

Водные биоресурсы и среда обитания

2021, том 4, номер 2, с. 66–79

<http://journal.azniirkh.ru>, www.azniirkh.ru

doi: 10.47921/2619-1024_2021_4_2_66

ISSN 2618-8147 print, ISSN 2619-1024 online



Aquatic Bioresources & Environment

2021, vol. 4, no. 2, pp. 66–79

<http://journal.azniirkh.ru>, www.azniirkh.ru

doi: 10.47921/2619-1024_2021_4_2_66

ISSN 2618-8147 print, ISSN 2619-1024 online

УДК 639.2.053.8

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА СОСТОЯНИЯ ЗАПАСА ЛЕЩА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОДЕЛИРОВАНИЯ СМСУ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ДАННЫМИ (2002–2020 ГГ.) В АЗОВСКОМ МОРЕ (ВОДЫ РОССИИ)

© 2021 С. Ю. Чередников, М. М. Пятинский, И. Д. Козоброд*

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»),
Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), Ростов-на-Дону 344002, Россия

E-mail*: kuznecovainna1811@yandex.ru

Аннотация. Аналитическая оценка запаса азовского леща *Abramis brama* (Linnaeus, 1758) для периода 2002–2020 гг. выполнена при помощи трендовой модели для ограниченных данных СМСУ в среде R. Текущее состояние запаса находится на уровне целевого ориентира по биомассе запаса и имеет признаки значительной переэксплуатации промыслом ($B_{2020}/B_{MSY}=0,989$; $F_{2020}/F_{MSY}=1,82$). Учет и включение объемов ННН-промысла при помощи косвенных оценок делает результаты данной работы более полными, избегающими недооценки запаса и уровня промысловой смертности. Объединенный ряд оценок биомассы запаса леща за исследуемый период свидетельствует о произошедшем коллапсе численности популяции в период с 2005 по 2013 г., который, вероятно, был связан с изменением климатических и гидрохимических условий Азовского моря и не был вызван переэксплуатацией популяции в данный период. В современный период популяция леща продолжает находиться в угнетенном состоянии с предпосылками к восстановлению запаса. В соответствии с результатами моделирования и рассмотренными прогнозными сценариями, величина легального рекомендованного вылова в 2022–2023 гг. может составить от 40 до 110 т. в зависимости от степени контроля, учета и пресечения ННН-добычи. В случае эксплуатации популяции в данном объеме, биомасса запаса будет находиться на безопасном уровне и может достичь 950 т. Результаты работы подчеркивают необходимость контроля и предотвращения ННН-промысла леща в Азово-Донском бассейне — данный фактор является одним из ключевых, оказывающих влияние на популяцию леща в последние годы.

Ключевые слова: лещ, оценка запаса, Азовское море, популяция, биологические ориентиры, прогнозирование запаса

LONG-TERM DYNAMICS OF THE BREAM STOCKS IN THE AZOV SEA (RUSSIAN WATERS) BASED ON THE RESULTS OF CMSY MODELING UNDER THE CONDITIONS OF LIMITED DATA AVAILABILITY (2002–2020)

S. Yu. Cherednikov, M. M. Piatinskii, I. D. Kozobrod*

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI “VNIRO”),
Azov-Black Sea Branch of the FSBSI “VNIRO” (“AzNIIRKH”), Rostov-on-Don 344002, Russia
E-mail*: kuznecovainna1811@yandex.ru

Abstract. Analytical assessment of the Azov Sea stock of the common bream *Abramis brama* (Linnaeus, 1758) for the time range 2002–2020 has been performed using CMSY trend model in R that is suitable for application in the context of limited data availability. Current state of the stock is at the level of the reference point based on stock biomass, and shows evidence of substantial overexploitation ($B_{2020}/B_{MSY}=0.989$; $F_{2020}/F_{MSY}=1.82$). Accounting for the volumes of IUU-fishing using indirect estimates increases comprehensiveness of the results and ensures adequate stock assessment and evaluation of fishing mortality. Pooled estimates of bream stock biomass for the investigated period indicate a collapse of population abundance that fell upon 2005–2013 and, presumably, stemmed from climatic and hydrochemical changes in the Azov Sea environment, not being associated with overexploitation of the population in those years. At present, the bream population still remains in depressed state, with prerequisites for stock recovery. Following the results of modeling and after a consideration of forecast scenarios, the size of recommended legal catch for 2022–2023 could be set within the range between 40 and 110 t, depending on the efficiency of control, accounting, prevention and suppression of IUU-fishing. So long as the population is exploited within these limits, stock biomass will remain at a safe level and has the possibility of reaching 950 t. The results of this investigation highlight the necessity of control and prevention of bream IUU-fishing in the Azov Sea and Don River Basins; this is a crucial factor influencing bream population in the recent years.

Keywords: bream, stock assessment, Azov Sea, population, biological reference points, stock forecasting

ВВЕДЕНИЕ

Азовский лещ *Abramis brama* (Linnaeus, 1758), ведущий стайный придонный образ жизни, является представителем полупроходных рыб бассейна Азовского моря. Добыча леща осуществляется ставными и закидными неводами, а также любительскими орудиями лова [1].

Численность и запас леща зависят от многих абиотических и биотических факторов среды обитания, таких как материковый сток, соленость, кормовая база, промысловая нагрузка и антропогенное воздействие [2]. Из-за изменчивости биотических и абиотических факторов условия обитания в Азовском море для леща становятся нестабильными. Уменьшение стока р. Дон и, как следствие, общее осолонение Азовского моря с 2006 г. по современный период [3–6] оказали существенное влияние на условия нагула и промысла леща, способствуя резкому колебанию численности популяции и уловов.

Наиболее благоприятным периодом для популяции леща в Азово-Черноморском бассейне был период 1920–1950 гг. В этот период среднегодо-

вая добыча леща достигала 21,9 тыс. т (от 13,4 до 39,7 тыс. т), а оценки промыслового запаса варьировали в пределах 34–72 тыс. т [7]. Данный период характеризовался стабильно высоким стоком р. Дон и минимальным антропогенным воздействием на экосистему в целом.

Последующий период, 1950–1980 гг., был менее благоприятным для популяции леща. Данный период характерен нарастанием антропогенного воздействия на гидрологический режим р. Дон — интенсификацией зарегулирования р. Дон. Зарегулирование стока р. Дон в 1952 г. привело к ухудшению условий нереста полупроходных рыб в реке и последующему снижению запаса донской популяции полупроходного леща [8, 9]. Антропогенное воздействие на гидрологический режим реки уже в первое десятилетие этого периода привело к уменьшению нерестовых площадей и численности пополнения, а также к падению уровня промыслового запаса [3, 4]. Среднегодовые уловы леща в этот период значительно сократились до уровня 4,3 тыс. т, что на порядок ниже величины уловов в предшествующий период. После установ-

ления Цимлянской плотины (1952 г.) изменилось пространственное распределение леща в Азово-Донском районе и сократилась возрастная структура популяции в сторону более молодых возрастных классов. Промысел сместился в авандельту Дона и стал основываться на использовании младших возрастных групп (3–4-годовалых) [8, 10–14].

В первые годы периода 1980–2000 гг. отмечался крайне катастрофический промысловый запас леща на уровне 2,5–4 тыс. т; тем не менее высокий весенний паводок 1978–1982 гг. способствовал появлению высокоурожайных поколений, вхождение которых в промысловое стадо в 1983–1986 гг. позволило популяции восстановиться до уровня 11,2–21,1 тыс. т. Такая высокая численность популяции леща и ослабевание государственного контроля ввиду распада СССР привели к стремительному, мгновенному увеличению объемов ННН-промысла (незаконный, нерегулируемый, несообщенный) [1]. По имеющимся оценкам в этот период объемы ННН-добычи многократно (в 6 раз) превышали объемы легального изъятия. Такая нерациональная эксплуатация популяции леща и низкий водный сток привели к очередному катастрофическому сокращению промыслового запаса до уровня 1,2–3,2 тыс. т в 1996–1999 гг. с тенденцией к сокращению [1].

