

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БИОРЕСУРСОВ

УДК 639.2.053(262.5)

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЗАПАСОВ ХАМСЫ И ШПРОТА В РОССИЙСКИХ ВОДАХ ЧЕРНОГО МОРЯ В 2022–2023 ГГ.

В. А. Шляхов, С. А. Негода, М. М. Пятинский, О. В. Шляхова

*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»),
Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), Ростов-на-Дону 344002, Россия
E-mail: shlyahovva@azniirkh.vniro.ru*

Аннотация. Представлены результаты оценки запасов хамсы и шпрота, эксплуатируемых Российской Федерацией исключительно или преимущественно в Черном море. В соответствии с результатами продукционного моделирования в 2022 г. значение биомассы «азовской» единицы запаса хамсы находилось в буферной зоне, между целевым и граничным биологическими ориентирами ($B_{tr}=B_{MSY}=123,3$ тыс. т, $B_{lim}=61,6$ тыс. т), время восстановления запаса до целевого уровня составляет 4 года. Промысловая смертность (годовая промысловая убыль, F) в 2022 г. оценена на уровне $F_{2022}=0,20$, что ниже биологического ориентира ($F_{tr}=0,23$). Оценка на базе лампарного учета более оптимистична: нерестовая (промысловая) биомасса SSB_{2022} на 19 % превысила B_{tr} , найденный по зависимости Рикера «запас–пополнение». Запас азовской хамсы охарактеризован как «проявляющий признаки восстановления в условиях интенсивной эксплуатации, подверженный воздействию среды обитания».

В путину 2022/2023 гг. промысел черноморской хамсы из-за административных ограничений в северо-западном районе и западных участках Южного берега Крыма (ЮБК) получил слабое развитие. Биомасса «черноморской» единицы запаса хамсы в 2022 г. по результатам трендового моделирования на JABBA в представлении «catch-only» оценена в $B_{2022}=22,5$ тыс. т, что на 3 % ниже значения целевого ориентира $B_{tr}=B_{MSY}=23,2$ тыс. т. Отношение текущей промысловой смертности к своему биологическому ориентиру равнялось $F_{2022}/F_{MSY}=0,467$, что свидетельствовало о низком уровне эксплуатации.

Структура промысловых уловов шпрота в 2022–2023 гг. характеризовалась преобладанием возрастных групп 2+ и 3+ (71–87 % по численности). Согласно XSA, в 2022 г. биомасса нерестового (промыслового) запаса SSB_{2022} составила 67,2 тыс. т, пополнение — 56 млрд экз., промысловая смертность $F_{2022}=0,29$. Биомасса нерестового запаса находилась в буферной зоне между граничным и целевым биологическим ориентиром по биомассе ($SSB_{2022}/SSB_{tr}=1,433$, $SSB_{2022}/SSB_{tr}=0,841$) при промысловой смертности существенно ниже уровня своего биологического ориентира ($F/F_{0.1}=0,479$). В 2022 г. текущие запасы черноморской хамсы и шпрота формально охарактеризованы как «убывающие, слабо эксплуатируемые», с признаками вероятной недооценки их биомассы.

Ключевые слова: единица запаса, биомасса, промысловая смертность, пополнение, биологические ориентиры, хамса, шпрот, Черное море

STOCK ASSESSMENT OF THE EUROPEAN ANCHOVY AND EUROPEAN SPRAT IN THE RUSSIAN WATERS OF THE BLACK SEA IN 2022–2023

V. A. Shlyakhov, S. A. Negoda, M. M. Pyatinskii, O. V. Shlyakhova

*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: shlyahovva@azniirkh.vniro.ru*

Abstract. The results of the stock assessments of the European anchovy and European sprat, exploited by the Russian Federation in the Black Sea exclusively or predominantly, are presented. Based on the results of production modeling in 2022, the biomass value of the “Azov Sea” anchovy stock unit was in the buffer zone, between the target and limit biological reference points ($B_{tr}=B_{MSY}=123.3$ thousand tons, $B_{lim}=61.6$ thousand tons); the time of stock recovery to the target level is 4 years. The fishing mortality rate (annual fishing loss, F) in 2022 is estimated to be $F_{2022}=0.20$, which is lower than the biological reference point ($F_{tr}=0.23$). The estimation based on the lampara net surveys is more favorable: spawning stock biomass (exploitable) SSB_{2022} exceeded B_{tr} calculated using Ricker’s “stock–recruitment” relationship by 19 %. The Azov Sea stock of the European anchovy has been characterized as “showing the evidence for recovery under heavy exploitation; subjected to the environmental effects”.

