюлька) и 16,25 км³ (хамса), и получали общую численность одной генерации личинок черноморско-каспийской тюльки в Таганрогском заливе и хамсы в собственно Азовском море:

$$N_z = N * 2,8$$

$$N_m = N * 16,25$$

где:

N_z – общая численность одной генерации личинок тюльки в заливе (шт.)

N_m – общая численность одной генерации личинок хамсы в море (шт.)

N – численность личинок рыб в 1 км³ поверхностного слоя (шт./км³)

Большинство исследователей плодовитости рыб при обследовании яичников самок производят подсчёт только желтковых икринок разного размера, считая, что именно эти икринки будут выметаны в текущий нерестовый сезон. Таких порций обычно насчитывается 3, однако тюлька и хамса размножаются в течение достаточно продолжительного срока – 2-3 месяцев, и в течение всего этого периода интенсивно питаются зоопланктоном. В течение этого срока в стадию трофо-плазматического роста могут вступать новые оогонии, которые ранее при вскрытии рыб и анализе яичников не могли быть учтены.

По данным июньских лампарных съёмов за весь период наблюдений АЧФ ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), в утренние и дневные часы самки хамсы и тюльки с брюшком, полным готовой для вымета икры, не отмечаются. В то же время вечером, а особенно в предзакатные часы, такие самки составляют 100 % выборки. Потреблённая в течение дня пища у половозрелых самок в нерестовый период в основном идёт на обеспечение генеративного обмена. Это приводит к созреванию к вечеру очередной порции икры. Результатом является нерест данных видов рыб каждую ночь, и их можно отнести к видам с многопорционным нерестом и постоянным созреванием ооцитов [Овен, 1976; Павловская Архипов, 1989]. Основываясь на этих данных, предполагается, что в период массового раз-

множения хамсы и тюльки за весь нерестовый сезон самками вымётывается порядка 30 генераций икры.

Умножая определённое выше количество личинок черноморско-каспийской тюльки в Таганрогском заливе в одной генерации на количество генераций, получается общее количество личинок, произведенное в период массового нереста, а затем общая численность личинок переводится в миллиарды штук:

$$N_{30} = N_z * 30 * 1000000000$$

Такой же подсчёт проводим для личинок хамсы в собственно Азовском море:

$$N_{30} = N_m * 30 * 1000000000$$

Используя данные съёмов мальковым тралом конструкции Н. Н. Данилевского, определяется фактическая численность сеголеток данного поколения у хамсы и тюльки в миллиардах особей.

Разделив фактическую численность сеголеток на численность личинок в период массового размножения, получаем коэффициент пересчёта, который ежегодно усредняется на основании новых данных, используя следующую формулу:

$$K_t = N_{0+} / N_{30}$$

$$K_h = N_{0+} / N_{30}$$

где:

K_t – коэффициент пересчёта для тюльки

K_h – коэффициент пересчёта для хамсы

N_{0+} – численность сеголеток хамсы или тюльки

N_{30} – общая численность личинок хамсы или тюльки

На следующий год, имея данные ихтиопланктонной съёмки и умножив их на этот усреднённый коэффициент, в июне возможно получить предварительные данные о численности поколения у хамсы и тюльки, которое окажется в сентябре. Эти данные могут быть использованы в дальнейших расчётах для определения объемов запаса и возможного вылова, в том числе и для корректировки возможного вылова массовых пелагических видов рыб Азовского моря. Данный метод

можно использовать при прогнозировании некоторых массовых короткоцикловых пелагических видов на срок 1-2 года.

Достоверность полученных данных расчета численности поколения хамсы и тюльки по данным ихтиопланктонных съемок проверялась с использованием коэффициента ранговой корреляции Спирмена (r_s).

ГЛАВА IV. ВИДОВОЙ СОСТАВ ИХТИОПЛАНКТОНА АЗОВСКОГО МОРЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Все экспедиции, работавшие в Азово-Черноморском бассейне до 1930-х гг., изучали видовой состав рыб моря вместе с черноморскими видами. Отдельный список видовой структуры рыб Азовского моря был приведён в трудах Азово-Черноморской научно-промысловой экспедиции [Книпович, 1932]. Исследованиями последующих лет видовой состав рыб время от времени уточнялся [Троицкий, Цуникова, 1988; Состояние ..., 1995; Воловик, Чихачёв, 1998; Чихачёв, 2001]. Согласно этим исследованиям, фауна рыб моря в современный период представлена 104 видами и подвидами. Из них 51 являются морскими видами, 19 пресноводными, 28 солоноватоводными, акклиматизантов насчитывается 6 видов [Коблицкая, 1981]. Несмотря на то, что количество обитающих в Азовском море видов рыб достаточно велико, основное число ежегодных теплолюбивых мигрантов из Чёрного моря вследствие пониженной солёности Азовского моря и его сильного охлаждения в зимний период года использовали этот водоём только как нагульный.

Начиная с 1990-х гг., в пробах ихтиопланктона стали учитываться все встречающиеся виды, что позволило установить видовой состав, распределение и численность ранних стадий развития рыб Азовского моря. В результате этих исследований было установлено, что в планктоне моря встречаются икра и ранняя молодь 31 вида рыб, из которых 23 вида являются морскими [Надолинский, 2004; Надолинский, 2006].

С началом периода нового осолонения Азовского моря происходят изменения в видовом составе ихтиопланктона моря. В отобранных пробах отмечались представители только 27 морских видов рыб [Надолинский, Надолинский, 2018]. В этих исследованиях видовой состав ихтиопланктона приводился для всего Азовского моря без выделения видового состава отличающихся друг от друга акваторий моря, какими являются Таганрогский залив, собственно Азовское море и Керченский пролив.

В период настоящих исследований произошел дальнейший рост солености воды в Азовском море. В 2018 г. она возросла до 14,19 ‰, в 2019 г. достигала значения 14,35 ‰. Осенью 2020 г. солёность достигла уровня 15,28 ‰ [Жукова, 2020], а в августе 2023 г. – 15,85 ‰.

Значительные изменения в состоянии внешней среды привели к изменениям в составе ихтиопланктона. В уловах ихтиопланктонных конусных сетей перестали регистрироваться полупроходные и проходные виды рыб. Вместе с тем в изучаемой акватории стали регистрироваться черноморские виды.

В период с 2018 по 2023 гг. в уловах ихтиопланктона в Таганрогском заливе были зарегистрированы представители 14 видов рыб, из которых 4 вида рыб имели 2 пелагические стадии (икра и личинки) и 10 видов – 1 пелагическую стадию (личинка). Видовой состав ранних стадий развития рыб и статус в Таганрогском заливе представлен в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Видовой состав ихтиопланктона Таганрогского залива и его статус в период 2018–2023 гг.

№ п/п	Вид рыбы		Статус	
	Русское название	Латинское название	Икра	Личинки
Отр. Clupeiformes – сельдеобразные				
Сем. Clupeidae – сельдёвые				
1	Черноморско-каспийская тюлька	<i>Clupeonella cultriventris</i> (Nordmann, 1840)	М	М
Сем. Engraulidae – анчоусовые				
2	Хамса азовская	<i>Engraulis maeoticus</i> Pusa- nov & Zeeb, 1926	О	О

Отр. Gasterosteiformes – колюшкообразные				
Сем. Gasterosteidae – колюшковые				
3	Трёхиглая колюшка	<i>Gasterosteus aculeatus</i> Linnaeus, 1758	-	О
Отр. Syngnathiformes – иглообразные или пучкожаберные				
Сем. Syngnathidae – морские иглы				
4	Шиповатая игла-рыба	<i>Syngnathus schmidti</i> Попов, 1928	-	О
Отр. Mugiliformes – кефалеобразные				
Сем. Mugilidae – кефалевые				
5	Пиленгас	<i>Planiliza haematocheilus</i> (Temminck & Schlegel, 1845)	О	О
Сем. Atherinidae – атериновые				
6	Атерина	<i>Atherina boyeri</i> Risso, 1810	-	О
Отр. Perciformes – окунеобразные				
Сем. Percidae – окунёвые				
7	Перкарина	<i>Percarina maeotica</i> Kuznetsov, 1888	-	О
Сем. Blenniidae – собачковые				
8	Морская собачка Звони- мира	<i>Parablennius zvonimiri</i> (Kolombatovic, 1892)	-	О
Сем. Gobiidae – бычковые				
9	Бычок-бубырь	<i>Knipowitschia caucasica</i> (Berg, 1916)	-	М
10	Бычок Книповича	<i>Knipowitschia longicaudata</i> (Kessler, 1877)	-	М

Продолжение таблицы 4.1

11	Малый бычок-бубырь	<i>Pomatoschistus minutus</i> (Pallas, 1770)	-	Р
12	Бычок сирман	<i>Ponticola syrman</i> (von Nordmann, 1840)	-	С
13	Бычок песочник	<i>Neogobius fluviatilis</i> (Pallas, 1814)	-	С
Отр. Pleuronectiformes – камбалообразные Сем. Scophthalmidae – калкановые				
14	Камбала-калкан	<i>Scophthalmus maeoticus</i> (Pallas, 1814)	Р	О
Примечание: – отсутствие вида, М – массовый вид, О – обычный вид, Р – редкий вид, С – случайный вид				

В собственно Азовском море (без Таганрогского залива) ихтиопланктон был представлен ранними стадиями развития 24 видов рыб, из которых 2 пелагические стадии (икра и личинки) имели 6 видов рыб и 18 видов – 1 пелагическую стадию (личинка) [Надолинский, 2024]. Видовой состав планктонных стадий развития рыб и их статус представлен в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Видовой состав ихтиопланктона собственно Азовского моря и его статус в период 2018–2023 гг.

№ п/п	Вид рыбы		Статус	
	Русское название	Латинское название	Икра	Личинки
Отр. Clupeiformes – сельдеобразные Сем. Clupeidae – сельдёвые				
1	Черноморско-каспийская тюлька	<i>Clupeonella cultriventris</i> (Nordmann, 1840)	-	Р
Сем. Engraulidae – анчоусовые				

Продолжение таблицы 4.2

2	Хамса азовская	<i>Engraulis maeoticus</i> Pusa- nov & Zeeb, 1926	М	М
3	Хамса черноморская	<i>Engraulis encrasicolus</i> (Linnaeus, 1758)	Р	Р
Отр. Beloniformes – сарганообразные Сем. Belonidae – саргановые				
4	Сарган	<i>Belone euxini</i> Günther, 1866	-	Р
Отр. Gasterosteiformes – колюшкообразные Сем. Gasterosteidae – колюшковые				
5	Трёхиглая колюшка	<i>Gasterosteus aculeatus</i> Linnaeus, 1758	-	О
Отр. Syngnathiformes – иглообразные или пучкожаберные Сем. Syngnathidae – морские иглы				
6	Шиповатая игла-рыба	<i>Syngnathus schmidti</i> Popov, 1928	-	О
7	Пухлощекая игла-рыба	<i>Syngnathus abaster</i> Risso, 1827	-	Р
8	Длиннорылая игла-рыба	<i>Syngnathus typhle</i> Linnaeus, 1758	-	Р
Отр. Mugiliformes – кефалеобразные Сем. Mugilidae – кефалевые				
9	Пиленгас	<i>Planiliza haematocheilus</i> (Temminck & Schlegel, 1845)	О	О
Отр. Atheriniformes – атериноподобные Сем. Atherinidae – атериновые				
10	Атерина	<i>Atherina boyeri</i> Risso, 1810	-	О

Отр. Perciformes – окунеобразные				
Сем. Carangidae – ставридовые				
11	Ставрида средиземно-морская	<i>Trachurus mediterraneus</i> (Steindachner, 1868)	Р	Р
Сем. Mullidae – султанковые				
12	Барабуля обыкновенная	<i>Mullus ponticus</i> Essipov, 1927	Р	Р
Сем. Blenniidae – собачковые				
13	Морская собачка Звонимира	<i>Parablennius zvonimiri</i> (Kolombatovic, 1892)	-	Р
14	Морская собачка	<i>Parablennius sanguinolentus</i> (Pallas, 1814)	-	О
Сем. Gobiidae – бычковые				
15	Бычок-бубырь	<i>Knipowitschia caucasica</i> (Berg, 1916)	-	М
16	Бычок Книповича	<i>Knipowitschia longicaudata</i> (Kessler, 1877)	-	Р
17	Малый бычок-бубырь	<i>Pomatoschistus minutus</i> (Pallas, 1770)	-	Р
18	Мраморный бычок-бубырь	<i>Pomatoschistus marmoratus</i> (Risso, 1810)	-	Р
19	Азовская пуголовка	<i>Benthophilus magistri</i> Iljin, 1927	-	Р
20	Звездчатая пуголовка	<i>Benthophilus stellatus</i> (Sauvage, 1874)	-	Р
21	Бычок сирман	<i>Ponticola syrman</i> (von Nordmann, 1840)	-	С

22	Бычок песочник	<i>Neogobius fluviatilis</i> (Pallas, 1814)	-	С
23	Бычок кругляк	<i>Neogobius melanostomus</i> (Pallas, 1814)	-	С
Отр. Pleuronectiformes – камбалообразные Сем. Scophthalmidae – калкановые				
24	Камбала-калкан	<i>Scophthalmus maeoticus</i> (Pallas, 1814)	О	О
Примечание: – отсутствие вида, М – массовый вид, О – обычный вид, Р – редкий вид, С – случайный вид				

Система Керченского пролива является частью Азовского моря и имеет высшую категорию рыбохозяйственного значения [Колончин, 2021]. Пролив с южной части ограничен линией мыс Такиль – мыс Панагия. С северной части он ограничивается линией мыс Хрони – мыс Ахиллеон. Система Керченского пролива включает, кроме собственно пролива, обширные мелководные Таманский и Динской заливы, которые играют важную роль в качестве мест нагула ранних стадий развития некоторых видов рыб [Чашин и др., 2012; Фащук, 2019].

Состав ихтиопланктона в Керченском проливе весьма вариабелен и определяется частой сменой направления течений – адвекцией черноморских вод при ветровых явлениях южных румбов, когда с течениями заносится икра и личинки рыб из Черного моря, либо сгоном азовоморских вод в Черное море под воздействием ветров северных румбов, когда в составе ихтиопланктона преобладают икра и личинки рыб, размножающихся в Азовском море. В Керченском проливе отмечены ранние стадии развития 19 видов рыб, из которых икру и личиночную стадию имели 7 видов рыб, а 12 видов обладали только 1 пелагической стадией (личинка) (таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Видовой состав ихтиопланктона Керченского пролива и его статус в период 2018–2023 гг.

№ п/п	Вид рыбы		Статус	
	Русское название	Латинское название	Икра	Личинки
Отр. Clupeiformes – сельдеобразные Сем. Engraulidae – анчоусовые				
1	Хамса азовская	<i>Engraulis maeoticus</i> Pusa- nov & Zeeb, 1926	М	М
2	Хамса черноморская	<i>Engraulis encrasicolus</i> (Linnaeus, 1758)	М	М
Отр. Beloniformes – сарганообразные Сем. Belonidae – саргановые				
3	Сарган	<i>Belone euxini</i> Günther, 1866	-	О
Отр. Gasterosteiformes – колюшкообразные Сем. Gasterosteidae – колюшковые				
4	Трёхиглая колюшка	<i>Gasterosteus aculeatus</i> Linnaeus, 1758	-	О
Отр. Syngnathiformes – иглообразные или пучкожаберные Сем. Syngnathidae – морские иглы				
5	Морской конек	<i>Hippocampus hippocampus</i> Linnaeus, 1758	-	Р
6	Шиповатая игла-рыба	<i>Syngnathus schmidtii</i> Popov, 1928	-	О
7	Толсторылая игла-рыба	<i>Syngnathus variegatus</i> Pallas, 1814	-	Р
Отр. Mugiliformes – кефалеобразные Сем. Mugilidae – кефалевые				
8	Пиленгас	<i>Planiliza haematocheilus</i> (Temminck & Schlegel, 1845)	О	О

9	Лобан	<i>Mugil cephalus</i> Linnaeus, 1758	Р	Р
Отр. Atheriniformes – атериноподобные Сем. Atherinidae – атерининовые				
10	Атерина обыкновенная	<i>Atherina boyeri</i> Risso, 1810	-	О
11	Атлантическая атерина	<i>Atherina hepsetus</i> Linnaeus, 1758	-	Р
Отр. Perciformes – окунеобразные Сем. Carangidae – ставридовые				
12	Ставрида средиземно-морская	<i>Trachurus mediterraneus</i> (Steindachner, 1868)	О	Р
Сем. Mullidae – султанковые				
13	Барабуля обыкновенная	<i>Mullus ponticus</i> Essipov, 1927	О	Р
Сем. Blenniidae – собачковые				
14	Морская собачка	<i>Parablennius sanguinolentus</i> (Pallas, 1814)	-	О
Сем. Gobiidae – бычковые				
15	Бычок-бубырь	<i>Knipowitschia caucasica</i> (Berg, 1916)	-	О
16	Малый бычок-бубырь	<i>Pomatoschistus minutus</i> (Pallas, 1770)	-	О
17	Мраморный бычок-бубырь	<i>Pomatoschistus marmoratus</i> (Risso, 1810)	-	Р
18	Бычок травяник	<i>Zosterisessor ophiocephalus</i> (Pallas, 1814)	-	Р
Отр. Pleuronectiformes – камбалообразные Сем. Scophthalmidae – калкановые				
19	Камбала-калкан	<i>Scophthalmus taeoticus</i> (Pallas, 1814)	Р	Р
Примечание: – отсутствие вида, М – массовый вид, О – обычный вид, Р – редкий вид, С – случайный вид				

Ранняя молодь и икра описанных выше видов регистрируется в уловах ихтиопланктонных конусных сетей преимущественно в весенне-летний период. В южной половине Керченского пролива преобладают виды черноморского происхождения, в северной – азовского. Численность планктонных стадий развития рыб в Керченском проливе представлена в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Численность икры и ранней молоди рыб в весенне-летний период в Керченском проливе, шт./сеть

Виды	Северная часть		Южная часть	
	Икра	Личинки	Икра	Личинки
Хамса азовская	138,9	11,5	-	-
Хамса черноморская	-	-	7,8	0,7
Сарган	-	-	-	0,2
Трёхиглая колюшка	-	0,7	-	0,7
Морской конек	-	-	-	0,5
Шиповатая игла-рыба	-	11,5	-	1,4
Толсторылая игла-рыба	-	16,1	-	9,2
Пиленгас	0,2	0,1	0,5	0,2
Лобан	-	-	0,5	0,2
Атерина обыкновенная	-	0,2	-	0,5
Атерина атлантическая	-	-	-	0,4
Ставрида средиземноморская	0,1	-	0,7	0,2
Барабуля обыкновенная	0,1	-	0,2	0,1
Морская собачка	-	14,5	-	11,5
Бычок-бубырь	-	61,9	-	16,1
Малый бычок-бубырь	-	7,4	-	0,5
Мраморный бычок-бубырь	-	-	-	6,9
Камбала-калкан	1,5	0,1	-	-

На восточном берегу Керченского пролива располагаются два мелководных залива: Таманский (глубина 2,5-4,6 м) и Динской (глубина 0,6-1,8 м). Заливы не имеют пресноводного стока, поэтому их солёность приближается по уровню к черноморской. Дно преимущественно песчаное, только возле западных берегов в результате размыва изредка отмечаются глинистые грунты.

Данные заливы имеют высокую кормовую базу, и используются подростшей молодью в основном как нагульные, но и здесь в небольшом количестве встречаются икра и личинки рыб (таблица 4.5).

Таблица 4.5 – Численность икры и ранней молоди рыб в весенне-летний период в Таманском и Динском заливах, шт./сеть

Вид	Таманский залив		Динской залив	
	Икра	Личинки	Икра	Личинки
Хамса	92,1	0,3	39,1	0,2
Пиленгас	-	0,2	-	2,3
Морская собачка	-	1,2	-	2,3
Бычок бубырь	-	14,9	-	6,9
Бычок травяник	-	5,8	-	4,6
Сарган	-	1,6	-	6,9
Барабуля обыкновенная	-	9,2	4,6	2,3
Ставрида средиземноморская	-	4,6	2,3	-

В целом, исследованиям и было установлено, что в период 2018–2023 гг. в составе ихтиопланктона Азовского моря отмечались ранние стадии развития 31 вида рыб. Повышение солёности способствовало появлению в составе ихтиопланктона моря икры и ранней молоди таких черноморских видов, как барабуля (султанка обыкновенная), ставрида средиземноморская, мраморный бычок-бубырь, лобан, атлантическая атерина, морской конёк и других видов рыб [Водяницкий и др., 1954]. Данные виды раньше здесь не отмечались.

Вместе с тем выявленная численность ранней молоди черноморских видов весьма невысокая, что указывает на низкий уровень воспроизводства черноморских видов рыб в Азовском море в современных условиях и незначительный объем возможного пополнения промысловых популяций за счет азовских генераций.

Исходя из полученных данных выполненных исследований ихтиопланктона в современный период к значимым объектам промысла можно отнести только 5 видов рыб (черноморско-каспийская тюлька, хамса, пиленгас, камбала-калкан и бычок-травяник).

