

Департамент образования и науки города Севастополя  
Государственное бюджетное образовательное учреждение  
«Центр дополнительного образования  
«Малая академия наук»

**ПОПУЛЯЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЧЕРНОМОРСКОЙ  
АТЕРИНЫ *ATHERINA BOYERI PONTICA RISSO 1810*  
ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА»**

**Работу выполнила:**

Солодушко Ирина Сергеевна,  
учащаяся творческого объединения  
«Экология моря» ГБОУ ЦДО «Малая  
академия наук»; учащаяся ГБОУ СОШ  
№58, 9 класс;

**Научный руководитель:**

Белогурова Р.Е., педагог дополнительного  
образования ГБОУ ЦДО «Малая академия  
наук», руководитель творческого  
объединения «Экология моря», м.н.с.  
ФИЦ ИнБЮМ

г. Севастополь, 2021

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
РАЗДЕЛ 1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	6
1.1. Общая характеристика района исследования	6
1.2. Биологическая характеристика объекта исследования	8
1.3. Основные пути хозяйственного использования атерины	
РАЗДЕЛ 2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	12
2.1. Материал для исследований	12
2.2. Методы исследований	13
РАЗДЕЛ 3 РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ	15
3.1. Размерно-массовая характеристика атерины <i>A. boyeri pontica</i> Каркинитского залива	15
3.2. Возрастная структура атерины <i>A. boyeri pontica</i> Каркинитского залива	25
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	27
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	28

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность проблемы.** Атерина – стайная подвижная пелагическая морская рыба. Распространена у европейского побережья Атлантики от Великобритании до Средиземного моря, а также в Черном, Азовском и Каспийском морях (Васильева, 2007). Атерина способна обитать как в пресных водах (Карпова, Болтачев, 2011 – поимки в водохранилищах восточного Крыма), так и в водоемах с повышенной соленостью (Восточный Сиваш) (Световидов, 1964; Фауна Украины, 1982; Васильева, 2007; Болтачев, Карпова, 2017). По типу питания атерина преимущественно зоопланктофаг, и ее роль в трофических сетях чрезвычайно важна, так как она служит кормом для ценных видов рыб.

В промысловом отношении *A. boyeri pontica* – малоценный короткоцикловый вид. По классификации промысловых ресурсов Азово-Черноморского бассейна, атерина относится к ресурсам рыб лиманно-эстуарного комплекса (Новиков, Серобаба, 2001). Специализированный промысел атерины в Азово-Черноморском бассейне не ведется и чаще всего ее можно встретить в качестве прилова при добыче других видов (хамсы) (Васильева, 2007; Дирипаско и др., 2011; Самотой, 2014; Болтачев, Карпова, 2017). Как было отмечено ранее, атерина довольно массовый вид в прилове при промысле травяной креветки *Palaemon adspersus* в зарослях морских трав в Каркинитском заливе.

Согласно литературным данным, благодаря недоиспользованности в качестве объекта промысла, атерина может стать альтернативным сырьем для производства белковых гидролизатов – ценных легкоусвояемых дополнительных источников белка (Памбук, 2007; Виннов, Турбал, 2012; Чернявская и др., 2017а, б).

В виду невысокой промысловой ценности, биология атерины в Черном море в настоящее время слабо изучена. В недавних исследованиях отражена размерно-возрастная структура и рост атерины из прибрежной зоны юго-западного Крыма (Куцын, Самотой, 2020). Установлено соотношение полов и предельный возраст рыб (4 года); выявлено, что темп роста атерины из акватории юго-западного Крыма выше, чем у эстуарных и лагунных форм в условиях лабильной солености, но ниже, чем у морских и океанических (Куцын, Самотой, 2020). Учитывая неучтенность изъятия атерины креветочными вентерями, особую актуальность имеет изучение популяционных особенностей атерины (ее возраста, роста, размерно-массовых и половых характеристик) в условиях антропогенной нагрузки. Кроме этого, в связи с прекращением работы Северо-Крымского канала, и как следствие, невозможности ведения сельского хозяйства в регионе (выращивания риса или разведения рыбы), важно использовать недооцененные ранее ресурсы, к которым относится атерина.

**Цель и задачи исследования.** Целью исследования является уточнение биологии атерины у берегов Крыма – а именно, в высокопродуктивном Каркинитском заливе, где она является одним из самых массовых видов. Задачи исследования:

- изучить размерно-массовые и половые характеристики черноморской атерины в Каркинитском заливе;
- изучить возраст и рост атерины черноморской в Каркинитском заливе;
- выявить основные факторы, влияющие на состояние популяции атерины в Каркинитском заливе.

**Объект исследования** – черноморская атерина *Atherina boyeri pontica*.

**Предмет исследования** – возраст, рост, размерно-массовые и половые характеристики атерины.

**Методы исследования.** В работе применены теоретические методы (анализ изученности проблемы), методы биологического анализа,

выполненные по стандартной общепринятой методике (измерение стандартной и тотальной длин, массы рыб, определение пола, возраста рыб), реализованы математический и статистический подходы к обработке полученных данных, построены модели роста атерины.

**Научная новизна полученных результатов.** Впервые получены данные, касающиеся роста атерины в Каркинитском заливе, установлено влияние промысла на размерную структуру популяции этого вида.

**Практическое значение полученных результатов.** Практическая ценность состоит в том, что для данного вида впервые получены данные о размерно-возрастной и половой структуре, что важно для обеспечения рационального промысла и охраны биологических ресурсов в Азово-Черноморском регионе.

**Связь работы с научными программами.** Научная работа выполнена в лаборатории проблем идентификации вида ФИЦ ИнБЮМ в рамках работы творческого объединения «Экология моря».

**Личный вклад учащегося.** Солодушко И.С. принимала непосредственное участие в разработке темы «Популяционные характеристики черноморской атерины *Atherina boyeri pontica* Risso 1810 западного побережья Крымского полуострова». Математическая и статистическая обработка массива полученных данных, а также интерпретация результатов выполнены лично согласно инструкциям научного руководителя.

**Структура и объём работы.** Научная работа изложена на 31 странице машинописного текста, состоит из введения, 3 разделов, заключения, списка литературы, который содержит 31 источник (в том числе, 3 иностранных). Текст работы иллюстрирован 14 рисунками.

## РАЗДЕЛ 1

### ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

#### 1.1. Общая характеристика района исследования

Каркинитский залив – самый крупный залив Черного моря, длиной более 118 км, особенный по своим морфологическим, гидрохимическим и биоценотическим характеристикам. Высокая биологическая продуктивность и активное развитие фито- и зообентоса определяют залив как район нереста и нагула молодежи многих видов рыб (Водяницкий, 1949; Арнольди, 1949).

Бакальской косой и Бакальской банкой Каркинитский залив делится на западную глубоководную часть (ширина до 80 км, глубина до 36 м) и восточную мелководную (глубины до 10 м). Его южное побережье формируют остров Джарылгач и Тендровская коса. В западной части Каркинитского залива расположен Тарханкутский полуостров, образовавшийся в результате поднятия сарматских известняков, берега которого сложены абразионно-террасовыми и оползневыми формами рельефа. Подводные биоценозы в этом районе представлены поросшими бурой водорослью *Cystoseira* скальными стенками и валунно-глыбовыми навалами, камнями и булыжниками. На удалении от берегов на большей части акватории залива грунт песчаный с примесью ракушки, в мелководной части частично заиленный. Вдоль берегов Каркинитского залива формируются два разнонаправленных течения, благодаря которым с глубины до 5 м переносится песок и ил. Таким образом, ракушечно-песчаные наносы являются результатом совместного действия волн и подводных потоков. Современные острова покрывают 5700 га площади Каркинитского залива. Наибольшим островом является Джарылгач: длина – 42 км, площадь – 5605 га (Водно-болотні угіддя..., 2006). В.А. Водяницкий (1949) выделял Каркинитский залив как один из пяти естественных районов крымского побережья Черного моря.

Средняя глубина Каркинитского залива – около 8 м, максимальная – до 30 м. Прибрежная зона залива – мелководная, с глубинами до 0,8 – 1 м.

Температура поверхности воды в течение года в Каркинитском заливе колеблется от -1 °С зимой до 26.9 °С летом и достигает 28.5 °С в верхних (мелководных) участках. В особо суровые зимы Каркинитский залив может замерзать (Географічна енциклопедія..., 1990). По литературным данным соленость в заливе в среднем составляла 17.3–18.6 ‰ и увеличивалась летом в восточной части до 20.8 ‰ за счет интенсивного испарения на мелководье, особенно при слабом перемешивании вод (Пухтяр и др., 2003). В целом воды Каркинитского залива можно отнести скорее к мезогалинным, чем к полигалинным, согласно Венецианской системе (1959) классификации вод по солености (Зенкевич, 1977).