In the 2022/2023 fishing season, fishing operations on the Black Sea stock of the European anchovy were mostly absent due to the state-imposed limitation in the Northwestern Black Sea and the western waters along the Southern Coast of Crimea (SCC). The biomass of the “Black Sea” anchovy stock unit in 2022, based on the results of JABBA trend modeling in “catch-only” representation, has been estimated as $B_{2022}=22.5$ thousand tons, which is 3 % lower than the target reference point $B_{tr}=B_{MSY}=23.2$ thousand tons. The ratio between the current fishing mortality and its biological reference point was $F_{2022}/F_{MSY}=0.467$, which is indicative of its low exploitation.

The catch composition of the European sprat in 2022–2023 was characterized by the prevalence of the 2+ and 3+ age classes (71–87 % by abundance). Based on XSA, in 2022, the spawning stock biomass (exploitable biomass) SSB_{2022} was 67.2 thousand tons, the recruitment was 56 billion ind., and the fishing mortality was $F_{2022}=0.29$. The spawning stock biomass was in the buffer zone between the limit and target biological reference points by the biomass ($SSB_{2022}/SSB_{tr}=1.433$, $SSB_{2022}/SSB_{tr}=0.841$), while the fishing mortality was considerably lower than its biological reference point ($F/F_{0.1}=0.479$).

In 2022, the current Black Sea stocks of anchovy and sprat were officially characterized as “declining, little exploited”, with the possibility for underestimation of their biomass.

Keywords: stock unit, biomass, fishing mortality, recruitment, biological reference points, European anchovy, European sprat, Black Sea

ВВЕДЕНИЕ

В Черном море для российского рыболовства наибольшее экономическое значение имеют хамса (*Engraulis encrasicolus*) и шпрот (килька) (виды рода *Sprattus*), среднегодовой объем добычи которых в последние 5 лет составлял 44416 т или 90,2 % от среднегодового черноморского вылова всех видов водных биологических ресурсов за этот период. Большая часть их вылова приходится на специализированный промысел разноглубинными тралами: хамсы — при облове мигрирующих косяков и зимовальных скоплений в холодный период года, шпрота — при облове нагульных скоплений в апреле–августе.

Цель работы — оценка состояния запасов хамсы и шпрота в российских водах Черного моря в 2022 г. и первой половине 2023 г., где основное внимание уделено азовской единице запаса хамсы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Методологической основой оценки состояния запасов рыб послужил «Регламент разработки и предоставления материалов, обосновывающих рекомендованные объемы добычи (вылова) водных биологических ресурсов ...», содержащийся в приложении 1 к приказу ФГБНУ «ВНИРО» от 01.11.2022 № 313.

Оценивание выполнено для трех единиц запаса, выделяемых согласно российской нормативной базе с учетом практики регулирования промысла в Азово-Черноморском бассейне (табл. 1). Материалы, использованные для оценки биомассы, промысловой смертности и других показателей состояния исследуемых запасов, включают промыслово-биологические данные, полученные при мониторинге судового лова и промысла бригад прибрежного лова, в учетных съемках АзНИИРХ, статистические сведения о вылове, промысловых усилиях и уловах на единицу промыслового усилия от Центра мониторинга систем связи и Азово-Черноморского территориального управления Росрыболовства, а также прочую информацию из материалов по международному научно-техническому сотрудничеству и литературных источников.