ГЛАВА V. ДИНАМИКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ЧИСЛЕННОСТЬ ИКРЫ И ЛИЧИНОК РЫБ АЗОВСКОГО МОРЯ

Выживаемость поколений в эмбриональный и ранний постэмбриональный периоды жизни имеют определяющее значение в формировании динамики численности и запасов популяции. Знание распределения ранних стадий развития рыб в современный период дает возможность снизить отрицательные последствия воздействия на запасы водных биоресурсов в условиях хозяйственной деятельности человека на различных водных объектах. На распределение икры и ранней молоди значительное влияние оказывают изменения условий окружающей среды, связанные с воздействием природных и антропогенных факторов.

Личинки и мальки рыб, численность которых в дальнейшем определяет урожайность поколения и формирование запаса, потребляют мелкие формы зоопланктона: коловраток, меропланктон, науплии и младшие возрастные группы копепод. Недостаток этих кормовых организмов при переходе личинок на внешнее питание приводит к высокой элиминации ранней молоди рыб (таблица 5.1).

В проводившихся исследованиях можно выделить два периода. Первый начался в 2018 и окончился в 2020 гг., когда среднегодовая солёность Азовского составляла 13,80-14,35 ‰ и превысила максимальное значение солёности первого периода осолонения в 1970-х гг., при этом в море не отмечалось значительного количества медуз. Второй период – с 2021 по 2023 гг. – характеризуется тем, что на фоне резкого увеличения солёности моря в среднем до 15,28-15,85 ‰ стало происходить массовое развитие сцифоидных медуз корнерота *Rhizostoma pulmo* (Macri, 1778) и ушастой аурелии *Aurelia aurita* (L., 1758). Медузы, как и мнемисис, усилили пищевую конкуренцию для молоди рыб, при этом медузы оказывают влияние на биомассу кормовых организмов для рыб на всех стадиях развития [Мирзоян и др., 2023].

Таблица 5.1 – Численность кормового для личинок зоопланктона (тыс. экз./м³) и численность личинок (млрд шт.) в Азовском море и Таганрогском заливе в июне в период 2018-2023 гг.

Год	Собственно море		Таганрогский залив	
	Численность зоопланктона	Численность личинок	Численность зоопланктона	Численность личинок
2018	1,7	1,18	101,0	1,5
2019	2,6	2,16	23,0	1,1
2020	2,5	2,17	6,0	0,7
2021	1,6	0,85	41,5	1,5
2022	1,4	1,18	11,0	0,5
2023	1,5	0,82	184,0	2,2

Как показали выполненные исследования, среди общей численности видов ихтиопланктона, которые облавливались ихтиопланктонными конусными сетями в Азовском море в современный период осолонения и развития медуз, наиболее массовыми являлись личинки и икра пиленгаса, хамсы, ранняя молодь черноморско-каспийской тюльки и личинки бычков. Остальные виды отмечались единично.

5.1 Черноморско-каспийская тюлька

Черноморско-каспийская тюлька является массовым пелагическим видом ихтиофауны Азовского моря и способна переносить значительные сезонные колебания температуры воды. По типу питания – зоопланктофаг. Длительность ее жизни достигает 6 лет, тем не менее основная часть популяции состоит из особей в возрасте от 2 до 4 лет. Большую часть жизненного цикла черноморско-каспийская тюлька проводит собственно в Азовском море, а Таганрогский залив используется как основное нерестилище и акватория, где в основном и сосредоточено естественное воспроизводство азовской популяции. Нагул её осуществляется

по всей акватории собственно моря, а зимовка происходит преимущественно в его центральной части [Майский, 1967; Пинус, 1970].

По данным собственных исследований, размножение черноморско-каспийской тюльки начинается во второй половине апреля при температуре воды в заливе 13-14 °С, и продолжается до середины июня, а массовый нерест отмечается во второй половине мая при температуре воды 18-21 °С (рисунок 5.1; таблица 5.2).

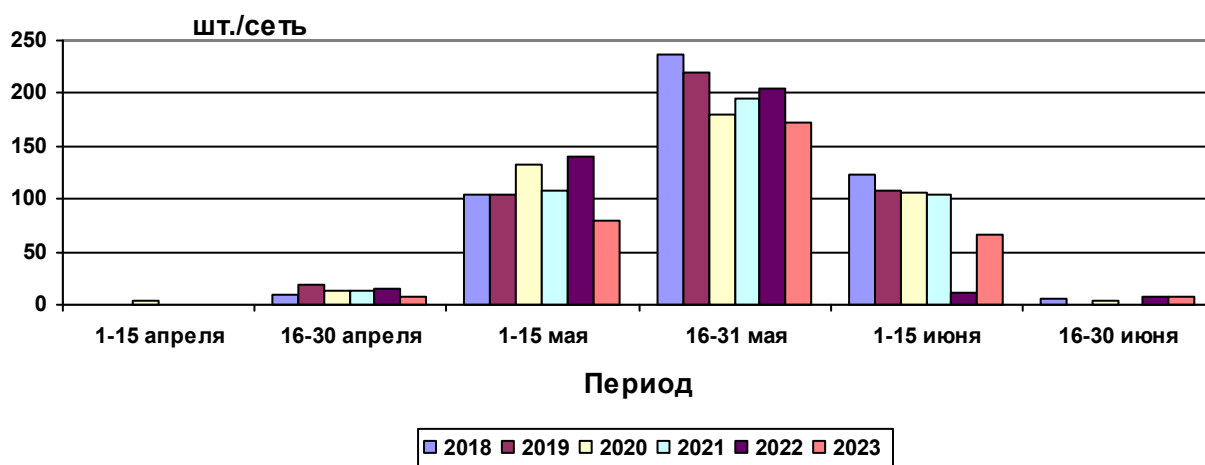


Рисунок 5.1 – Период размножения черноморско-каспийской тюльки (по данным ихтиопланктонных съёмки), шт. ихтиопланктона на 1 облов

Таблица 5.2 – Средняя весенне-летняя температура воды в Таганрогском заливе в период 2018–2023 гг., °С

Год/числа месяца	2018	2019	2020	2021	2022	2023
апрель 1-15	12,2	13,1	13,5	12,8	12,1	12,0
апрель 16-30	13,7	13,0	13,0	13,3	13,7	13,1
май 1-15	18,8	18,4	18,4	17,2	14,5	14,8
май 16-31	20,6	21,5	21,5	20,5	18,3	18,1
июнь 1-15	21,2	24,9	22,1	21,7	22,4	20,6
июнь 16-30	24,7	25,5	24,6	24,6	23,7	22,6

Инкубационный период эмбрионального развития черноморско-каспийской тюльки при температуре 17-18 °С составляет 27-30 часов [Луц, 2009; Надолинский, 2023].

Развитие в Азовском море популяций гребневика мнemiопсиса, а в последние годы медуз аурелии и ризостомы, отрицательно сказывается на посленерестовом нагуле производителей тюльки. Часть из них имеет к началу нерестового сезона порядка 3-7 % жира от массы тела, что явно недостаточно для эффективного созревания. Такие особи с низким запасом жира не принимают участия в нересте и не мигрируют в Таганрогский залив, а продолжают нагул на хорошей весенней кормовой базе собственно Азовского моря, которая составляет в весенне-летний период до развития популяций мнemiопсиса и медуз порядка 700-900 мг/м³ [Мирзоян и др., 2023]. Эта часть популяции экономно расходует накопленные жировые запасы для созревания на будущий год. Распределяющиеся на нерестилищах в Таганрогском заливе производители тюльки имеют порядка 11-17 % жира и созревают в текущем году (рисунок 5.2; таблица 5.3).

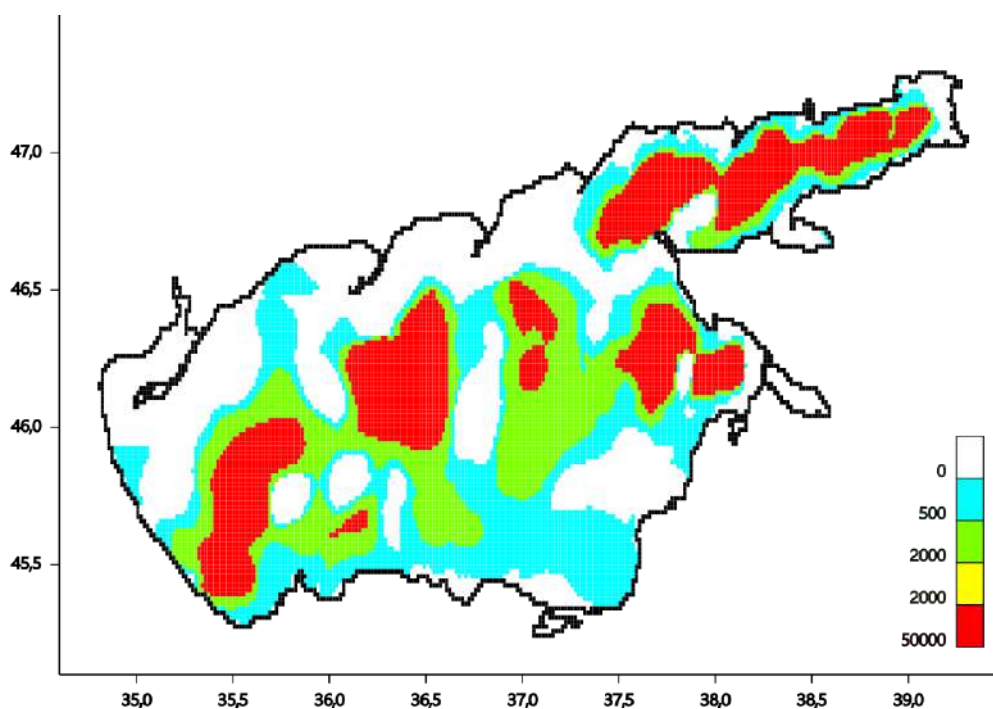


Рисунок 5.2 – Плотность распределения производителей черноморско-каспийской тюльки в Азовском море в июне (в период нереста) в 2018–2023 гг., кг/км²

Таблица 5.3 – Распределение популяции черноморско-каспийской тюльки в период нереста в Азовском море за период 2018–2023 гг., %

Год	Таганрогский залив	Собственно море
2018	76	24
2019	75	25
2020	65	45
2021	70	30
2022	80	20
2023	79	21

Таким образом, как показали выполненные исследования, в современный период (2018–2023 гг.) около трети производителей тюльки стали ежегодно пропускать нерестовый сезон, что существенно снижает воспроизводительную способность популяции. Подобное распределение производителей тюльки в период размножения отмечалось и ранее – в 1990-х гг. при сценариях раннего развития популяций гребневика мнемипсиса. В «догребневиковый» период вся популяция тюльки участвовала в нересте [Гребневик, ... 2000; Луц, 2009].

Условия внешней среды и величина солёности влияют на ареал размножения и кормовую базу популяции. Эффективное воспроизводство черноморско-каспийской тюльки оптимально при солёности 4-5 ‰ и количестве мелкого корма для личинок в пределах от 20 до 30 тыс. экз./м³ [Луц и др., 1996; Пятинский и др., 2022].

При естественном водно-солевом режиме моря (средняя солёность Таганрогского залива порядка 6 ‰) ранняя молодь тюльки постепенно перемещалась по оси залива к собственно морю. В конце июня она распространялась по всему Таганрогскому заливу и частично заходила в северо-восточную часть Азовского моря [Луц, 2009].

Средний уровень солёности залива в период 2018–2020 гг. достиг 10,02 ‰. Результатом повышения солёности воды стало то, что распределение ранней мо-

лоди тюльки ограничивается центральными и восточными районами Таганрогского залива (таблица 5.4; рисунок 5.3).

Таблица 5.4 – Количественное распределение ранней молоди черноморско-каспийской тюльки в Таганрогском заливе в июне 2018–2020 гг., шт./сеть

Квадрат моря	Количество личинок
51В	0
18У	0
51Б	2
39Е	0
10Ф	0
33Е	0
14Н	0
28И	0
13Р	0
39Г	0
14У	0
34Д	0
28Л	0
14Х	0
17Х	0
43Е	0
41Е	0
32Т	0
34Л	0
32Н	0
34З	0
22Н	0
38М	0
25Н	0
18Н	0
40Н	0
36П	0
30С	0
28Ф	0
20Р	0
24Ф	0
32Ц	0
37Т	0
8У	0

24П	0
26С	0
37Г	0
36Д	8
43В	82
41Г	0
39Д	6
47Г	214
44Г	716
46В	1008
49В	978
48Б	3354

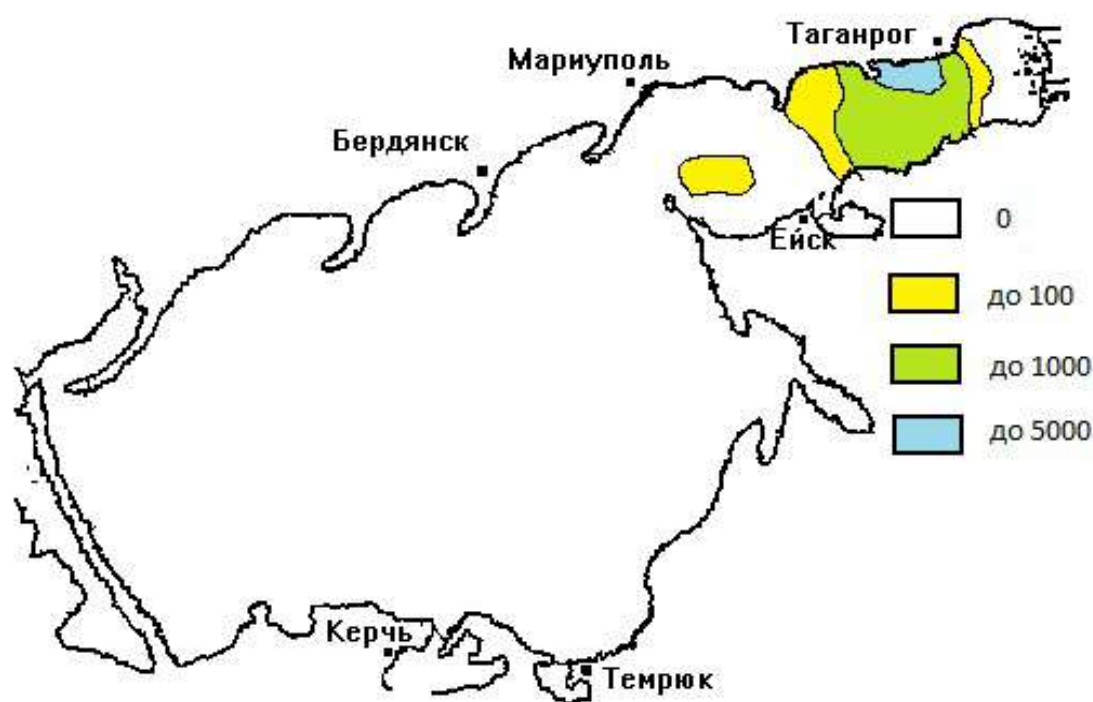


Рисунок 5.3 – Пространственное распределение ранней молоди черноморско-каспийской тюльки в Таганрогском заливе в июне периода 2018–2020 гг., шт./сеть

В 2021–2023 гг. в связи с повышением средней солёности залива до 11,44 ‰ мальки черноморско-каспийской тюльки облавливались только в тех районах, на

соленость которых ещё сказывается опресняющее влияние пресноводного стока р. Дон (таблица 5.5; рисунок 5.4).

Таблица 5.5 – Количественное распределение ранней молоди черноморско-каспийской тюльки в Таганрогском заливе в июне периода 2021–2023 гг., шт./сеть

Квадрат моря	Количество личинок
51-Б	10
51-В	38
48-Б	4
37-В	0
41-Г	0
43-В	0
39-В	12
46-В	0
49-В	4
43-Е	8
41-Е	4
47-Г	32
33-Е	0
44-Г	6
39-Д	0
34-Г	0
36-Д	0
39-Е	0
32-И	0
24-Ц	0
20-О	0
24-Т	0
14-У	0
17-Х	0
17-Р	0
12-Л	0
13-Р	0
5-Р	0
28-Р	0
25-З	0
28-Л	0
24-П	0
15-И	0
9-П	0
7-У	0

7-О	0
38-Л	0
40-Н	0
18-К	0
24-М	0
10-Ц	0
36-И	0
32-Т	0
37-П	0
32-Ц	0
32-М	0
22-Ж	0
10-Л	0
31-П	0
28-Ф	0

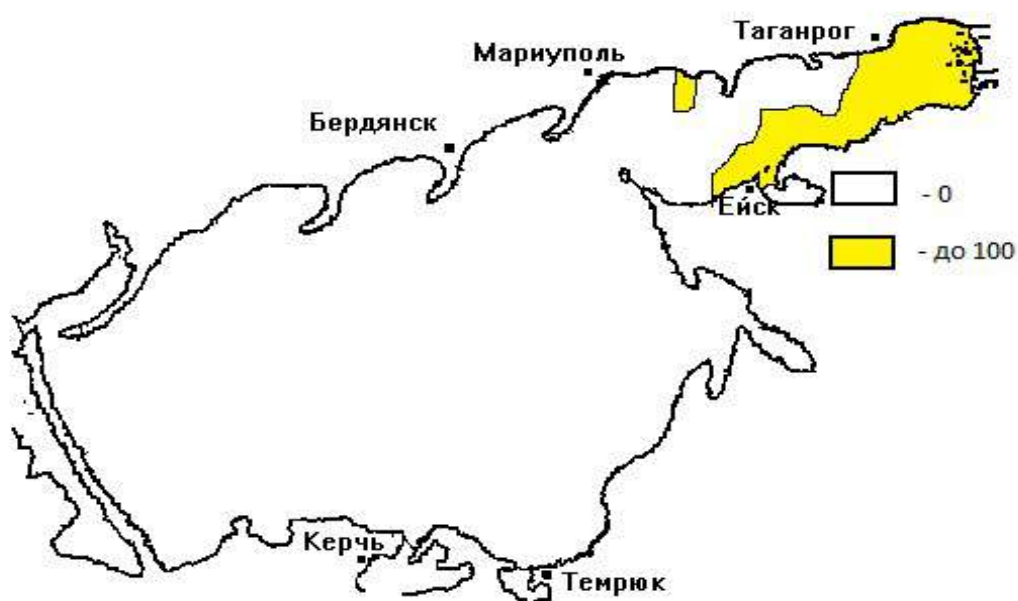


Рисунок 5.4 – Пространственное распределение ранней молоди тюльки в Таганрогском заливе в июне периода 2021–2023 гг., шт./сеть

Все вышеперечисленные факторы привели к снижению воспроизводительной способности популяции и выживаемости ранней молоди тюльки (таблица 5.6).

Таблица 5.6 – Динамика средней численности ранней молодежи тюльки в июне в Таганрогском заливе в период 2018–2023 гг. шт./сеть

Период	Таганрогский залив			
	Восток	Центр	Запад	Среднее
2018–2020	386±16*	1037±21*	141±9*	521±4*
2021–2023	24±1*	22±1*	3,0±0,2*	16,0±0,8*

* - $p \leq 0,01$

По данным исследований средняя численность личинок на 1 облов ихтиопланктонной сети сократилась в 33 раза. Сокращение численности ихтиопланктона обусловило последующее сокращение объемов пополнения промыслового запаса черноморско-каспийской тюльки и его снижение в Азовском море и Таганрогском заливе с 200 тыс. тонн до менее 50 тыс. тонн (рисунок 5.5).



Рисунок 5.5 – Динамика запасов черноморско-каспийской тюльки в исследуемый период (2018–2023 гг.)

Таким образом, в результате выполненных исследований установлено, что в период 2018–2023 гг. отмечается не только сокращение площади распределения скоплений ранней молодежи черноморско-каспийской тюльки, но и снижение её численности в уловах ихтиопланктона, что обусловило сокращение общего запаса данного промыслового вида в Азовском море.

5.2 Хамса азовская

На протяжении всего года азовская хамса обитает в двух морях – Черном и Азовском, и совершает ежегодные миграции между ними. Азовское море используется для двух главных периодов цикла её жизни – нагула и размножения, а зимовка происходит в Черном море у побережий Кавказа и Крыма.

Хамса – один из самых массовых видов рыб Азовского моря: по численности уступает только черноморско-каспийской тюльке. Это типично морская пелагическая рыба, которая осваивает его акваторию с солёностью выше 7-8 ‰ только в тёплое время года (Луц и др., 2004).

Азовская хамса относится к видам рыб с коротким жизненным циклом, максимальный возраст не превышает 5 (4+) лет. По среднемноголетним данным основу нерестового стада составляют годовики и двухгодовики [Емтыль и др., 2002].

