



## Многолетняя динамика состояния запаса тарани по результатам моделирования CMSY с ограниченными данными (1999–2019) в Азовском море (воды России)

DOI

Канд. биол. наук

**Н.А. Жердев** – главный научный сотрудник лаборатории проходных и полупроходных рыб;

**М.М. Пятинский** – ведущий специалист группы математического моделирования и прогноза;

**И.Д. Козоброд** – и.о. зав. лабораторией проходных и полупроходных рыб Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»)

@ zherdev\_52@mail.ru;  
pyatinskiy\_m\_m@azniirkh.ru;  
kuznecovainna1811@yandex.ru

### Ключевые слова:

тарань, оценка запаса, Азовское море, популяция, биологические ориентиры, прогнозирование запаса

### Keywords:

sea roach, stock assessment, Azov sea, population, reference points, short-term forecast

### STOCK ASSESSMENT AND LONG-TERM DYNAMICS OF AZOV SEA ROACH (RUSSIAN WATERS), BASED ON CMSY MODEL FOR DATA-LIMITED MODELLING IN PERIOD (1999-2019)

Candidate of biological Sciences **N. A. Zherdev** – chief researcher of the laboratory of passing and semi-passing fish;

**M. M. Pyatinsky** – leading specialist of the group of mathematical modeling and prognosis;

**I. D. Kozobrod** – acting head. laboratory of anadromous and catadromous fishes Azov-black sea branch of FSBI "VNIRO" ("Azniirkh»)

Stock assessment of Azov sea roach *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758) has been performed by CMSY model in period 1999-2019 by data-limited modelling in R. The current population status – in biological safe zone for stock biomass and no overfishing signals ( $B_{2019}/B_{MSY} = 1,32$ ,  $F_{2019}/F_{MSY} = 0,53$ ). Perhaps, current paper results can be a slightly incomplete in background that there is no relevant data about IUU fishery ever exists, which can lead to fishing mortality underestimation. Azov sea roach population continue to be in “depleted” status after river flow regulation in 1950’s. Joined continuous biomass estimates time series over whole fishing history 1932–2019 showed at least 2 population collapses: in 1940’s and 1980’s years. According to model results TAC (total allowed catch) should be accepted at level 516.9 t. If the recommendation is followed stock biomass will stay at safety in level 1828.1 t. Data limited modelling shows a good performance for sea roach in background of data lucking and in this reason still the best choose against cohort or surplus production models.

### ВВЕДЕНИЕ

Азовская тарань *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758) является представителем полупроходных рыб бас-сейна Азовского моря, ведущая стайный придонный образ жизни [Васильева, 2007]. До-

быча тарани преимущественно осуществляется ставными и закидными неводами, а также любительскими орудиями лова [5; 10].

Численность и запас тарани зависит от многих абиотических

и биотических факторов среды обитания, таких как: материковый сток, соленость, кормовая база, промышленная нагрузка и антропогенное воздействие [1; 15]. В Азовском море, под влиянием вышеуказанных факторов, условия обитания для тарани становятся нестабильными, что способствует резкому колебанию численности и уловов данного вида. Так, в период 1956-1969 гг. промысловый запас тарани был на максимальном уровне и составлял от 22 до 57 тыс. т [6]. В последующий период, 1969-1977 гг., по мере усиления зарегулирования речного стока и осолонения водоема, повлекших за собой резкое ухудшение условий обитания и воспроизводства тарани, промысловый запас сократился до 13 тыс. тонн. Далее ситуация только усугублялась и в период с 1979 г. и по настоящее время промысловый запас оставался на минимальном уровне от 1,06 до 8,45 тыс. тонн.

В период до зарегулирования стока Дона (1927-1952 гг.) уловы тарани находились в интервале от 2,2 тыс. т (1927 г.) до 24,05 тыс. т (1935 г.), а средне-многолетняя добыча достигала 6,39 тыс. т [2]. После зарегулирования р. Дон и осолонения Азовского моря и Таганрогского залива добыча тарани сократилась и варьировала в пределах 4,36-8,85 тыс. тонн. За период с 1969-1977 гг. уловы снизились до 1,05-4,4 тыс. т, что в 3,4 раза ниже, чем до зарегулирования р. Дон. Рыболовственная статистика показывает, что за последние 20 лет уловы тарани изменялись от 0,07 т (2004 г.) до 0,56 тыс. т (2019 г.) (табл. 1). Важным фактором воздействия на запасы тарани является ННН-промысел (незаконный, нерегулируемый, несообщаемый), который сложен в оценке. В условиях продолжающегося осолонения Азовского моря [14; 11; 8] и формирования нестабильных опресненных зон [12] этот фактор оказывает существенное влияние на запас тарани.

В предыдущие годы оценка запаса тарани выполнялась при помощи метода прямого учета [3]. Данный метод традиционно использовался в водоемах Азовского бассейна. Суть метода заключается в определении уловов на промысловое усилие активными орудиями лова (придонным тралом) с отнесением их к площади, занимаемой скоплением с помощью учетной траловой съемки и вычисления при помощи линейного метода величины запаса во всем водоеме.