Таблица 1. Исследуемые единицы запаса российского рыболовства в Черном море, районы регулирования и страны, осуществлявшие их эксплуатацию в Азово-Черноморском бассейне в период 2000–2022 гг.

| № п/п | Вид водного биоресурса | Единица запаса | Район регулирования | Страны, осуществляющие промысел |
|-------|------------------------|----------------|--|--|
| 1 | Хамса | «азовская» | Азовское море, Черное море к востоку от меридиана, проходящего через м. Сарыч (до 2021 г.) или м. Меганом (с 2021 г.) до границы с Республикой Абхазия | Российская Федерация, Украина (до 2022 г.) |
| 2 | | «черноморская» | Черное море вдоль побережья Крыма к западу от меридиана, проходящего через м. Сарыч (до 2021 г.) или м. Меганом (с 2021 г.) | Российская Федерация, Украина (до 2014 г.) |
| 3 | Шпрот (килька) | «черноморская» | Черное море вдоль побережья Крыма и Краснодарского края | Российская Федерация, Украина (до 2014 г.) |

В соответствии с уровнями информационного обеспечения (ИО), исследуемые единицы запасов оценивались следующими основными методами/моделями:

- «азовская» единица запаса хамсы (далее — азовская хамса), II-й уровень ИО — на производственных моделях посредством программного комплекса COMBI [1];
- «черноморская» единица запаса хамсы (далее — черноморская хамса), III-й уровень ИО — на моделях, оперирующих ограниченным набором данных посредством программного обеспечения JABBA в представлении «catch-only» [2];
- «черноморская» единица запаса шпрота (далее — шпрот), I-й уровень ИО — на когортной модели XSA [3].

Помимо основных применялись дополнительные методы/модели, использование которых описано в последующих разделах.

Русские и научные названия рыб даны в транскрипции перечней видов водных биоресурсов, в отношении которых осуществляется промышленное и прибрежное рыболовство во внутренних морских водах, утвержденных распоряжением Правительства Российской Федерации от 18.11.2017 г. № 2569-р.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Характеристика состояния трех важнейших единиц запаса морских рыб Черного моря включает биологическую и промысловую информацию, результаты учетных съемок, оценку биомассы запаса и промысловой смертности, состояние запаса относительно биологических ориентиров. Особенностью промысла обеих единиц запаса хамсы и единицы шпрота в 2022 и 2023 гг. является существенное снижение возможностей ведения лова из-за частых и продолжительных административных ограничений судоходства в северо-западном районе Черного моря (СЗЧМ) и у ЮБК.

«Азовская» единица запаса хамсы (азовская хамса). Хамса — теплолюбивая пелагическая рыба, совершающая сезонные миграции большими стаями от мест зимовки к местам размножения и нагула. Питается зоопланктоном, в меньшей степени фитопланктоном. В российских водах Азово-Черноморского бассейна представлена двумя единицами запаса — азовской, зимовальный ареал которой распо-

ложен преимущественно у черноморского побережья Кавказа. В Азовском море с мая по сентябрь–октябрь она размножается и нагуливается. Продолжительность жизни составляет 4–5 лет, половое созревание наступает в возрасте 1 года. В последние годы практически весь объем российского вылова азовской хамсы приходится на специализированный промысел разноглубинными тралами в Черном море во время ее зимовальной миграции и на местах зимовки.

По данным учетной лампарной съемки, проведенной АзНИИРХ в Азовском море на ПТР «Туран» в августе 2022 г., обширная область с наибольшей плотностью распределения биомассы хамсы отмечена в центральной и восточной части моря (рис. 1).

Структура уловов азовской хамсы характеризовалась преобладанием трехлеток поколения 2020 г. рождения и четырехлеток 2019 г. рождения (табл. 2). По данным мониторинга промысла, эти же поколения преобладали и в траловых уловах в I квартале 2023 г. В 2022 г. вылов азовской хамсы в Черном море к востоку от м. Меганом и в Азовском море составил 16,6 тыс. т (55,3 % от РВ), что на 4 % больше, чем в 2021 г. Эта прибавка в годовом вылове произошла за счет более интенсивного промысла в феврале–марте.