В конце зимы – начале весны хамса на местах зимовок начинает проявлять активность [Надолинский, 2004], и ее скопления начинают мигрировать ближе к Керченскому проливу. Пройдя Керченский пролив, хамса осваивает всю акваторию собственно Азовского моря, а также частично занимает запад Таганрогского залива. По типу питания хамса является фильтратором, вследствие этого в пищевом комке преобладают наиболее массовые в данный период организмы [Корнилова, 1955]. В Азовское море хамса заходит с низким содержанием жира в мышцах – порядка 2 ‰. В период интенсивного преднерестового нагула она к середине мая набирает до 7-8 ‰ жира, созревает и начинает нереститься. Такое количество жировых запасов сохраняется у хамсы на протяжении всего нерестового сезона [Рогов, 1996; Рогов и др., 2000].

Размножение хамсы происходит в собственно Азовском море при достижении температуры воды 16-18 °С. Икринки и ранняя молодь хамсы распределяются в приповерхностных слоях воды, и достаточно хорошо облавливаются ихтиопланктонными сетями. Первые уловы икры хамсы отмечаются в середине мая при

температуре воды – 16 °С, а массовое размножение происходит в июне, когда температура воды в море достигает величины 18-20 °С (рисунок 5.6; таблица 5.7).

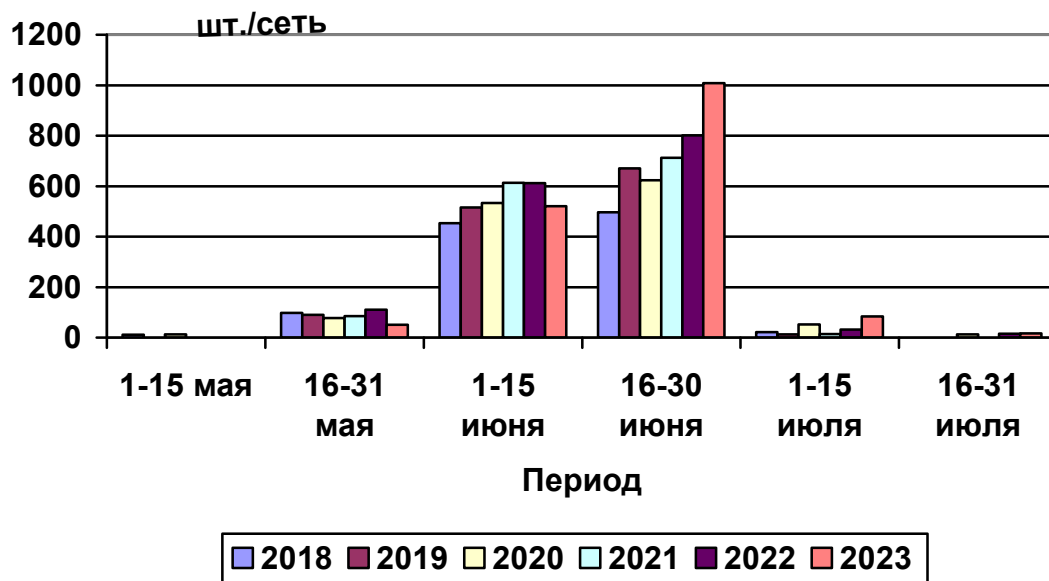


Рисунок 5.6 – Современные сроки размножения азовской хамсы по данным ихтиопланктонных съёмов, в шт. на 1 облов

Таблица 5.7 – Средняя весенне-летняя температура воды в собственно Азовском море в период 2018–2023 гг., °С

Год/числа месяца	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Апрель, 1-15	12,8	12,6	12,7	13,0	12,0	11,9
Апрель, 16-30	13,7	12,4	13,5	13,7	12,3	12,6
Май, 1-15	16,8	16,8	16,3	16,0	19,9	13,6
Май, 16-31	20,0	20,2	18,2	19,1	15,9	16,6
Июнь, 1-15	21,1	25,2	20,9	20,7	21,3	19,6
Июнь, 16-30	24,7	26,0	25,0	24,7	23,2	22,4

В период размножения хамса активно питается, в результате чего очередная порция икры у самок созревает каждый день. По типу размножения хамсу можно отнести к видам с непрерывным созреванием ооцитов и многопорционным нерестом [Овен, 1976], при этом полученные пищевые ресурсы потреблённого в нерестовый период корма идут на обеспечение генеративного обмена и созревание очередной порции икры. Количество выметанной икры напрямую зависит от обеспе-

ченности производителей кормом в данный период времени [Надолинский, Надолинский, 2018].

Эффективность нереста азовской хамсы в значительной мере зависит от биомассы кормовых организмов для ранней молоди во время ее перехода на внешнее питание [Надолинский, 2004]. Как показали выполненные исследования, в период 2018–2020 гг. порядка 10 % производителей хамсы от общей численности рыб нерестовой популяции в июне успешно стало нереститься в Таганрогском заливе. Но основные скопления ихтиопланктона в указанный период стало отмечаться в юго-западной части Азовского моря (таблица 5.8; рисунок 5.7).

Таблица 5.8 – Количественное распределение икры хамсы в Азовском море в июне 2018–2020 гг., шт./сеть

Квадрат моря	Количество икринок
14У	11
10Ф	341
12Ц	736
9Р	3369
12О	12
20Ф	248
15Р	314
24Ф	100
17Р	95
21С	219
18О	21
24М	133
22М	185
24П	71
32Ф	20
28Л	71
28Р	746
32Л	14
28Ф	302
34О	38
40Н	12
34П	288
7У	3560
37Н	149

30И	78
36И	31
32И	1
32Т	5
33Е	72
37Е	40
38Д	332
51Б	0
44Г	178
49В	0
46В	0
41Д	62

На численность кормовых организмов, необходимых для питания личинок хамсы, существенное влияние оказывает хищничество мнемипсиса, который предпочитает мелкие типы зоопланктона, являющимися кормовыми организмами для личинок [Дудкин и др., 2011]. Между тем последние годы характеризуются тем, что нехватка корма для личиночных стадий хамсы в собственно море восполняется довольно обширной кормовой базой на западе Таганрогского залива, что может являться главной причиной низкого уровня смертности личинок хамсы в этой части Азовского моря [Мирзоян и др., 2023].



Рисунок 5.7 – Пространственное распределение икры хамсы в Азовском море в июне 2018–2020 гг., шт./сеть

Последующее повышение уровня солёности воды Азовского моря в период 2021–2023 гг. привело к бурному развитию популяций сцифоидных медуз ризостомы (корнерота) и аурелии [Мирзоян и др. 2019]. При этом смена видового состава зоопланктона с солоноватоводного на морской также привела к тому, что максимальная численность науплий, которыми питается ранняя молодь хамсы, стало отмечаться в более поздние сроки. При переходе на внешнее питание хамса стала испытывать жесткий недостаток корма, что отразилось в количественном снижении численности личинок хамсы и увеличении их естественной смертности (таблица 5.9; рисунок 5.8).

Таблица 5.9 – Количественное распределение личинок хамсы в Азовском море в июне 2018–2020 гг., шт./сеть

Квадрат моря	Количество личинок
37П	0
40Н	5
28Л	3
24М	60
41Г	0
34Р	4
36Д	2
47Г	0
45В	0
42Д	0
43Е	0
49В	0
44Г	0
39Д	4
44Г	0
34Л	5
33Е	0
34Д	0
39Ж	6
41Е	0
40Г	0
36Ж	44
28Н	0
24П	5
30С	0

24Т	3
28Ф	0
34Х	0
24Ц	1
20Ц	0
17Х	0
16Т	50
21С	6
20Р	20
14У	8
10Т	4
11Р	3
10Ц	56
10Ф	30
32И	0
16О	224
9Р	20
20О	206
34З	1
36И	0
7У	2523

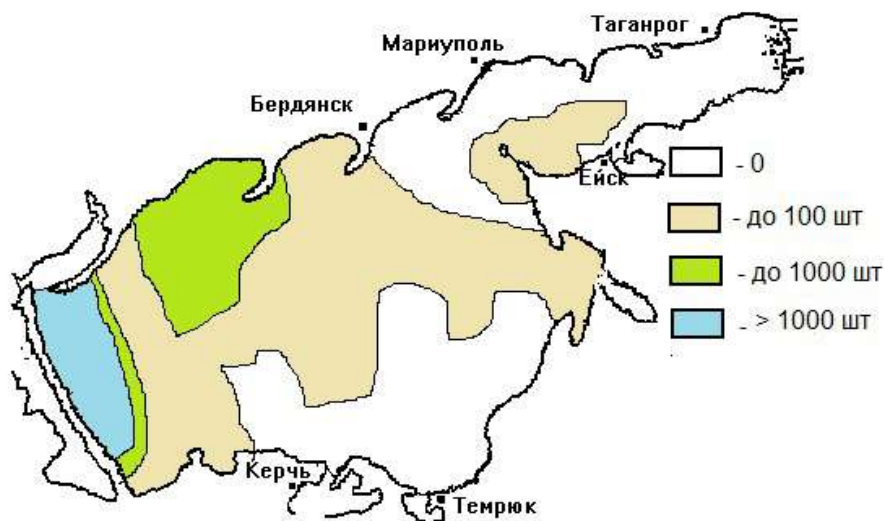


Рисунок 5.8 – Пространственное распределение ранней молоди хамсы в Азовском море в июне 2018–2020 гг., шт./сеть

В последующий период 2021–2023 гг. количество икры хамсы в ихтиопланктоне Азовского моря возросло (таблица 5.10, рисунок 5.9), однако уровень выживания ранней молоди продолжил оставаться на низком уровне (таблица 5.11, рисунок 5.10).

Таблица 5.10 – Количественное распределение икры хамсы в Азовском море в июне 2021–2023 гг., шт./сеть

Квадрат моря	Количество икринок
44Г	10
32Н	31
32Л	30
32Ц	181
34Л	9
36И	70
40Н	451
49В	0
37П	36
24Ц	25
39Д	856
43Е	54
24М	366
24П	773
28Л	204
37Д	1416
34Е	2676
22Ф	58
40Е	1856
41Г	0
41Е	2746
38Д	240
51Б	0
51В	0
48Б	0
36Д	1720
43В	0
16Т	664
37Т	344
34У	17
17Х	22
47Г	0

46В	0
28Р	169
10Ц	128
9Р	25
31П	3838
24Т	4409
20О	2910
24Ф	2296
7У	1740
8Т	2289
32И	6956
17Р	7092
21С	4768
12О	10890
15Н	7079
32Т	19664
18Р	1530



Рисунок 5.9 – Пространственное распределение икры хамсы в Азовском море в июне 2021–2023 гг., шт./сеть

Таблица 5.11 – Количественное распределение личинок хамсы в Азовском море в июне 2021–2023 гг., шт./сеть

Квадрат моря	Количество личинок
51Б	11
51В	16
48Б	0
49В	0
47Г	2
46В	2
44Г	0
43В	0
43Е	29
41Е	41
41Г	1
40Е	0
39Д	0
38Д	0
37Д	1
36Д	5
33Е	0
32И	3
36И	0
34Л	0
32Л	0
40Н	2
37Н	0
37П	0
37Т	19
34У	0
32У	2
31П	246
28Л	0
28Р	1
32Ц	6
24М	5
24П	15
24Т	2
24Ф	20
24Ц	0
20О	21
21С	20
22Ф	36

18P	3837
17P	51
16T	196
17X	22
15H	4
12O	6
9P	16
10Ц	24
8T	88
7У	173



Рисунок 5.10 – Пространственное распределение ранней молоди хамсы в Азовском море в июне 2021–2023 гг., шт./сеть

Азовская хамса характеризуется высоким уровнем эвригалинности [Дроздов, 2011], поэтому современное осолонение Азовского моря, очевидно, не оказывает негативного влияния на интенсивность её размножения (таблица 5.12).

Таблица 5.12 – Динамика средней численности икры и ранней молоди хамсы в июне в Азовском море в периоды 2018–2020 и 2021–2023 гг., шт./сеть

Период	собственно Азовское море						Таганрогский залив	
	Восток		Запад		Среднее		Икра	личинки
	икра	личинки	икра	личинки	икра	личинки		
2018–2020	310±1*	1,0±0,1*	707±27*	55±6*	464±18**	19±1*	86±8*	4±1*
2021–2023	2611±64**	15±1*	1786±40*	12±1*	1626±44* *	14±1*	395±1* *	5±1*

** - $p \leq 0,02$

* - $p \leq 0,001$

Как показали выполненные исследования, основное влияние на формирование объемов генерации хамсы текущего года оказывают июньские генерации, выживание которых обеспечивается относительно высоким уровнем развития кормового зоопланктона на фоне отсутствия популяций мнемииопсиса и ризостомы. Результаты нереста хамсы в Азовском море в более поздние сроки оказываются низкоэффективными вследствие недостатка в это время года кормовых для личинок организмов, что обуславливает практически полную гибель личинок хамсы.

В целом, в течение всего исследованного периода времени средняя численность икры хамсы на один облов возросла в собственно море и в Таганрогском заливе в 4 раза, но количество личинок при этом снизилось. Оцененная численность ранней молоди хамсы в исследуемый период сократилась в 2,4 раза – с 3,9 млрд экз. до 1,6 млрд экз., что явилось главной причиной снижения уровня естественного воспроизводства хамсы и обусловило сокращение биомассы ее промысловой популяции. Корреляционный анализ, проведенный по Спирману, показал сильную положительную связь количества ранней молоди хамсы с показателями солености вод Азовского моря ($r_s = 0,636$), слабую отрицательную связь с биомассой популяций гребневика мнемииопсиса ($r_s = -0,308$) и сильную отрицательную корреляцию с биомассой сцифоидных медуз ($r_s = -0,919$).

Можно сделать вывод, что, несмотря на расширение своего нерестового ареала, в период 2018–2023 гг. под влиянием недостатка кормовых ресурсов при переходе на внешнее питание происходит значительное снижение выживаемости ранней молоди хамсы, что предопределяет низкий уровень пополнения промыслового запаса.

5.3 Пиленгас

Пиленгас не является аборигенным видом для Азовского моря, этот вид относится к дальневосточным эстуарно-морским рыбам и был акклиматизирован в Азовском море в конце 1980-х гг., в 1993 г. вошел в перечень объектов азовского

промысла. Пиленгас характеризуется максимальной среди кефалевых рыб холодоустойчивостью и в нативном ареале обитает в основном в северном районе ареала распространения семейства. В естественном ареале нерест пиленгаса происходит на мелководье с конца мая вплоть до середины июля. Размножение происходит в опреснённых лагунах при уровне солёности от 12 до 15 ‰ [Казанский и др., 1968].

Работы других исследователей отмечают нерест пиленгаса на Дальнем Востоке и при солёности воды в диапазоне 24-33 ‰ [Мизюркина, Мизюркин 1983]. Наиболее оптимальной для развития ранней молоди пиленгаса считается солёность воды 23-30 ‰ [Макухина, 1991]. Опытные работы Л. И. Булли [1991] с производителями азовской популяции пиленгаса показывают, что оплодотворение икры может происходить в широком диапазоне солёности 3-45 ‰. При этом, эффективность эмбриогенеза уменьшается при снижении солёности с 20 до 17 ‰ [Булли, 1991]. Более низкие значения уровня солёности останавливают развитие эмбриона [Булли, 1994]. В связи с этим первоначально при акклиматизации пиленгаса в Азовском море с его низким уровнем солёности воды планировалось осуществлять его искусственное воспроизводство в установках замкнутого водоснабжения, выпуская только уже подростную молодь в собственно море.

Однако высокая степень эврибионтности пиленгаса позволила ему эффективно нереститься в новых экологических условиях. Первые урожайные поколения пиленгаса, появившиеся от естественного воспроизводства, были отмечены в акватории Азовского моря с конца 1980-х – до начала 1990-х гг. [Пряхин и др., 2000].

К середине 1990-х гг. эмбриональные и ранние постэмбриональные стадии развития этого вида встречаются в уловах ихтиопланктона практически по всей акватории собственно моря. В середине 1990-х гг. эмбриональные стадии развития пиленгаса впервые были отмечены в западной части Таганрогского залива. К середине 2000-х гг. его нерестовый ареал охватывал практически всю акваторию Таганрогского залива, а основные нерестилища располагались в его восточной части [Надолинский, 2008].

Нерест пиленгаса в Азовском море на ранних этапах акклиматизации проходил с конца мая до начала июля, а период массового нереста охватывал, в основном, июнь [Пряхин и др., 2000]. В период настоящих исследований были уточнены сроки нереста и период массового нереста пиленгаса в современные периоды времени. Установлено, что нерест пиленгаса в Азовском море начинается с середины мая при температуре воды 17-18 °С и продолжается до начала июля, а массовый нерест происходит в основном в июне, когда вода в собственно море прогреется до 20-26 °С (рисунок 5.11).

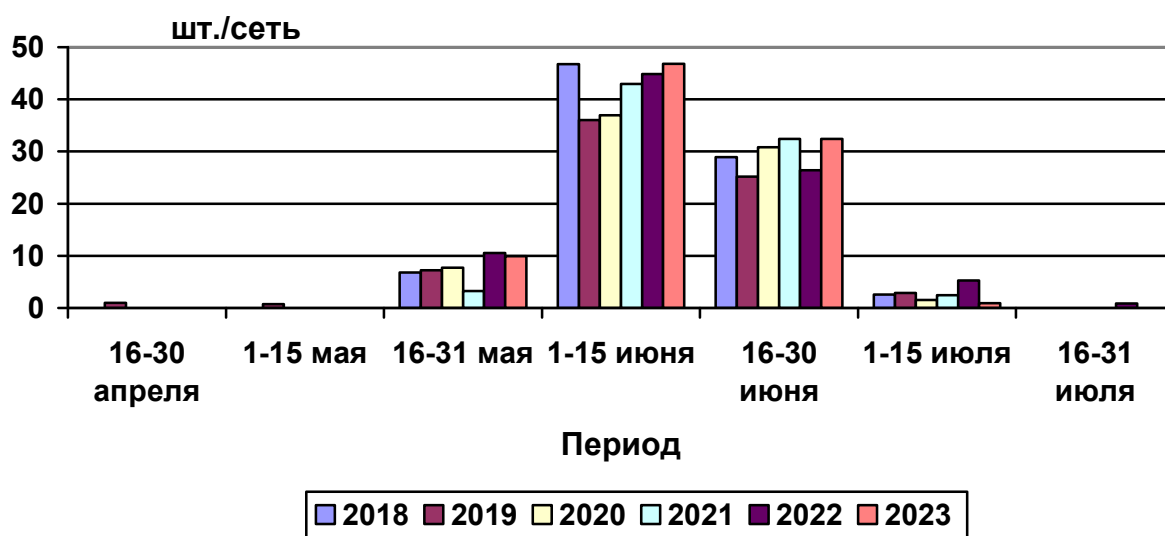


Рисунок 5.11 – Сроки размножения пиленгаса по данным ихтиопланктонных съёмов, в шт. на 1 облов

При переходе на внешнее питание ранняя молодь пиленгаса питается мелкими формами зоопланктона. После первого месяца жизни пиленгас начинает питаться детритом [Казанский и др., 1968]. Продуктивность воспроизводства азовской популяции пиленгаса была максимальной в 2000-х гг., когда в собственно море и Таганрогском заливе преобладали представители солоноватоводного сообщества зоопланктона [Надолинский, 2008]. Осолонение моря привело к изменению структуры зоопланктонного сообщества и сроков массового развития кор-

мовой базы для личинок пиленгаса. Вследствие этого эффективность нереста азовской популяции пиленгаса сократилась [Надолинский, Надолинский, 2018].

В период 2018–2020 гг. численность кормовой биомассы зоопланктона морского типа стабилизировалась. При переходе ранней молодежи пиленгаса на внешнее питание численность кормовых организмов была достаточной для питания, что привело к повышению выживаемости личинок и эффективности размножения этого вида. Икра пиленгаса стала отмечаться не только в Таганрогском заливе, но и в северо-восточной части собственно Азовского моря (таблица 5.13; рисунок 5.12).

Таблица 5.13 – Количественное распределение икры пиленгаса в Азовском море в июне периода 2018–2020 гг., шт./сеть

Квадрат моря	Количество икринок
14У	0
10Ф	0
12Ц	0
9Р	0
12О	0
20Ф	0
15Р	0
24Ф	0
17Р	0
21С	0
18О	0
24М	0
22М	0
24П	0
32Ф	0
28Л	0
28Р	0
32Л	0
28Ф	0
34О	0
40Н	0
34П	0
7У	0
37Н	0

30И	2
36И	0
32И	0
32Т	0
33Е	0
37Е	1
38Д	0
51Б	0
44Г	5
49В	24
46В	6
41Д	7



Рисунок 5.12 – Пространственное распределение икры пиленгаса в Азовском море в июне периода 2018–2020 гг., шт./сеть

Личинки пиленгаса стали отмечаться не только в Таганрогском заливе, но и в собственно Азовском море (таблица 5.14; рисунок 5.13).