С 70-х годов XX века произошли масштабные негативные изменения уникальных биоценозов Каркинитского залива в результате влияния различных форм хозяйственной деятельности. Из-за активного донного тралового промысла, развившегося во второй половине 70-х годов, взмучивание мелкодисперсных донных илов и их перенос на значительные расстояния привели к заиливанию западной части залива. Следствием этого явилось уничтожение донных специфических биоценозов мидии и харовых водорослей и других сообщества песчаных и ракушечных грунтов, которые являлись нагульными участками ценных видов рыб (Зайцев и др., 1992).

В восточной мелководной части начала 1970-х годов существовало высокоразвитое сообщество морских трав рода *Zostera*, которое играло роль как место летнего нагула многих видов рыб. В последующие годы в связи со сбросом пресных днепровских вод из рыбоводных прудов, рисовых чеков и ирригационной системы Северо-Крымского канала на значительной акватории этой части залива произошло существенное опреснение воды, повлекшее деградацию нативного биоценоза и формирование типичного эстуарного сообщества гидробионтов, включая рыб, с преобладанием пресноводных видов (Boltachev, Karova, 2013). Существенно увеличилось

загрязнение донных отложений тяжелыми металлами в верхней части Каркинитского залива, концентрации которых в несколько раз превышали ПДК (Eremeev et al., 2012). Прекращение в 2014 г. функционирования Северо-Крымского канала и сброса пресной воды в Каркинитский залив, а также вызванное размывом Бакальской косы поступление черноморских вод из глубоководной части, сопровождаются очередной перестройкой биоценозов восточной части залива (Карпова и др., 2016).

В акватории Каркинитского залива и районе острова Джарылгач проходят важнейшие европейские миграционные коридоры птиц. Здесь зимуют, гнездятся и размножаются наибольшее число водно-болотных птиц на всем черноморском побережье (Водно-болотні угіддя..., 2006).

На территории мелководной части Каркинитского залива в 1947 году создан орнитологический филиал Крымского природного заповедника, в который вошли три природоохранные зоны, имеющие разный статус: заповедник «Лебязьї острова», орнитологический заказник «Каркинитський» и охранный зона заповедника в материковой части Каркинитского залива. На выходе из Каркинитского залива на полуострове Тарханкут в 2009 г. был образован национальный природный парк «Прекрасная гавань» (с 2014 г. – «Тарханкутський»).

## 1.2. Биологическая характеристика объекта исследования

Атерина черноморская (*Atherina pontica* Eichwald, 1838) – стайная подвижная пелагическая рыба. Имеет удлиненное, слегка сжатое с боков тело, невысокое и достаточно толстое (рис. 1.1). Окраска тела зависит от условий водоема, возраста рыб; у самок и самцов окраска одинаковая – спинка темная, иногда почти черная, бока тела светлее, серебристо-белые. В период размножения расцветка более интенсивная, с металлическим блеском (рис. 1.1).



Рис. 1.1 Атерина черноморская (*Atherina pontica* Eichwald, 1838)

Половой диморфизм незначителен, и заключается в отличиях по некоторым пластическим признакам. Так для атерины из района Карадага (1982) у самцов меньшие индексы следующих признаков: наибольшая высота и толщина тела и антедорсальное расстояние; постдорсальное расстояние и длина брюшных плавников у них несколько больше. Что касается возрастной изменчивости, то для атерины из района Бердянской косы наблюдалось относительное увеличение наибольшей высоты и толщины тела, антеанального и вентроанального расстояний, длины грудных плавников, высоты 1-го спинного плавника, увеличение высоты головы у затылка с возрастанием длины тела, и соответственно уменьшение длины хвостового стебля и длины головы. (Световидов, 1964; Смирнов, 1988).

Атерина распространена в бассейнах Черного и Азовского морей. В Черном море встречается у берегов Крыма; массовый вид в Каркинитском заливе. Обычна у берегов на мелководье с песчаным, песчано-илистым, ракушечниковым дном. Рыба пластична по отношению к солености, встречается в пресных, солоноватых и соленых водоемах. Известны случаи

поймки атерины в водохранилищах восточного Крыма, куда вид проник через систему Северо-Крымского канала из Каховского водохранилища (Карпова, Болтачев, 2011).

Для атерины характерны суточные миграции: на рассвете и днем рыба перемещается к берегам. Зимовка рыбы в Черном море обычно происходит на глубинах 8-10 м.

Нерест атерины осуществляется с апреля по август, известны случаи поимки половозрелых рыб в марте и сентябре. Половой зрелости рыба достигает на втором году жизни. Плодовитость варьирует от 100 до 350 икринок. Атерина откладывает икру на подводную растительность на небольших глубинах в прибрежной зоне открытых участков моря, в лиманах, заливах; икрометание порционное.

Атерина – короткоцикловая рыба, ее предельный возраст – 4-5 лет. Максимальная длина рыбы не превышает 145-150 мм,

Взрослые особи питаются в основном зоопланктоном, но могут потреблять насекомых и их личинок, высших ракообразных, молодь мелких рыб. Является конкурентом в питании ценных видов рыб.

Промысловое значение атерины невелико, в северо-западной части Черного моря этот вид обычен в приловах креветочных вентерей, а также при лове хамсы. Рыба пригодна для изготовления белка животного происхождения и кормовой муки (Световидов, 1964; Смирнов, 1988).

### 1.3. Основные пути хозяйственного использования атерины черноморской в качестве кормового продукта

В Азово-Черноморской бассейне в настоящее время существует ряд рыб, недоиспользуемых промыслом, к которым также относится черноморская атерина. Как было сказано выше, этот вид является массовым в приловах при промысле травяной креветки в Каркинитском заливе Черного моря, но практически не перерабатывается в дальнейшем, и, в лучшем случае, используется местным населением в качестве корма для домашней

птицы. Спрос на атерину либо ограничен, либо вообще отсутствует, что обусловлено в том числе недостаточным количеством современных баз по приемке, хранению и переработке мелкой рыбы. В таком случае лучшим выходом является использование атерины и других мелких видов рыб в качестве источника животного белка при производстве комбикормов. Доказаны улучшения физиолого-биохимических процессов у рыб, птиц и животных после включения в их рацион белковых гидролизатов (Чернявская и др., 2017a,b).

Исследования химического состава атерины черноморской выявили достаточно высокое содержание белковых веществ (около 17%) и низкое содержание жира (около 2%), что позволяет отнести ее к белковым рыбам (Виннов, Турбал, 2012). Установлено, что атерина отличается высоким содержанием белков соединительной ткани, представленных главным образом коллагеном, и разработаны новые малоотходные технологии переработки этой рыбы для получения препаратов коллагена. Кроме этого, переработанный белок атерины применяется при производстве рыбных соусов и кремообразных продуктов (Памбук, 2007).

Таким образом, атерина является перспективным сырьем как для получения кормовой, так и производства кулинарной продукции.



## РАЗДЕЛ 2

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

#### 2.1. Материал исследования

Материалом для работы являются пробы рыб, полученные в экспедиционных исследованиях отдела планктона ФИЦ ИнБЮМ в Каркинитском заливе (северо-западная часть Крымского полуострова, Раздольненский район) в 2016 и 2017 г. (рис. 2.1).