Начиная с 2000 г. состояние популяции леща характеризуется как критическое [1, 15]. В начале периода 2000–2015 гг. предпринимались попытки восстановления популяции — полное прекращение и запрет как любительского, так и специализированного лова. Тем не менее, высокий уровень ННН-промысла и неблагоприятные гидрологические условия не позволили популяции восстановиться даже до уровней предшествующего периода. По имеющимся фондовым данным АзНИИРХ (результаты учетных съемок), промысловый запас леща в рассматриваемый период (2000–2015 гг.) находился на уровне среднемноголетних 0,5 тыс. т без тенденций к восстановлению.

С 2015 г. отмечены некоторые тенденции к восстановлению запаса леща относительно текущего катастрофически низкого уровня запаса. В 2018 г., в результате высокого, по сравнению с прошлыми годами, водного стока р. Дон, произошло залитие исторических нерестилищ леща, что привело к высокому пополнению запаса молодью. На сегодняшний день состояние запаса леща в Азово-Донском районе оценивается в объеме 0,95 тыс. т.

В предыдущие годы оценка запаса леща выполнялась при помощи метода прямого учета [15–17]. Данный метод традиционно использовался в бассейне Азовского моря. В основе метода лежит оценка промыслового (или общего) запаса на обследованной площади по данным учетных траловых съемок. В последнее время появились публикации с использованием иных подходов к оценке запасов промысловых рыб в Азовском море [18, 19], рекомендованных ФГБНУ «ВНИРО» [20].

Основной целью работы является выполнение процедуры популяционного моделирования, которая позволит получить оценки промыслового запаса и промысловой смертности леща и определить биологические и промысловые ориентиры для рациональной эксплуатации популяции и моделирования возможных сценариев изменения ее состояния в будущем в зависимости от различных управляющих факторов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для выполнения процедуры популяционного моделирования, оценки биомассы запаса, промысловой смертности и ориентиров эксплуатации популяции применена доработанная модель CMSY [21–24]. Модель CMSY реализует упрощенный продукционный подход к популяционному моделированию на основе модели Шефера. Модель CMSY прошла апробацию на примере видов Азово-Черноморского бассейна и показала достаточную надежность в моделировании запасов с недостаточной полнотой биологической информации [24]. Следует отметить, что в данной модели в качестве оценок промысловой смертности (F) на самом деле выполняются оценки промысловой убыли $F = \varphi_F$ [24].

Применение трендовой модели CMSY для процедуры популяционного моделирования обусловлено неполнотой биологических и промысловых сведений, которая не позволила выполнить всеобъемлющее аналитическое оценивание структурированными когортными моделями или ограниченное аналитическое оценивание продукционными методами (I и II информационный уровень, в соответствии с методическими рекомендациями). Применение структурированных моделей оказалось невозможным по причине неполноты и обрывистости данных о возрастной структуре промыслового изъятия. Применение полноценных продукционных моделей не представляется

возможным по причине невозможности стандартизации информации об уловах на единицу промыслового усилия: добыча леща осуществляется различными по типу конструкции и промысловым параметрам орудиями лова — ставными сетями, ставными и закидными неводами, вентерями, — а информация об их количестве на промысле отсутствует.

Материалами для процедуры популяционного моделирования послужила многолетняя рыбохозяйственная статистика вылова за период 2002–2020 гг. и оценки объемов ННН-промысла (табл. 1), выполненные косвенным методом в соответствии с работой [25]. В качестве дополнительных индикаторных сведений использовалась информация о размерно-массовой структуре промысловой популяции, полученная в результате научного мониторинга Азово-Черноморским филиалом ФГБНУ «ВНИРО» за период 2017–2020 гг.

Косвенная оценка объемов ННН-промысла выполнена на основе сведений ранее опубликованных работ, рыбохозяйственной статистики и экспертных оценок. Выполнялась оценка корректировочного коэффициента ННН-промысла, k , который представляет собой поправочный коэффициент объема ННН-вылова к легальному вылову:

$$k_y = 1 + \frac{IC_y}{C_y},$$

где

– k_y — корректировочный коэффициент на долю ННН-промысла в год y ;

– IC_y — незаконный улов в год y ;

– C_y — легальный улов в год y .

Оценка корректирующего коэффициента k в 1993 г. выполнена на основе работы Иванченко [1]. В данной работе выполнена оценка коэффициента естественной смертности методом пересчета убыли поколений. В оценку величины коэффициента естественной смертности вошла и компонента ННН-изъятия, пересчет которой обратным способом из известной оценки истинной естественной смертности позволил получить оценку коэффициента $k_{1993}=6,7$. Путем анализа имеющихся данных, экспертных оценок, ННН-промысла и допущений о наращивании административного противодействия ННН-добыче удалось получить оценки корректирующего коэффициента в 2005 и 2010 гг.: $k_{2005}=5,9$, $k_{2010}=5,7$. Для оценки доли ННН-промысла в период 2019–2020 гг. применен косвенный метод пропорций по данным 5-дневной рыбохозяйственной

статистики и наблюдения за рыболовными бригадами на промысле (пропорции вылова малоценных видов рыб к лещу), что в конечном итоге позволило получить оценку $k_{2020}=5,4$.

Полученные косвенные оценки корректирующего коэффициента k были аппроксимированы нелинейной экспоненциальной функцией, что позволило получить непрерывные оценки корректирующих коэффициентов за период 2002–2020 гг. Полученные оценки корректировочных коэффициентов были переведены на шкалу уловов в т, сглажены методом локальной регрессии LOESS для устранения межгодовых флуктуаций и представлены в таблице (табл. 1). В качестве входных данных для модели CMSY была использована рыбопромысловая статистика уловов с учетом ННН (табл. 1, 5-й столбец).

Для построения модели CMSY использовались ретроспективная информация об уловах (C) и критерий популяционной пластичности для определения стартовых параметров r/K пары продукционного уравнения Шефера [21–23]. Популяционная пластичность леща была определена как «средняя» по таблице критериев популяционной пластичности [26]. Параметризация r/K пары и поиск их оптимумов (мгновенный популяционный рост — r , емкость среды — K) выполняется итеративной процедурой Монте-Карло [27]. Для диагностики результатов моделирования применялся классический ретроспективный тест и аналитический тест стабильности Mohn rho [28].

Оценка динамики размерного состава популяции леща в 2017–2020 гг. выполнена на основе данных промеров леща в осенние периоды на постах государственного мониторинга с использованием стандартных ихтиологических методик [29].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Лещ — аборигенный и хорошо адаптированный к условиям пресноводных вод Юга России вид. В бассейне Азовского моря встречается как туводная, так и полупроходная формы. Популяция полупроходного леща в Азовском море в последние годы, как правило, состоит из 6–9 возрастных групп. Промысловую часть популяции составляют особи длиной более 28 см. Между тем, предельная продолжительность жизни леща составляет 23 года, длина — 82 см, масса — 6 кг [30]. По данным наблюдений за промыслом в 2017 г., популяция леща состояла из особей, входивших в 4 размерные груп-

Таблица 1. Многолетняя рыбопромысловая статистика вылова леща в Азовском море**Table 1.** Long-term annual catch statistics for bream fishing in the Azov Sea (input data)