Таблица 5.14 – Количественное распределение личинок пиленгаса в Азовском море в июне периода 2018–2020 гг., шт./сеть

Квадрат моря	Количество личинок
37П	0
40Н	0
28Л	0
24М	25
41Г	0
34Р	2
36Д	2
47Г	0
45В	0
42Д	1
43Е	0
49В	0
44Г	0
39Д	1
44Г	1
34Л	0
33Е	18
34Д	4
39Ж	1
41Е	0
40Г	1
36Ж	1
28Н	0
24П	0
30С	0
24Т	0
28Ф	0
34Х	0
24Ц	0
20Ц	0
17Х	0
16Т	0
21С	0
20Р	0
14У	2
10Т	23
11Р	3
10Ц	6
10Ф	4

32И	0
16О	10
9Р	65
20О	10
34З	1
36И	0
7У	5

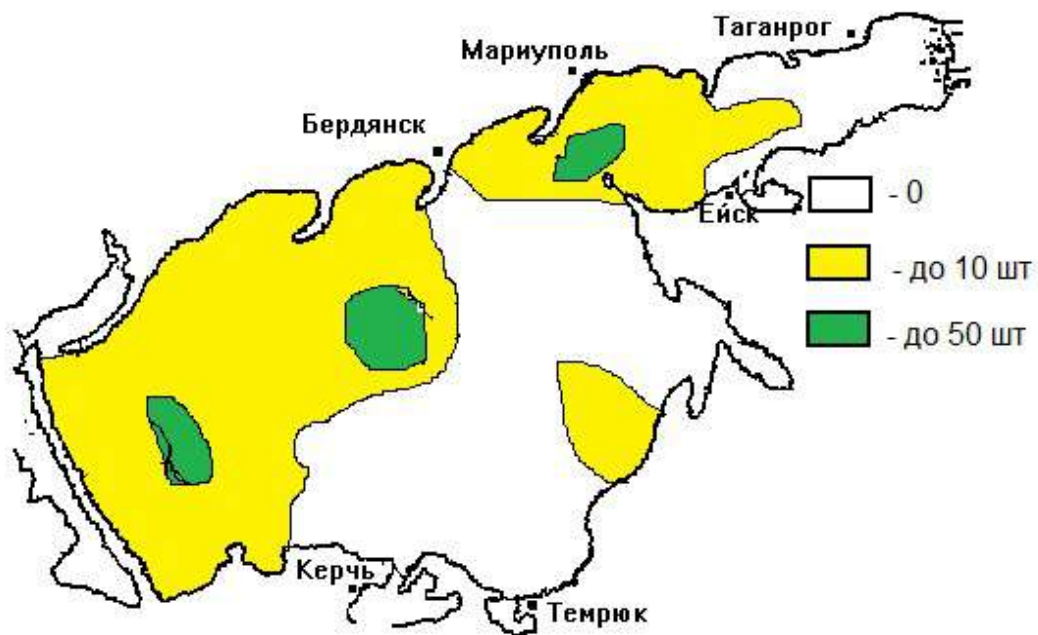


Рисунок 5.13 – Пространственное распределение личинок пиленгаса в Азовском море в июне периода 2018–2020 гг., шт./сеть

Значительное увеличение солёности воды в Азовском море в период 2021–2023 гг. до уровня 15-16 ‰ создало условия для массового развития в море популяций сцифоидных черноморских медуз ризостомы и аурелии. Медузы, вместе с гребневиком мнemiопсисом, являются пищевыми конкурентами для ранней молоди не только пиленгаса, но и других морских видов рыб [Мирзоян и др., 2019]. В результате под влиянием медуз икра пиленгаса в этот период стала отмечаться преимущественно в Таганрогском заливе (таблица 5.15; рисунок 5.14).

Таблица 5.15 – Количественное распределение икры пиленгаса в Азовском море в июне периода 2021–2023 гг., шт./сеть

Квадрат моря	Количество икринок
44Г	3
32Н	0
32Л	0
32Ц	0
34Л	0
36И	0
40Н	0
49В	2
37П	0
24Ц	0
39Д	0
43Е	1
24М	0
24П	0
28Л	0
37Д	0
34Е	0
22Ф	0
40Е	0
41Г	0
41Е	0
38Д	0
51Б	1
51В	0
48Б	0
36Д	0
43В	0
16Т	0
37Т	0
34У	0
17Х	0
47Г	1
46В	1
28Р	1
10Ц	0
9Р	0
31П	0
24Т	0
20О	0

Продолжение таблицы 5.15

24Ф	0
7У	4
8Т	0
32И	4
17Р	0
21С	0
12О	0
15Н	0
32Т	0
18Р	0

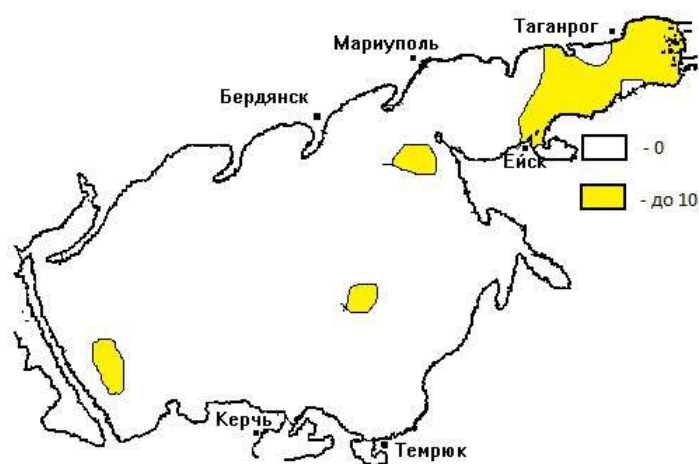


Рисунок 5.14 – Пространственное распределение икры пиленгаса в Азовском море в июне периода 2021–2023 гг., шт./сеть

Личинки и ранние мальки пиленгаса в этот период также отмечаются в основном в Таганрогском заливе (таблица 5.16; рисунок 5.15).

Таблица 5.16 – Количественное распределение личинок пиленгаса в Азовском море в июне периода 2021–2023 гг., шт./сеть

Квадрат моря	Количество икринок
44Г	0
32Н	0
32Л	0
32Ц	0
34Л	0
36И	0
40Н	0

Продолжение таблицы 5.16

49В	0
37П	0
24Ц	0
39Д	0
43Е	0
24М	0
24П	0
28Л	0
37Д	1
34Е	0
22Ф	0
40Е	0
41Г	0
41Е	2
38Д	0
51Б	0
51В	0
48Б	0
36Д	0
43В	12
16Т	0
37Т	0
34У	0
17Х	0
47Г	0
46В	1
28Р	0
10Ц	0
9Р	0
31П	0
24Т	0
20О	0
24Ф	0
7У	0
8Т	0
32И	0
17Р	0
21С	0
12О	0
15Н	2
32Т	0
18Р	0

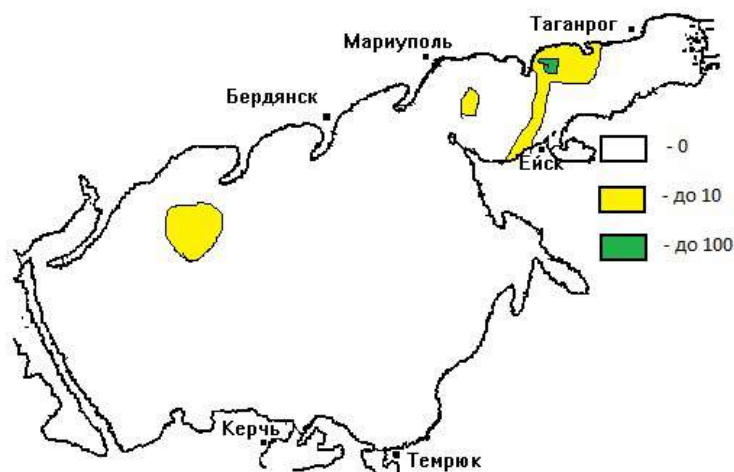


Рисунок 5.15 – Пространственное распределение личинок пиленгаса в Азовском море в июне периода 2021–2023 гг., шт./сеть

Высокий уровень эврибионтности пиленгаса позволил этому виду эффективно осуществлять естественное воспроизводство в новых экологических условиях и позволил освоить новые районы, благоприятные для нереста и высокого уровня выживания молоди [Макухина, 1991].

В период проведенных исследований отмечено изменение нерестового ареала и численности ранних стадий развития пиленгаса в Азовском море, результаты которых представлены в таблице 5.17.

Таблица 5.17 – Динамика средней численности икры и личинок пиленгаса в Азовском море в июне периода 2010–2023 гг. шт./сеть

Период	Район Азовского моря					
	Таганрогский залив		Восток моря		Запад моря	
	Икра	Личинки	Икра	Личинки	Икра	Личинки
2010–2015 (архивные данные)	1,6±0,1	1,2±0,1	0,3±0,1	0,2±0,2	0,7±0,1	0,3±0,1
2018-2020	7,8±0,1**	1,5±0,1**	0,3±0,1*	0,2±0,1*	1,9±0,1*	0,4±0,1*
2021-2023	8,2±0,3**	4,0±0,4**	1,4±0,1*	0*	0,3±0,1*	0,1±0,01*

** - $p \leq 0,04$

* - $p \leq 0,001$

Корреляционный анализ показал невысокую положительную связь численности ихтиопланктона пиленгаса с показателями солености вод Азовского моря ($r_s = 0,432$) и биомассой сцифоидных медуз ($r_s = 0,339$), слабую отрицательную корреляцию с биомассой популяции гребневика мнемнопсиса ($r_s = -0,281$).

Таким образом, в настоящее время эффективный нерестовый ареал пиленгаса включает в себя Таганрогский залив и собственно море. При этом, несмотря на благоприятный уровень солености, численность ранних стадий развития пиленгаса остается на низком уровне.

5.4 Камбала-калкан

Камбала-калкан – это засадный хищник, не образующий плотных скоплений. Калкан населяет практически всю акваторию Азовского моря, за исключением приустьевой зоны рек. Характеризуется придонным образом жизни, зачастую может закапываться в грунт. В весенне-летний период калкан обитает в прибрежной зоне на глубине 2-6 м, где он и нерестится. Во время нагула калкан бывает сконцентрирован в прибрежной зоне Обиточного, Бердянского, Белосарайского заливов, а также у побережья Крымского полуострова – от Керченского пролива вплоть до Арабатской стрелки. У побережья Краснодарского края калкан встречается в меньшем количестве. Половой зрелости самки впервые достигают на 3-6-м году жизни, самцы могут достичь ее в возрасте от 3 до 4 лет.

Благоприятный уровень солености для успешного нереста данного вида в Азовском море составляет 12-13 ‰. Первые икринки камбалы, согласно проведенным исследованиям, отмечаются в планктонных пробах в первой половине мая, когда температура воды достигает значений 13-16 °С. Массовое размножение азовского калкана отмечается с середины мая до конца первой половины июня при температуре воды 16-20 °С (рисунок 5.16).

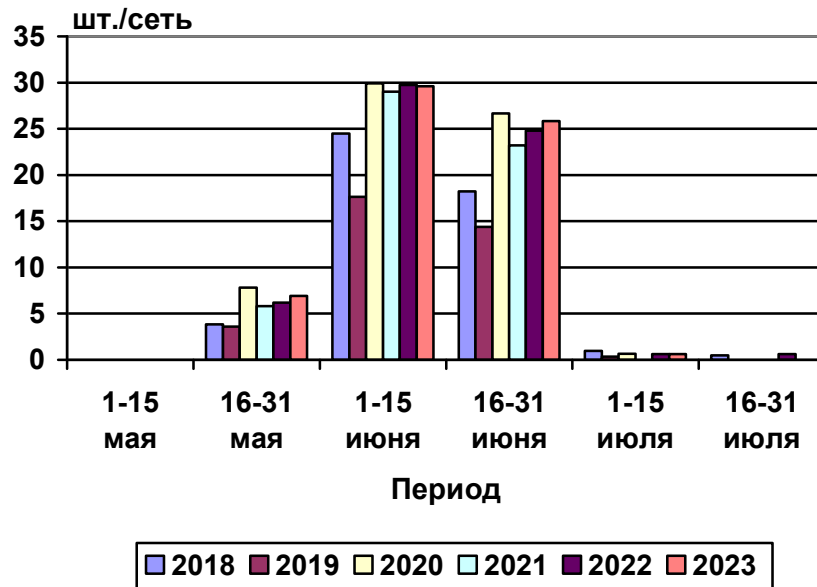


Рисунок 5.16 – Сроки нереста и период массового нереста камбалы-калкан в Азовском море в период 2018–2023 гг., шт. ихтиопланктона на 1 облов сети

Выклюнувшиеся личинки ведут пелагический образ жизни порядка 1 месяца, а после метаморфоза переходят к донному образу жизни. В 1990-х гг., в период удовлетворительного состояния запаса, икра калкана по акватории Азовского моря распределялась отдельными скоплениями, и концентрировалась в центральной и западной частях моря. Личинки и ранние мальки облавливались в основном в июне. Опреснение Азовского моря в период 2000–2007 гг. оказало негативный эффект на воспроизводство камбалы. С 2000 г. ранняя молодь почти не регистрировалась в уловах ихтиопланктонной конусной сети. С 2007 г. начинается новый период увеличения солености воды в Азовском море. В 2016–2017 гг. средняя соленость воды повысилась до 14 ‰, что создало удовлетворительные условия для формирования жизнестойких поколений личинок камбалы [Надолинский и др., 2018].

Несмотря на повышение солености в 2010-е гг. до 12-14 ‰, воспроизводство калкана оставалось на низком уровне вследствие низкой численности производителей, которая не обеспечивала эффективного по численности потомства вос-

производства. Количественное и пространственное распределение икры камбалы-калкан в период 2018–2020 гг. представлено в таблице 5.18 и на рисунке 5.17.

Таблица 5.18 – Количественное распределение икры камбалы-калкан в Азовском море в июне периода 2018–2020 гг., шт./сеть

Квадрат моря	Количество икринок
44Г	0
32Н	0
32Л	0
32Ц	0
34Л	0
36И	0
40Н	0
49В	0
37П	0
24Ц	0
39Д	0
43Е	0
24М	0
24П	0
28Л	0
37Д	0
34Е	0
22Ф	0
40Е	0
41Г	0
41Е	0
38Д	0
51Б	0
51В	0
48Б	0
36Д	0
43В	0
16Т	0
37Т	0
34У	0
17Х	0
47Г	0
46В	0
28Р	0
10Ц	2

9Р	0
31П	0
24Т	0
20О	0
24Ф	0
7У	0
8Т	0
32И	0
17Р	0
21С	0
12О	0
15Н	0
32Т	0
18Р	0



Рисунок 5.17 – Пространственное распределение икры камбалы-калкан в Азовском море в июне периода 2018–2020 гг., шт./сеть

Распределение личинок камбалы-калкан в Азовском море в период 2018–2020 гг. представлено в таблице 5.19 и на рисунке 5.18.

Таблица 5.19 – Количественное распределение личинок камбалы-калкан в Азовском море в июне периода 2018–2020 гг., шт./сеть

Квадрат моря	Количество личинок
37П	0
40Н	0
28Л	0

Продолжение таблицы 5.19

24М	6
41Г	0
34Р	0
36Д	0
47Г	0
45В	0
42Д	0
43Е	0
49В	0
44Г	0
39Д	0
44Г	0
34Л	0
33Е	0
34Д	0
39Ж	0
41Е	0
40Г	0
36Ж	0
28Н	0
24П	0
30С	0
24Т	0
20Ц	0
17Х	0
16Т	0
21С	0
20Р	0
14У	0
10Т	0
11Р	0
10Ц	0
10Ф	0
32И	0
16О	0
9Р	0
20О	0
34З	0
36И	0
7У	0



Рисунок 5.18 – Пространственное распределение личинок камбалы-калкан в Азовском море в июне периода 2018–2020 гг., шт./сеть

В последние 3 года резкий рост солёности моря до уровня 15-16 ‰ благоприятствует размножению и развитию камбалы-калкан в Азовском море. Икра, хоть и не в прежнем количестве, начинает отмечаться на более обширной акватории Азовского моря (таблица 5.20; рисунок 5.19).

Таблица 5.20 – Количественное распределение икры камбалы-калкан в Азовском море в июне периода 2021–2023 гг., шт./сеть

Квадрат моря	Количество икринок
51-Б	0
51-В	0
48-Б	0
37-В	0
41-Г	0
43-В	0
39-В	0
46-В	0
49-В	0
43-Е	0
41-Е	0
47-Г	0

Продолжение таблицы 5.20

33-Е	0
44-Г	0
39-Д	0
34-Г	0
36-Д	0
39-Е	0
32-И	0
24-Ц	0
20-О	0
24-Т	0
14-У	0
17-Х	0
17-Р	0
12-Л	0
13-Р	0
5-Р	0
28-Р	0
25-З	0
28-Л	0
24-П	0
15-И	0
9-П	0
7-У	0
7-О	0
38-Л	0
40-Н	0
18-К	0
24-М	0
10-Ц	0
36-И	0
32-Т	0
37-П	0
32-Ц	1
32-М	0
22-Ж	0
10-Л	0
31-П	2
28-Ф	0



Рисунок 5.19 – Пространственное распределение икры камбалы-калкан в Азовском море в июне периода 2021–2023 гг., шт./сеть

Личинки и ранние мальки калкана в период 2021–2023 гг. также начинают отмечаться на более обширной акватории Азовского моря (таблица 5.21; рисунок 5.20).

Таблица 5.21 – Количественное распределение личинок камбалы-калкан в Азовском море в июне периода 2021–2023 гг., шт./сеть

Квадрат моря	Количество личинок
37П	0
40Н	0
28Л	0
24М	7
41Г	0
34Р	0
36Д	0
47Г	0
45В	0
42Д	0
43Е	0
49В	0

Продолжение таблицы 5.21

44Г	0
39Д	0
44Г	0
34Л	0
33Е	0
34Д	0
39Ж	0
41Е	0
40Г	0
36Ж	0
28Н	0
24П	1
30С	0
24Т	0
28Ф	0
34Х	0
24Ц	0
20Ц	0
17Х	0
16Т	0
21С	1
20Р	0
14У	0
10Т	2
11Р	2
10Ц	0
10Ф	1
32И	0
16О	1
9Р	4
20О	3
34З	0
36И	0
7У	10



Рисунок 5.20 – Пространственное распределение личинок камбалы-калкан в Азовском море в июне периода 2021–2023 гг., шт./сеть

Опреснение Азовского моря, а впоследствии и низкая численность производителей негативно сказывалась на нересте камбалы-калкан. Несмотря на благоприятный период осолонения моря, ранняя молодь и икра данного вида обнаруживается в уловах ихтиопланктона в период 2021–2023 гг. в небольшом количестве. Тем не менее в динамике небольшой рост уловов ихтиопланктонных стадий камбалы калкан зафиксирован по всей акватории моря (таблица 5.22).

Таблица 5.22 – Динамика средней численности икры, личинок и ранних мальков камбалы-калкан в июне в Азовском море в период 2010–2023 гг. шт./сеть

Период	Восток моря		Запад моря	
	Икра	Личинки	Икра	Личинки
2010–2015 (архивные данные)	0,00001	<0,01	0,00001	<0,01
2018–2020	0,6±0,01*	0,1±0,01*	1,0±0,01**	0,3±0,01**
2021–2023	0,7±0,1*	0,2±0,1*	1,5±0,2**	0,8±0,2**

** - $p \leq 0,01$

* - $p \leq 0,001$

Исследованиями выявлено отсутствие достоверных корреляционных связей численности ихтиопланктона камбалы-калкан с соленостью вод Азовского моря ($r_s = 0,204$), биомассой популяций медуз ($r_s = 0,161$), а также с биомассой популяции мнемнопсиса ($r_s = -0,061$).

Таким образом, в период проведения исследований 2018–2023 гг. был отмечен относительно низкий рост численности ихтиопланктона камбалы-калкан в Азовском море. В более осолонённой западной части моря численность ихтиопланктона калкана была выше, чем в восточной части нерестового ареала.

5.5 Бычки

В бассейне Азовского моря обитает и размножается 21 вид бычков, но ранняя молодь большинства видов быстро переходит к донному образу жизни, вследствие чего практически не облавливается ихтиопланктонными сетями. Продолжительную пелагическую стадию имеют представители только двух родов: *Pomatoschistus* и *Knipowitchia*. Представителями этих родов являются мелкие короткоцикловые донные рыбы, созревающие после первой зимовки и нерестящиеся в апреле-июне следующего года. Пелагическая личинка при длине около 20 мм переходит к донному образу жизни. До конца 1980-х гг. наиболее массовые концентрации личинок указанных видов бычков регистрировались у берега, где их количество достигало 1000 шт./сеть [Бронфман и др., 1976].

Вселение гребневика мнемнопсиса *Mnemiopsis leidyi* после 1989 г. отрицательно сказалось на выживаемости личинок этих видов бычков. При сценарии раннего развития популяции гребневика в Азовском море средний улов личинок бычков находился в пределах 20-25 шт./сеть, а при сценарии позднего развития мнемнопсиса – 100-200 шт./сеть. Вселение в 1999 г. гребневика берое *Beroe ovata*, являющегося хищником по отношению к мнемнопсису, не привело к увеличению количества личинок бычков.

Бычки родов *Pomatoschistus* и *Knipowitchia* предпочитают пресные или солоноватые воды, и начавшееся осолонение Азовского моря стало ещё одним фак-

тором, повлиявшим на распределение и численность этих видов азовских бычков в период 2018–2020 гг. (таблица 5.23, рисунок 5.21).