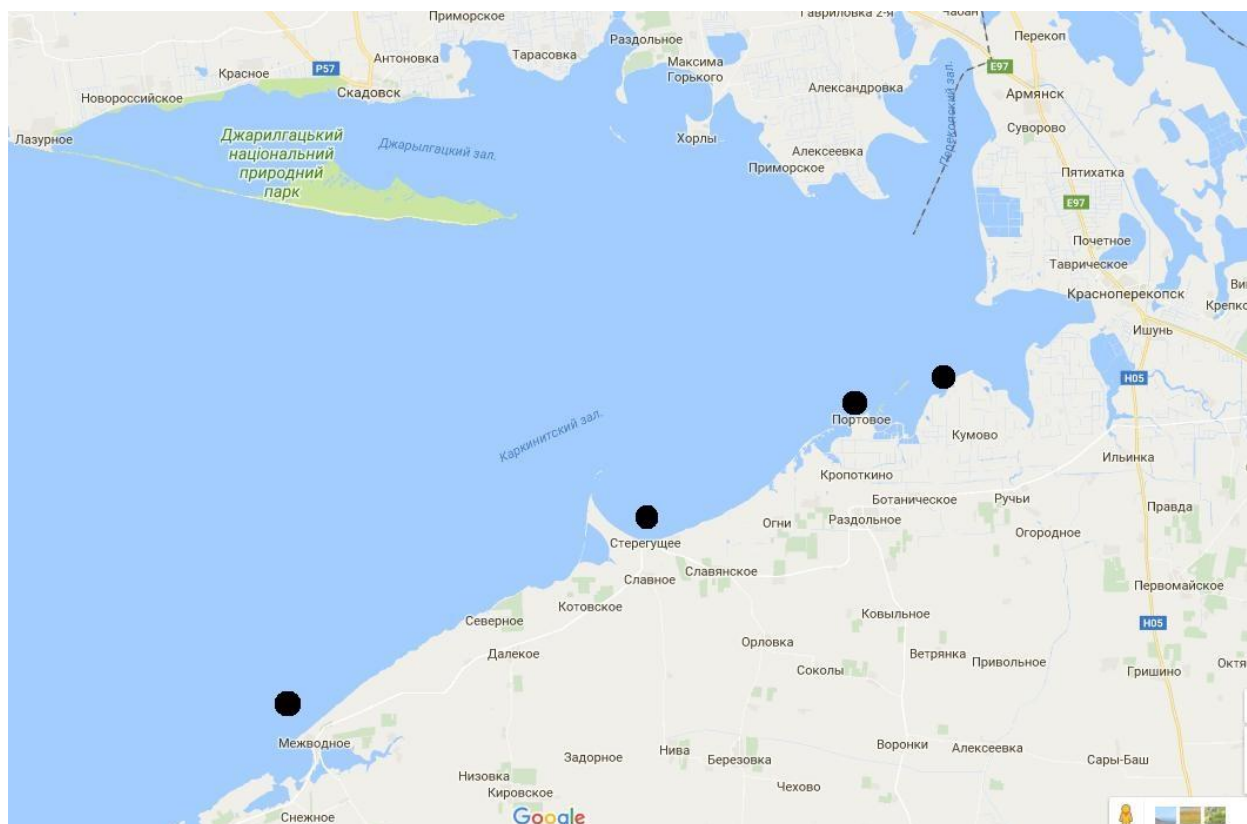


Рис.2.1. Схема Каркинитского залива с точками отбора проб

Ихтиологический материал отбирали при промысловом лове креветки с помощью вентерей с ячеей 6,5-8,0 мм, устанавливаемых в зарослях морских трав (*Zostera*) на глубинах 0,5–1,2 м в Каркинитском заливе. После переборки улова рыба была заморожена, и дальнейшая работа осуществлялась в лабораторных условиях. Видовую принадлежность рыб идентифицировали

по стандартным определителям (Световидов, 1964; Васильева, 2007). Полному биологическому анализу были подвергнуты 826 экз. атерины.

## 2.2. Методы исследования

Биологический анализ осуществляли по общепринятым методикам (Правдин, 1966; Чугунова, 1952). У рыб измеряли тотальную и стандартную длины тела ( $TL$  и  $SL$ ) с помощью штангенциркуля с точностью до 0,1 мм (рис. 2.2).

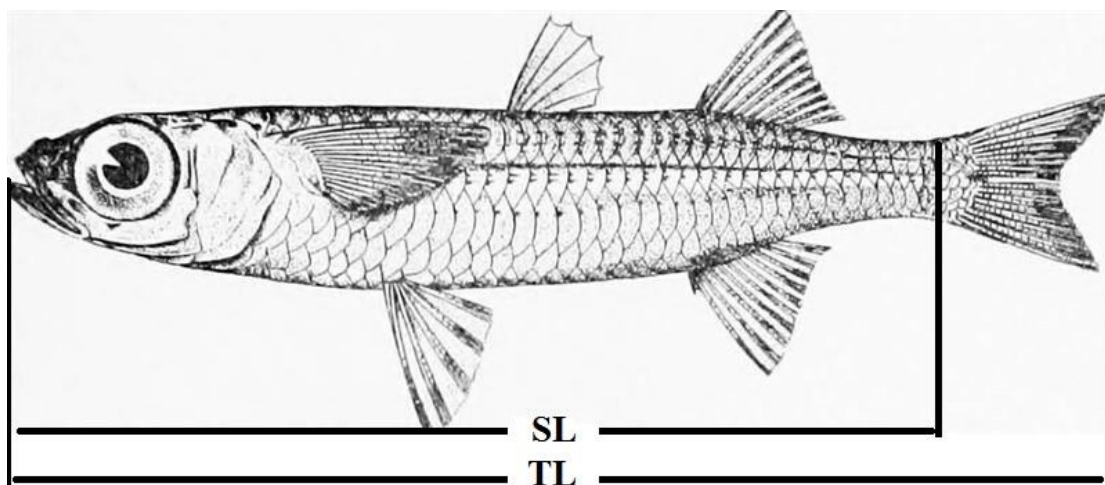


Рис. 2.2. Схема измерения тотальной ( $TL$ ) и стандартной ( $SL$ ) длин атерины черноморской

Вес рыб ( $W$ ) в лабораторных условиях определяли с помощью весов RADWAG-2013 с точностью до 0,001 г. Математическую обработку данных осуществляли с помощью программного пакета Excel 2016, Statistica 10.0.

Для математической обработки данных использованы общепринятые статистические показатели (Лакин, 1990). Для оценки различий для выборок с небольшим количеством экземпляров использован критерий Манна-Уитни ( $U$ ) при уровне значимости  $p \leq 0,05$ , реализованного в пакете Statistica 10.0. Для оценки расхождения по комплексам изученных признаков между рыбами различных районов использован показатель дивергенции Кульбака-Лейблера ( $D$ ) (Андреев, Решетников, 1977). Используются методы одномерного и многомерного статистического анализа (дискриминантный и

кластерный анализ), выполненные в программном пакете Statistica 10.0 (Халаяфян, 2007).

При анализе полового состава рыб применяли критерий  $\chi^2$  (Лакин, 1990). Характер распределения по линейным размерам и массе оценивали по  $W$ -критерию Шапиро-Уилка (Халаяфян, 2007). Для описания линейного роста использовали уравнение Берталанфи (Bertalanffy, 1938; Рикер, 1979; Мина, Клевезаль, 1976):

$$L = L_{\infty}(1 - e^{-k(t - t_0)}),$$

где  $L_{\infty}$  – асимптотическая длина,  $k$  – константа, характеризующая скорость приближения к  $L_{\infty}$ ;  $t_0$  – возраст рыбы, когда ее длина в рассматриваемой модели равна 0. Коэффициенты уравнения Берталанфи рассчитывали с помощью опубликованных рекомендаций (Мельникова, 2009).

## РАЗДЕЛ 3 РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

### 3.1. Размерно-массовая характеристика атерины *A. boyeri pontica* Каркинитского залива

Согласно классическим представлениям, размеры и масса особей в популяциях рыб связаны с тремя основными характеристиками: обеспеченностью пищей и ее доступностью, экологических условий, которые опосредованно влияют на состояние кормовой базы вида, а также наследственностью (Никольский, 1974). Ниже представлены размерно-массовые характеристики атерины из Каркинитского залива.

Репрезентативные выборки атерины из восточной части Каркинитского залива были получены в мае и июле 2016 года (316 экз.), а также в апреле и июле 2017 года (510 экз.).

В мае 2016 года атерина имела в целом размеры от 53,60 до 99,10 мм (здесь и далее указывается стандартная длина), в среднем  $71,05 \pm 0,623$  мм, и массу от 1,35 до 10,90 г, в среднем  $3,67 \pm 0,112$  г. Третичное соотношение полов в данной выборке составляло 1,00:1,13 с преобладанием самок (отличие от 1:1 статистически достоверно при  $p < 0,05$ ,  $\chi^2=0,95$ ,  $df=1$ ).

По литературным данным, атерина в Черном море достигает максимальной длины 150 мм, массы около 15 г (Световидов, 1964; Фауна Украины, 1982; Васильева, 2007; Болтачев, Карпова, 2017). В наших исследованиях длина самок атерины укладывалась в ряд от 53,6 до 93,3 мм, в среднем  $71,92 \pm 0,970$  мм, масса – от 1,35 до 8,32 г, в среднем  $3,87 \pm 0,0174$  г. Самцы имели размеры в среднем  $71,31 \pm 0,844$  мм, от 54,4 до 99,1 мм и массу в среднем  $3,66 \pm 0,157$  г, укладываясь в ряд от 1,58 до 10,90 г. Распределение по линейным размерам у самцов и самок соответствовало нормальному ( $W=0,979$ ,  $p=0,138$ ,  $n=84$  и  $W=0,977$  при  $p=0,146$ ,  $n=96$  соответственно).

Распределение по массе у самцов и самок отличалось от нормального –  $W=0,929, p < 0,05, n=84$  и  $W=0,889, p < 0,05, n=96$  соответственно.

Сравнение средних значений стандартной длины у самок и самцов с использованием  $t$ -критерия Стьюдента достоверных отличий не выявило:  $T=0,442, p=0,660$ . По средним значениям массы самки и самцы атерины также достоверно не отличались: значение критерия Манна-Уитни ( $U$ ) составило 3961,000, при  $p=0,736$ .