Год Year	Официальный вылов, т Legal catch, t	Освоение РВ, % Utilization of ТАС, %	Коэффиц. ННН, <i>k</i> IUU coefficient, <i>k</i>	Офиц. улов + ННН, т Legal catch + IUU, t	Офиц. улов + ННН + сглаживание <i>LOESS</i> , т (С) Legal catch + IUU + <i>LOESS</i> smoothing, t (C)
2002	62	13,8	6,07	376,1	437,5
2003	23	51,1	6,01	138,3	122,0
2004	28	43,1	5,96	166,8	121,6
2005	28	43,1	5,91	165,4	160,7
2006	32	45,7	5,86	187,5	178,7
2007	29	32,2	5,81	168,6	164,2
2008	23	25,6	5,77	132,7	137,3
2009	18	34,6	5,73	103,1	105,0
2010	16	39,0	5,69	91,0	85,1
2011	12	29,3	5,65	67,8	88,7
2012	19	52,8	5,61	106,7	97,1
2013	20	55,6	5,58	111,6	78,6
2014	8	16,3	5,55	44,4	64,1
2015	4	8,9	5,52	22,1	78,8
2016	35	68,6	5,49	192,0	108,9
2017	22	52,4	5,46	120,1	135,7
2018	27	84,4	5,43	146,6	187,0
2019	46	115,0	5,40	248,6	287,3
2020	102	152,2	5,38	548,8	438,7

Примечание: РВ — рекомендованный вылов

Note: ТАС — Total Allowable Catch

пы длиной от 10 до 50 см (рис. 1). Доминировали особи размерной группы 31–40 см (50,8 %). Доля более крупных особей длиной 41–50 см была незначительной — 0,4%. Средняя индивидуальная длина леща составляла 31 см, а масса — 664,7 г. В 2018 г. научные и промысловые уловы были представлены только тремя размерными группами длиной до 40 см. Доминировали особи класса 31–40 см (59,5 %). Средняя длина леща в популяции составляла 31 см, а масса — 673,0 г. К 2019 г. в популяции леща были заметно элиминированы крупные особи. Преобладала размерная группа 21–30 см (63,6 %). Средняя длина особей составляла 26 см, а масса — 432,0 г. В 2020 г. доминантный размерный класс (74,2 %) остался прежним малоразмерным — 21–30 см, внутри которого 72 % составляли непромысловые особи (длиной менее 28 см). Доля класса промысловых рыб длиной 31–

40 см в популяции леща оказалась наименьшей за 4 описываемых года — 7,5 %. Средняя длина особей в популяции составила 26 см, масса — 541,5 г. Таким образом, мониторинг промысла леща за период 2017–2020 гг. свидетельствовал о негативном тренде качественных характеристик популяции: ее структура заметно ухудшилась — модальная группа сместилась в сторону малоразмерных классов, а средняя длина особей уменьшилась за 4 года с 31 до 26 см. Максимальная длина леща в выборках не превышала 42 см. Это косвенно свидетельствует о переэксплуатации леща промыслом — такая промысловая нагрузка не позволяет лещу реализовать свой генетический потенциал достижения максимальной длины 82 см.

Результаты оценок биомассы запаса, промысловой смертности и их доверительных границ при помощи модели *CMSY* представлены в табл. 2.

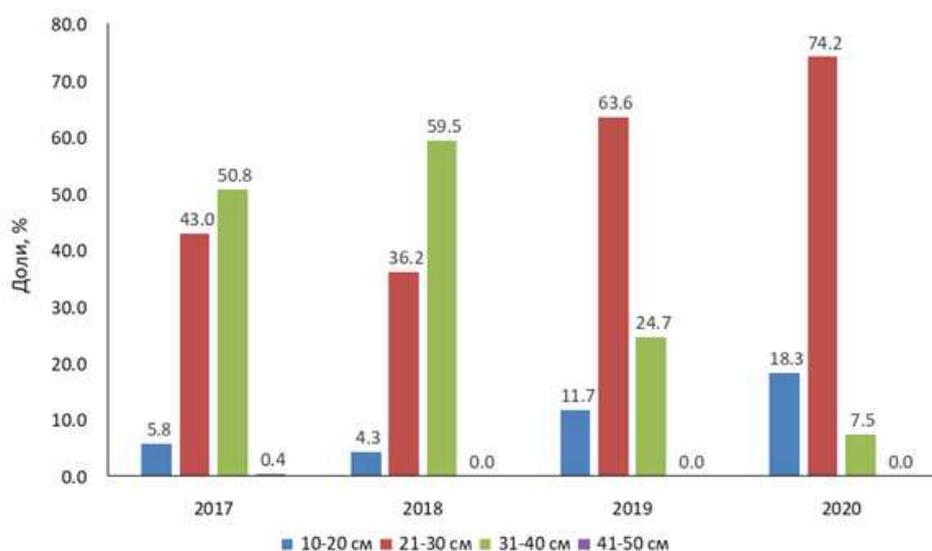


Рис. 1. Динамика размерного состава леща в Азовском море в 2017–2020 гг.

Fig. 1. Dynamics of the length composition of bream in the Azov Sea in 2017–2020

Таблица 2. Результаты ретроспективных оценок биомассы запаса и промысловой смертности леща в 2001–2020 гг. при помощи модели CMSY

Table 2. Results of retrospective estimations of bream stock biomass and fishing mortality in 2001–2020 with application of CMSY model

Год Year	B Биомасса запаса, т Stock biomass, t	B.CI95 Интервал биомасс запаса, т Stock biomass interval, t	F Промысловая смертность Fishing mortality	F.CI95 Доверительный интервал оценок промысловой смертности Confidence interval for fishing mortality estimates
2002	973	456–1162	0,45	0,377–0,96
2003	693	369–855	0,176	0,143–0,331
2004	571	328–725	0,213	0,168–0,37
2005	495	295–627	0,325	0,256–0,544
2006	506	302–633	0,353	0,282–0,592
2007	498	298–622	0,33	0,264–0,551
2008	471	285–582	0,291	0,236–0,481
2009	438	259–538	0,24	0,195–0,405
2010	420	249–541	0,203	0,157–0,342
2011	421	247–566	0,211	0,157–0,36
2012	442	252–614	0,22	0,158–0,386
2013	477	265–685	0,165	0,115–0,296
2014	536	275–752	0,12	0,085–0,233
2015	621	304–848	0,127	0,093–0,259
2016	726	342–957	0,15	0,114–0,318
2017	827	396–1068	0,164	0,127–0,343
2018	916	442–1144	0,204	0,163–0,423
2019	976	472–1174	0,294	0,245–0,609
2020	967	448–1136	0,454	0,386–0,98

В результате итеративной процедуры поиска оптимумов кривой Шефера при параметризации модели CMSY были получены следующие оценки параметров r/K пары:

- коэффициента мгновенного популяционного роста: $r=0,529$ (0,37–0,755);
- емкости среды $K=1913,6$ (916,9–3993,9).

Результаты ретроспективного теста представлены на рис. 2, хотя для аналитических методов 3 уровня информационного обеспечения требования ретроспективной стабильности являются не столь строгими, как для структурированных когортных моделей, ввиду неполноты данных.

При выполнении количественной оценки ретроспективной изменчивости были получены следующие значения коэффициентов Mohn rho: $\rho_{SSB}=-0,36$, $\rho_F=0,91$. Полученные результаты ретроспективы свидетельствуют о посредственной надежности модели при выполнении прогнозирования: достигнутая стабильность оценок ретроспективного анализа оказалась неудовлетворительной. Низкие отрицательные значения коэффициентов приводят к недооценке фактора, высокие положительные — к переоценке. Самые низкие значения, ниже $-0,22$, или самые высокие, выше $+0,3$, показывают высокие вариации и низкую устойчивость модели [28]. Ретроспективный анализ устойчивости модели демонстрирует удовлетворительную устойчивость при сокращении ряда данных не более чем на 1 год. Такая устойчивость модели может вызывать трудности при выполнении прогноза более чем на 2 года вперед из-за умеренной вероятности недо-

оценки биомассы запаса и переоценки уровня промысловой смертности.