На сегодняшний день, в соответствии с рекомендациями ФГБНУ «ВНИРО», для оценки запаса и определения правил регулирования промысла, принято использовать модельный подход [16; 7] в концепции предосторожной эксплуатации биоресурсов. В зависимости от полноты, непрерывности и обилия биологических и промысловых данных, выделяют 3 различных уровня информационной обеспеченности:

1 – предполагает наличие непрерывных многолетних данных о размерно-весовой, возрастной, по-ловой структуре популяции, промысловые и научные данные о популяционной убыли;

2 – многолетнюю динамику промыслового изъятия и промыслового усилия;

3 – наличие неполных и прерывистых данных о промысле [7].

Аналитическая оценка запаса азовской тарани *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758) для периода 1999-2019 гг. выполнена при помощи модели для ограниченных данных CMSY в среде R. Текущее состояние запаса – в биологически безопасной зоне без сигналов переэксплуатации промыслом ( $B_{2019}/B_{MSY} = 1,32$ ;  $F_{2019}/F_{MSY} = 0,53$ ). Отсутствие возможности учета ННН-изъятия, вероятно, делает результаты данной работы неполными и приводит к недооценке запаса и уровня промысловой смертности. Популяция азовской тарани продолжает находиться в угнетенном состоянии после зарегулирования речного стока в 1950-х годах. Объединенный ряд оценок запаса за период 1932-2019 гг. свидетельствует о наличии 2-х коллапсов численности популяции – в 40-х и 80-х годах. В соответствии с результатами моделирования, рекомендуется принять величину рекомендованного вылова на уровне 516,9 тонн. В случае эксплуатации популяции в данном объеме, биомасса запаса будет находиться на безопасном уровне – 1828,1 тонн. В условиях недостаточной полноты биологических и промысловых данных, расчёт запаса тарани по индикаторным моделям является более надежным способом оценки запаса и предоставлений рекомендаций регулирования промысла, чем биостатистическими и продукционными моделями.

Основной целью представленной работы является выполнение оценки запаса, биологических и промысловых ориентиров её рациональной эксплуатации промыслом, в соответствии с методическими рекомендациями и международными практиками.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В соответствии с методическими рекомендациями [7] и требованиями к процедуре оценки запасов, имеющиеся многолетние биологические и промысловые данные по тарани не имели достаточной полноты для выполнения биостатистического (1 информационный уровень) или продукционного (2 информационный уровень) моделирования по следующим причинам:

1. Отсутствуют данные по улову на единицу промыслового усилия. Для расчета промыслового усилия необходимы данные по количеству использованных орудий лова по видам каждого орудия. Для тарани определить эту цифру затруднительно, т. к. ее добыча осуществляется ставными и закидными неводами, при этом точное количество выставленных орудий лова неизвестно по причине отсутствия соответствующей статистики. На достоверность сведений по уловам большое влияние оказывает ННН-промысел.

2. Неполные данные по возрастному составу уловов. Данные по возрастному составу ограничены уловами учетных траловых съемок, для промысловых уловов подобные данные имеют многочисленные пропуски.

Материалами для оценки состояния запаса послужила многолетняя рыбохозяйственная статисти-

стика вылова за период 1999-2019 гг., (табл. 1), материалы, собранные в феврале-ноябре 2019 г. на нерестовых водоемах Бейсугского, Восточно-Ахтарского, Черноерковского НВХ, Ейского ЭХРВР, в северной и южной части Таганрогского залива, а также на Дону на тонях «Весёлая» и «Казачка». Ихтиологический материал собирался в ходе летней и осенней учетных траловых съемок, на постах государственного мониторинга ВБР и среды их обитания и в рыболовецких бригадах, ведущих прибрежный промысел.

Оценка запаса тарани выполнена при помощи модели CMSY, основанной на ретроспективных данных об улове (C) с использованием критериев популяционной гибкости для определения стартовых параметров [18; 21; 17]. В соответствии с таблицей критериев популяционной гибкости [20] и информацией о биологических параметрах тарани, ее «популяционная гибкость» оценивается как средняя. Модель CMSY реализует производственный подход к популяционному моделированию в условиях ограниченных дан-

ных – при помощи информации о популяционной гибкости вида выполняется параметризация параметров мгновенного популяционного роста –  $r$ , емкости среды –  $K$  и поиск их оптимума при помощи итеративной процедуры Монте-Карло [22]. Модель CMSY была построена при помощи программной среды R и опубликованного авторами кода (пакет «datalimited2»), который был доработан для получения более расширенной диагностики модели – ретроспективного анализа, теста стабильности Мон ро [19] и стартовой параметризации модели.