Зависимость массы атерины от стандартной длины с высокой степенью коэффициента детерминации описывается степенным уравнением (Рикер, 1979) (рис. 1), и для самцов и самок имеет следующий вид:

$$W(\text{самцы}) = 0,000006SL^{3,128}, R^2 = 0,824$$

$$W(\text{самки}) = 0,000007SL^{3,072}, R^2 = 0,879$$

Из уравнений видно, что весовой рост атерины близок к изометрическому (изменение размеров рыбы не сопровождается изменением формы ее тела). Различий по половому признаку в наборе массы атерины не наблюдается: коэффициент функциональной регрессии  $b$  для самок и самцов близок к 3.

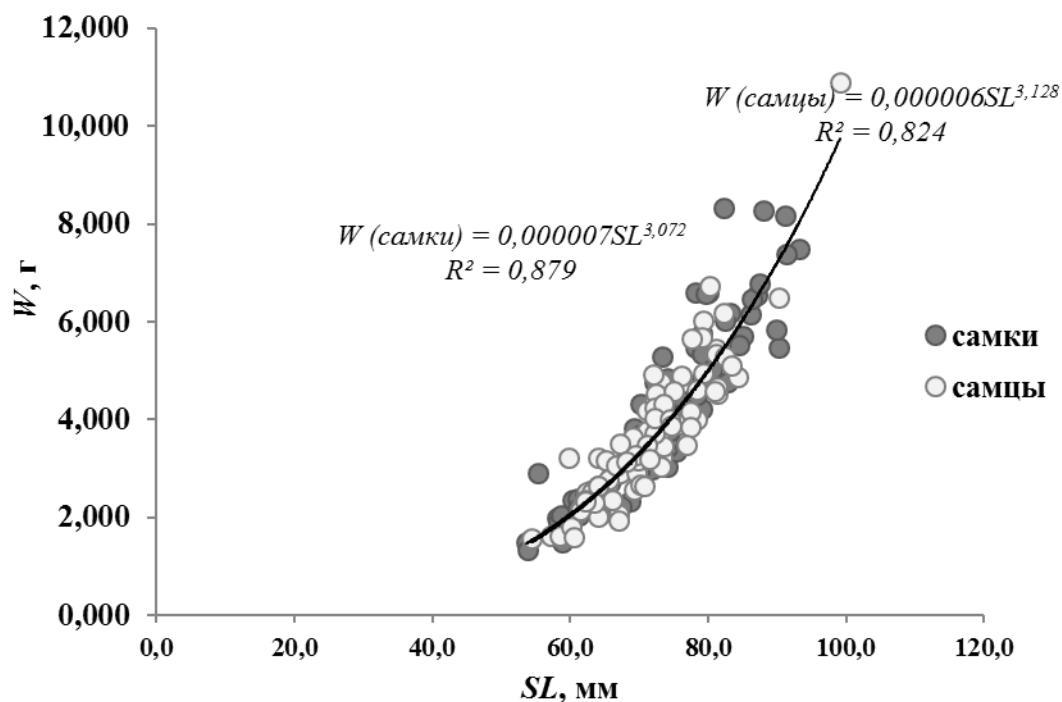


Рис. 1. Зависимость «масса – длина» самцов и самок *A. boyeri pontica* восточной части Каркинитского залива в мае 2016 г.

В майской выборке атерины из восточной части Каркинитского залива 32,3 % самок либо уже отнерестились (VI стадия зрелости), либо находились на стадии текучести (V стадия зрелости), зрелыми (IV стадия) были 30,2 % особей. Соотношение самок по 4 группам стадий зрелости (от III до VI) достоверно отличались от соотношения 1:1:1:1 ( $p < 0,05$ ,  $\chi^2=0,99$ ,  $df=3$ ). Согласно литературным данным, нерест атерины в Черном море начинается в апреле-мае и длится до августа-сентября (Световидов, 1964; Фауна Украины, 1982; Васильева, 2007; Болтачев, Карпова, 2017). У самцов наблюдалась иная картина: больше половины особей в выборке (62%) были незрелыми (на II или III стадиях); отнерестились либо были с текучими половыми продуктами около 20% самцов. Соотношение самцов по стадиям зрелости от II до VI определено достоверно ( $p < 0,05$ ,  $\chi^2=0,85$ ,  $df=3$ ).

В июле 2016 года атерина укладывалась в размерный ряд от 52,60 до 96,70 мм, в среднем  $71,71 \pm 0,813$  мм. Масса атерины в выборке варьировала от 1,32 до 8,39 г, в среднем  $3,76 \pm 0,130$  г. Третичное соотношение полов в выборке составило 1,00:1,19 с преобладанием самок (отличие от 1:1 статистически достоверно при  $p < 0,05$ ,  $\chi^2=0,92$ ,  $df=1$ ).

Длина самок в июльской выборке варьировала от 57,10 до 96,70 мм, в среднем  $72,23 \pm 1,120$  мм, масса самок в среднем составила  $4,00 \pm 0,205$  г, от 1,73 г до 8,30 г. Длина самцов укладывалась в ряд от 52,60 до 85,80 мм, в среднем  $71,09 \pm 1,063$  мм. Масса самцов в среднем составила  $3,47 \pm 0,133$  г, от 1,32 г до 5,58 г.

Распределение линейных размеров самок не соответствовало нормальному:  $W=0,934$ ,  $p < 0,05$ ,  $n=65$ , так же, как и масса ( $W=0,893$ ,  $p < 0,05$ ,  $n=65$ ). У самцов линейные размеры были распределены по закону Гаусса-Лапласа ( $W=0,983$ ,  $p=0,635$ ,  $n=53$ ), так же, как и масса ( $W=0,985$ ,  $p=0,748$ ,  $n=53$ ). Сравнение линейных размеров и массы самок и самцов с помощью

критерия Манна-Уитни достоверных отличий не выявило ( $U=1715,000$  при  $p=0,970$  и  $U=1532,000$  при  $p=0,304$  соответственно).

В июльской выборке 37,0 % самок и 27,0 % самцов оказались с текучими половыми продуктами. Большая часть самцов (43,0 %) и самок (40,0 %) находились на стадии, VI-IV. Около четверти самок и самцов из этой пробы находились на стадии VI-III. Соотношение самок и самцов по стадиям зрелости достоверно отличалось от 1:1:1 при  $p < 0,05$ ,  $\chi^2=0,98$ ,  $df=2$ ).

Сравнение майской и июльской выборок атерины по стандартной длине и массе не выявило достоверных отличий ( $U=10670,00$ ,  $p=0,991$  и  $U=10433,50$ ,  $p=0,737$  соответственно).

Зависимость массы атерины от стандартной длины с высокой степенью коэффициента детерминации описывается уравнением (Рикер, 1979) (рис. 2), и для самцов и самок имеет следующий вид:

$$W(\text{самцы}) = 0.00009SL^{2,480}, R^2 = 0,8467$$

$$W(\text{самки}) = 0.00005SL^{2,830}, R^2 = 0,9067$$

Очевидно, в летний период у атерины замедляется весовой рост, что связано с нерестовыми изменениями. Коэффициент функциональной регрессии  $b$  для самок близок к 3, для самцов – менее 3, что связано с различным темпом набора массы у рыб разных полов в этот период. В более высоких размерных классах (90,0 – 100,0 мм) нами не было зарегистрировано ни одного самца, что связано с гибелью большей частью особей мужского пола в нерестовый период.

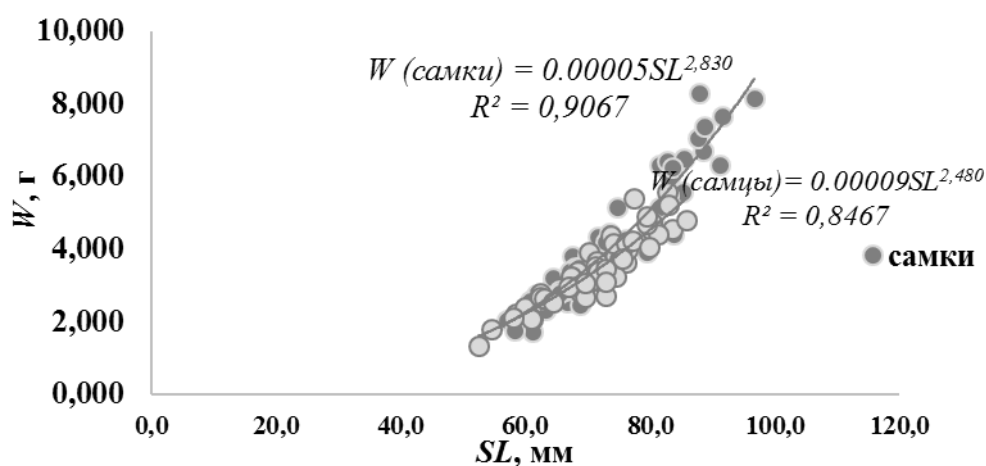


Рис. 2. Зависимость «масса – длина» самцов и самок *A. boyeri pontica* восточной части Каркинитского залива в июле 2016 г.