Таблица 5.23 – Количественное распределение личинок бычков в Азовском море в июне периода 2018–2020 гг., шт./сеть

Квадрат моря	Количество личинок
44Г	3
32Н	0
32Л	0
32Ц	0
34Л	0
36И	0
40Н	0
49В	2
37П	0
24Ц	0
39Д	0
43Е	1
24М	0
24П	0
28Л	0
37Д	0
34Е	0
22Ф	0
40Е	0
41Г	0
41Е	0
38Д	0
51Б	1
51В	0
48Б	0
36Д	0
43В	0
16Т	0
37Т	0
34У	0
17Х	0
47Г	1
46В	1
28Р	0
10Ц	0

9P	0
31П	0
24Т	0
20O	0
24Ф	0
7У	0
8Т	0
32И	0
17P	0
21С	0
12O	0
15Н	0
32Т	0
18P	0



Рисунок 5.21 – Пространственное распределение личинок бычков в Азовском море в июне периода 2018–2020 гг., шт./сеть

В 2020-е гг. вследствие резкого повышения солёности моря аборигенные виды бычков распределяются в основном в восточной части Таганрогского залива, а в собственно море стали определяться более солеустойчивые черноморские виды этих родов (таблица 5.24; рисунок 5.22).

Таблица 5.24 – Количественное распределение личинок бычков в Азовском море в июне периода 2021–2023 гг., шт./сеть

Квадрат моря	Количество личинок
14У	1
10Ф	2
12Ц	0
9Р	0
12О	0
20Ф	0
15Р	0
24Ф	0
17Р	0
21С	1
18О	0
24М	0
22М	0
24П	0
32Ф	0
28Л	0
28Р	0
32Л	0
28Ф	0
34О	0
40Н	0
34П	0
7У	0
37Н	0
30И	0
36И	0
32И	0
32Т	0
33Е	0
37Е	0
38Д	0
51Б	0
44Г	12
49В	18
46В	0
41Д	0



Рисунок 5.22 – Пространственное распределение личинок бычков в Азовском море в июне периода 2021–2023 гг., шт./сеть

Тем не менее, несмотря на расширение нерестового ареала бычков за счет черноморских видов, из-за обострения пищевой конкуренции личинок бычков за кормовые ресурсы зоопланктона с желетелыми организмами (медузы и гребневик мнemiопсис), численность их в период проведения исследований оставалась на низком уровне (таблица 5.25).

Таблица 5.25 – Динамика средней численности личинок и ранних мальков азовских бычков в Азовском море в июне периода 2018–2023 гг. шт./сеть

Периоды	Таганрогский залив	Восток моря	Запад моря	Среднее по морю
2018–2020	1,4 ± 0,1*	8,8 ± 0,3*	5,3 ± 0,3*	6,4 ± 0,4*
2021–2023	14,5 ± 0,5*	10,5 ± 0,4*	3,1 ± 0,1*	6,3 ± 0,3*

* - $p \leq 0,01$

Подводя итог вышеизложенным материалам, следует отметить, что осоло-нение Азовского моря отрицательно сказалось на воспроизводстве аборигенных видов бычков, численность их при современной солёности моря будет продолжать оставаться на низком уровне.

5.6 Барабуля обыкновенная

Барабуля обыкновенная или султанка *Mullus barbatus* – теплолюбивый средиземноморский вид в комплексе Азово-Черноморской ихтиофауны, предпочитает районы моря, где температура воды в течение года не опускается ниже 8 °С, а солёность достигает 13-18 ‰. Сильно опресненных участков барабуля избегает [Промысловое описание ..., 1988; Луц и др., 2005].

Созревание барабули начинается на первом году жизни. У самцов период созревания начинается осенью, самок – с наступлением весны [Болгова и др., 2009]. Несозревшие весной годовики северокавказского и крымского стад барабули с началом весеннего прогрева воды совершают миграцию в Азовское море, имеющую богатую кормовую биомассу донного зообентоса, и активно нагуливаются. В летнее время наиболее высокая концентрация молоди барабули нового поколения регистрируются в предпроливье Чёрного моря. Отсюда они во второй половине июля – начале августа мигрируют для нагула в Азовское море [Балькин и др., 2021]. В современный период сеголетки барабули в большинстве случаев распространяются в предпроливье собственно Азовского моря. Тем не менее, в сентябре–октябре сеголетки осваивают обширную часть моря: их облавливают учётными сетями на площади от 15 до 20 тыс. км² [Надолинский, 2004; Шляхов, 2018]. Количество сеголетков барабули в Азовском море в большей степени зависит от времени основного нереста производителей [Данилевский, Выскребенцева, 1966], и изменяется в широких пределах 0,2-40 млн особей. Вторая половина осени знаменует обратную миграцию подросших сеголетков барабули в Черное море, где, смешавшись с сеголетками, нагуливавшимися в Керченско-Таманском районе Черного моря, они мигрируют к местам зимовки.

В период первого осолонения Азовского моря в 1970-х гг. в южной части моря отмечался нерест барабули [Домашенко, 1991]. В дальнейшем, после опреснения моря [Шишкин и др., 1997] икра или личинки барабули в южной части Азовского моря зафиксированы не были [Надолинский и др., 1999; Гребневик..., 2000; Nadolinski, 2004].

С началом нового периода осолонения моря при достижении величины солёности 13 ‰ с 2013 по 2017 гг. начали фиксироваться эмбриональные этапы развития барабули в уловах ихтиопланктонных конусных сетей в южной части собственно Азовского моря. Их численность была невелика и не превышала 0,1 шт./сеть [Надолинский, Надолинский, 2018].

В период проведения исследований средняя численность икры барабули в уловах ихтиопланктона в период 2018–2020 гг. составляла порядка 0,1 шт./сеть, а при дальнейшем повышении солёности моря до уровня 15-16 ‰ средняя численность икры в уловах возросла (таблица 5.26). В период 2021–2023 г. икра барабули обыкновенной стала отмечаться на всей южной половине Азовского моря вплоть до 46 параллели, проходящей в середине моря.

Таблица 5.26 – Динамика средней численности ранних стадий развития барабули обыкновенной в планктоне Азовского моря в период 2018–2023 гг., шт./сеть

Периоды	Икра	Личинки
2010-2015 (архивные данные)	-	-
2018-2020	0,1±0,1*	-
2021-2023	4,4±0,2*	-

* - $p \leq 0,01$

Эффективность размножения барабули в Азовском море остается низкой, так как в уловах ихтиопланктонных сетей её ранняя молодь не отмечена. Выполненными исследованиями установлено, что в период 2018–2023 гг. численность ранних стадий развития барабули обыкновенной имеют сильную положительную связь с уровнем солёности воды ($r_s = 0,501$), слабую отрицательную связь с биомассой популяции мнемнопсиса ($r_s = -0,373$) и сильную отрицательную связь с биомассой популяций сцифоидных медуз ($r_s = -0,942$).

5.7 Ставрида средиземноморская

Средиземноморская ставрида *Trachurus mediterraneus* является массовым теплолюбивым пелагическим зоопланктофагом. Ставрида в Черном и Азовском морях в тёплый период года распространяется на акваториях с температурой воды от 20 до 26 °С [Зайцев, 1988] и в Черном море находится в слое от поверхности до термоклина [Дехник, 1973; Заика, 2018]. Летом ставрида избегает водных слоёв, где температура опускается до 10-15 °С. В то же время, ставрида зимует при более низкой температуре +6-10 °С [Алеев, 1952; Костюченко и др., 1979]. Относительно солёности данный вид рыб довольно эвригалинен и может быть обнаружен от акватории Азовского моря до бассейнов Мраморного и Средиземного морей [Васильева, 2007; Костюченко и др., 1979].

В первый период осолонения Азовского моря в нем эпизодически регистрировался нерест средиземноморской ставриды. Опреснение моря, начавшееся в 1990-е гг., привело прекращению нереста этого вида в данной акватории. С 1993 г. ранней молоди и икры ставриды в уловах ихтиопланктона здесь не отмечались, впоследствии произошло снижение численности особей, заходящих на нагул в Азовское море [Керченская авария ..., 2008].

В период современного осолонения моря эмбриональные стадии развития средиземноморской ставриды регулярно отмечаются в южной части собственно моря. Тем не менее, как и у барабули, эффективность нереста ставриды в Азовском море остается крайне низкой (таблица 5.27).

Таблица 5.27 – Динамика средней численности ранних стадий развития средиземноморской ставриды в ихтиопланктоне Азовского моря в период 2018–2023 гг., шт./сеть

Периоды	Икра	Личинки
2010-2015 (архивные данные)	-	-
2018-2020	0,1±0,1*	-
2021-2023	2,4±0,1*	-

* - $p \leq 0,01$

Личинки и ранние мальки средиземноморской ставриды в уловах ихтиопланктона ни на одной учетной станции и ни в одной пробе не были отмечены. Соответственно, эффективность нереста ставриды в Азовском море в период проведения исследований оставалась крайне низкой. В основном ставрида использует море как нагульный ареал.

По результатам статистической обработки данных было выявлено, что численность ихтиопланктона ставриды имеет сильную положительную связь с величиной солености вод ($r_s = 0,502$), слабую отрицательную связь с показателями биомассы популяции мнемнопсиса ($r_s = -0,369$) и сильную отрицательную связь с биомассой популяции медуз ($r_s = -0,937$).

5.8 Прочие виды

Другие виды рыб в ихтиопланктоне Азовского моря – это в большинстве своем прибрежные короткоцикловые виды: трёхиглая колюшка, морские иглы, морские собачки, перкарина, атерина и др. Они не имеют значения с точки зрения промысла, но служат кормовой базой для питания более ценных видов рыб [Васильева и др., 2013]. Эти виды откладывают донную икру или вынашивают её в выводковых сумках, вследствие чего в уловах ихтиопланктона отмечаются только личинки. Численность личинок в уловах ихтиопланктона не превышает нескольких экземпляров (таблица 5.28).

Таблица 5.28 – Средняя численность ранних стадий развития некоторых видов рыб в Азовском море в период 2018–2023 гг. шт./сеть

Виды	Таганрогский залив		Азовское море	
	2018–2020	2021–2023	2018–2020	2021–2023
Атерина	2,0	5,4	1,0	0,3
Перкарина	0,1	0,1	0,1	0
Морская собачка	0,3	5,2	6,1	8,1
Звонимира				

Продолжение таблицы 5.28

Морская собачка обыкновенная	0	0,3	0	12,5
Азовская пуголовка	0,1	0,1	0,1	0
Звездчатая пуголовка	0,1	0,1	0,1	0
Шиповатая игла-рыба	0,1	0,2	0,1	0,2
Пухлощекая игла-рыба	0	0,1	0	0,3
Длиннорылая игла-рыба	0	0,1	0	0,4
3-х иглая колюшка	0,2	0,5	0,4	0,8

Таким образом, выполненные исследования показали, что осолонение Азовского моря способствует появлению ранней молодежи черноморских видов рыб, не отмечавшихся здесь в предшествующие годы, и снижению численности или исчезновению традиционных видов в составе ихтиопланктона.

ГЛАВА VI. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРИОДА МАКСИМАЛЬНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ИХТИОПЛАНКТОНА В ПЕЛАГИАЛИ АЗОВСКОГО МОРЯ И ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

В лаборатории рыб Азовского моря Азово-Черноморского филиала Государственного научного центра Российской Федерации ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ») были разработаны рекомендации по регулированию хозяйственной деятельности человека на акватории Азовского моря, подразумевающие остановку работ в период массового нереста рыб. В рамках этих рекомендаций были проведены исследования с целью определения актуальных сроков периода массового нереста промысловых рыб в современный период времени и уточнены сроки остановки хозяйственной деятельности человека на акватории Азовского моря.

Временная динамика интенсивности нереста морских рыб в Таганрогском заливе, оценённая по плотности численности суммарного ихтиопланктона ряда видов азовских рыб (хамса, черноморско-каспийская тюлька, пиленгас, камбалкалкан), показана на рисунке 6.1.

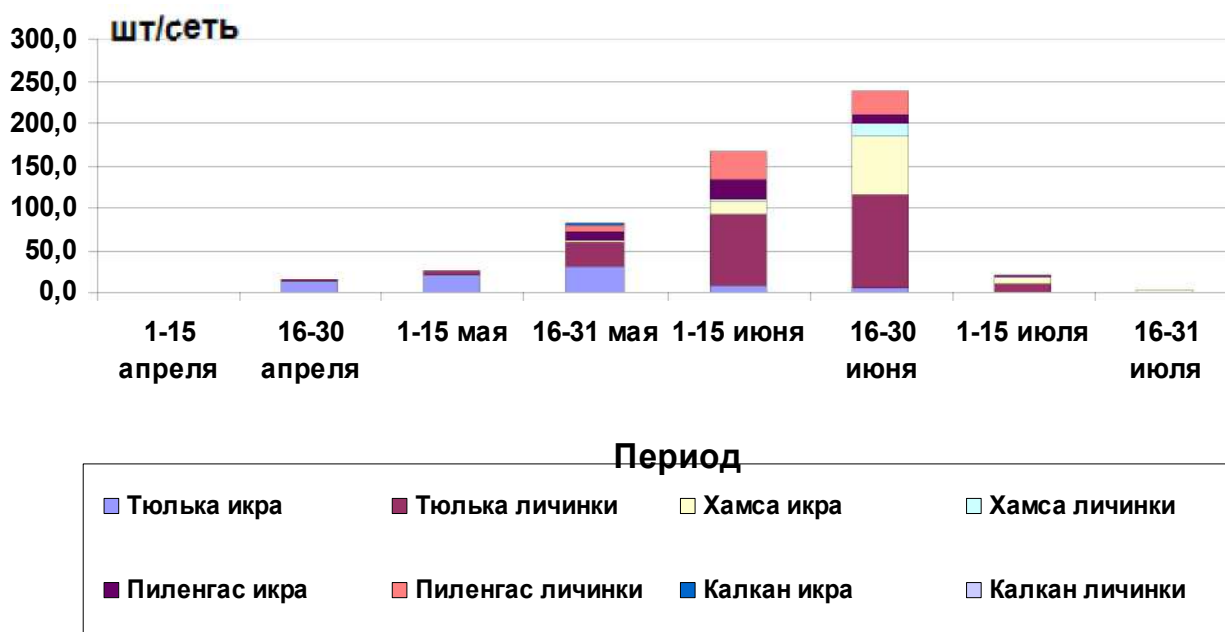


Рисунок 6.1 – Динамика численности ихтиопланктона разных видов морских рыб в Таганрогском заливе в период нерестового сезона по срокам, шт. на 1 облов

Динамика интенсивности нереста морских видов рыб в собственно Азовском море показана на рисунке 6.2.

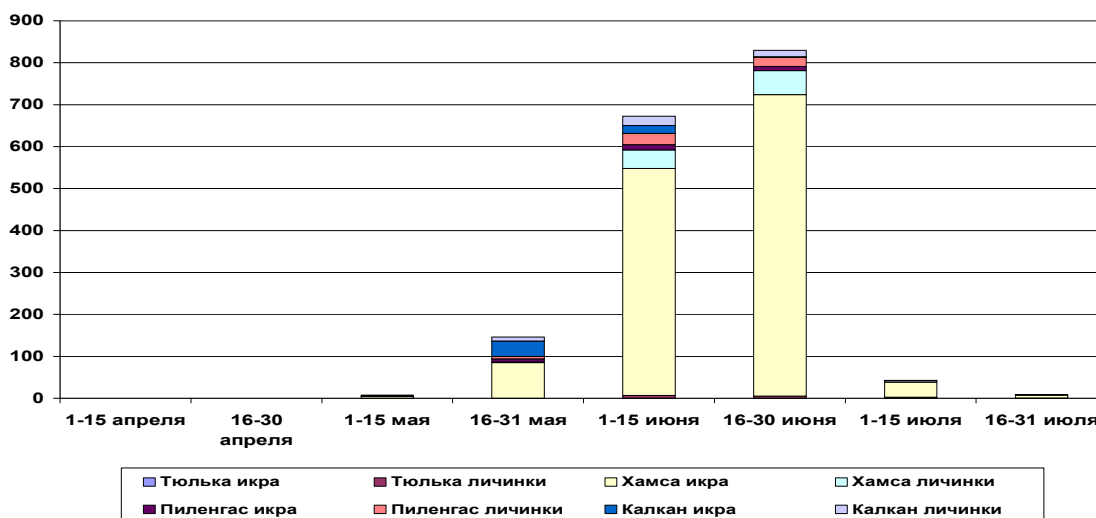


Рисунок 6.2 – Динамика численности ихтиопланктона разных видов морских рыб в собственно Азовском море в период нерестового сезона, шт. на 1 облов

Эта динамика описана линейно-кусочной функцией (рисунки 6.3, 6.4), с помощью которой можно рассчитать плотность численности ихтиопланктона для каждого дня нерестового периода. При этом каждый отрезок, соединяющий опорные точки, описывается линейной функцией вида $y = ax + b$, где x – номер дня с начала года.

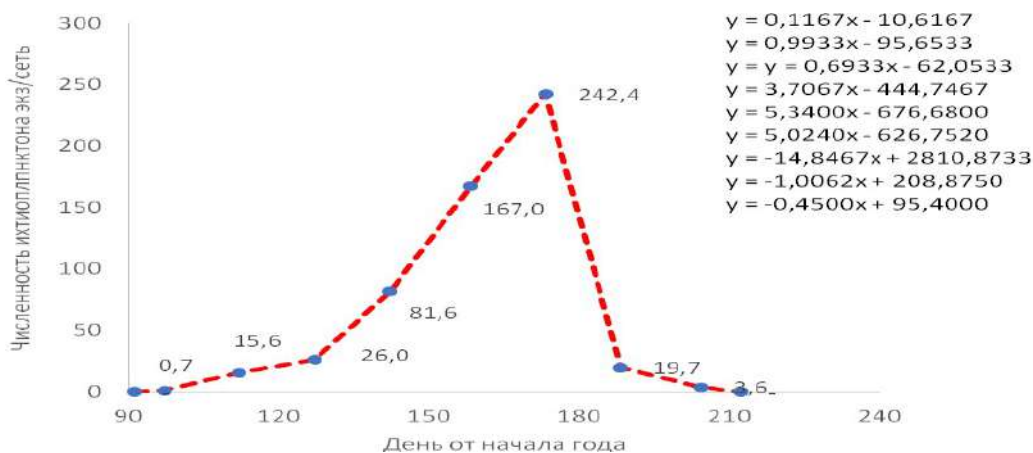


Рисунок 6.3 – Линейно-кусочная функция, описывающая динамику интенсивности нереста пелагических рыб в Таганрогском заливе

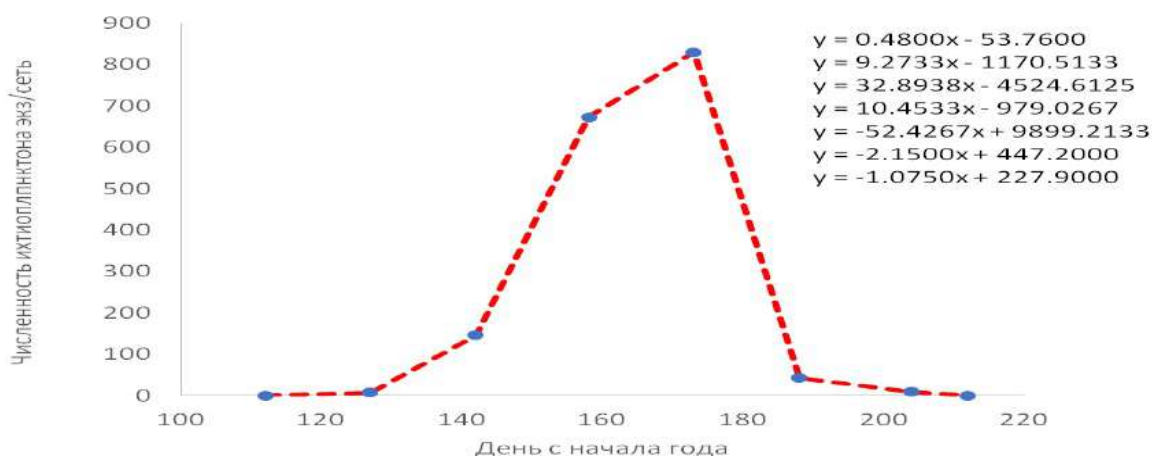


Рисунок 6.4 – Линейно-кусочная функция, описывающая динамику интенсивности нереста пелагических рыб в собственно Азовском море

Полученные линейно-кусочные функции позволяют определить интенсивность нереста, выраженную как плотность численности суммарного ихтиопланктона для каждого дня нерестового периода с 1 апреля по 31 июля. Зная распределение интенсивности нереста во времени и приняв сумму всех оценок интенсивности за 100 %, построена кумулятивная кривая, на которой можно определить точки, соответствующие определенной доли продукции ихтиопланктона за нерестовый период (рисунки 6.5, 6.6).