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 леща 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. 3, 4).

В соответствии с полученными результатами, представленными на рис. 3, 4, практически за весь период исследований 2002–2020 гг. биомасса запаса полупроходного леща в Азовском море находилась ниже целевого ориентира рациональной эксплуатации ($B/B_{MSY}<1$), а промысловая смертность превышала целевой ориентир ($F/F_{MSY}>1$). Период 2005–2013 гг. являлся наиболее неблагоприятным для популяции леща за рассматриваемое время — в эти годы биомасса промыслового запаса опускалась ниже граничного ориентира B_{lim} ($B/B_{lim(2005-2013)}\leq 1$), однако это происходило не по причине промысловой смертности ($F/F_{MSY(2005-2013)}<1$). Вероятно, такое затянувшееся снижение биомассы запаса леща было вызвано совокупностью факторов изменения гидрологи-

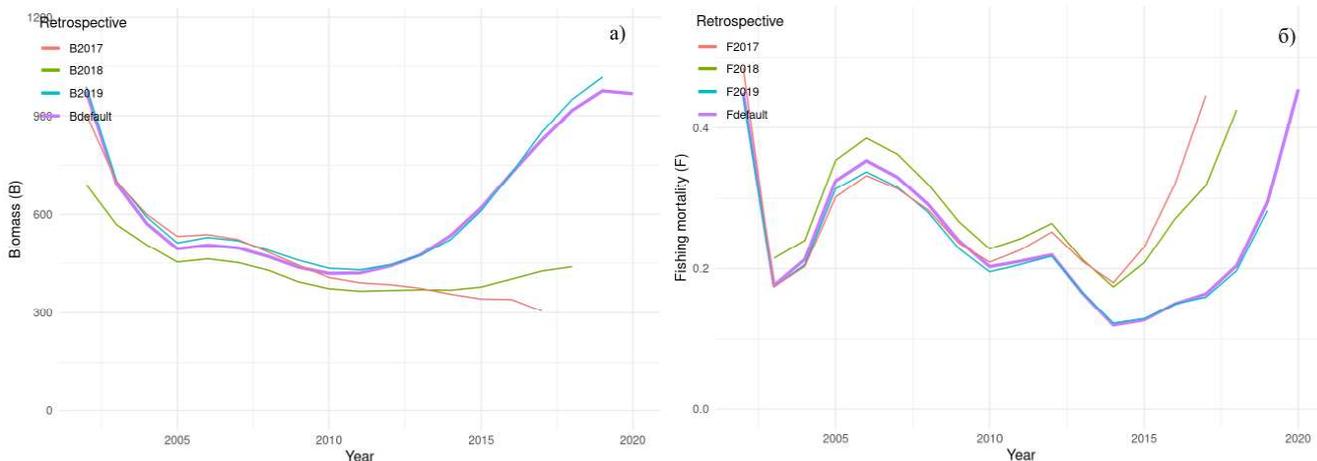
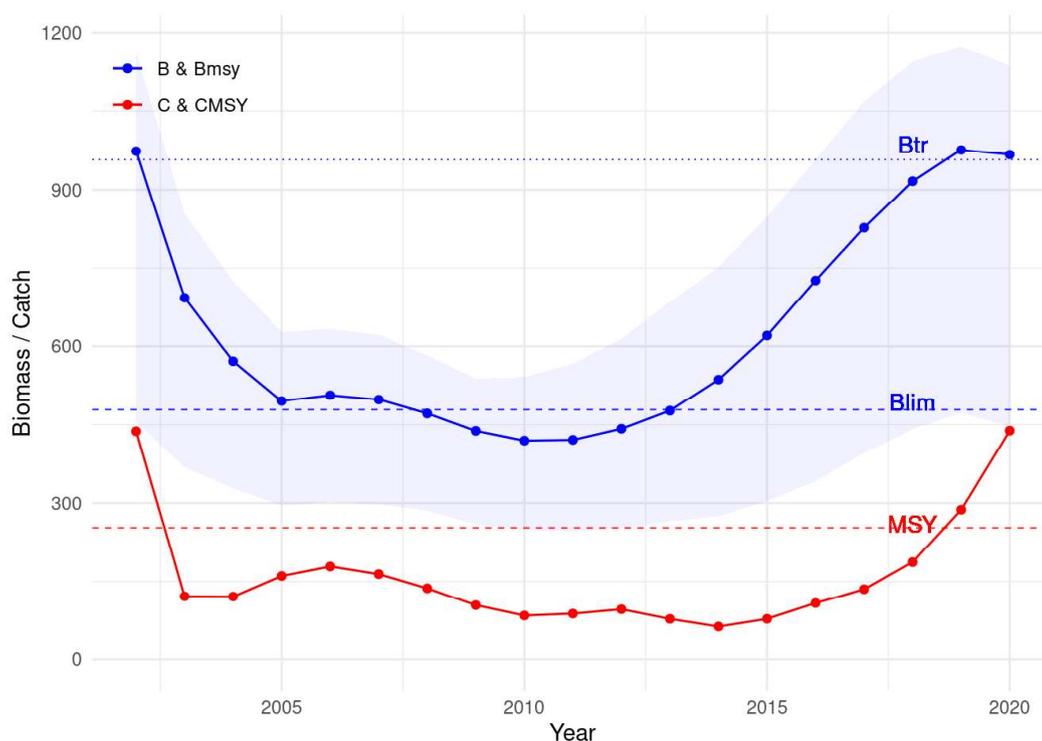


Рис. 2. Ретроспективный анализ устойчивости модели по биомассе запаса (а) и промысловой убыли (б) с горизонтом 3 года

Fig. 2. Retrospective diagnostics of the model robustness for stock biomass (а) and fishing mortality (б) by 3-year trunc

Таблица 3. Биологические ориентиры концепции MSY для леща в Азовском море на основе оценок модели CMSY**Table 3.** Biological reference points of the MSY concept for the bream population in the Azov Sea according to CMSY results

Параметры Parameters	Оценка Estimated value	Нижняя граница Lower confidence limit	Верхняя граница Upper confidence limit
MSY	252,8	109,0	586,7
F_{MSY}	0,264	0,185	0,377
B_{MSY}	956,8	458,5	1996,9
$B_{lim}=0,5 B_{MSY}$	478,0	—	—

**Рис. 3.** Оценки CMSY — биомасса запаса (синий цвет), вылов (красный цвет) и граничные ориентиры MSY, $B_{MSY}=B_{tr}$, $B_{lim}=0,5 B_{MSY}$ для популяции леща в водах Азовского моря за период 2002–2020 гг. с учетом ННН-промысла**Fig. 3.** CMSY estimates: stock biomass (blue), catch (red) and limit reference points MSY, $B_{MSY}=B_{tr}$, $B_{lim}=0.5 B_{MSY}$ for the bream population in the Azov Sea waters in 2002–2020 with inclusion of IUU fishing

ческого режима — уменьшением стока р. Дон, сокращением весенних разливов и затянувшимся с 2006 г. периодом осолонения Азовского моря.

В последующий период, 2013–2020 гг., отмечен положительный тренд восстановления биомассы запаса, полученный в результате моделирования. Такой, пусть и незначительный по биомассе, тренд на восстановление частично согласуется с результатами других авторов и результатами научного мониторинга [15]. На фоне незначительного

восстановления запаса в этот период отмечен и устойчивый тренд к росту уровня промыслового изъятия, а как следствие — промысловой убыли. В период 2019–2020 гг. отмечена переэксплуатация популяции с тенденцией к росту.