Размерно-частотные характеристики для атерины обоих полов, выловленной в 2016 г., представлены на рис. 3. Прослеживается мультимодальный характер распределения. В майской выборке преобладают рыбы размерных классов 60,0–65,0 мм и 70,0–75,0 мм. В июле большинство рыб были представлены размерными классами 65,0–70,0 мм и 70,0–75,0 мм. Подобный характер свойственен короткоцикловым рыбам, которые отличаются высоким темпом прироста в первые годы жизни. Так, по литературным данным, рост атерин из прибрежной зоны юго-западного Крыма происходил в два этапа: в течение 1 года жизни у рыб был наиболее высокий темп роста, и по достижению двухлетнего возраста, к моменту полового созревания, самцы и самки атерины в среднем достигали тотальной длины 64,0 мм (Куцын, Самотой, 2020). Затем рост линейно замедлялся и становился близким к изометрическому, таким образом, атерина, достигая предельного возраста (4 года), имела тотальную длину 105,4 мм.

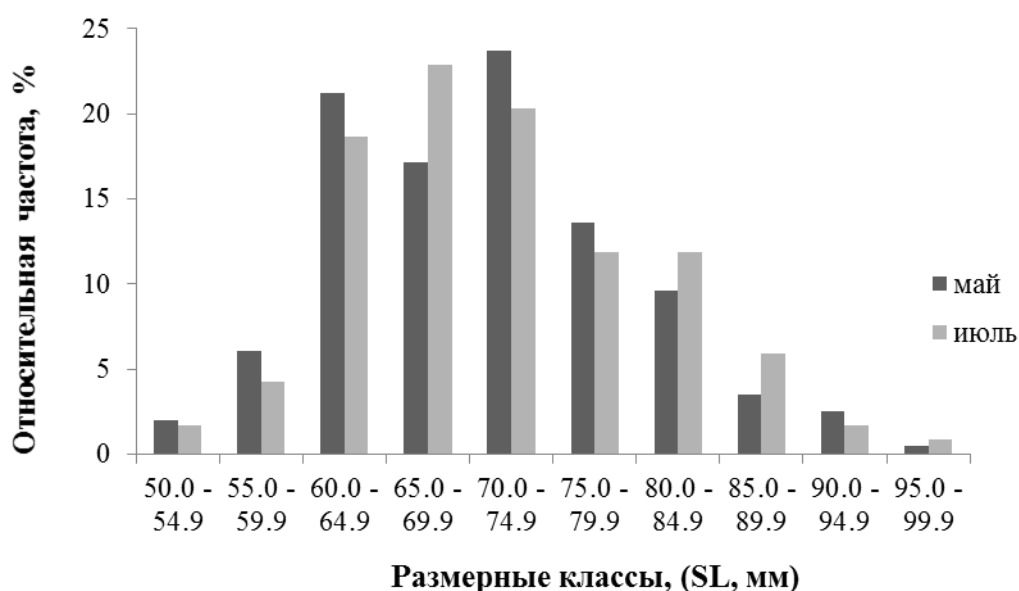


Рис. 6.3. Размерно-частотная характеристика *A. boyeri pontica* (оба пола) восточной части Каркинитского залива в мае и июле 2016 г.

В апреле 2017 года особи атерины в выборке имели размеры в среднем  $68,95 \pm 0,397$  мм, укладываясь в ряд от 45,80 до 88,90 мм. Масса

атерины составила в среднем  $3,07 \pm 0,058$  г, от 0,67 г до 7,01 г. В данной выборке третичное соотношение полов составило 1,00:1,23 с преобладанием самок; выявленные отличия достоверны при  $p < 0,05$ ,  $\chi^2=0,91$ ,  $df=1$ .

Самки атерины имели стандартную длину от 47,50 до 88,90 мм, в среднем  $70,27 \pm 0,524$  мм и были массой от 0,75 до 7,01 г, в среднем  $3,25 \pm 0,078$  г. Размеры самцов укладывались в ряд от 45,80 до 87,30 мм, в среднем  $68,22 \pm 0,560$  мм и имели массу от 0,74 до 6,46 г, в среднем  $2,98 \pm 0,083$  г. Распределение по линейным размерам у самок и самцов соответствовало нормальному закону ( $W=0,992$ ,  $p=0,275$ ,  $n=216$  и  $W=0,976$  при  $p=0,883$ ,  $n=172$  соответственно). Распределение по массе отличалось от нормального:  $W=0,983$ ,  $p < 0,05$ ,  $n=216$  для самок и  $W=0,867$ ,  $p < 0,05$ ,  $n=172$  для самцов.

Сравнение средних значений стандартной длины у самок и самцов с использованием  $t$ -критерия Стьюдента выявило достоверные отличия:  $T=2,661$ ,  $p < 0,05$ . По средним значениям массы самки и самцы атерины также отличались достоверно: значение критерия Манна-Уитни ( $U$ ) составило 15813,000, при  $p < 0,05$ .

Зависимость «масса – длина» для самцов и самок атерины описывается степенным уравнением Рикера (Рикер, 1979) (рис. 4):

$$W(\text{самцы}) = 0,000003SL^{3,243}, R^2 = 0,885$$

$$W(\text{самки}) = 0,000003SL^{3,245}, R^2 = 0,909$$

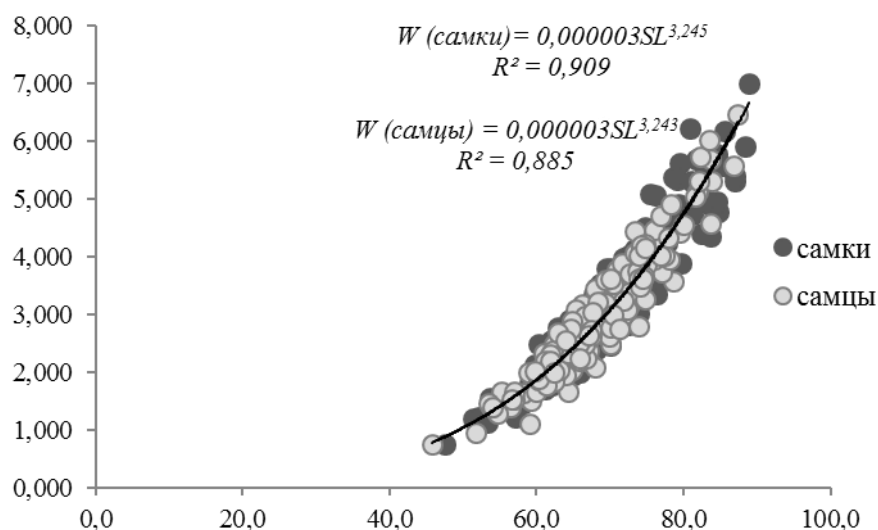


Рис. 4. Зависимость «масса – длина» самцов и самок *A. boyeri pontica* восточной части Каркинитского залива в апреле 2017 г.

В данной выборке, как и для майской пробы 2016 года, различий в весовом росте по половому критерию не наблюдается: коэффициент функциональной регрессии  $b$  для самок и самцов близок к 3, из чего следует, что весовой рост атерины близок к изометрическому.

В данной выборке только 3,0% самок были с текучими половыми продуктами, а самцов на V стадии зрелости зафиксировано не было. 23,0% самок и 24,6% самцов оказались незрелыми, около половины всех особей обоих полов (51,5%) находились на стадии созревания (III стадия). 24,0% самок и 24,0% самцов были зрелыми (IV стадия).

Размерно-частотные характеристики для атерины обоих полов в апрельской выборке представлены на рис. 5. Среди самок преобладали рыбы размерами 65,0-70,0 мм, для самцов – 65,0 – 75,0 мм. Очевидно, в весенний период размерная структура обоих полов атерины отличается выровненностью, однако в летний период ввиду гибели самцов после нереста, преобладание модальных групп более крупных размерных классов характерно для самок.