Рисунок 6.5 – Кумулятивная кривая интенсивности нереста азовских рыб в Таганрогском заливе

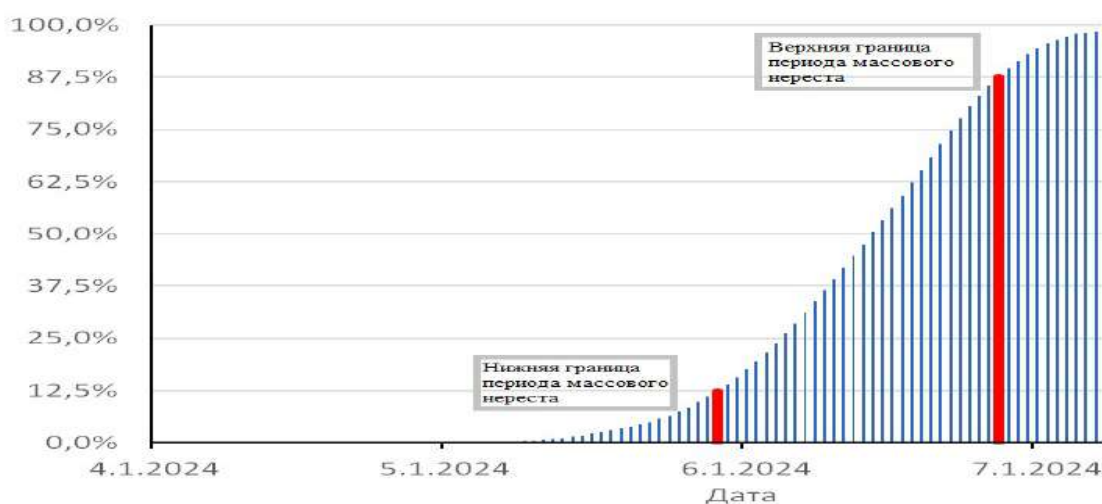


Рисунок 6.6 – Кумулятивная кривая интенсивности нереста азовских рыб в собственно Азовском море

Если принять за период массового нереста временной отрезок, за который продуцируется 75 % ихтиопланктона, то в нересте азовских рыб с пелагическим типом икрометания можно выделить три периода: начало нереста, массовый нерест, окончание нереста (рисунок 6.7, 6.8). В качестве порогового значения начала массового нереста при данном условии можно принять 10 % от среднееголетнего максимума уловов ихтиопланктона. Следовательно, для Таганрогского залива порогом начала массового нереста будет являться улов в количестве 24 шт./сеть ($240/10 = 24$), а для собственно Азовского моря – 83 шт./сеть ($830/10 = 83$).

Икра и личинки у азовских пелагических рыб пассивно переносятся течением, и эти стадии развития, длящиеся от 1,5 до 2 суток, и являются наиболее уязвимыми. Самый быстрый эмбриональный (инкубационный) период отмечается у азовской хамсы и тюльки (порядка 1,5 суток).

Начало и окончание нереста можно рассматривать как переходные процессы первого порядка. Показано, что для описания такого переходного процесса дискретной функцией с ошибкой не более 5 % период квантования соответствует $1/6$ длительности переходного процесса [Староверов Б.А., 2005].

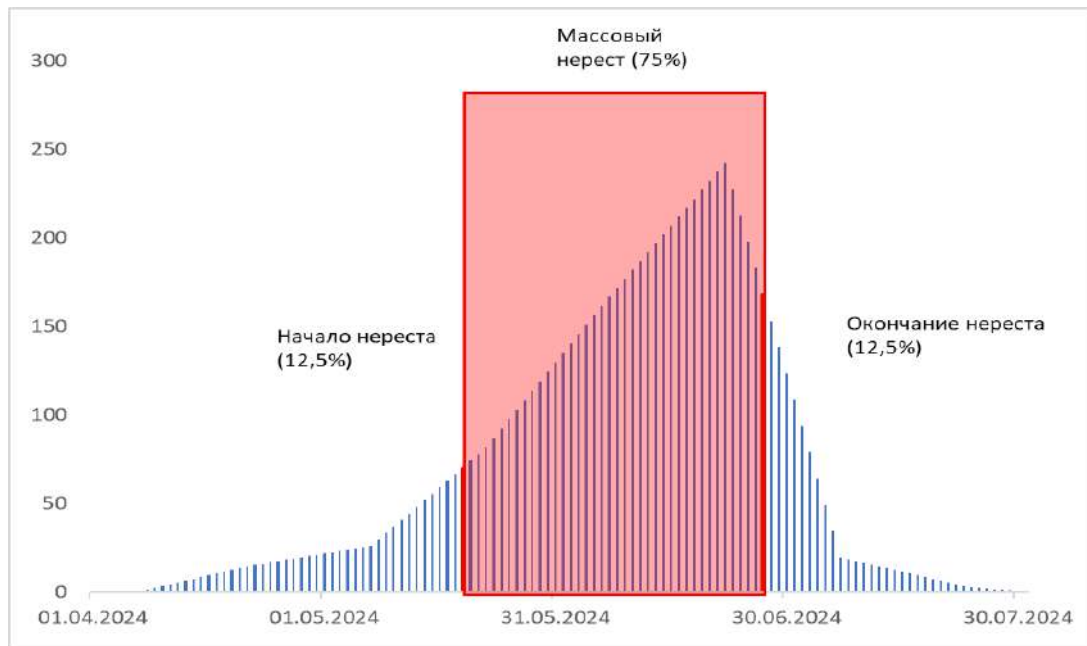


Рисунок 6.7 – Периодизация нереста азовских рыб в Таганрогском заливе

В Таганрогском заливе

Начало нереста соответствует периоду с 1 апреля по 18 мая (48 дней), на него приходится 12,5 % продукции ихтиопланктона.

Период массового нереста с 19 мая по 27 июня (40 дней) соответствует 75 % продукции ихтиопланктона.

Окончание нереста соответствует периоду с 28 июня по 31 июля (34 дней), 12,5 % продукции ихтиопланктона.

В собственно Азовском море

Начало нереста соответствует периоду с 22 апреля по 28 мая (37 дней), на него приходится 12,5 % продукции ихтиопланктона.

Период массового нереста с 29 мая по 27 июня (30 дней) соответствует 75 % продукции ихтиопланктона.

Окончание нереста соответствует периоду с 28 июня по 31 июля (34 дней), 12,5 % продукции ихтиопланктона.

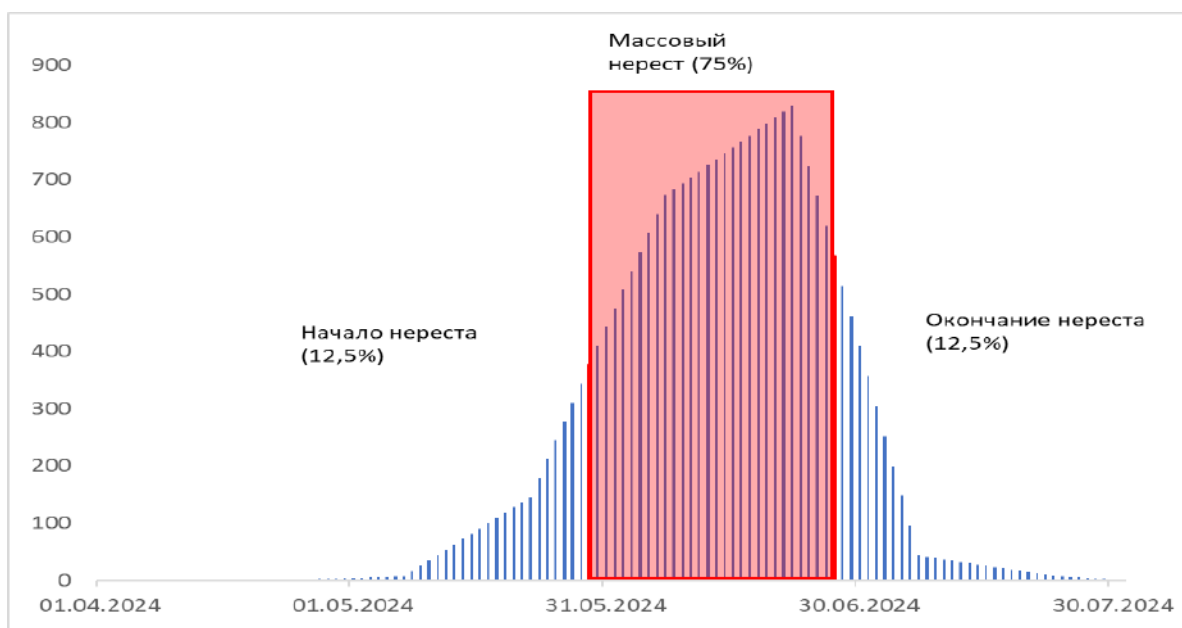


Рисунок 6.8 – Периодизация нереста азовских рыб в собственно Азовском море

Таким образом, период массового нереста азовских рыб в Таганрогском заливе в современных изменениях климата отмечается с 20 мая по 30 июня, а в собственно Азовском море – с 1 по 30 июня. В указанные периоды следует останавливать хозяйственную деятельность человека (разведочное бурение, дноуглубительные работы на морских каналах и в портах, строительство и т.п.) в акватории соответственно Таганрогского залива либо Азовского моря.

ГЛАВА VII. ОЦЕНКА УРОЖАЙНОСТИ ПОКОЛЕНИЙ МАССОВЫХ ПЕЛАГИЧЕСКИХ ВИДОВ РЫБ (ТЮЛЬКА И ХАМСА) АЗОВСКОГО МОРЯ ПО ДАННЫМ ИХТИОПЛАНКТОННЫХ СЪЁМОК

Оценка численности сеголеток хамсы и черноморско-каспийской тюльки стала ежегодно количественно проводиться с 2018 г. путем учетной съемки тралом Данилевского, которая выполняется в сентябре на всей акватории Азовского моря. В каждом из 75 траловых уловов определяется численность сеголетков хамсы и тюльки. По результатам учетной съемки рассчитывается средний улов каждого вида и общая численность этих видов в Азовском море.

На основании суммарного вариационного ряда каждого вида и возрастной структуры в уловах малькового трала была рассчитана численность сеголетков хамсы и тюльки (таблица 7.1).

Таблица 7.1 – Расчёт численности сеголеток хамсы и тюльки по данным мальковой съёмки в сентябре 2018–2023 гг., млрд. шт.

Год	Тюлька			Хамса		
	Общая численность	% сеголеток	Численность сеголеток	Общая численность	% сеголеток	Численность сеголеток
2018	84,5	49,3	41,7	8,6	17,4	1,5
2019	78,3	57,3	44,9	8,5	44,5	3,8
2020	56,8	54,6	31,0	13,4	47,5	6,4
2021	3,8	62,5	2,4	1,7	64,6	1,1
2022	34,2	52,0	17,8	10,0	24,9	2,5
2023	36,5	13,4	4,9	3,0	43,3	1,3

В июне в каждой ихтиопланктонной пробе подсчитывается общая численность личинок хамсы и тюльки и отдельно численность поздних личинок, полностью перешедших на внешнее питание. Используя преобразование Бокса-Кокса, проводится трансформация исходной ненормализованной выборки поздних личинок в уловах ихтиопланктона в нормализованную.

Используя нормализованные данные ихтиопланктонных съемок, находили средний улов личинок и при помощи новых методических указаний, выявленных нами после обработки большого объема ихтиологического материала, ежегодно в июне прогнозировали численность сеголеток хамсы и тюльки к сентябрю (таблица 4.2.29).

Таблица 7.2 – Прогнозирование численности сеголеток тюльки и хамсы в Азовском море в период 2018–2023 гг., млрд шт.

Год	Тюлька				Хамса			
	Всего личинок	Ср. коэф.	Прогноз	Факт	Всего личинок	Ср. коэф.	Прогноз	Факт
2018	1,1	37,3721	39,6	41,7	1,08	1,85256	2,0	1,5
2019	1,1		40,9	44,9	2,16		4,0	3,8
2020	0,7		27,3	31,0	2,17		4,0	6,4
2021	0,1		4,1	2,4	0,85		1,6	1,1
2022	0,5		19,1	17,8	1,18		2,2	2,5
2023	0,1		4,1	4,9	0,82		1,5	1,3

Достоверность полученных результатов прогнозирования численности сеголетков хамсы и тюльки проверяли с использованием коэффициента ранговой корреляции Спирмена, который использовался для статистического анализа уровня связи между средней численностью личинок на один облов ихтиопланктонной сети в июне и численностью сеголеток в сентябре. В данном случае рассчитывалась фактическая степень параллелизма между двумя количественными рядами изучаемых признаков, и давалась оценка тесноты полученной связи при помощи количественно выраженного коэффициента.

В том случае, если коэффициент корреляции равен нулю, связь между величинами почти отсутствует. Чем ближе модуль коэффициента корреляции к единице, тем более сильной является связь между измеряемыми величинами [Лапач,

и др., 2002]. Коэффициент ранговой корреляции Спирмена для прогнозных расчётов по тюльке составил 0,971, а по хамсе – 0,943. Следовательно, полученные данные ихтиопланктонных съёмок предварительной оценки численности сеголеток являются валидными и достоверными.

ВЫВОДЫ

1. Увеличение солености воды в Азовском море определило сокращение численности поколений черноморско-каспийской тюльки: ареал личинок тюльки сократился до зоны влияния пресноводного стока р. Дон, средняя численность личинок на 1 облов ихтиопланктонной сети сократилась в среднем с 521 шт. до 16 шт. Ареал размножения азовской хамсы в условиях роста солености воды расширился за счёт западной и центральной частей Таганрогского залива. Средняя численность икры хамсы на один облов возросла в собственно море с 464 шт. до 1626 шт., в Таганрогском заливе – с 86 до 395 шт.

2. Осолонение Азовского моря положительно сказалось на размножении пиленгаса, запасы данного вида находятся в стадии восстановления. Осолонение Азовского моря способствует более эффективному естественному воспроизводству камбалы-калкан, ее икра и личинки отмечаются на более обширной акватории. Однако масштабы естественного воспроизводства камбалы-калкан ограничиваются численностью нерестовой части популяции. В исследуемый период исчезли икра и личинки в уловах ихтиопланктона проходных и полупроходных видов рыб, также в уловах ихтиопланктонных сетей стала отмечаться икра черноморских рыб.

3. Развитие популяций медуз в Азовском море начинается весной (аурелия) и продолжается в летне-осенний период (ризостома), что отрицательно сказывается на посленерестовом нагуле производителей тюльки. Пищевая конкуренция приводит к сокращению запасов корма для тюльки, что приводит к продолжению нагула частью популяции тюльки в собственно Азовском море. Такие особи не принимают участия в нересте и не мигрируют в Таганрогский залив, а продолжают нагул на весенней кормовой базе Азовского моря. В современный период (2018–2023 гг.) около трети производителей тюльки стали ежегодно пропускать нерестовый сезон, что существенно снижает воспроизводительную способность популяции.

4. Эффективность нереста азовской хамсы в значительной мере зависит от кормовых организмов для ранней молоди во время ее перехода на внешнее питание. В 2018–2020 гг. часть производителей хамсы от общей численности рыб нерестовой популяции в июне успешно стало нереститься в Таганрогском заливе. Последующее повышение уровня солёности воды Азовского моря в период 2021–2023 гг. привело к бурному развитию популяций сцифоидных медуз ризостомы (корнерота) и аурелии. При этом смена видового состава зоопланктона с солоноватоводного на морской, который является более теплолюбивым и дает вспышку развития в более поздние сроки. Пищевая конкуренция с макрозоопланктоном (медузы и мнемипсис) приводит к тому, что при переходе на внешнее питание хамса стала испытывать недостаток кормовых организмов, что отразилось в снижении численности личинок хамсы и увеличении их естественной смертности.

5. Хищничество и пищевая конкуренция со стороны желетелого макрозоопланктона приводит к тому, что личинки и ранняя молодь пиленгаса испытывают недостаток кормовых объектов. В результате главные районы современного нерестового ареала пиленгаса находятся в Таганрогском заливе (ввиду пониженной численности желетелого макрозоопланктона в данной акватории) и в других относительно изолированных водоемах (залив Сиваш, Молочный лиман, соленые лиманы Краснодарского края). Развитие популяций мнемипсиса и сцифоидных медуз в Азовском море не сказывается на распределении и воспроизводстве азовской камбалы-калкан, т. к. спектры питания камбалы-калкан и желетелого макрозоопланктона различны. К моменту развития популяций желетелого макрозоопланктона ранняя молодь переходит к донному образу жизни и начинает питаться зообентосом.

6. Установлено смещение сроков массового нереста морских видов рыб в Азовском море и Таганрогском заливе на более ранний период. В современных изменениях климата период массового размножения азовских рыб в Таганрогском заливе установлен с 20 мая по 30 июня, а в собственно Азовском море – с 1 по 30 июня. В указанные периоды следует останавливать хозяйственную деятельность

человека (разведочное бурение, дноуглубительные работы на морских каналах и в портах, строительство и т.п.) в акватории соответственно Таганрогского залива либо Азовского моря.

7. Экспериментально подтверждена результативность разработанной методики предварительной оценки урожайности поколений на основании уловов поздних личинок. Доказана возможность расчета урожайности поколений по уловам поздних личинок отдельных массовых пелагических рыб (хамса и тюлька).

СПИСОК ТЕРМИНОВ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

Аборигенные виды – гидробионты, истари живущие одном водоёме, реке и никогда не выходят за его границы, коренные обитатели водоёма [Словарь терминов, https://studopedia.ru/12_118604_poslednie-poiski.html].

Акклиматизация – приспособление организма к новым условиям за пределами своего ареала; переселенец не только выживает в изменившихся условиях, но и проходит полный жизненный цикл и даёт плодовитое потомство, всегда носит кратковременный характер.

Ареал – область распространения или территория, в пределах которой происходит становление и развитие какой-либо систематической группы живых организмов (вида, рода, семейства и т. д.) Ареалы могут быть сплошными, когда в его пределах особи занимают все доступные для них места обитания и разорванными, когда между его частями возникают пространства, не заселённые представителями данного вида.

Биомасса – суммарная масса гидробионтов, в том числе рыб (ихтиомасса) одного вида, группы видов или всего биоценоза, отнесённая к единице площади или объёма воды.

Биота – исторически сложившийся комплекс живых организмов, обитающих на определённой территории.

Биоценоз – сообщество организмов, исторически сложившаяся совокупность животных, растений, грибов и микроорганизмов, населяющих относительно однородное жизненное пространство (определённый участок суши или акватории), связанных между собой, а также окружающей их средой.

Валентность экологическая – пределы выносливости организма к какому-то фактору среды, свидетельствует о способности вида приспосабливаться к изменившимся условиям среды [Вышегородцев, 2002].

Вселенцы – переселение особей вида в водоём, условия среды в котором незначительно отличаются от условий жизни вида в материнском водоёме. Внут-

ренной перестройки организма не происходит, потомство вселенцев не отличается от своих родителей.

Выживаемость – число особей, сохранившихся в популяции за определённый промежуток времени, часто измеряют отношением числа взрослых рыб к числу выклюнувшихся.

Гидробионты – живые организмы, постоянно или временно обитающие в водной толще и донных отложениях водоёмов.

Гомотермия – равномерное распределение температуры по глубине, во всей водной массе.

Детрит – взвешенные в толще воды или осевшие на дно водоёма остатки разложившихся животных и растений с развивающимися на них бактериями, которые служат пищей детритофагам.

Детритофаги – особи, питающие мертвыми или частично разложившимися организмами.

Динамика численности рыб – колебания общего числа рыб в пределах ареала.

Желетелый макрозоопланктон – совокупность желетелых организмов, размеры которых составляют от 1 до 100 см (гребневики, медузы).

Зоопланктонное сообщество – совокупность животных, населяющих толщу морских и пресных вод, и неспособных активно противостоять переносу течениями.

Икра – яйца рыб. Различают донную (сиговую) и пелагическую (сельди, камбаловые) икру. Форма икринок у большинства рыб шарообразная, у некоторых овальная [Вышегородцев А. А., 2002].

Инкубационный период – время развития эмбриона с момента оплодотворения икры до выклева личинок.

Ихтиопланктон – собирательное название для плавучей икры и личинок рыб в толще воды.

Ихтиоценоз – это совокупность популяций разных видов рыб, входящих в соответствующий биоценоз.

Кормовая база – суммарное количество растительных, животных организмов, живущих в водоёме и попавших в воду с суши, которые могут быть использованы в качестве пищи для рыб.

Кормовой зоопланктон – часть зоопланктона, которая может использоваться рыбами для питания.

Корреляционный анализ – это статистический метод определения силы связи между двумя переменными, который используется для выявления закономерностей и тенденций в полученных данных и прогнозирования будущих событий. Знак коэффициента корреляции указывает направление взаимосвязи между переменными.

Кумулятивная кривая – это кривая накопленных относительных частот или кривая нарастающих итогов.

Линейно-кусочная функция – функция, определённая на множестве вещественных чисел, линейная на каждом из интервалов, составляющих область определения.

Личинка – послезародышевая стадия развития рыбы с момента начала смешанного питания до момента закладки чешуи и приобретения формы, характерной для данного вида.