Наряду с модельным подходом предпринималась попытка выполнить оценку запаса тарани традиционным площадным методом на основе данных, собранных в учетной траловой съемке в Азовском море в 2019 году.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

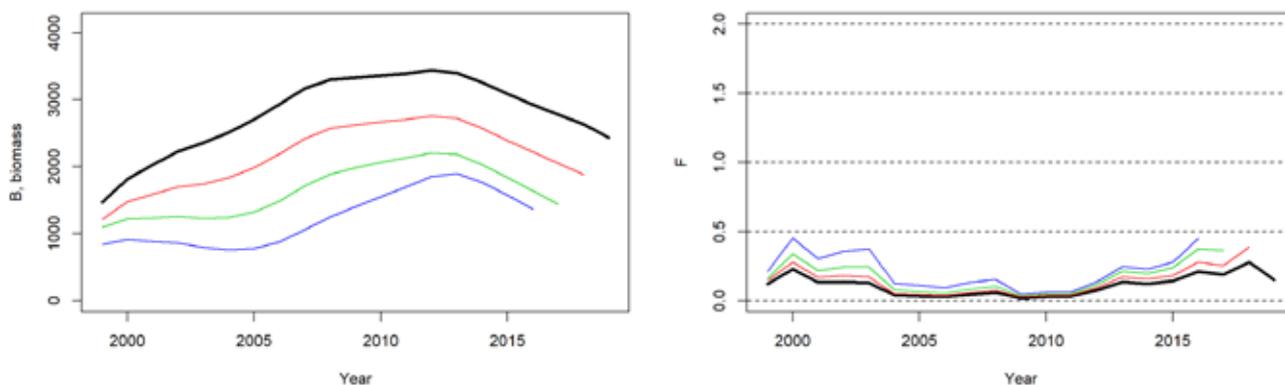
Результаты оценок биомассы запаса, промысловой смертности и их доверительных границ при помощи модели CMSY занесены в таблицу 2.

**Таблица 1.** Многолетняя рыбопромысловая статистика вылова тарани в Азовском море / **Table 1.** Azov sea roach annual catch statistics (input data)

Год	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Улов, т	177,0	413,0	267,9	306,0	299,9	96,2	87,5	82,2	140,1	194,2	64,7
Год	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Улов, т	97,3	107,0	253,8	467,3	401,6	439,0	615,0	522,9	730,2	365,2	

**Таблица 2.** Результаты ретроспективных оценок биомассы запаса и промысловой смертности тарани в 1999-2019 гг. при помощи модели CMSY / **Table 2.** CMSY Azov sea roach biomass and fishing mortality estimation in 1999-2019

Год	Промысловый запас (B), т	Доверительный интервал B при $p = 0,95$	Промысловая смертность (F)	Доверительный интервал оценок промысловой смертности (F) при $p = 0,95$
1999	1471	729 - 2209	0,120	0,08 - 0,243
2000	1817	831 - 2589	0,227	0,16 - 0,497
2001	2029	892 - 2819	0,132	0,095 - 0,3
2002	2228	968 - 3013	0,137	0,102 - 0,316
2003	2360	990 - 3097	0,127	0,097 - 0,303
2004	2514	1047 - 3187	0,038	0,03 - 0,092
2005	2704	1163 - 3283	0,032	0,027 - 0,075
2006	2934	1376 - 3391	0,028	0,024 - 0,06
2007	3169	1694 - 3498	0,044	0,04 - 0,083
2008	3298	2028 - 3523	0,059	0,055 - 0,096
2009	3331	2303 - 3506	0,019	0,018 - 0,028
2010	3358	2570 - 3506	0,029	0,028 - 0,038
2011	3390	2784 - 3518	0,032	0,03 - 0,038
2012	3439	2993 - 3544	0,074	0,072 - 0,085
2013	3397	3063 - 3507	0,138	0,133 - 0,153
2014	3255	2932 - 3409	0,123	0,118 - 0,137
2015	3084	2675 - 3283	0,142	0,134 - 0,164
2016	2925	2416 - 3202	0,210	0,192 - 0,255
2017	2775	2158 - 3119	0,188	0,168 - 0,242
2018	2629	1892 - 3036	0,278	0,241 - 0,386
2019	2429	1511 - 2904	0,150	0,126 - 0,242



**Рисунок 1.** Ретроспективный анализ устойчивости модели по биомассе (слева) и промысловой смертности (справа) с горизонтом 3 года

**Figure 1.** Retrospective diagnostics for stock biomass (left) and fishing mortality (right) estimates in 3 year trunc

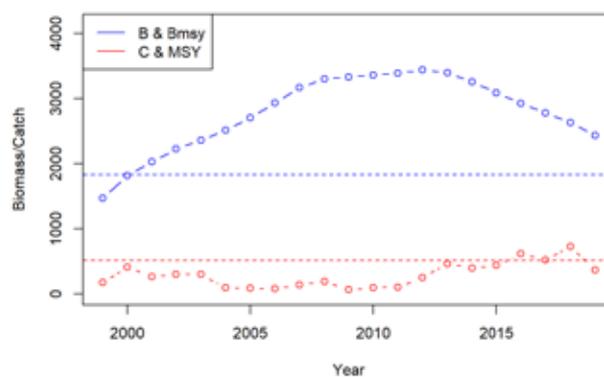
В результате итеративной процедуры поиска оптимумов кривой Шеффера при подгонке модели CMSY были получены следующие оценки коэффициента мгновенного популяционного роста:  $r = 0,566$  ( $0,407 - 0,785$ ) и ёмкости среды  $K = 3656,2$  ( $1936,7 - 6902,3$ ).