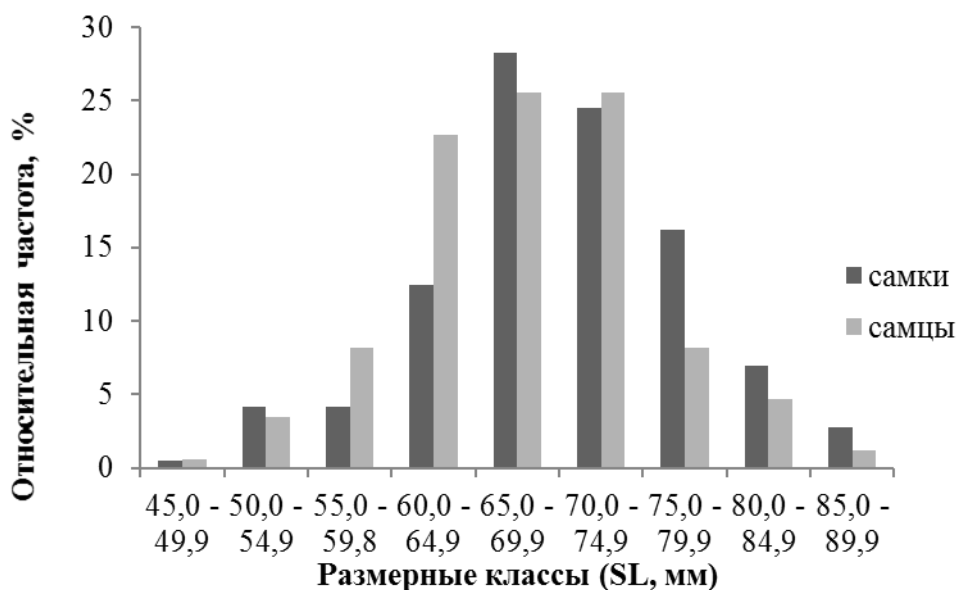


Рис. 5. Размерно-частотная характеристика самок и самцов *A. boyeri pontica* восточной части Каркинитского залива в апреле 2017 г.

В июле 2017 года линейные размеры атерины укладывались в ряд от 48,0 до 91,9 мм, в среднем  $68,96 \pm 0,828$  мм. Масса рыб составила в среднем  $3,64 \pm 0,127$  г, в целом от 1,17 до 7,42 г. В данной выборке оказалось крайне мало самцов, что, очевидно, связано с их гибелью в нерестовый период – соотношение полов 1,00:4,68 с преобладанием самок, однако отличия от соотношения 1:1 недостоверны ( $p < 0,05$ ,  $\chi^2=0,52$ ,  $df=1$ ).

Самки в среднем имели размеры  $68,44 \pm 0,888$  мм, от 48,0 до 91,9 м, массу в среднем  $3,63 \pm 0,143$  г, от 1,17 до 7,42 г. Для самцов предельные значения стандартной длины составили от 56,4 до 88,0 мм, в среднем  $71,42 \pm 2,167$  мм, массы – от 1,69 до 6,28 г, в среднем  $3,67 \pm 0,270$  г.

Распределение по линейным размерам и по массе у самок атерины в этой выборке отличалось от нормального закона:  $W=0,967$ ,  $p < 0,05$ ,  $n=89$  и  $W=0,921$ ,  $p < 0,05$ ,  $n=89$  соответственно. Для самцов наблюдалась обратная картина: распределение по стандартной длине и массе соответствовало нормальному закону ( $W=0,951$ ,  $p=0,416$ ,  $n=19$  и  $W=0,962$ ,  $p=0,621$ ,  $n=19$  соответственно).

Средние значения размеров и массы самок и самцов атерины в этой выборке достоверно не отличались:  $U$ -тест составил 689,500 при  $p=0,210$  и 729,000 при  $p=0,669$  соответственно.

Зависимость «длина – масса» самок и самцов атерины из этой выборки описываются степенными уравнениями (рис. 6):

$$W(\text{самки})=0,00002SL^{2,893}, R^2 = 0,917$$

$$W(\text{самцы})=0,0002SL^{2,290}, R^2 = 0,849$$

Коэффициент  $a$  в данном уравнении для самцов на 1 порядок отличается от такового для самок. Коэффициент функциональной регрессии  $b$  для самок близок к 3, для самцов немногим больше 2. В летний период 2017 года темпы набора массы у самцов и самок атерины отличались, как и в выборке 2016 года.

Большинство самок (62,9%) из этой пробы имели текущие половые продукты. Остальные особи отнерестились и находились на стадии

созревания. У самцов с текучими половыми продуктами отмечено около 36,8% особей.

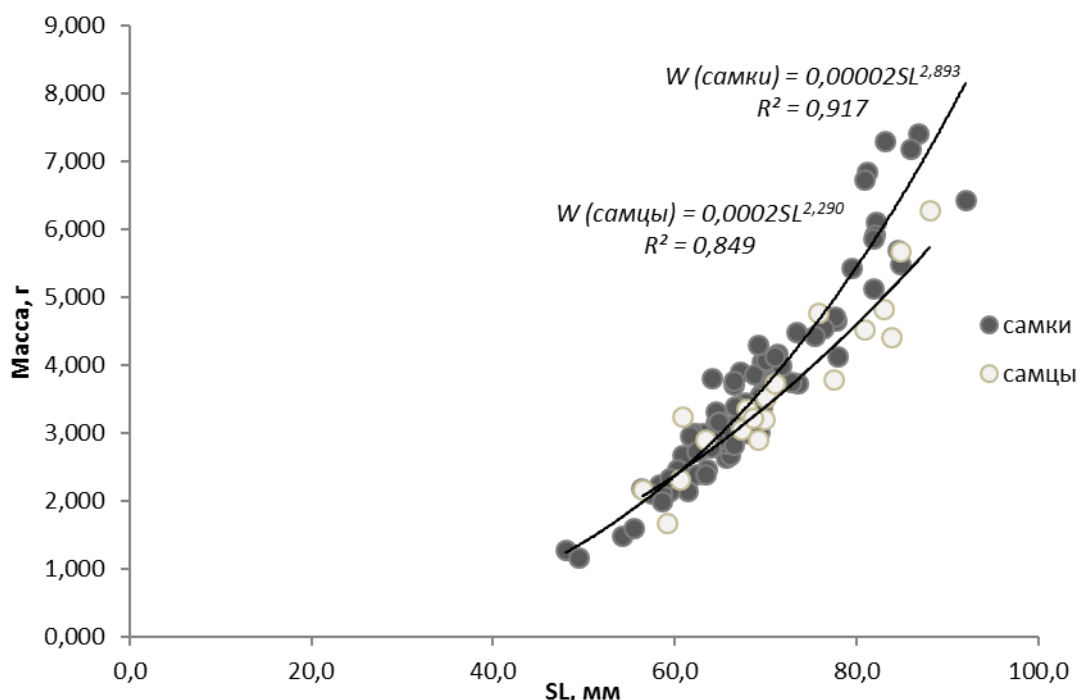


Рис. 6. Зависимость «масса – длина» самцов и самок *A. boyeri pontica* восточной части Каркинитского залива в июле 2017 г.

Между июльской и апрельской выборками атерины по стандартной длине достоверных отличий зафиксировано не было ( $U=19333,500$ ,  $p=0,219$ ). По массе выборки достоверно отличались ( $U=16453,000$ ,  $p < 0,05$ ).

Сравнение выборок атерины 2016 и 2017 годов показало достоверные различия как по стандартной длине, так и по массе ( $U=63759,600$ ,  $p < 0,05$  и  $U=60592,500$ ,  $p < 0,05$  соответственно,  $n_{2016} = 299$ ,  $n_{2017} = 496$ ).

Весовой рост атерины в 2016 и 2017 году с высоким значением аппроксимации описывается степенными уравнениями (рис. 7):

$$W(2016)=0,00001SL^{2,943}, R^2 = 0,863$$

$$W(2017)=0,000006SL^{3,096}, R^2 = 0,860$$

В целом межгодовых различий в весовом росте атерины не зафиксировано: для каждого из периодов коэффициент функциональной регрессии  $b$  принимает значение, близкое к 3, что соответствует

изометрическому росту, однако коэффициент  $a$  в уравнении для выборки атерины 2016 года на порядок выше, чем для 2017 года.

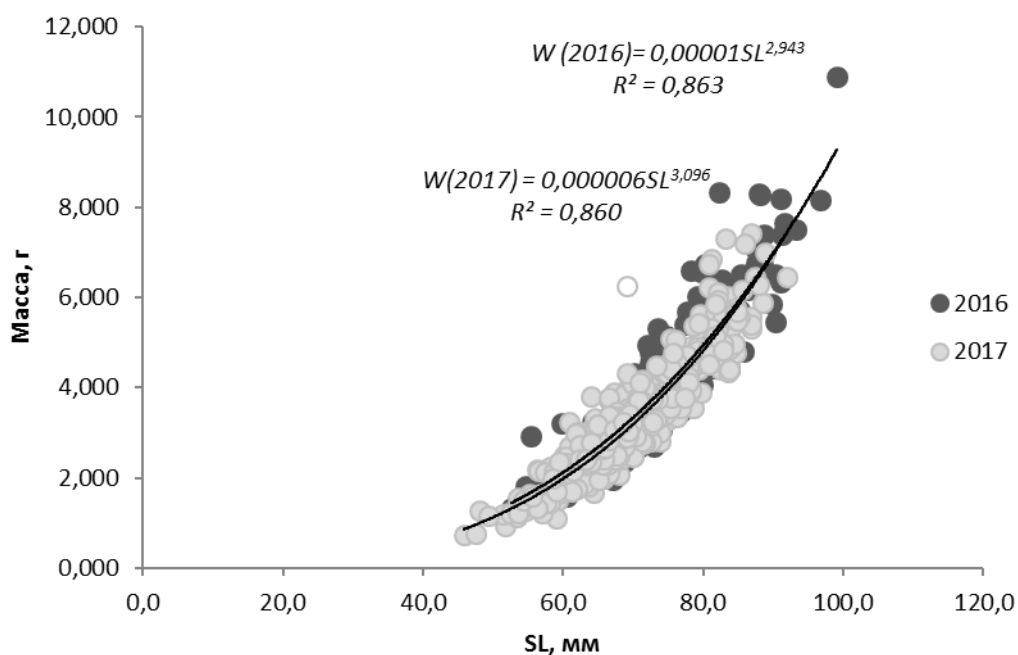


Рис. 7. Зависимость «масса – длина» *A. boyeri pontica* восточной части Каркинитского залива в 2016 и 2017 гг.