Результаты моделирования показали, что текущее состояние популяции в 2020 г. находится на близком к безопасному уровне ($B_{2020}=941$ т, $B_{MSY}=951$ т, $B/B_{MSY}=0,989$ — биомасса запаса почти сравнялась с рекомендованным уровнем

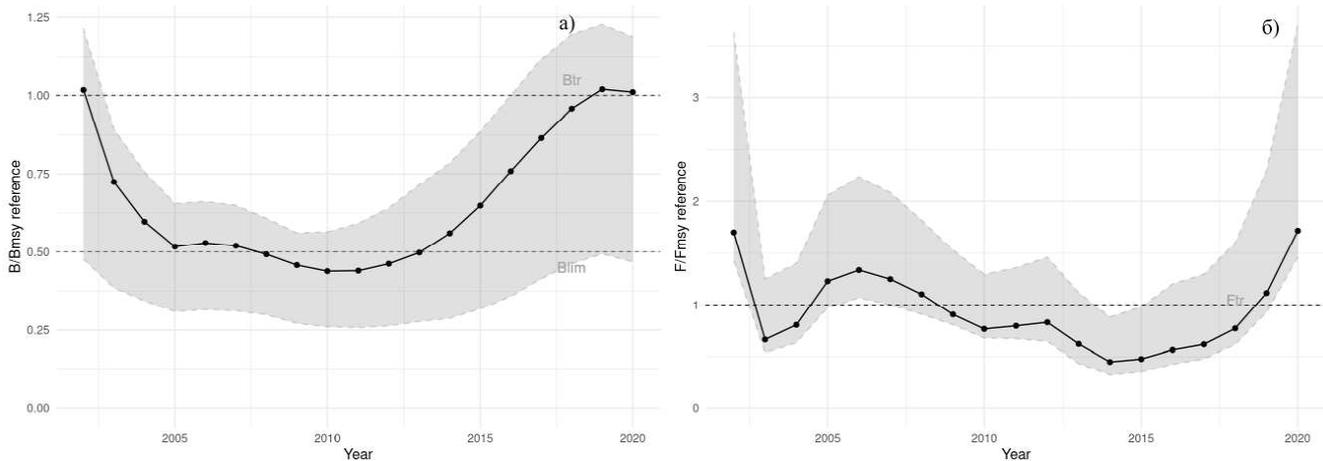


Рис. 4. Оценки относительной биомассы запаса (а) и уровня промысловой убыли (б) относительно целевых ориентиров B_{MSY} и F_{MSY} , соответственно, для леща Азовского моря за период 2002–2020 гг.

Fig. 4. Estimates of relative stock biomass (a) and fishing mortality rates (б) in relation to B_{MSY} and F_{MSY} reference points, respectively, for the bream from the Azov Sea population in 2002–2020

рациональной эксплуатации B_{MSY}), а промысловая смертность в последний год почти вдвое превышала уровень целевой эксплуатации ($F_{2020}=0,466$, $F_{MSY}=0,256$, $F/F_{MSY}=1,82$ — присутствует значительная переэксплуатация запаса, вероятно, по причине высокого уровня ННН-промысла, кратно превышающего легальную добычу). В соответствии с полученными результатами можно заключить, что промысел азовского леща имеет признаки значительной переэксплуатации, выше уровня MSY, а промысловый запас находится в безопасной зоне.

На основе полученных результатов моделирования был выполнен краткосрочный прогноз биомассы запаса и промысловой смертности при следующих сценариях промыслового изъятия:

- sc-msy: сценарий изъятия на уровне максимально рациональной эксплуатации;
- sc-sqiuu: сценарий изъятия на уровне среднего за прошедшие 3 года с учетом сохранения степени ННН-изъятия;
- sc-msysig: сценарий изъятия на уровне максимально рациональной эксплуатации с учетом текущего состояния запаса B_{2020}/B_{MSY} ;
- sc-noiuu: сценарий изъятия на уровне среднего за прошедшие 3 года в случае, если весь ННН-промысел прекратится с 2022 г.;
- sc-sqnoiuu: сценарий изъятия на уровне 2020 г. в случае, если весь ННН-промысел прекратится с 2022 г.

При рассмотрении данных сценариев для прогнозирования состояния запаса и промысла по оценкам модели на 2020 г. выполнено допущение об объемах промыслового изъятия в 2021 г. Допущение об объемах вылова в 2021 г. выполнено на основе объема квоты рекомендованного вылова и доли эксплуатации квоты в предшествующие годы, в соответствии с чем принято допущение о величине изъятия в 2021 г. на уровне 90 т, что с учетом прогнозируемой величины изъятия ННН-промыслом составит 391 т.

Результаты моделирования различных промысловых сценариев представлены на рис. 5.

Рассмотрение сценариев (рис. 5) свидетельствует о выходе на уровень рациональной эксплуатации при следующих трех сценариях:

- sc-sqiuu — при сценарии сохранения текущего улова на уровне среднего за 3 последующих года с сохранением доли ННН-промысла на прежнем уровне. При таком сценарии в 2023 г. будет достигнут уровень целевого ориентира по биомассе запаса ($B/B_{MSY}=1$), а промысловая смертность будет незначительно ниже уровня целевой промысловой смертности ($F/F_{MSY}=0,85$). При таком сценарии доля легального изъятия не должна превышать 40 т.
- два сценария, при которых воздействие ННН-промысла на популяцию резко прекратится и сохранится только легальный промысел: сценарий при объеме промыс-

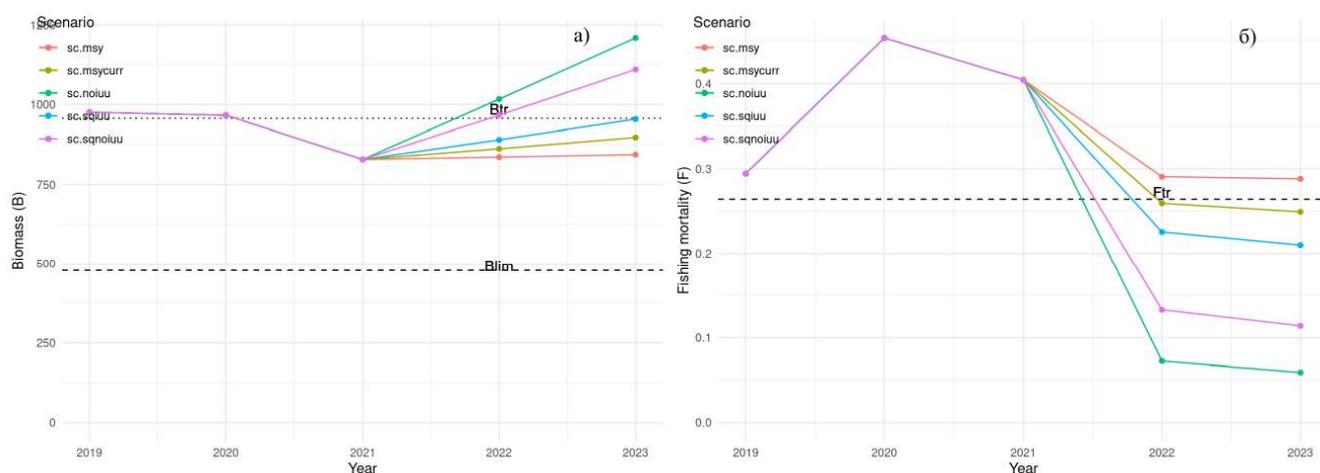


Рис. 5. Сценарии краткосрочного прогноза биомассы запаса (а) и промысловой убыли (б) на основе модели CMSY для леща Азовского моря в 2021–2023 гг.

Fig. 5. Short-term forecast scenarios for stock biomass (a) and fishing mortality (б) of the bream from the Azov Sea population in 2021–2023, based on CMSY model

лового изъятия на уровне последнего года — 110 т и на уровне среднего за прошедшие 3 года (2018–2020) — 60 т.