Многопорционный нерест – способ размножения, при котором самка за нерестовый сезон выметывает 10, 20 и более порций икры.

Нагон воды – повышение уровня воды на подветренной стороне водоёма в результате постоянно дующего в одном направлении ветра (сгонно-нагонные явления).

Науплия – начальная личиночная стадия у ракообразных, основной корм личинок рыб.

Обеспеченность пищей – присутствие в водоёме доступных для потребления рыбой кормовых организмов.

Осолонение – повышение солёности воды, вызванное длительным низким пресноводным стоком, совпавшее с ростом испарения с акватории.

Пелагические рыбы – экологическая группа рыб, населяющая поверхностные слои и толщу воды (пелагиаль), которые питаются планктоном.

Преобразование Бокса-Кокса – метод преобразования ненормально распределенного набора данных в более нормально распределенный.

Пресноводные сток – количество пресной воды, приносимое в море реками в течение года.

Ранговая корреляция Спирмена – метод, который используется с целью статистического изучения связи между явлениями. В этом случае определяется фактическая степень параллелизма между двумя количественными рядами изучаемых признаков и дается оценка тесноты установленной связи с помощью количественно выраженного коэффициента. Величина коэффициента корреляции Спирмена (r_s) лежит в пределах $+1 - -1$.

Ранние постэмбриональные стадии развития рыб – стадии развития рыб от выклева из икринки до стадии малька (предличинка и личинка).

Сеголетка – рыба, вышедшая из икринки в текущем году и прожившая первое лето после своего рожденья (сего лета).

Солоноватоводные виды – рыбы, которые обитают в солоноватых водах и опреснённых участках морей, но избегают открытого моря.

Стадии раннего развития рыб – стадия жизненного цикла развития: зародышевая (эмбриональная) и личиночная (ранняя постэмбриональная).

Трансформация видового состава – это сокращение ареала, изменение структуры, видового состава и численности аборигенных видов рыб под действием природных или антропогенных факторов.

Эвригалинные организмы – организмы (рыбы, беспозвоночные), способные выдерживать значительные колебания солёности воды.

Эврибионтные организмы – гидробионты, которые способны жить при значительных изменениях условий окружающей среды, и имеют широкую экологическую валентность.

Экосистема – единый природный комплекс, состоящий из совокупности живых организмов и окружающей их неорганических компонентов среды, взаимосвязанных между собой обменом веществ и энергии.

Элиминация – смертность организмов, процесс вымирания отдельных особей, групп особей или целых популяций, а также их устранение от размножения в результате различных факторов среды. К числу таких факторов относятся физические и антропогенные факторы [Википедия, <https://ru.wikipedia.org/>].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Аксютинa, З. М. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях / З. М. Аксютинa. – Москва: Пищевая промышленность, 1968. – 288 с.

Акселев, О. И., Никитина, Т. А. Состояние запасов и вылов ценных промысловых видов рыб в Азово-Черноморском бассейне / О. И. Акселев, Т. А. Никитина // Международный журнал экспериментального образования. – 2016. – № 4–3. – С. 503–505.

Алдакимова, А. Я. Гидробиологический режим Азовского моря и его изменения в связи с преобразованием речного стока / А. Я. Алдакимова, М. Я. Некрасова, Е. И. Студеникина // Вопросы биогеографии Азовского моря и его бассейна. – 1977. – С. 90–103.

Алеев, Ю. Г. Ставрида Чёрного моря / Ю. Г. Алеев. – Симферополь: Крымиздат, 1952. – 56 с.

Александрова, У. Н. Состояние сырьевой базы в Азово-Черноморском рыбохозяйственном бассейне в 2013 г. и ее использование промыслом / У. Н. Александрова, А. С. Игнатенко, О. А. Перевалов // Труды ВНИРО. – 2016. – Т. 160. – С. 12–25.

Афанасьев, Д. Ф. Раннелетний зоопланктон Азовского моря в период осолонения / Д. Ф. Афанасьев, З. А. Мирзоян, М. Л. Мартынюк, Д. В. Хренкин, Н. А. Шляхова, М. В. Бычкова, С. В. Жукова // Биология внутренних вод. – 2019. – № 2. Вып. 2. – С. 51–60.

База данных ФГБНУ «АзНИИРХ» «Гидрометеорологический режим Азовского моря» (Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014620936 от 01.07.2014 г.).

Балыкин, П. А. Актуальные проблемы сохранения и использования водных биоресурсов / П. А. Балыкин, А. И. Болтнев // Использование и охрана природных ресурсов России. – 2014. – № 1 (133). – С. 35–39.

Балыкин, П. А. Изменение солености и видового состава ихтиофауны в Азовском море / П. А. Балыкин, Д. Н. Куцын, А. М. Орлов // *Океанология*. – 2019. Т. 59. – № 3. – С. 396–404.

Балыкин, П. А. Рыболовство в условиях климатических изменений: динамика состава и структуры уловов в российской части Чёрного моря в XXI в. / П. А. Балыкин, Д. Н. Куцын, А. В. Старцев // *Морской биологический журнал*. – 2021. Т. 6, № 3. – С. 3–14. <https://doi.org/10.21072/mbj.2021.06.3.01> (дата обращения 19.02.2024).

Белоусов, В. Н. Рыбохозяйственные исследования России в Азово-Черноморском бассейне (к 90-летию ФГБНУ «АзНИИРХ») / В. Н. Белоусов, Т. М. Брагина, Л. А. Бугаёв, Ю. И. Реков // *Водные биоресурсы и среда обитания*. – 2018. – Т.1. – № 1. – С. 11–31.

Бердников, С. В. Климатические условия и гидрологический режим Азовского моря в XX-начале XXI вв. / С. В. Бердников, Л. В. Дашкевич, В. В. Кулыгин // *Водные биоресурсы и среда обитания*. – 2019. Т. 2. – №. 2. – С. 7–19.

Бокова, Е. Н. Питание азовской хамсы на разных этапах ее развития / Е. Н. Бокова // *Труды ВНИРО*. – 1955. Т. 31. – Вып.1. – С. 356–367.

Болгова, Л. В. Летний ихтиопланктон прибрежной зоны северо-восточного побережья Черного моря / Л. В. Болгова, Н. П. Студигард // *Экология моря*. – 2009. Вып. 78. – С. 16–21.

Бронфман, А. М. Гидрологические и гидрохимические основы продуктивности Азовского моря / А. М. Бронфман, В. Г. Дубинина, Г. Д. Макарова. – Москва: Пищевая промышленность, 1979. – 288 с.

Будниченко, Э. В. Условия нагула планктоноядных рыб Азовского моря в период вселения гребневика *Mnemiopsis leidyi* в 1993–2000 годах / Э. В. Будниченко // *Труды ЮгНИРО*. – 2004. Т. 45. – С. 21–27.

Булли, Л. И. Влияние солёности на жизнеспособность пиленгаса *Mugil so-iiu* *Vasilewsky* в раннем онтогенезе / Л. И. Булли // Тезисы докладов V Всерос. конф. по раннему онтогенезу рыб. Астрахань, 1-3 октября 1991 г. – Москва: ВНИРО. 1991. – С. 180–182.

Булли, Л. И. Некоторые особенности онтогенеза пиленгаса из маточных стад и естественных популяций / Л. И. Булли // Труды ЮгНИРО. Т. 40. – Керчь, 1994. – С. 111–114.

Васильева, Е. Д. Рыбы бассейнов Азовского моря / Е. Д. Васильева, В. А. Лужняк. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2013. – 270 с.

Васильева, Е. Д. Рыбы Черного моря. Определитель морских, солоноватоводных, эвригаллиных и проходных видов с цветными иллюстрациями, собранными С. В. Богородским / Е. Д. Васильева. – Москва: Изд-во ВНИРО, 2007. – 238 с.

Влияние океанографических факторов на воспроизводство и распределение проходных и полупроходных видов рыб Азовского моря / Т. М. Аведикова [и др.] // Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1991. – Т. 5. – С. 209–215.

Водяницкий, А. В. Определитель пелагических икринок и личинок рыб Черного моря / А. В. Водяницкий, И. И. Казанова // Труды ВНИРО. – 1954. Т. XXVIII. – С. 240–322.

Воловик, Г. С. Основные характеристики режима Азовского моря в периоды до и после вселения гребневика / Г. С. Воловик, С. П. Воловик // Гребневик *Mnemiopsis leidyi* (A/Agassiz) в Азовском и Черном морях: биология и последствия вселения / под научн. ред. проф. С. П. Воловика. – Ростов-на-Дону, 2000. – С. 83–102.

Воловик, С. П. Оценка пополнения промыслового стада / С. П. Воловик, С. В. Козлитина, Л. Ю. Жилякова, Г. И. Луц, Ю. И. Реков // Методы рыбохозяйственных и природоохранных исследований в Азово-Черноморском бассейне: сб. научн.-метод. работ / под ред. С. П. Воловика и И. Г. Корпаковой. – Краснодар, 2005. – С. 204–214.

Воловик, С. П. Продуктивность и проблемы управления экосистемой Азовского моря: дис. ... д-ра биол. наук: 14.00.25 / Станислав Петрович Воловик. – Ростов-на-Дону, 1985. – 583 с.

Вышегородцев, А. А. Краткий словарь ихтиолога: Учебное пособие / А. А. Вышегородцев. – Красноярск: КрасГУ, 2002. – 230 с.

Гаргопа, Ю. М. Крупномасштабные изменения гидрометеорологических условий формирования биопродуктивности Азовского моря: автореф. дис. ... д-ра геогр. наук: 25.00.28 / Юрий Михайлович Гаргопа. – Мурманск: ММБИ, 2003. – 51 с.

Гордина, А. Д. Видовой состав рыб как показатель современного состояния прибрежной экосистемы юго-западного шельфа Крыма / А. Д. Гордина, Л. П. Салехова, Т. Н. Климова // Морський екологічний журнал. – 2004. Т. 3. – № 2. – С. 15–24.

Гребневик *Mnemiopsis leidyi* (A. Agassiz) в Азовском и Чёрном морях: биология и последствия вселения / под науч. ред. проф. С. П. Воловика. – Ростов-на-Дону, 2000. – 500 с.

Грудинин, П. И. Влияние экологических факторов на эффективность размножения азовской хамсы / П. И. Грудинин // Труды АзНИИРХ «Рыбохозяйственные исследования на Дону». – 1966. – Вып. 8. – С. 163–184.

Данилевский, Н. Н. Динамика численности барабули / Н. Н. Данилевский, Л. И. Выскребенцева // Труды ВНИРО. – 1966. Вып. 24. – С. 71–80.

Дехник, Т. В. Ихтиопланктон Черного моря / Т. В. Дехник. – Киев: Наукова думка, 1973. – 236 с.

Добровольский, А. Д., Залогин, Б. С. Моря СССР / А. Д. Добровольский, Б. С. Залогин. – Москва: МГУ, 1982. – 192 с.

Домашенко, Ю. Г. Биология и перспективы промысла барабули Черного моря: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.10 / Юрий Геннадьевич Домашенко. – М., 1991. – 21 с.

Дубровина, В. Г. Применение математических моделей при обосновании требований рыбного хозяйства к водным ресурсам Нижнего Дона / В. Г. Дубровина, С. В. Козлитина // Труды ВНИРО. Т. 118. – 1976. – С. 34–47.

Дроздов, В. В. Многолетняя изменчивость рыбопромысловых ресурсов Чёрного моря: тенденции, причины и перспективы / В. В. Дроздов // Ученые за-

писки Российского государственного гидрометеорологического университета. – 2011. – № 21. – С. 137–154.

Дудкин, С. И. Проблемы рационального использования промысловых ресурсов Азово-Черноморского бассейна / С. И. Дудкин, Ю. И. Реков, В. Д. Дахно, Е. М. Саенко // Рыбохозяйственной науке России – 130 лет: тезисы докл. Всерос. конф. – Москва: ВНИРО, 2011. – С. 43–45.

Емтыль, М. Х. Рыбы юго-запада России: учеб. пособие / М. Х. Емтыль, А. М. Иваненко. – Краснодар: КГУ, 2002. – 340 с.

Жилякова, Л. Ю. Оценка запаса промысловых рыб / Л. Ю. Жилякова, С. В. Козлитина, И. Г. Нечепуренко // Методы рыбохозяйственных и природоохранных исследований в Азово-Черноморском бассейне: сб. науч.-метод. работ / под ред. С. П. Воловика и И. Г. Корпаковой. – Краснодар, 2005. – С. 173–181.

Жукова, С. В. Обеспеченность водными ресурсами рыбного хозяйства нижнего Дона / С. В. Жукова // Водные биоресурсы и среда обитания. Том. 3. – 2020. – № 1. – С. 7–19.

Жукова, С. В. Водно-экологические проблемы Азовского моря как трансграничного водного объекта и пути их решения / С. В. Жукова, В. М. Шишкин, В. Г. Карманов, Д. С. Бурлачко, Т. И. Подмарева, Л. А. Лутынская, Е. А. Традина // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Трансграничные водные объекты: использование, управление, охрана». – Новочеркасск: Лик, 2021. – С. 137–143 с.

Жукова, С. В. Основные климатические тенденции в бассейне Азовского моря на перспективу 2030 г. / С. В. Жукова, В. М. Шишкин, В. Г. Карманов, Т. И. Подмарева, Е. А. Безрукавая, Л. А. Лутынская, Д. С. Бурлачко // Актуальные проблемы изучения черноморских экосистем – 2020: тезисы докладов Всероссийской онлайн-конференции, 19–22 октября 2020 г., Севастополь, Российская Федерация. – Севастополь: ФИЦ ИнБЮМ, 2020. – С. 43–45.

Жукова, С. В. Гидрометеорологический режим северо-восточной части Черного моря (по результатам экспедиционных исследований 2001–2010 гг.) / С. В. Жукова, В. М. Шишкин, А. П. Куропаткин, Л. А. Лутынская, И. Ф. Фоменко,

Т. И. Подмарева, Е. А. Безрукавая, Д. С. Бурлачко, В. Г. Карманов // Вопросы рыболовства. – 2013. – № 4, (56). – С. 651–660.

Забалуева, А. И. Моделирование динамики численности биоресурсов Азовского моря / А. И. Забалуева, Т. В. Камышникова, А. В. Никитина // NovaInfo, 2015. – № 35. – URL: <https://novainfo.ru/article/3722> (дата обращения: 18.08.2024).

Заика, В. Е. Черноморские рыбы и летопись их промысла / В. Е. Заика. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008. – 118 с.

Зайцев, Ю. П. Самое синее в мире / Ю. П. Зайцев // Черноморская экологическая серия. Т. 6. ООН. – Нью-Йорк, 1998. – 142 с.

Зайцев, Ю. П. Морские гидробиологические исследования Национальной Академии наук Украины в 90-е годы XX столетия. Шельф и приморские водоемы Черного моря / Ю. П. Зайцев // Гидробиологический журнал. – 1998. – Т. 34. – Вып. 6. – С. 3–21.

Закутский, В. П. Перспективная оценка численности и биомассы медузы в Азовском море по уровню осолонения / В. П. Закутский, А. П. Куропаткин, Ю. М. Гаргопа // Гидробиологический журн. – 1988. – Т. 24. – С. 18–22.

Закутский, В. П. Численность и биомасса медузы в Азовском море / В. П. Закутский, Г. И. Луц, В. М. Шишкин // Рыбное хозяйство. – 1983. – № 8. – С. 33–34.

Зоология беспозвоночных: Учебник для биол. спец. ун-тов / В. А. Догель; под общ. ред. Ю. И. Полянского. – Москва: Высш. школа, 1981. – 606 с.

Зоология позвоночных. Низшие хордовые, бесчелюстные, рыбы, земноводные: Учебник для биолог. спец. ун-тов. Ч. 1. – М.: Высш. школа, 1979. – 333 с.; Зоология позвоночных. – Ч. 2. – Пресмыкающиеся, птицы, млекопитающие: Учебник для биолог. спец. ун-тов. – Москва: Высш. школа, 1979. – 272 с.

Казанский, Б. Н. Некоторые черты биологии угая (дальневосточной краснопёрки) *Leuciscus brandtii* Dubowski и пиленгаса *Liza (Mugil) so-iuy* (Basilewsky) / Б. Н. Казанский, В. П. Королёва, Т. П. Жиленко // Фауна и рыбохозяйственное

значение прибрежных вод Сев.-Зап. Части Тихого океана: Уч. Зап. ДВГУ. – 1968. – Т. 15. Вып. 2. – С. 3–46.

Керченская авария: последствия для водных экосистем. – Ростов-на-Дону: ФГУП «АзНИИРХ», 2008. – 229 с.

Климова, Т. Н. Распределение ихтиопланктона в связи с особенностями гидрологического режима у берегов Крыма (Чёрное море) в весенне-летний сезон 2017 г. / Т. Н. Климова, А. А. Субботин, И. В. Вдодович, Ю. А. Загородняя, П. С. Подрезова, О. А. Гарбазей // Вопросы ихтиологии. – 2021. Т. 61. – № 2. – С. 194–204.

Коблицкая, А. Ф. Определитель молоди пресноводных рыб / А. Ф. Коблицкая. – Москва: Лёгкая и пищевая промышленность, 1981. – 208 с.

Колончин, К. В. Государственные меры по развитию рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации. Политика кластеризации. Потенциал развития рыбопромышленных кластеров в Азово-Черноморском бассейне полуострова Крым / К. В. Колончин, О. И. Бетин, Г. А. Волошин // Труды ВНИРО. – 2021. Т. 183. – С. 113–126.

Комарова, Г. В. Промысловая ихтиология: Учеб. пособие / Г. В. Комарова. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2006. – 192 с.

Корнилова, В. П. Питание азовской взрослой хамсы / В. П. Корнилова // Труды ВНИРО. – 1955. – Т. 31, вып.1. – С. 368–377.

Костюченко, В. А. Ставрида / В. А. Костюченко, Т. Е. Сафьянова, Н. И. Ревина // Сырьевые ресурсы Чёрного моря. – Москва: Пищевая промышленность, 1979. – С. 92–131.

Куманцов, М. И. Комплексный подход к организации российского рыболовства на Чёрном море / М. И. Куманцов, Е. Н. Кузнецова, О. М. Лапшин // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 5. – С. 290–302.

Куранова, И. И. Промысловая ихтиология и сырьевая база рыбной промышленности / И. И. Куранова, П. А. Моисеев. – Москва: Пищевая промышленность, 1973. – 152 с.

Куропаткин, А. П. Изменение солёности Азовского моря / А. П. Куропаткин, С. В. Жукова, В. М. Шишкин, Д. С. Бурлачко, В. Г. Карманов, Л. А. Лутынская, И. Ф. Фоменко, Т. И. Подмарева // Вопросы рыболовства. – 2013. Т. 14. – № 4 (56). – С. 666–674.

Куропаткин, А. П. Особенности гидрологического режима и рыбопродуктивность Азовского моря / А. П. Куропаткин // Проблемы современной гидрометеорологии и геоэкологии: материалы Всерос. науч.-практ. конф. – Ростов-на-Дону, 2007. – С. 89–92.

Куропаткин, А. П. Ретроспективные изменения и прогноз пространственной структуры поля солёности Азовского моря / А. П. Куропаткин // Среда, биота и моделирование экологических процессов в Азовском море. – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2001. – С. 72–77.

Куропаткин, А. П. Современные и перспективные изменения солёности Азовского моря / А. П. Куропаткин, В. М. Шишкин, Д. С. Бурлачко // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2015. – № 11. – С. 7–16.

Лапач, С. Н. Статистика в науке и бизнесе / С. Н. Лапач, А. В. Чубенко, П. Н. Бабич. – Киев: Морион, 2002. – 182 с.

Луц, Г. И. Рыболовство в прибрежной зоне Черного моря / Г. И. Луц, В. Д. Дахно, В. П. Надолинский, С. Ф. Рогов // Рыбное хозяйство. – 2005. – № 6. – С. 5–8.

Луц, Г. И. Условия формирования запаса азовской тюльки в современный период / Г. И. Луц, З. А. Мирзоян // Основные проблемы рыбного хозяйства и охрана рыбохозяйственных водоемов Азовского бассейна: сб. науч. тр. АзНИИРХ. – Ростов-на-Дону: Полиграф, 1996. – С. 166–174.

Луц, Г. И. Состояние ихтиофауны и сырьевая база промысла на черноморском шельфе России в современный период / Г. И. Луц, В. П. Надолинский, В. Д. Дахно // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна: сб. науч. тр. АзНИИРХ (2002–2003 гг.). – Ростов-на-Дону: АзНИИРХ, 2004. – С. 86–102.

Луц, Г. И. Методы сбора ихтиологического материала / Г. И. Луц, Ю. И. Реков // Методы рыбохозяйственных и природоохранных исследований в Азово-Черноморском бассейне: сб. науч.-метод. работ / под ред. С. П. Воловика, И. Г. Корпаковой. – Краснодар: Изд-во АзНИИРХ, Просвещение-Юг, 2005. – С. 157–177.

Луц, Г. И. Условия существования, особенности формирования запасов и промысел азовской тюльки / Г. И. Луц. – Ростов-на Дону: ФГУП «АзНИИРХ», 2009. – 118 с.