Размерно-частотные характеристики для атерины для периодов 2016-2017 гг. представлены на рис. 8. Заметно смещение модальных классов для атерины, выловленной в 2017 г. Если в 2016 г. большинство рыб были представлены размерными классами 70,0 – 74,9 мм, то на следующий год прослеживается тенденция смещения модальных классов рыб к более мелким размерам (65,0 – 69,9 мм). Более того, в 2017 г. не было отмечено ни одной особи размерами более 95 мм, в то же время, в этой выборке были зафиксированы особи наименьших размеров (до 45,0 – 49,9 мм). Поскольку в восточной части Каркинитского залива развит промысел травяной креветки, где в качестве прилова атериная – один из массовых видов, можно предположить, что подобное смещение модальных классов в сторону уменьшения размеров, свидетельствует о влиянии промысла на размерную структуру популяции атериной.

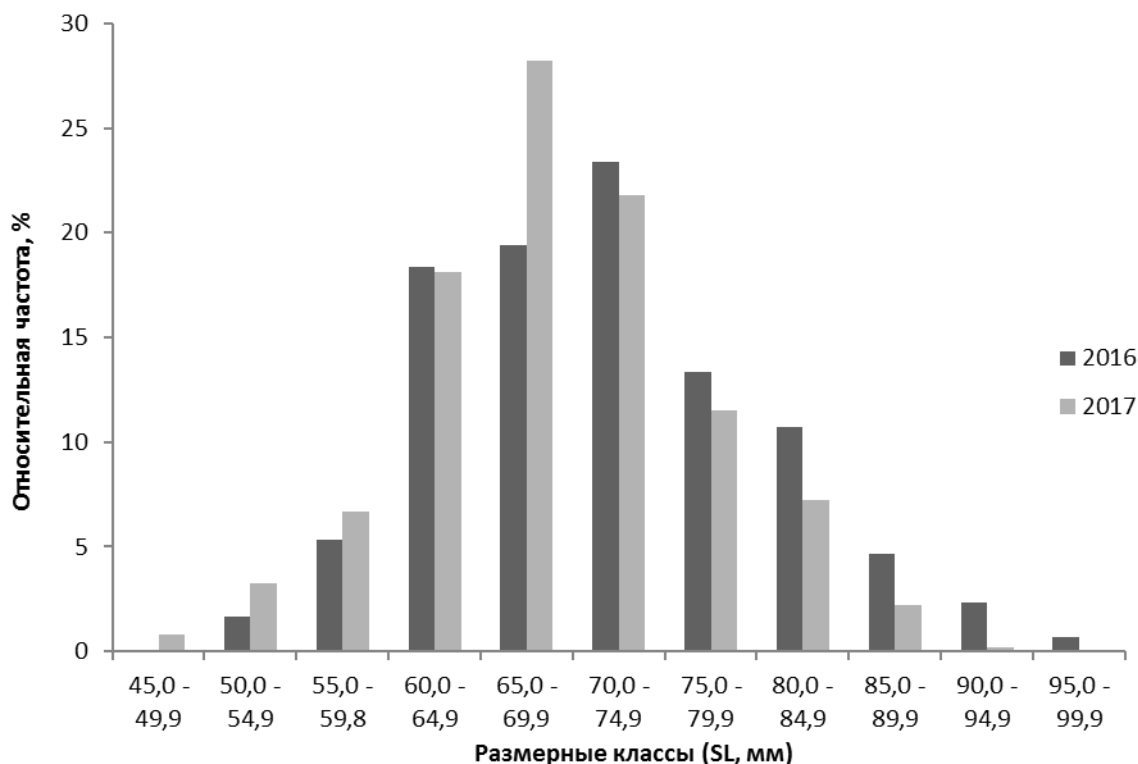


Рис. 8. Размерно-частотная характеристика *A. boyeri pontica* восточной части Каркинитского залива в 2016-2017 гг.

### 3.2. Возрастная структура и атерины *A. boyeri pontica* Каркинитского залива

Возраст и рост атерины проанализированы для 278 экземпляров рыб (152 самки и 126 самцов), выловленных в весенний период. По литературным данным, самки атерины не живут более 5 лет, самцы же погибают после нереста и не преодолевают трехлетний рубеж (Световидов, 1964; Фауна Украины, 1982; Васильева, 2007; Болтачев, Карпова, 2017). Максимальный возраст атерины из акватории юго-западного Крыма для обоих полов составил 4 года (Куцын, Самотой, 2020). В наших исследованиях в весенний период 2017 г. отмечены рыбы четырех возрастных групп (0 – 3), причем в младшей возрастной когорте зафиксирована всего одна самка и не было самцов (рис. 9). Модальную группу (около 70% для самок и самцов) составили двухлетки. Прирост линейных размеров самок (SL) на первом году жизни составил в среднем 13,3 мм, и для последующих возрастных групп он

снизи́лся до 5,5 мм. У самцов прирост снижался с 7,5 мм в среднем на втором году жизни до 5,9 мм на третьем.

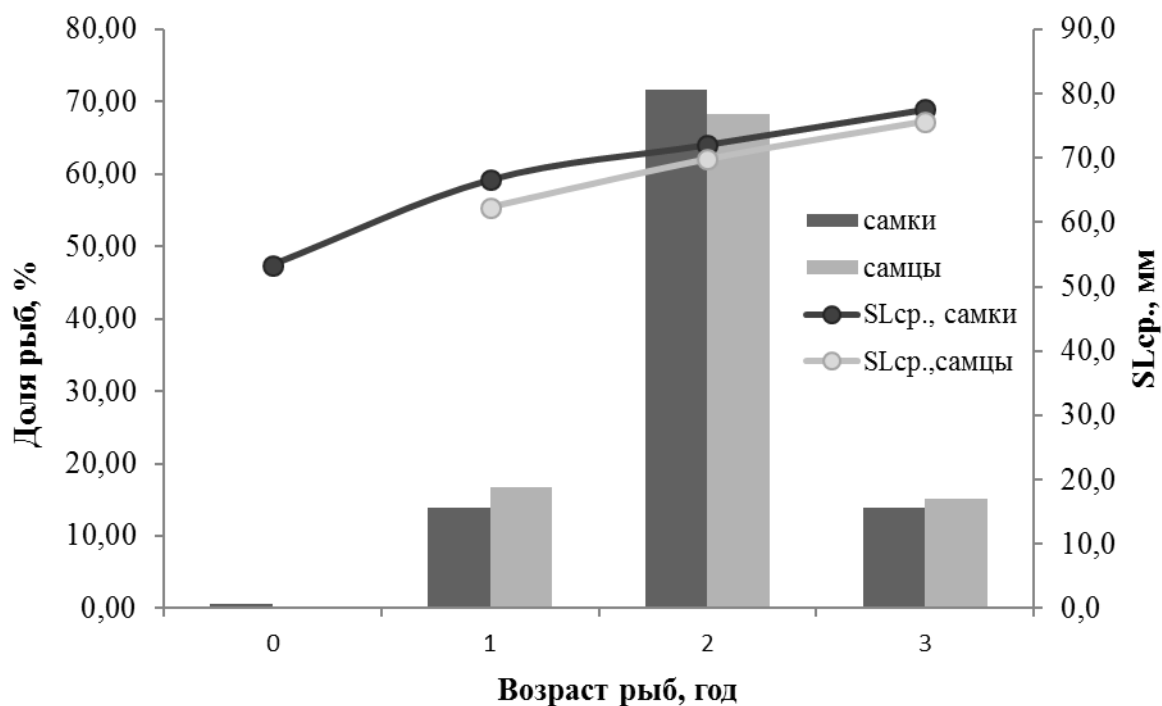


Рис. 9. Возрастная структура атерины *A. boyeri pontica* Каркинитского залива (весна 2017 г.)