Диагностика устойчивости и чувствительности модели к входным данным, их длине и параметризации модели выполнялась при помощи ретроспективного анализа и параметрического теста критерия Мон Ро [19]. Ретроспективный анализ выполнялся при последовательном укорачивании длины входных данных на 1 год с горизонтом 3 года. Выбор ретроспективного горизонта обусловлен требованием надежности оценок при выполнении краткосрочного прогнозирования, которое выполняется не более, чем на 3 года. Результаты диагностики представлены на рисунке 1. Для аналитических методов 3 уровня информационного обеспечения требования ретроспективной стабильности являются не столь строгими, как для биостатистических методов, ввиду неполноты данных.

В качестве количественной оценки ретроспективной диагностики были получены следующие значения коэффициентов Мон ро:  $\rho_{SSB} = -0,43$ ,  $\rho_F = 0,82$ . Для биостатистических методов, наиболее стабильным считается результат, при котором  $\rho \in [-0,22; 0,20]$ , для продукционных –  $\rho \in [-0,4; 0,4]$ , для индикаторных, трендовых и прочих методов (коим является CMSY) данное требование не определено.

Для определения биологических ориентиров использовалась концепция максимально устойчивого улова (MSY), насколько это возможно в рамках модели CMSY. Были рассчитаны следующие биологические ориентиры: MSY,  $B_{MSY}$ ,  $F_{MSY}$  и их доверительные границы при уровне значимости  $p = 0,95$  (табл. 3).

На основе полученных оценок биомассы запаса тарани в Азовском море (табл. 2) и биологических ориентиров (табл. 3) были построены графики, позволяющие наглядно интерпретировать полученные результаты и выбрать оптимальное правило регулирования промысла (ППП) с учетом концепции MSY (рис. 2, 3).



**Рисунок 2.** Биомасса запаса, вылов и граничные ориентиры MSY,  $B_{MSY}$  для популяции тарани в водах Азовского моря за период 1999-2019 годы

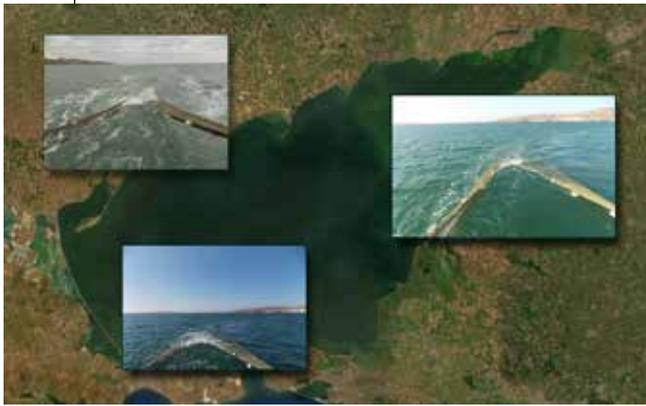
**Figure 2.** Azov sea roach stock biomass, catch and relevant reference points:  $B_{MSY}$ , MSY in 1999-2019

Полученные значения граничных ориентиров по биомассе и промысловой смертности,  $B_{MSY}$  и  $F_{MSY}$ , соответственно, принимались в качестве граничных ориентиров  $B_{lim}$  и  $F_{lim}$  для интерпретации результатов.

Используя оценки, выполненные ранее прямым методом научно-исследовательским институтом АЗНИИРХ, результаты других авторов [Агапов, 2003] и обновленные сведения о биомассе запаса в современный период был построен результирующий график оценок биомассы запаса за весь период наблюдений, 1930-2019 гг. (рис. 4).

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные результаты ретроспективной диагностики свидетельствуют в пользу удовлетворительности подгонки модели, ее стабильности и устойчивости. Ретроспективные оценки теста Мон ро и графическая визуализация (рис. 1) свидетельствует о наличии умеренной неопределенности, которая говорит о вероятной незначительной недооценке биомассы запаса и значимой переоценке промысловой смертности. Тем не менее,



подобная неопределенность является допустимой для индикаторных методов, в том числе для CMSY.