Из рассмотренных сценариев наиболее вероятным является первый сценарий, при котором изъятие леща сохранится на уровне средней величины за прошедшие 3 года, а степень ННН-промысла останется на уровне ожидаемых значений. При таком сценарии легальное промысловое изъятие не должно превышать 40 т (с учетом ННН — 187 т). Предпринимаемые административные меры по снижению ННН-добычи позволяют допустить уменьшение степени ННН-добычи, однако не до уровня полной элиминации.

Два других сценария являются скорее утопичными, чем реальными, и рассматривают популяцию леща в условиях полного исчезновения ННН-промысла. При таких сценариях возможно быстрое восстановление биомассы запаса леща за период 2002–2020 гг. до рационального уровня, который, безусловно, ниже уровня предыдущих периодов, но является устойчивым в настоящее время. В случае оправдания таких сценариев легальный вылов может составить от 60 до 110 т в 2022–2023 гг. Тем не менее, воплощение этих сценариев в реальность едва ли является возможным.

Рассматривая многолетнюю динамику, вероятностные прогнозные сценарии и предпринимаемые попытки контроля и регулирования ННН-добычи в последние годы, уровень легального изъятия в

период 2022–2023 гг. должен составить от 40 до 110 т. Корректировку уровня рекомендованного вылова следует выполнять с учетом оперативного мониторинга ННН-промысла.

Рассматривая полученные результаты прогнозирования, хотелось бы ожидать радикальных мер по контролю и устранению ННН-промысла леща как такового. Результаты, полученные в данной работе, свидетельствуют, что основной вклад в формирование запаса леща, наряду с антропогенным воздействием, стал оказывать ННН-промысел. ННН-промысел в рассматриваемый период в 5–6 раз превышал объемы легальной добычи и имел наиболее значимое воздействие на популяцию леща.

В случае предоставления рекомендации методом, применяемым ранее, следовало бы рекомендовать изъятие на щадящем уровне 10 % от биомассы промыслового запаса в терминальном году. В таком случае величина рекомендованного вылова может составить 96,7 т в 2022–2023 гг.

ВЫВОДЫ

1. Мониторинг промысла леща за период 2017–2020 гг. свидетельствовал о продолжающемся ухудшении качественных характеристик популяции азовского леща: модальная группа сместилась в сторону малоразмерных классов, средняя длина особей уменьшилась за 4 года

с 31 до 26 см, а максимальная длина леща в выборках не превышала 42 см.

2. Популяционное моделирование выполнено при помощи модели CMSY на основе данных 2002–2020 гг. с учетом объемов ННН-промысла. Модель посредственно выдержала требуемые тесты стабильности и устойчивости, однако удовлетворительно описала состояние популяции. Полученные результаты свидетельствуют о переэксплуатации популяции леща в последние годы выше рационального уровня и о том, что его промысловый запас находится на целевом уровне этого периода ($B_{2020}/B_{MSY}=0,989$; $F_{2020}/F_{MSY}=1,82$).
3. Рассмотренные прогнозные сценарии свидетельствуют о возможности принятия трех сценариев для достижения рациональной эксплуатации популяции. В случае, если не будут предприняты меры регулирования ННН-промысла, легальный вылов в 2022–2023 гг. может составить не более 40 т. В случае усиления контроля за ННН-промыслом легальный вылов может осваивать до 110 т.
4. Результаты работы обращают внимание на высокий вклад ННН-промысла в состояние популяции леща в Азово-Донском бассейне. Авторы подчеркивают необходимость контроля и борьбы с ННН-добытчиками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванченко И.Н. Лещ (условия обитания и промысловое значение полупроходной популяции р. Дон). Ростов-н/Д.: Изд-во АЗНИИРХ, 2014. 180 с.
2. Чередников С.Ю., Власенко Е.С., Жердев Н.А., Кузнецова И.Д., Лукьянов С.В. Лимитирующие факторы абиотической среды и биологические особенности важнейших промысловых мигрантов Азовского моря // Водные биоресурсы и среда обитания. 2020. Т. 3, № 1. С. 27–41. doi: 10.47921/2619-1024_2020_3_1_27.
3. Куропаткин А.П., Жукова С.В., Шишкин В.М., Бурлачко Д.С., Карманов В.Г., Лутынская Л.А., Фоменко И.Ф., Подмарева Т.И. Изменение солености Азовского моря // Вопросы рыболовства. 2013. Т. 14, № 4. С. 666–673.
4. Жукова С.В., Дубинина В.Г. Государственный мониторинг среды обитания водных биологических ресурсов Азовского моря // Водные ресурсы России: современное состояние и управление : матер. Всерос. науч.-практ. конф. (г. Сочи, 8–14 октября 2018 г.). Новочеркасск: Изд-во Российского информационо-аналитического и научно-исследовательского водохозяйственного центра, Лик, 2018. Т. 1. С. 275–284.
5. Жукова С.В. Обеспеченность водными ресурсами рыбного хозяйства Нижнего Дона // Водные биоресурсы и среда обитания. 2020. Т. 3, № 1. С. 7–19. doi: 10.47921/2619-1024_2020_3_1_7.
6. Бердников С.В., Дашкевич Л.В., Кулыгин В.В. Климатические условия и гидрологический режим Азовского моря в XX – начале XXI вв. // Водные биоресурсы и среда обитания. 2019. Т. 2, № 2. С. 7–19. doi: 10.47921/2619-1024_2019_2_2_7.
7. Троицкий С.К. Материалы к оценке состояния запасов азовско-донского леща // Работы Доно-Кубанской научной рыбохозяйственной станции. 1935. Вып. 3. 48 с.
8. Бойко Е.Г. Воспроизводство запаса донских судака и леща после зарегулирования стока Дона // Труды АЗНИИРХ. 1960. Т. 1, вып. 1. С. 287–340.
9. Карпевич А.Ф. Влияние изменяющегося стока рек и режима Азовского моря на его промысловую и кормовую фауну // Труды АЗНИИРХ. 1960. Т. 1, вып. 1. С. 3–27.
10. Смирнов А.Н., Наумов В.М. О биологических основах рационального рыболовства в Таганрогском заливе Азовского моря // Вопросы ихтиологии. 1963. № 3 (28). С. 460–471.
11. Петрова Е.Г. Воспроизводство и распределение азовского леща в связи с водным режимом Дона // Сборник научно-технической информации ВНИРО. 1964. С. 3–10.
12. Бойко Е.Г., Шабалина В.А. Уловы ставных сетей как показатель запаса судака и леща в Таганрогском заливе // Труды ВНИРО. 1972. Т. 89. С. 123–159.
13. Дементьева Т.Ф. Изменение в распределении и темпе роста леща в Азовском море перед зарегулированием стока р. Дон // Труды ВНИРО. 1955. Т. 31, вып. 2. С. 164–174.
14. Дьякова Г.П. Динамика биомассы и продукции азовского леща // Труды ВНИРО. 1975. Т. 109. С. 35–51.
15. Чередников С.Ю., Живоглядов А.А., Жердев Н.А., Лукьянов С.В., Кузнецова И.Д., Власенко Е.С. Современное состояние запасов и их прогноз на два года вперед для проходных и полупроходных видов рыб бассейна Азовского моря // Труды АЗНИИРХ (результаты рыбохозяйственных исследований в Азово-Черноморском бассейне) : сб. науч. тр. по результатам исследований за 2018–2019 гг. Ростов-н/Д.: Изд-во АЗНИИРХ, 2019. Т. 2. С. 53–74.
16. Аксютин З.М. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях. М.: Пищевая промышленность, 1968. 288 с.
17. 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. 351 с.
18. Жердев Н.А., Пятинский М.М., Козоброд И.Д. Многолетняя динамика состояния запаса тарани в Азовском море (воды России) по результатам моделирования CMSY с ограниченными данными (1999–2019) // Рыбное хозяйство. 2020. № 6. С. 9–15. doi: 10.37663/0131-6184-2020-6-88-94.
 19. Козоброд И.Д., Пятинский М.М., Власенко Е.С. Индикаторная оценка состояния популяции рыбака в условиях дефицита биологической информации в Азовском море методом LBI // Рыбное хозяйство. 2021. № 3. С. 54–61.
 20. Бабаян В.К., Бобырев А.Е., Булгакова Т.И., Васильев Д.А., Ильин О.И., Ковалев Ю.А., Михайлов А.И., Михеев А.А., Петухова Н.Г., Сафаралиев И.А., Четыркин А.А., Шереметьев А.Д. Методические рекомендации по оценке запасов приоритетных видов водных биологических ресурсов. М.: Изд-во ВНИРО, 2018. 312 с.
 21. Froese R., Zeller D., Kleisner K., Pauly D. What catch data can tell us about the status of global fisheries // *Marine Biology*. 2012. Vol. 159, no. 6. Pp. 1283–1292.
 22. Martel S., Froese R. A simple method for estimating MSY from catch and resilience // *Fish and Fisheries*. 2013. Vol. 14, no. 4. Pp. 1–10. doi: 10.1111/j.1467-2979.2012.00485.x.
 23. Froese R., Demirel N., Coro G., Kleisner K.M., Winker H. Estimating fisheries reference points from catch and resilience // *Fish and Fisheries*. 2017. Vol. 18, no. 3. Pp. 506–526. doi: 10.1111/faf.12190.
 24. Пятинский М.М. Моделирование динамики промысловой популяции в условиях недостаточности информационного обеспечения моделью CMSY на примере черноморского шпрота в водах России // Рыбное хозяйство. 2021. Вып. 3. С. 76–82.
 25. Пятинский М.М., Шляхов В.А. Аналитическая оценка объемов ННН-изъятия ценных видов рыб Азово-Черноморского бассейна в условиях неполноты прямого учета // Вопросы рыболовства. 2021. Т. 22, № 3. В печати.
 26. Musick J.A. Criteria to define extinction risk in marine fishes: the American Fisheries Society initiative // *Fisheries*. 1999. Vol. 24, issue 12. Pp. 6–14. doi: 10.1577/1548-8446(1999)024<0006:CTDERI>2.0.CO;2.
 27. Metropolis N., Ulam S. The Monte Carlo method // *Journal of the American Statistical Association*. 1949. Vol. 44, no. 247. Pp. 335–341. doi: 10.2307/2280232.
 28. Mohn R. The retrospective problem in sequential population analysis: An investigation using cod fishery and simulated data // *ICES Journal of Marine Science*. 1999. Vol. 56, issue 4. Pp. 473–488. doi: 10.1006/jmsc.1999.0481.
 29. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). М.: Пищевая промышленность, 1966. 376 с.
 30. *Abramis brama* (Linnaeus 1758). Freshwater bream // FishBase. A global information system on fishes / R. Froese, D. Pauly. (Eds.). 2021. URL: <https://www.fishbase.se/summary/Abramis-brama.html> (дата обращения 24.05.2021).