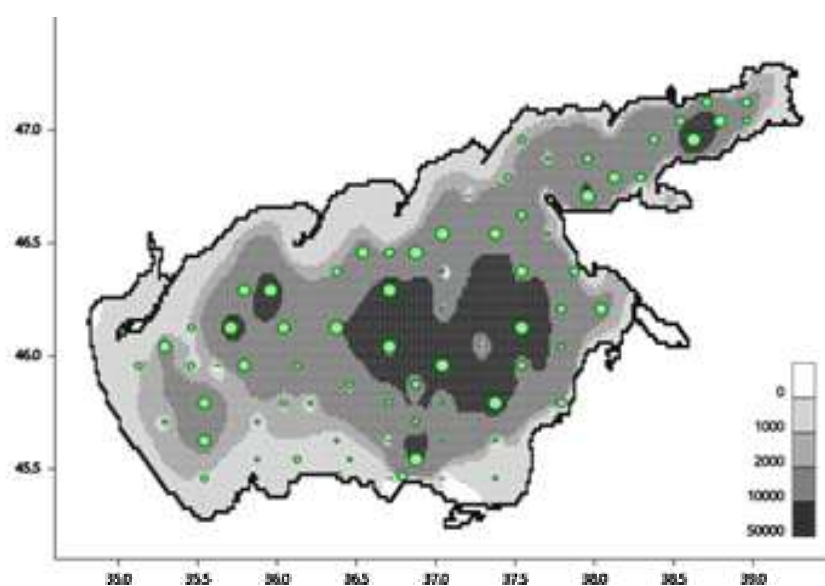


Рис. 1. Распределение хамсы в Азовском море по материалам учетной лампарной съемки в августе 2022 г., кг/км²

Таблица 2. Структура уловов (C — доля по численности, $FL_{cp.}$ — средняя длина по Смиуту, $w_{cp.}$ — средняя масса) азовской хамсы в лампарной съемке в августе 2022 г. (Азовское море) и в промысловых траловых уловах в январе–марте 2023 г. (Черное море)

| Показатели | Возрастные группы, лет | | | | |
|----------------------------------|------------------------|------|------|------|------|
| | 0+–1 | 1+–2 | 2+–3 | 3+–4 | 4+–5 |
| Азовское море, август 2022 г. | | | | | |
| $C, \%$ | 8,7 | 8,6 | 51,0 | 27,9 | 3,8 |
| $FL_{cp.}, \text{ см}$ | 6,3 | 9,0 | 9,3 | 10,1 | 10,8 |
| $w_{cp.}, \text{ г}$ | 2,1 | 6,0 | 6,4 | 7,6 | 9,2 |
| Черное море, январь–март 2023 г. | | | | | |
| $C, \%$ | 4,0 | 18,9 | 46,5 | 29,0 | 1,6 |
| $FL_{cp.}, \text{ см}$ | 8,1 | 9,2 | 9,5 | 10,1 | 10,3 |
| $w_{cp.}, \text{ г}$ | 4,0 | 5,8 | 6,2 | 6,7 | 7,4 |

Сопоставление затраченного промыслового усилия и уловов на усилие на траловом промысле азовской хамсы в 2021 и 2022 гг. даны в табл. 3. Как видно из табл. 3, в 2022 г. число добывающих обоих типов судов сократилось, но за счет более интенсивной работы СРТМ и более высоких уловов на усилие малотоннажных судов средний улов на 1 судно СРТМ за год увеличился на 81 %, а малотоннажных судов — на 7 %.

Таблица 3. Показатели судового промысла азовской хамсы в 2021–2022 гг.

| Показатели | СРТМ | | Малотоннажные суда | |
|--|------|-------|--------------------|------|
| | 2021 | 2022 | 2021 | 2022 |
| Количество участвовавших в промысле судов, ед. | 9 | 7 | 20 | 17 |
| Количество рабочих, с/с | 342 | 426 | 514 | 444 |
| Количество времени траления, час | 1367 | 2701 | 2948 | 2231 |
| Вылов группой судов, т | 7378 | 10375 | 5068 | 4620 |
| Средний улов на 1 судно за год, т | 820 | 1482 | 253 | 272 |
| Средний улов за 1 час траления, т | 5,4 | 2,7 | 1,7 | 2,1 |
| Средний улов за 1 рабочие с/с, т | 21,6 | 24,4 | 9,9 | 10,4 |

Осенью 2022 г. и зимой 2022/2023 гг. в Азово-Черноморском бассейне отмечались аномально высокие показатели температуры воды, в результате чего значительная часть хамсы после выхода из Азовского моря осталась зимовать на относительно небольшой по площади акватории СВЧМ от м. Чауда до м. Утриш, преимущественно на глубинах 30–45 м.