Результаты моделирования показали, что текущее состояние популяции находится на биологически безопасном уровне ( $B_{2019} = 2429$  т,  $B_{MSY} = 1828,1$  т,  $B/B_{MSY} = 1,32$ ) в современный период, а промысловая смертность – ниже граничного уровня ( $F_{2019} = 0,15$ ,  $F_{MSY} = 0,28$ ,  $F/F_{MSY} = 0,53$ ). Данные пропорции текущих оценок биомассы запаса и промысловой смертности к их граничным ориентирам свидетельствуют о том, что в настоящий момент биомасса запаса находится в биологически безопасной зоне, а промысловая смертность – не превышает уровень граничной эксплуатации и отсутствуют какие-либо сигналы дальнейшего коллапса численности популяции. В соответствии со значениями биологических ориентиров, в 2021 г. рекомендованный вылов должен составить 516,9 т, при котором остаточная биомасса запаса составит 1828,1 тонны.

Практически за весь рассматриваемый период (1999-2019 гг.) (рис. 2, 3) эксплуатации популяция тарани в Азовском море находилась в биологически безопасной зоне ( $B/B_{MSY} > 1$ ), а промысловая смертность не превышала граничный ориентир ( $F/F_{MSY} < 1$ ).

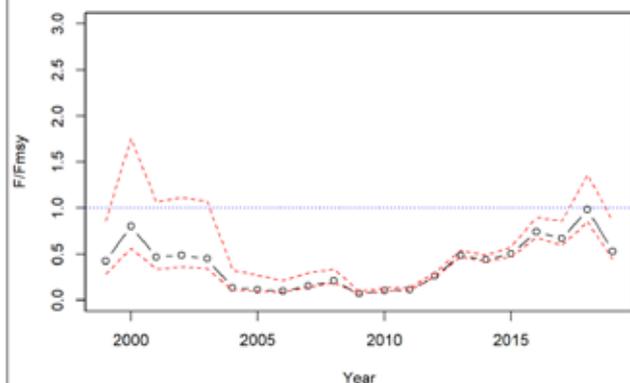
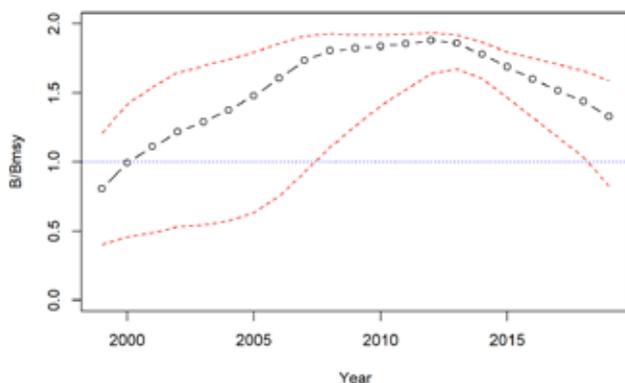
Индикаторная модель CMSY не позволяет выполнить полноценный прогноз состояния запаса и вылова, однако полученные результаты биоло-

гических и промысловых ориентиров свидетельствуют в пользу рекомендации дальнейшей эксплуатации популяции на том же уровне. При соблюдении требований концепции максимально устойчивой эксплуатации тарани промысловыми организациями РФ на уровне, не превышающем 516,9 т, её биомасса запаса на 2021 г. составит  $B_{2021} = 1828,1$  т (в интервале от 968,3 до 3451,1 т). Данный прогноз может быть уточнён по мере поступления новых данных о промысле в 2020 году.

Несмотря на удовлетворительное качество подгонки модели и ретроспективную диагностику, полученные оценки не в полной мере описывают популяцию азовской тарани, так как отсутствовала возможность и необходимые материалы для полноценного аналитического оценивания степени ННН-промысла (основным показателем при расчетах модели CMSY является величина вылова). На основе экспертных оценок, доля ННН-изъятия в последние годы может в разы превышать официальную квоту. В дальнейшем, по мере накопления данных и выполнения аналитического оценивания степени ННН-изъятия полученные оценки могут быть уточнены.

Попытка оценки биомассы запаса прямым способом (площадным методом) не увенчалась успехом: по результатам осенней траловой съемки в 2019 г. уловы тарани встречались всего на 8 станциях из 135 в Азовском море. В итоге, аппроксимация выловов по известным станциям при помощи процедуры бутстрепа не привела к нормальному распределению эти величины, что свидетельствует о несостоятельности такого подхода для оценки запаса в условиях информационной ограниченности. Об этом свидетельствуют и результаты годовых отчетов, биомасса запаса в которых колеблется в широких границах.