Майский, В. Н. Об оценках запасов азовской тюльки / В. Н. Майский // Труды ВНИРО. 1967. – Вып. 5. – С. 190-196.

Макоедов А. Н. Научные основы рыболовства / А. Н. Макоедов. – Москва: «Медиа М», 2014. – 464 с.

Макухина, Л. И. Некоторые особенности раннего онтогенеза пиленгаса *Mugil so-iuu* (Basilewsky), акклиматизируемого в Северном Причерноморье / Л. И. Макухина // Культивирование кефалей в Азово-Черноморском бассейне. – Москва: ВНИРО, 1991. – С. 30–51.

Мартынюк, М. Л. Особенности развития популяций гребневиков-вселенцев *Mnemioopsis leidy* (A.Agassiz, 1865) и *Beroe ovata* Mayer, 1912 в северо-восточной части Черного моря / М. Л. Мартынюк // Труды АзНИИРХ (результаты рыбохозяйственных исследований в Азово-Черноморском бассейне): сб. научн. тр. по результатам исслед. за 2014-2015 гг. / отв. ред. В. Н. Белоусов. – Ростов-на-Дону: ФГБНУ «АзНИИРХ», 2017. – Том 1. – С. 97–103.

Матишов, Г. Г. Результаты ихтиологических исследований устьевого взморья Дона / Г. Г. Матишов, Е. Н. Пономарева, В. А. Лужняк, А. В. Старцев. – Ростов-на-Дону: ЮНЦ РАН, 2014. – 160 с.

Методы рыбохозяйственных и природоохранных исследований в Азово-Черноморском бассейне: сб. научно-методических работ / под ред. С. П. Воловика и И. Г. Корпаковой. – Краснодар, 2005. – 352 с.

Мизюркина, А. В. Пиленгас Амурского залива / А. В. Мизюркина, М. А. Мизюркин // Рыбное хозяйство. – 1983. – № 6. – С. 32–33.

Мирзоян, З. А. Характеристика питания и обеспеченность кормом пелагических рыб Азовского моря / З. А. Мирзоян, С. П. Воловик, М. Л. Кухта // Труды АзНИИРХ «Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна» (1996–1997 гг.). – Ростов-на-Дону, 1998. – С. 58–67.

Мирзоян, З. А. Изменение структуры и продуктивности сообщества зоопланктона при вселении гребневика / З. А. Мирзоян // Гребневик *Mnemiopsis leidy* (A. Agassiz) в Азовском и Черном морях: биология и последствия вселения. / под научн. ред. проф. С. П. Воловика. – Ростов-на-Дону, 2000. – С. 189–207.

Мирзоян, З. А. Развитие популяций сцифоидных медуз *Rhizostoma pulmo* и *Aurelia aurita* в Азовском море / З. А. Мирзоян, М. Л. Мартынюк, Д. В. Хренкин, Д. Ф. Афанасьев // Водные биоресурсы и среда обитания. – 2019. Том 2. – № 2. – С. 27–35.

Мирзоян, З. А. Трофические основы формирования запасов хамсы в Азовском море / З. А. Мирзоян, В. П. Надолинский, М. Л. Мартынюк, Р. В. Надолинский // Водные биоресурсы и среда обитания. – 2023. – Т. 6. – № 2. – С. 78–96.

Мирзоян, З. А. Размножение и условия, определяющие урожайность поколений азовской тюльки в период 1993-2022 / З. А. Мирзоян, Р. В. Надолинский // Труды АзНИИРХ. Том 4, 2023. – С. 36–40.

Мирзоян, З. А., Мартынюк, М. Л., Хренкин, Д. В., Бычкова, М. В., Надолинский, Р. В. Сравнительный анализ негативных последствий для зоопланктона Азовского моря от хищничества желетелых вселенцев // Труды АзНИИРХ. 2025. – Т.5. – С. 212-219.

Михман, А. С. Некоторые данные по питанию азовской тюльки *Clupeonella delicatula* и роли кормового фактора в колебании её численности / А. С. Михман // Вопросы ихтиологии. – 1969. – Т. 9. Вып. 5 (58). – С. 778–886.

Мордухай-Болтовской, Ф. Д. Определитель фауны Черного и Азовского морей / Ф. Д. Мордухай-Болтовской. – Киев: Наукова думка, 1969. – 535 с.

Мордухай-Болтовской, Ф. Д. Каспийская фауна в Азово-Черноморском бассейне / Ф. Д. Мордухай-Болтовской. – Москва-Ленинград: Изд-во АН СССР, 1960. – 288 с.

Надолинский, В. П. Ихтиопланктон морских рыб Азовского моря в современный период / В. П. Надолинский, Г. И. Луц, С. Ф. Рогов // Тезисы докладов XI Всероссийской конференции по промысловой океанологии (Калининград 14–18 сентября 1999 г.). – Москва: ВНИРО. 1999. – С. 24–25.

Надолинский, В. П. Структура и оценка запасов водных биоресурсов в северо-восточной части Чёрного моря: дис... канд. биол. наук: 13.00.32 / Виктор Петрович Надолинский. – Краснодар: АзНИИРХ, 2004. – 171 с.

Надолинский, В. П. Оценка состояния ихтиопланктона Азовского и северо-восточной части Черного морей и причины его определяющие в настоящее время / В. П. Надолинский // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна (2004–2005 гг.): сб. науч. тр. – Ростов-на-Дону: Изд-во АзНИИРХ, 2006. – С. 128–136.

Надолинский, В. П. Динамика распределения морских нерестилищ и адаптация пиленгаса к условиям размножения в Азовском море / В. П. Надолинский // Вопросы рыболовства. – 2008. – Т. 9. – № 4. – С. 807–814.

Надолинский, В. П. Состояние ихтиопланктона Азовского моря в период развития популяций ктенофор *Mnemiopsis leidyi* и *Beroe ovata* / В. П. Надолинский // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна (2002-2003 гг.): сб. науч. тр. – Ростов-на-Дону: Изд-во АзНИИРХ, 2004. – С. 122–131.

Надолинский, В. П. Динамика распределения ихтиопланктона в северо-восточной части Черного моря / В. П. Надолинский, О. А. Перевалов // Вопросы рыболовства. – 2013. Т. 14. – № 4. – С. 676–685.

Надолинский, В. П. Камбалы Азово-Черноморского бассейна (BOTHIDAE, SCORPHTHALMIDAE, PLEURONECTIDAE, SOLEIDAE) / В. П. Надолинский, В. А. Шляхов, У. Н. Александрова // Вопросы рыболовства. – 2018. – Т. 19. – № 4. – С. 424–444.

Надолинский, В. П. 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 / В. П. Надолинский, Р. В. Надолинский // Водные биоресурсы и среда обитания. – 2018. Т. 1. – № 1. – С. 51–66.

Надолинский, В. П. Оценка численности и биомассы производителей хамсы (*Engraulis encrasicolus*) в северо-восточной части Чёрного моря по данным ихтиопланктонных съёмок / В. П. Надолинский, Р. В. Надолинский // Водные биоресурсы и среда обитания. – 2020. Т. 3. – № 1. – С. 20–26.

Надолинский, В. П. Видовой состав и численность ихтиопланктона Азовского моря / В. П. Надолинский, Р. В. Надолинский: Свидетельство 2024620698, Федеральная служба по интеллектуальной собственности, 14.02.2024.

Надолинский, Р. В. Влияние природных и антропогенных факторов на размножение азовской тюльки / Р. В. Надолинский // Рыбохозяйственный комплекс России: проблемы и перспективы развития (28-29 марта 2023 года Москва»), ФГБНУ «ВНИРО»: сб. докладов I Международ. науч.-практ. конф. / под ред. К. В. Колончина, О. А. Булатова, Е. Н. Харенко, А. С. Трубы. – Москва: Изд-во ВНИРО, 2023. – С. 203–206.

Надолинский, Р. В. Распределение и динамика численности ихтиопланктона и ранней молоди тюльки и хамсы в Азовском море в 1993–2023 гг. / Р. В. Надолинский, В. П. Надолинский, С. И. Дудкин // Водные биоресурсы и среда обитания. 2024. Том. 7. – № 1. – С. 51–64.

Надолинский, Р. В. Влияние природных и антропогенных факторов на размножение азовской хамсы / Р. В. Надолинский // Рыбохозяйственный комплекс России: проблемы и перспективы развития (26-27 марта 2024 года Москва»), ФГБНУ «ВНИРО»: сб. докладов II Международ. науч.-практ. конф. / под ред. К. В. Колончина, О. А. Булатова, Е. Н. Харенко, А. С. Трубы. – Москва: Изд-во ВНИРО, 2024. – С. 213-218.

Надолинский, Р. В. Индикаторная роль ихтиопланктона в современной трансформации рыбопродуктивности Азовского моря / Р. В. Надолинский //

XX Всероссийская ежегодная молодёжная конференция с международным участием «Наука Юга России: достижения и перспективы (15–26 апреля 2024 г., Ростов на Дону). – Ростов-на-Дону: Издательство ЮНЦ РАН, 2024. – С. 9–10.

Надолинский, Р. В. Влияние изменения солености на видовой состав и численность ихтиопланктона Таганрогского залива Азовского моря / Р. В. Надолинский, В. П. Надолинский, С. И. Дудкин // Сохранение биологического разнообразия и развитие сети особо охраняемых природных территорий: материалы междунар. научно-практ. конференции (26 февраля 2024 г., г. Костанай, Казахстан), посвященной юбилею почетного профессора КГПИ, д.б.н. Т. М. Брагиной / науч. ред. С. Б. Куанышбаев, Т. М. Брагина. – Костанай: КРУ имени Ахмет Байтұрсынұлы, 2024. – С. 282–287.92.

Надолинский, Р.В. Влияние сезонного развития желетелого макрозоопланктона на промысел и воспроизводство азовской тюльки (по результатам исследований 2023-2024 гг.) //Труды АзНИИРХ. 2025. – Т.5. –С. 33-36.

Национальный атлас России Т. 2. Природа. Экология / отв. ред. Г. Ф. Кравченко. – Калининград: Янтарный сказ, 2007. – 496 с.

Новожилова, А. Н. Изменения в зоопланктоне Азовского моря в условиях меняющегося режима / А. Н. Новожилова // Труды ВНИРО. – 1955. – Т. 31. – Вып. 1. – С. 99–216.

Овен Л. С. Особенности оогенеза и характер нереста морских рыб / Л. С. Овен. – Киев: Наукова думка, 1976. – 132 с.

Особенности гидрологического режима юго-восточной части Азовского моря в летний период 2005-2011 годов / С. В. Жукова и [др.] // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – Москва: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2012. – № 11. – С. 68–75.

Павловская, Р. М., Архипов, А. Г. Указания по определению пелагических личинок и мальков рыб Черного моря / Р. М. Павловская, А. Г. Архипов. – Керчь: Изд-во АзЧерНИРО, 1989. – 126 с.

Парин, Н. В. Рыбы морей России: аннотированный каталог / Н. В. Парин, С. А. Евсеенко, Е. Д. Васильева. – Москва: Тов. науч. изд. КМК, 2014. – 733 с.

Пинус, Г. Н. О причинах колебания численности Азовской тюльки / Г. Н. Пинус // Труды ВНИРО. – 1970. Т. 71. – С. 180–191.

Проект «Моря СССР». Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т.V. Азовское море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. – Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат, 1991. – 352 с.

Правдин, И. Ф. Руководство по изучению рыб / И. Ф. Правдин. – Москва: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.

Преобразование Бокса-Кокса в Excel (шаг за шагом). – URL: <https://www.codecamp.ru/blog/box-cox-transformation-excel/2022> (дата обращения 18.08.2024).

Пряхин, Ю. В. Некоторые черты поведения и особенности оценки запаса азовской популяции пиленгаса / Ю. В. Пряхин, С. П. Воловик, Л. Г. Баландина // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. – 2000. – № 1. – С. 97–100.

Промысловое описание Черного моря. – Москва: Изд-во Главного управления навигации и океанографии МО СССР, 1988. – 140 с.

Пятинский, М. М. Влияние изменения солености Азовского моря на продуктивность запаса и численность личинки тюльки в период 2000-2020 гг. / М. М. Пятинский, В. П. Надолинский, Р. В. Надолинский, С. В. Жукова, Д. С. Бурлачко, И. Д. Козобород // Вестник КГМТУ. – 2022. – Вып. 2. – С. 54–73.

Результаты гидрологического мониторинга лицензионного участка ООО «НК «Приазовнефть» в Азовском море в летний период 2012 года / С. В. Жукова [и др.] // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – Москва: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2013. – № 12. – С. 11–19.

Рогов, С. Ф. Динамика популяции азовской хамсы в 1986-1992 гг. / С. Ф. Рогов // Основные проблемы рыбного хозяйства и охрана рыбохозяйственных водоемов Азовского бассейна: сб. научн. тр. АзНИИРХ. – Ростов-на-Дону: Полиграф, 1996. – С. 174–178.

Рогов, С. Ф. Биология и адаптация хамсы и тюльки в связи с вселением гребневика / С. Ф. Рогов, Г. И. Луц, С. П. Воловик // Гребневик *Mnemiopsis leidyi*

(A/Agassiz) в Азовском и Черном морях: биология и последствия вселения / под науч. ред. проф. С. П. Воловика. – Ростов-на-Дону, 2000. – С. 234–294.

Рыбак, О. О. Климатические изменения в черноморском регионе и разработка стратегии его устойчивого развития / О. О. Рыбак, Е. А. Рыбак // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 90. – С. 108–143.

Световидов, А. Н. Рыбы Черного моря / А. Н. Световидов. – Москва-Ленинград: Наука, 1964. – 552 с.

Симов, В. Г. Гидрология устьев рек Азовского моря / В. Г. Симов; под ред. С. С. Байдина; Гос. океаногр. ин-т, Севастоп. отд-ние. – Москва: Гидрометеиздат: Моск. отд-ние, 1989. – 326 с.

Соленость воды и солевой баланс Азовского моря. – URL: http://esimo.oceanography.ru/esp1/index.php?sea_code=11§ion=6&menu_code=10 18 (дата обращения 18.08.2024).

Состояние биологических ресурсов Чёрного и Азовского морей: справочное пособие. – Керчь: Изд-во ЮгНИРО, 1995. – 64 с.

Староверов Б.А. Цифровые системы автоматического управления техническими объектами: Учебное пособие. – Кострома: Изд-во Костромского государственного технологического ун-та, 2005. – 93 с.

Старцев, А. В. Результаты ихтиологических наблюдений в восточной части Таганрогского залива и дельте Дона / А. В. Старцев, А. В. Казарникова, С. С. Савицкая. – Ростов-на-Дону: ЮНЦ РАН, 2010. – 96 с.

Статистическая структура океанологических и биологических параметров экосистемы Азовского моря / А. М. Бронфман [и др.]. – Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 1979. – 160 с.

Студеникина, Е. И. Характеристика биологических сообществ Азовского моря по результатам исследований 2010–2011 гг. / Е. И. Студеникина, З. А. Мирзоян, Л. М. Сафронова // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бас. (2010–2011 гг.): сб. науч. тр. АзНИИРХ. – Ростов-на-Дону, 2012. – С. 253–271.

Темных, А. В. Видовая и хорологическая структура мезопланктона северной части Черного моря: дис. ... канд. биол. наук: 03.02.10 / Александра Владимировна Темных. – Севастополь, 2018. – 132 с.

Торопов, П. А. Тенденции изменений климата Черноморско-Каспийского региона за последние 30 лет / П. А. Торопов, М. А. Алешина, В. А. Семенов, // Вестник Московского университета. Серия 5. География. – 2018. – № 2. – С. 67–77.

Троицкий, С. К. Рассказ об азовской и донской рыбе / С. К. Троицкий. – Ростов-на-Дону: Ростиздат, 1973. – 192 с.

Фащук, Д. Я. Биоресурсный потенциал Чёрного моря и его освоение отечественным промыслом в XX–XXI вв. / Д. Я. Фащук // Вестник Российской академии наук. – 2019. Т. 89. – № 11. – С. 1105–1119.

Чащин, А. К. Состояние промысловых популяций азовских пелагических рыб в условиях воздействия желетелых гидробионтов-вселенцев / А. К. Чащин, В. Е. Дубовик, С. А. Негода // Современные рыбохозяйственные и экологические проблемы Азово-Черноморского региона: материалы VII Международной конференции. Керчь, 20-23 июня 2012 г. – Керчь: ЮгНИРО, 2012. – С. 36–44.

Шиганова, Т. А. Новый вселенец *Beroe ovata* и его воздействие на экосистему Азово-Черноморского бассейна в августе-сентябре 1999 г. / Т. А. Шиганова, Ю. В. Булгакова, С. П. Воловик, З. А. Мирзоян, С. И. Дудкин // Гребневик *Mnemiopsis leidyi* (A. Agassiz) в Азовском и Черном морях: биология и последствия вселения / под научн. ред. проф. С. П. Воловика. – Ростов-на-Дону, 2000. – С. 432–449.

Шиганова, Т. А. Некоторые итоги изучения *Mnemiopsis leidyi* (A. Agassiz) в Черном море / Т. А. Шиганова // Гребневик *Mnemiopsis leidyi* (A/Agassiz) в Азовском и Черном морях: биология и последствия вселения / под научн. ред. проф. С. П. Воловика. – Ростов-на-Дону, 2000. – С. 32–82.

Шишкин, В. М. Особенности гидрологического режима Азовского моря и северо-восточной части Черного в 1991-1995 гг., возможные его изменения / В. М. Шишкин, Ю. М. Гаргопа, А. П. Куропаткин, С. В. Жукова // Основные про-

блемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна: сб. научн. тр. – Ростов-на-Дону: Молот, 1997. – С. 140–147.

Шляхов, В. А. Промыслово-биологические показатели рыболовства для важнейших распределенных запасов водных биоресурсов Чёрного моря как основа их регионального оценивания / В. А. Шляхов, О. В. Шляхова, В. П. Надолинский, О. А. Перевалов // Водные биоресурсы и среда обитания. – 2018. Т. 1. – № 1. – С. 86–103.

Box G. E. P., Cox D. R. An Analysis of Transformations // Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological), Volume 26, Issue 2. 1964. Pp. 211–252.

Brockwell P. J., Davis R. A. Time Series: Theory and Methods, 2nd Edition // Springer Verlag, 1991. 596 p.

Chen Y. A new methodology of spatial cross-correlation analysis // PLoS One, 2015. Vol. 10. № 5. P. e0126158.

Climate Change and Small Pelagic Fish // Edited by DAVID M. CHECKLEY, JR., Scripps Institution of Oceanography, University of California, San Diego, La Jolla, California, USA; JÜRGEN ALHEIT Baltic Sea Research Institute, Seestr. 15, 18119 Warnemünde, Germany; YOSHIOKI OOZEKI National Research Institute of Fisheries Science, Fisheries Research Agency, 2-12-108. Fukuura, Kanazawa, Yokohama, Kanagawa, 236-8648, Japan; CLAUDE ROY L'Institut de Recherche pour le Développement (IRD), Plouzané, France.

European small pelagic fish distribution under global change Scenarios Alexandre Schickele¹ | Eric Goberville² | Boris Leroy² | Gregory Beaugrand^{3,4} | Tarek Hattab⁵ | Patrice Francour¹ | Virginie Raybaud¹.

Fischer W., M.-L. Bauchot et M. Schneider. Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Volume II. Vertébrés. Rome, FAO, Vo1.2: 1987. Pp. 761–1530.

GFCM Capture Production 1970–2017 (the volume of fish catches landed by country or territory of capture, by species or a higher taxonomic level, in the Mediterranean sea, and year for all commercial, industrial, recreational and subsistence purposes).

– URL: <http://www.fao.org/fishery/statistics/GFCM-capture-production/> (дата обращения 06.07.2024).

Kremer P. Predation by the ctenophore *Mnemiopsis leidyi* in Narragansett Bay, Rhode Island. *Estuaries* 2 (2). 1979. Pp. 97–105.

Miller R. J. Distribution and biomass of an estuarine ctenophore *Mnemiopsis leidyi* (A, Agassiz). *Chesapeake Sci.* 15 (1). – 1974. – P. 1-8.

Nadolinski V. P. Estimation of the changes in the Azov Sea ichthyoplankton under the influence of ctenophore. Ctenophore *Mnemiopsis leidyi* (A. Agassiz) in the Azov and Black Seas: its biology and consequences of its intrusion / Prof. Dr. S.P. Volovik (Ed.). Istanbul: Turkish Marine Research Foundation Publ., 2004. No. 17. Pp. 208–217.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. // R Foundation for Statistical Computing, 2022. – URL: <https://www.R-project.org/> (дата обращения 06.01.2024).

Zengin M., Duzgunes E. Variations on the turbot (*Scophthalmus maeoticus*) stocks in the south-eastern Black Sea during the last decade and comments on fisheries management // Workshop on demersal resources in the Black Sea & Azov Sea. 15–17 April 2003 Sile – Turkey. Bayram Öztürk and Saadet Karakulak (Eds.). Istanbul, 2003. Pp. 5–10.