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе проанализированы популяционные характеристики (размерно-массовые, половые, возраст и рост) недооцененного перспективного объекта хозяйственного использования – черноморской атерины. Полученные результаты позволяют сделать следующие **выводы**:

1) В целом межгодовых различий в весовом росте атерины не зафиксировано: для каждого из периодов коэффициент функциональной регрессии  $b$  принимает значение, близкое к 3, что соответствует изометрическому росту, однако коэффициент  $a$  в уравнении для выборки атерины 2016 года на порядок выше, чем для 2017 года.

2) Заметно смещение модальных классов для атерины, выловленной в 2017 г. Если в 2016 г. большинство рыб были представлены размерными классами 70,0–74,9 мм, то на следующий год прослеживается тенденция смещения модальных классов рыб к более мелким размерам (65,0–69,9 мм). Можно предположить, что подобное смещение размеров свидетельствует о влиянии промысла на размерную структуру популяции атерины.

3) Отмечены рыбы четырех возрастных групп (0–3), причем в младшей возрастной группе зафиксирована всего одна самка и не было самцов. Модальную группу (около 70% для самок и самцов) составили двухлетки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арнольди, Л.В. Материалы по количественному изучению зообентоса Черного моря. II. Каркинитский залив / Л.В. Арнольди // Тр. Севастоп. биол. станции. – 1949. – С. 127–192.
2. Болтачев, А.Р. Морские рыбы Крымского полуострова / А.Р. Болтачев, Е.П. Карпова. – Симферополь: «Бизнес-Информ», 2012. – 223 с.
3. Васильева, Е.Д. Определитель морских, солоноватоводных, эвригаллиных и проходных видов с цветными иллюстрациями, собранными С.В. Богородским / Е.Д. Васильева. – М.: Изд-во ВНИРО, 2007. – 238 с.
4. Виннов, А.С. / Гидролиз белков атерины черноморской ферментными препаратами / А.С. Виннов, Р. Турбал // Продовольча індустрія АПК, 2012. – №5. – С. 12 – 16.
5. Водно-болотні угіддя України. Довідник / Під ред. Марушевського Г.Б., Жарук І.С. – К.: Чорноморська програма Ветландс Інтернешнл, 2006. – 312 с.
6. Водяницкий, В.А. О естественноисторическом районировании Черного моря и в частности у берегов Крыма / В.А. Водяницкий // Тр. Севастоп. биол. станции. – 1949. – С. 249–255.
7. Географічна енциклопедія України. Т. 2. – К.: «Укр. Рад. Енциклопедія» ім. М.П. Бажана, 1990. – 479с.
8. Зайцев, Ю.П. Влияние донного тралового промысла на экосистему черноморского шельфа / Ю.П. Зайцев, О.Е. Фесюнов, И.А. Синегуб // Доклады Академии наук Украины. Математика, естествознание, технические науки. – 1992. – №3. – С. 156 – 158.
9. Замятина, Е.А. Исследование состава ихтиофауны, прилавливаемой в вентери при научно-исследовательском лове травяной креветки (*Palaemon adspersus*) в морских прибрежных районах Крымского полуострова / Е.А. Замятина, А.М. Сёмик // Труды ЮгНИРО . – 2015. – Т. 53 – С. 92 – 97.

10. Зенкевич, Л.А. Избранные труды. Том I. Биология северных и южных морей СССР / Л.А. Зенкевич. – М.: «Наука», 1977. – 339 с.
11. Карпова, Е.П. Особенности формирования и современное состояние ихтиофауны внутренних водоемов Крыма / Е.П. Карпова, А.Р. Болтачев // Збірник праць Зоологічного музею. – 2011. – № 42. – С. 75 – 91.
12. Карпова, Е.П. Сообщества рыб Каркинитского залива / Е.П. Карпова [и др.] // Морские биологические исследования: достижения и перспективы. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, приуроченной к 145-летию Севастопольской биологической станции: в 3 томах. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2016. – С. 86 – 89.
13. Лакин, Г.Ф. Биометрия. Издание четвертое, переработанное и дополненное / Г.Ф. Лакин. – М.: «Высшая школа», 1990. – 350 с.
14. Никольский, Г.В. Теория динамики стада рыб как биологическая основа рациональной эксплуатации и воспроизводства рыбных ресурсов / Г.В. Никольский.- М.: Издательство «Наука», 1965. – 380 с.
15. Памбук, С.А. Разработка малоотходной технологии переработки атерины черноморской [Текст] / С.А. Памбук – дисс на соиск. науч. степ. канд. тех. наук, Одесская национальная академия пищевых технологий Министерства образования и науки Украины. – Одесса, 2007. – 148 с.
16. Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных), 4-е изд. / И.Ф. Правдин. – М.: «Пищевая промышленность», 1966. – 374 с.
17. Прищепа, Р.Е. Структурные характеристики сообществ рыб Каркинитского залива в ноябре 2015 года / Р.Е. Прищепа // Понт Эвксинский: тезисы X Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых по проблемам водных экосистем, в рамках проведения Года экологии в Российской Федерации \*11-16 сентября 2017 г.). – Севастополь: DigitPrint, 2017. – 272 с., илл.
18. Пухтяр, Л.Д. Сезонная и пространственная изменчивость термохалинной структуры вод Каркинитского залив / Л.Д. Пухтяр [и др.] //

Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. - №4 (8). – С.48–63.

19. Рикер, У.Е. Методы оценки и интерпретации биологических показателей популяций рыб / У.Е. Рикер. – М.: Пищ. Пром-сть, 1979. – 408 с.

20. Самотой, Ю.В. Сравнительный анализ состояния атерины *Atherina tochon pontica* из разных районов Черного моря в зимний период / Ю.В. Самотой // Актуальные вопросы рыбного хозяйства и аквакультуры бассейнов южных морей России: материалы Международной научной конференции (г. Ростов-на-Дону, 1-3 октября 2014 г.). – Ростов н/Д.: Издательство ЮНЦ РАН, 2014. – С. 19 – 22.

21. Световидов, А.И. Рыбы Черного моря / Л.В. Световидов. – Л.: Наука, 1964. – 550 с.

22. Судаков, Г.А. Популяция рыб как динамическая система с элементами саморегуляции / Г.А. Судаков // Юг России: экология, развитие, 2012. - №2. – С. 56 – 59.

23. Суховая, Е.К. Черноморская атерина – перспективный объект промысла / Е.К. Суховая // Рибне господарство України, 2012. – №3. – С. 18 – 20.

24. Фауна Украины. В 40-а т. Т.8. Рыбы. Вып. 5. Окунеобразные (бычководные), скорпенообразные, камбалообразные, присоскопорообразные, удильщицообразные / Смирнов А.И. – Киев: Наук. думка, 1986. – 320 с.

25. Чернявская, С.Л. Разработка технологии кормовых продуктов из мелких азово-черноморских рыб / С.Л. Чернявская [и др.] // Труды ЮгНИРО, 2017. – Т. 54. – С. 123 – 132.

26. Чернявская, С.Л. Проблемы и преимущества производства кормов из рыбного сырья для сельскохозяйственных животных, птицы и аквакультуры / С.Л. Чернявская, А.С. Виннов, О.Н. Кривонос // Научный фактор интенсификации и повышения конкурентоспособности отраслей АПК. Материалы Международной научно-практической конференции,

посвященной 80-летию факультета биотехнологии Дагестанского государственного аграрного университета им. М.М. Джамтулатова, 2017. – С. 71 – 75.

27. Чугунова, Н.И. Руководство по изучению возраста и роста рыб / Н.И. Чугунова. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 164 с.

28. Яблоков, А.В. Популяционная биология: учеб. пособие для биол. спец. вузов / А.В. Яблоков. – М. Высш. Школа, 1987. – 303 с.: ил.

29. Boltachev, A. The “Hot Ecological Spots” in the Crimean Coastal Zone / A. Boltachev, E. Karpova // The 4-th Bi-annual Black Sea Scientific Conference: 28-31 October 2013, Constanta, Romania Black Sea - Challenges towards good environmental status: abstracts book / Romania. Constanta: Editura Boldas, 2013. – P. 10-12.

30. *Eremeev, V.N. Biological diversity of the coastal zone of the Crimean peninsula: problems, preservation and restoration pathways / V.N. Eremeev [et al.]. – Sevastopol: NAS Ukraine, Institute of Biology of the Southern Seas, 2012. – 92 p.*

31. Dobrovlov, Ivan S. Biochemical genetic comparison of the *Atherina boyeri* and *Atherina mochon pontica* (Pisces, Atherinidae) / Ivan S. Dobrovlov, Petia P. Ivanova // Folia Zool., 1999. – 48 (1), p. 55 – 60.