REFERENCES

1. Ivanchenko I.N. Leshch (usloviya obitaniya i promyslovoe znachenie poluprokhodnoy populyatsii r. Don) [Bream (habitation and commercial importance of the Don semi-migratory population)]. Rostov-on-Don: AzNIIRKH Publ., 2014, 180 p. (In Russian).
2. Cherednikov S.Yu., Vlasenko E.S., Zherdev N.A., Kuznetsova I.D., Lukyanov S.V. Limitiruyushchie faktory abioticheskoy sredy i biologicheskie osobennosti vazhneyshikh promyslovykh migrantov Azovskogo morya [Limiting factors of the abiotic environment and biological characteristics of important commercial migratory fish species of the Azov Sea]. *Vodnye bioresursy i sreda obitaniya [Aquatic Bioresources & Environment]*, 2020, vol. 3, no. 1, pp. 27–41. doi: 10.47921/2619-1024_2020_3_1_27. (In Russian).
3. Kuropatkin A.P., Zhukova S.V., Shishkin V.M., Burlachko D.S., Karmanov V.G., Lutynskaya L.A., Fomenko I.F., Podmareva T.I. Izmenenie solenosti Azovskogo morya [Changes in salinity of the Azov Sea]. *Voprosy rybolovstva [Problems of Fisheries]*, 2013, vol. 14, no. 4, pp. 666–673. (In Russian).
4. Zhukova S.V., Dubinina V.G. Gosudarstvennyy monitoring sredy obitaniya vodnykh biologicheskikh resursov Azovskogo morya [State monitoring of habitat conditions of aquatic biological resources in the Azov Sea]. In: *Vodnye resursy Rossii: sovremennoe sostoyanie i upravlenie : materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (g. Sochi, 8–14 oktyabrya 2018 g.) [Water resources of Russia: the current state and management. Proceedings of the All-Russian Research and Practice Conference (Sochi, 8–14 October, 2018)]*. Novocherkassk: Rossiyskiy informatsionno-analiticheskiy i nauchno-issledovatel'skiy vodokhozyaystvennyy tsentr [Russian Information Analysis and Research Center for Fisheries] Publ., Lik [Countenance], 2018, vol. 1, pp. 275–284. (In Russian).
5. Zhukova S.V. Obespechennost' vodnymi resursami rybnogo khozyaystva Nizhnego Dona [Availability of water resources for the fisheries of the Lower Don River]. *Vodnye bioresursy i sreda obitaniya [Aquatic Bioresources & Environment]*, 2020, vol. 3, no. 1, pp. 7–19. doi: 10.47921/2619-1024_2020_3_1_7. (In Russian).
6. Berdnikov S.V., Dashkevich L.V., Kulygin V.V. Klimaticheskie usloviya i gidrologicheskiy rezhim