В работе [13] приводятся доводы относительно того, что ухудшение биологических показателей популяции, таких как темп роста и смертность, непосредственно связаны с промысловой смертностью, а именно – с селективностью добычи старших возрастных групп. Тем не менее, автор не



**Рисунок 3.** Пропорция состояния биомассы запаса относительно граничного ориентира –  $B/B_{MSY}$  (левый); пропорция промысловой смертности к граничному ориентире  $F/F_{MSY}$  (правый) для тарани Азовского моря за период 1999-2019 годы

**Figure 3.**  $B/B_{MSY}$  (left) and  $F/F_{MSY}$  (right) reference levels for Azov sea roach in 1999-2019

**Таблица 3.** Биологические ориентиры концепции MSY для тарани в Азовском море на основе оценок модели CMSY / **Table 3.** MSY biological and fishery reference points for Azov sea roach by CMSY results

Параметры	Оценка	Нижняя граница	Верхняя граница
MSY	516,9	282,8	944,7
$F_{MSY}$	0,28	0,20	0,39
$B_{MSY}$	1828,1	968,4	3451,2

приводит сравнения темпов роста с предыдущим периодом и доводов тому, что промысловая смертность является основной причиной их изменения. Результаты этой работы не свидетельствуют о наличии переэксплуатации популяции промыслом в современный период, тем не менее, не исключают варианта высокой селективности промысла относительно старших возрастных групп. Работы Агапова С.А. [4] подтверждают соображения о ключевой роли климатических факторов, таких как низкая водность и кормовая база, определяющих численность и биомассу запаса. Тем не менее, в последующих работах [5] автор допускает, что сокращение численности старших возрастных групп связано с селективностью промысла и, вероятно, с наличием двух различных стад – кубанского и донского, с различными темпами роста, что, в целом, укладывается в результаты данной работы.

Объединённый ряд оценок биомассы запаса за весь период эксплуатации азовской тарани, 1932-2019 гг. (рис. 4) свидетельствует о нескольких произошедших коллапсах численности популяции, которые были связаны с изменением климатических и гидрохимических условий Азовского моря: в 40-х и в 80-х годах. После первого непродолжительного коллапса в 40-х годах популяции удалось достаточно быстро восстановиться до прежней численности. Второй коллапс в 80-х годах стал катастрофическим для популяции азовской тарани – ее биомасса колеблется в пределах 1-4 тыс. т последние 40 лет и в настоящее время отсутствуют какие-либо предпосылки для ее восстановления до прежних объемов.

### ВЫВОДЫ

1. Аналитическое оценивание системы «запас-промысел» Азовской тарани выполнено на основе данных 1999-2019 гг. при помощи модели CMSY в среде R. Модель выдержала требуемые тесты стабильности и устойчивости, и удовлетворительно описывает состояние популяции Азовской тарани. Полученные результаты свидетельствуют об отсутствии переэксплуатации популяции. Биомасса запаса находится в безопасной зоне, отсутствует угроза дальнейшего коллапса.

2. В соответствии с полученными результатами, величина рекомендованного вылова тарани в Азовском море на 2021 г. должна составить 516,9 тонн. При таком уровне эксплуатации биомасса запаса составит 1828,1 тонн.

3. Полученные результаты, в совокупности с оценками других авторов, свидетельствуют о том, что популяция Азовской тарани продолжает находиться в угнетенном состоянии после



**Рисунок 4.** Оценки биомассы запаса азовской тарани за весь период эксплуатации популяции. 1932-1998 – оценки, выполненные прямым методом, 1999-2019 – оценки при помощи модели CMSY

**Figure 4.** Azov roach biomass estimation over whole exploitation history. 1932-1998 – swept area method estimates, 1999-2019 – CMSY model results

зарегулирования речного стока в 1950-ые годы. Отсутствуют какие-либо предпосылки для восстановления популяции до прежней численности. В настоящий период, 1999-2019 гг., биомасса запаса достигала максимума в 8,5 тыс. т в отличие от предшествующего периода 1950-1999 гг., в который биомасса запаса достигала 57 тыс. тонн.

4. Отсутствие репрезентативных оценок ННН-промысла не позволило в полной мере оценить состояние популяции в данной работе. При отсутствии учета ННН-промысла полученные оценки биомассы запаса, вероятно, занижены, как и промысловой смертности (особенность модели CMSY).

5. Популяция азовской тарани пережила за свою историю 2 коллапса численности популяции – в 40-х и 80-х годах XX века. После второго коллапса биомасса запаса не восстановилась и до сих пор находится на угнетенном уровне – не более 3 тыс. тонн.

### ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. Аведикова Т.М., Баландина Л.Г. Основные факторы, определяющие величину поколений судака и тарани в условиях измененного режима Азовского моря / Т.М. Аведикова, Л.Г. Баландина // Тр. ВНИРО. – 1972. – Т. 83. – с. 220-234.
1. Avetikova T. M., Balandin, L. G. the Main factors determining the amount of generations of perch and roach in the conditions of changed regime of the Azov sea / Avetikova T. M., L. G. Balandin, Proc. VNIRO.