- Azovskogo morya v XX – nachale XXI vv. [Climatic conditions and hydrological regime of the Sea of Azov in the XX – early XXI centuries]. *Vodnye bioresursy i sreda obitaniya* [Aquatic Bioresources & Environment], 2019, vol. 2, no. 2, pp. 7–19. doi: 10.47921/2619-1024_2019_2_2_7. (In Russian).
7. Troitskiy S.K. Materialy k otsenke sostoyaniya zapasov azovo-donskogo leshcha [Materials for stock assessment of common bream in the Don River and the Sea of Azov]. *Raboty Dono-Kubanskoy nauchnoy rybokhozyaystvennoy stantsii* [Scientific papers of the Don-Kuban Scientific Station of Fisheries], 1935, issue 3, 48 p. (In Russian).
 8. Boyko E.G. Vosproizvodstvo zapasa donskikh sudaka i leshcha posle zaregulirovaniya stoka Dona [The reestablishment of the stocks of the Don zander and bream after the establishment of control of the flow of the Don River]. *Trudy AzNIIRKH* [AzNIIRKH Proceedings], 1960, vol. 1, issue 1, pp. 287–340. (In Russian).
 9. Karpevich A.F. Vliyanie izmenyayushchegosya stoka rek i rezhima Azovskogo morya na ego promyslovuyu i kormovuyu faunu [Influence of the changing flow of rivers and the regime of the Sea of Azov on its commercial and fodder fauna]. *Trudy AzNIIRKH* [AzNIIRKH Proceedings], 1960, vol. 1, issue 1, pp. 3–27. (In Russian).
 10. Smirnov A.N., Naumov V.M. O biologicheskikh osnovakh ratsional'nogo rybolovstva v Taganrogskom zalive Azovskogo morya [On biological principles of rational fisheries in the Taganrog Bay of the Azov Sea]. *Voprosy ikhtiologii* [Journal of Ichthyology], 1963, no. 3 (28), pp. 460–471. (In Russian).
 11. Petrova E.G. Vosproizvodstvo i raspredelenie azovskogo leshcha v svyazi s vodnym rezhimom Dona [Reproduction and distribution of the Azov Sea stock of bream in association with hydrological regime of the Don River]. *Sbornik nauchno-tekhnicheskoy informatsii VNIRO* [Collection of Scientific and Technical Information: Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography], 1964, pp. 3–10. (In Russian).
 12. Boyko E.G., Shabalina V.A. Ulovy stavnykh setey kak pokazatel' zapasa sudaka i leshcha v Taganrogskom zalive [Catches by stationary nets as an indicator for zander and bream stocks in the Taganrog Bay]. *Trudy VNIRO* [VNIRO Proceedings], 1972, vol. 89, pp. 123–159. (In Russian).
 13. Demytyeva T.F. Izmenenie v raspredelenii i tempe rosta leshcha v Azovskom more pered zaregulirovaniem stoka r. Don [Changes in bream distribution and growth rate in the Azov Sea before the regulation of the Don River flow]. *Trudy VNIRO* [VNIRO Proceedings], 1955, vol. 31, issue 2, pp. 164–174. (In Russian).
 14. Dyakova G.P. Dinamika biomassy i produktsii azovskogo leshcha [Dynamics of the biomass and production of Azov bream]. *Trudy VNIRO* [VNIRO Proceedings], 1975, vol. 109, pp. 35–51. (In Russian).
 15. Cherednikov S.Yu., Zhivoglyadov A.A., Zherdev N.A., Lukyanov S.V., Kuznetsova I.D., Vlasenko E.S. Sovremennoe sostoyanie zapasov i ikh prognoz na dva goda vpered dlya prokhodnykh i poluprokhodnykh vidov ryb basseyna Azovskogo morya [Current state of stocks and two-year forecast for anadromous and semi-anadromous fish species of the Azov Sea Basin]. In: *Trudy AzNIIRKH (rezul'taty rybokhozyaystvennykh issledovaniy v Azovo-Chernomorskom basseyne : sbornik nauchnykh trudov po rezul'tatam issledovaniy za 2018–2019 gg.* [Proceedings of AzNIIRKH (results of fisheries studies in the Azov and Black Sea Basin). Collected papers based on the results of studies over 2018–2019]. Rostov-on-Don: AzNIIRKH Publ., 2019, vol. 2, pp. 53–74. (In Russian).
 16. Aksyutina Z.M. Elementy matematicheskoy otsenki rezul'tatov nablyudeniy v biologicheskikh i rybokhozyaystvennykh issledovaniyakh [Elements of mathematical evaluation of observation results in biological and fisheries studies]. Moscow: Pishchevaya promyshlennost' [Food Industry], 1968, 288 p. (In Russian).
 17. Metody rybokhozyaystvennykh i prirodookhrannykh issledovaniy v Azovo-Chernomorskom basseyne : sbornik nauchno-metodicheskikh rabot [Methods of fishery and nature protection research in the Azov-Black Sea Basin. Collection of research and methodological works]. S.P. Volovik, I.G. Korpakova. (Eds.). Krasnodar: AzNIIRKH Publ., Prosveshchenie-Yug [Awareness-South], 2005, 351 p. (In Russian).
 18. Zherdev N.A., Pyatinskiy M.M., Kozobrod I.D. Mnogoletnyaya dinamika sostoyaniya zapasa tarani v Azovskom more (vody Rossii) po rezul'tatam modelirovaniya CMSY s ogranichennymi dannymi (1999–2019) [Stock assessment and long-term dynamics of Azov Sea roach (Russian waters), based on CMSY model for data-limited modelling in period (1999–2019)]. *Rybnoe khozyaystvo* [Fisheries], 2020, no. 6, pp. 9–15. doi: 10.37663/0131-6184-2020-6-88-94. (In Russian).
 19. Kozobrod I.D., Pyatinskiy M.M., Vlasenko E.S. Indikatornaya otsenka sostoyaniya populyatsii rybtsa v usloviyakh defitsita biologicheskoy informatsii v Azovskom more metodom LBI [Indicator-based assessment of the vimba bream population status under the conditions of limited biological data availability in the Azov Sea with application of the LBI method]. *Rybnoe khozyaystvo* [Fisheries], 2021, no. 3, pp. 54–61. (In Russian).
 20. Babayan V.K., Bobyrev A.E., Bulgakova T.I., Vasilyev D.A., Ilyin O.I., Kovalev Yu.A., Mikhaylov A.I., Mikheev A.A., Petukhova N.G., Safaraliev I.A., Chetyrkin A.A., Sheremetyev A.D. Metodicheskie rekomendatsii po otsenke zapasov prioritetnykh vidov vodnykh biologicheskikh resursov [Guidelines for assessing stocks of priority types of aquatic biological

- resources]. Moscow: VNIRO Publ., 2018, 312 p. (In Russian).
21. Froese R., Zeller D., Kleisner K., Pauly D. What catch data can tell us about the status of global fisheries. *Marine Biology*, 2012, vol. 159, no. 6, pp. 1283–1292.
 22. Martel S., Froese R. A simple method for estimating MSY from catch and resilience. *Fish and Fisheries*, 2013, vol. 14, no. 4, pp. 1–10. doi: 10.1111/j.1467-2979.2012.00485.x.
 23. Froese R., Demirel N., Coro G., Kleisner K.M., Winker H. Estimating fisheries reference points from catch and resilience. *Fish and Fisheries*. 2017, vol. 18, no. 3, pp. 506–526. doi: 10.1111/faf.12190.
 24. Pyatinskiy M.M. Modelirovanie dinamiki promyslovoy populyatsii v usloviyakh nedostatochnosti informatsionnogo obespecheniya model'yu CMSY na primere chernomorskogo shprotu v vodakh Rossii [Data limited stock assessment of population dynamics by CMSY model on the example of Black Sea sprat in the Russian waters]. *Rybnoe khozyaystvo [Fisheries]*, 2021, issue 3, pp. 76–82. (In Russian).
 25. Pyatinskiy M.M., Shlyakhov V.A. Analiticheskaya otsenka ob'emov NNN-iz'yatiya tsennykh vidov ryb Azovo-Chernomorskogo basseyna v usloviyakh nepolnoty pryamogo ucheta [Analytical estimation of the volumes of IUU-fishing of the valuable fish species in the Azov and Black Sea Basin under the conditions of insufficiency of their direct assessment]. *Voprosy rybolovstva [Problems of Fisheries]*, 2021, vol. 22, no. 3. (In Russian). In print.
 26. Musick J.A. Criteria to define extinction risk in marine fishes: the American Fisheries Society initiative. *Fisheries*, 1999, vol. 24, issue 12, pp. 6–14. doi: 10.1577/1548-8446(1999)024<0006:CTDERI>2.0.CO;2.
 27. Metropolis N., Ulam S. The Monte Carlo method. *Journal of the American Statistical Association*, 1949, vol. 44, no. 247, pp. 335–341. doi: 10.2307/2280232.
 28. Mohn R. The retrospective problem in sequential population analysis: An investigation using cod fishery and simulated data. *ICES Journal of Marine Science*, 1999, vol. 56, issue 4, pp. 473–488. doi: 10.1006/jmsc.1999.0481.
 29. Pravdin I.F. Rukovodstvo po izucheniyu ryb (preimushchestvenno presnovodnykh) [Guidelines for the study of fish (mostly freshwater)]. Moscow: Pishchevaya promyshlennost' [Food Industry], 1966, 376 p. (In Russian).
 30. *Abramis brama* (Linnaeus 1758). Freshwater bream. In: *FishBase. A global information system on fishes*. R. Froese, D. Pauly. (Eds.). 2021. Available at: <https://www.fishbase.se/summary/Abramis-brama.html> (accessed 24.05.2021).

Поступила 31.05.2021

Принята к печати 22.06.2021