- 1972. - Т. 83. - С. 220-234.
2. Аверкиев Ф.В. Сборник статистических сведений об уловах рыб и нерыбных объектов в Азово-Черноморском бассейне за 1927-1959 гг. / Ф.В. Аверкиев // Тр. АЗНИИРХ. - 1960. - Т. 1. - №2. - с. 93.
2. Averkiev F. V. Collection of statistical information on catches of fish and non-fish objects in the Azov-black sea basin for 1927-1959 gg / F. V. Averkiev // Proc. Azniirkh. - 1960. - Vol. 1. - No. 2. - S. 93.
3. Аксюткина З.М. Элементы математической оценки наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях / З.М. Аксюткина // М.: Пищ. пром-сть. - 1968. - 288 с.
3. Aksyutina Z. M. Elements of mathematical evaluation of observations in biological and fisheries re-search / Z. M. Aksyutina // M.: Food. Prom-St. - 1968. - 288 p.
4. Агапов С.А. Тенденции изменения численности популяции азовской тарани // Тезисы докладов VI Всероссийской конференции по проблемам промыслового прогнозирования, г. Мурманск, 4-6 октября 1995 г. - Мурманск: Изд. ПИПРО. 1995. - С. 6-7.
4. Agapov S. A. Trends in the population of the Azov Taran // Abstracts of reports at the VI all-Russian conference on problems of fishing forecasting, Murmansk, October 4-6, 1995-Murmansk: Ed. PINRO. 1995. - S. 6-7.
5. Условия обитания, воспроизводства, биологическая характеристика и промысел азовской тарани в 1986-92 гг. // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна сб. науч. тр. АЗНИИРХ / Агапов С.А. - Ростов-на Дону: Изд-во АЗНИИРХ. Полиграф, 1996. - С. 186-188.
5. Habitat, reproduction, biological characteristics and fishery of the Azov roach in the years 1986-92 // Main problems of fisheries and protection of fishery water bodies Azo-in the black sea basin SB. науч. тр. Azniirkh / Agapov S. A. - Rostov-on-don: Izd-vo AZNIIRH. Polygraph, 1996. - Pp. 186-188.
6. Агапов С.А. Структура популяции и особенности формирования запаса тарани Азовского моря в современный период: Автореф. дис. канд. биол. наук. - Ростов-на-Дону, 2003. - 24 с.
6. Agapov S. A. population Structure and features of tarani stock formation in the Azov sea in the modern period: author's abstract. Biol. Sciences. - Rostov-on-don, 2003. - 24 p.
7. Бабаян В.К., Бобырев А.Е., Булгакова Т.И. и др. Методические рекомендации по оценке запасов приоритетных видов водных биологических ресурсов. / В.К. Бабаян [и другие] - М.: Изд-во ВНИРО, 2018. - 312 с.
7. Babayan V. K., Bobyrev A. E., Bulgakova T. I. and others. Methodological recommendations for as-sessing reserves of priority types of water biological resources / V. K. Babayan [and others] - Moscow: VNIRO publishing House, 2018. - 312 p.
8. Бердников С.В., Дашкевич Л.В., Кулыгин В.В. Климатические условия и гидрологический режим Азовского моря в XX-начале XXI вв. / С.В. Бердников, Л.В. Дашкевич, В.В. Кулыгин // Водные био-ресурсы и среда обитания. - 2019. - Т. 2. - №. 2. - с. 7-19.
8. Berdnikov S. V., Dashkevich L. V., Kulygin V. V. Climatic conditions and hydrological regime of the Azov sea in the XX-early XXI centuries / S. V. Berdnikov, L. V. Dashkevich, V. V. Kulygin // Aquatic bio-resources and habitat. - 2019. - Vol. 2. - no. 2. - p. 7-19.
9. Васильева Е.Д. Рыбы Черного моря. Определитель морских, солоноватоводных, эвригаллиных и проходных видов с цветными иллюстрациями, собранными С.В. Богородским. / Е.Д. Васильева - М.: Издательство ВНИРО, 2007. - 238 с.
9. Vasilieva E. D. Fish of the Black sea. Determinant of marine, brackish-water, euryhaline and passable species with color illustrations collected by S. V. Bogorodsky / E. D. Vasilyeva.-M.: VNIRO publishing House, 2007. - 238 p.
10. Состояние и запас популяции Азовской тарани в современный период. Труды АЗНИИРХ (Результаты рыбохозяйственных исследований в Азово-Черноморском бассейне). Сборник научных трудов по результатам исследований за 2014-2015 гг. / Жердев Н.А. // Ответственный редактор В.Н. Белоусов. - г. Ростов-на-Дону: ФГБНУ «АЗНИИРХ», 2017. - Том 1. - с. 57-62.
10. State and stock of the Azov Taran population in the modern period. Proceedings of Azniirkh (the Re-sults of fishery studies in the Azov-black sea basin). Collection of scientific papers on results of research in 2014-2015 / Zherdev N. And. // Responsible editor V. N. Belousov. - the city of Rostov-on-don: GNU "Az-niirkh", 2017. - Volume 1. - S. 57-62.
11. Жукова С.В., Дубинина В.Г. Государственный мониторинг среды обитания водных биологических ресурсов азовского моря / С.В. Жукова, В.Г. Дубинина // Водные ресурсы России: современное состояние и управление. - 2018. - с. 275-284.
11. Zhukova S. V., Dubinina V. G. State monitoring of habitat of aquatic biological-ing resources of the Azov sea / S. V. Zhukov, V. G. Dubinina // Water resources of Russia: current state and management, 2018. - pp. 275-284.
12. Жукова С.В. Обеспеченность водными ресурсами рыбного хозяйства нижнего Дона / С.В. Жукова // Водные биоресурсы и среда обитания. - 2020. - Том 3. - № 1. - с. 7-19.
12. Zhukova S. V. Provision of water resources for the lower don fisheries / S. V. Zhukova // Aquatic bio-resources and habitat. - 2020. - Volume 3. - No. 1. - pp. 7-19.
13. Куцын Д.Н. Структура нерестового стада и темпы роста азовской тарани (*Rutilus rutilus heckeli* Nordmann, 1840) восточной части Таганрогского залива. / Д.Н. Куцын // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. - 2013. - №. 3., с. 46-54.
13. Kutsyn D. N. Structure of the spawning herd and growth rates of the Azov Taran (*heckeli Rutilus Ru-tilus parouvlazhniet* Nordmann, 1840) of the Eastern part of the Taganrog Bay. / D. N. Kutsyn // Bulletin of the Astrakhan state technical university. Series: fisheries. - 2013. - №. 3. - pp. 46-54.
14. Куропаткин А.П. и др. Изменение солености Азовского моря / А.П. Куропаткин [и другие] // Вопросы рыболовства. - 2013. - Т. 14. - №. 4. - с. 666-673.
14. Kuropatkin A. P. et al. Changes in the salinity of the sea of Azov / A. P. Kuropatkin [and others] // Fisheries issues. - 2013. - Vol. 14.- no. 4. - S. 666-673.
15. Чередников С.Ю., Власенко Е.С., Жердев Н.А., Кузнецова И.Д., Лукьянов С.В. Лимитирующие факторы окружающей среды и биологические особенности важнейших промысловых мигрантов Азовского моря / С.Ю. Чередников [и другие] // Водные биоресурсы и среда обитания. - г. Ростов-на-Дону. - 2020. - Том 3. - №1. - с. 27-41.
15. Cherednikov S. Yu., Vlasenko, E. S., N. Zherdev.A. Kuznetsova I. D., Lukyanov S. V. Limiting factors of the environment and the biological characteristics of important commercial migrants of the sea of Azov / S. Y. Cherednikov [and others] // Water bio resources and habitat. - Rostov-on-don. - 2020. - Volume 3. - No. 1. - pp. 27-41.
16. Cochran K.L. (ed.). A fishery manager's guidebook: Management measures and their application. - Food & Agriculture Org., 2002. - №. 424. (pg. 1-20) FAO Fisheries Technical Paper, 424. 238 pp
16. Cochran K. L. (ed.). Management of the fisheries Manager: management measures and their applica-tion. - Food and agriculture organization., 2002. - №. 424. (pg. 1-20) FAO technical document on fisheries, 424. - 238 pages.
17. Froese R. Et al. Estimating fisheries reference points from catch and resilience //Fish and Fisheries. - 2017. - Т. 18. - №. 3. - p. 506-526.
17. Froese R. Et al. Assessment of fishery guidelines for catch and sustainability // / fish and fisheries. - 2017. - Vol. 18. - no. 3. - p. 506-526.
18. Froese R. et al. What catch data can tell us about the status of global fisheries //Marine biology. - 2012. - Т. 159. - №. 6. - p. 1283-1292.
18. Froese R. et al. What catch data can tell us about the state of the world's fisheries //Marine biology. - 2012. - Vol. 159. - no. 6. - p. 1283-1292.
19. Mohn R. The retrospective problem in sequential population analysis: an investigation using cod fishery and simulated data // ICES Journal of Marine Science. - 1999. - Т. 56. - №. 4. - p. 473-488.
19. Mon R. Retrospective problem in sequential population analysis: a study using cod fishing and mod-eled data // / ICES Journal of Marine Science. - 1999. - Vol. 56. - no. 4. - p. 473-488.
20. Musick J.A. Criteria to define extinction risk in marine fishes: The American Fisheries Society initiative //Fisheries. - 1999. - Т. 24. - №. 12. - p. 6-14.
20. Musik J. A. criteria for determining the risk of marine fish extinction: an initiative of the American fishing society //Fishing. - 1999. - Vol. 24. - no. 12. - p. 6-14.
21. Martell S., Froese R. A simple method for estimating MSY from catch and resilience //Fish and Fisheries. - 2013. - Т. 14. - №. 4. - p. 504-514.
21. Martell S., Freze R. a simple method for evaluating MSY by catch and stability // / fish and fishing. - 2013. - Vol. 14 -- no. 4. - p. 504-514.
22. Metropolis N., Ulam S. The monte carlo method //Journal of the American statistical association. - 1949. - Т. 44. - №. 247. - p. 335-341.
22. metropolis N., Ulam S. the Monte Carlo Method // / journal of the American Statistical Association. - 1949. - T. 44. - no. 247. - p. 335-341.