Отсутствие возможности организации ширококомасштабного лова рыбы у западного побережья Крыма и компактное распределение зимовальных скоплений азовской хамсы привело к тому, что в январе–марте 2023 г. практически весь судовый промысел проходил в СВЧМ, за исключением непродолжительного облова зимующих косяков в других районах моря. При этом структура уловов в территориальных водах (ТВ) и в ИЭЗ СВЧМ была сходной, тогда как в районе г. Сочи зимовала и эпизодически облавливалась преимущественно молодь азовской хамсы (рис. 2).

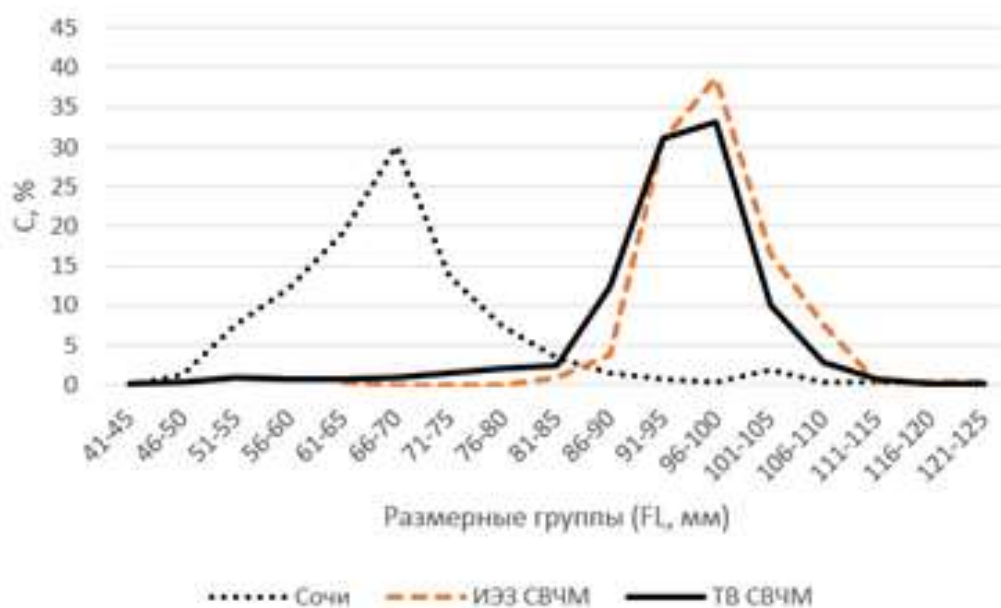


Рис. 2. Размерный состав хамсы у побережья Сочи, в прибрежной 12-мильной зоне (ТВ) и в ИЭЗ СВЧМ в январе–марте 2023 г.

Исторически оценивание запаса азовской хамсы ЮгНИРО и АзНИИРХ проводилось методами, не зависящими от промысла — по данным лампарных, гидроакустических и ихтиопланктонных съемок. Ввиду мелководности и относительно небольшой площади Азовского моря, лампарная съемка признана наиболее подходящим способом учета численности и биомассы запаса азовской хамсы и других пелагических рыб, поскольку лампарой облавливаются толща воды от поверхности до дна. Такой подход к оценке запаса азовской хамсы был закреплен решением Российско-Украинской Комиссии по вопросам рыболовства в Азовском море уже на I Сессии (декабрь 1993 г., г. Азов, Российская Федерация) и многие годы применялся на Азово-Черноморском бассейне в качестве основного метода.

Однако, начиная с 2015 г. (особенно в 2018–2021 гг.), оценки запаса азовской хамсы на базе лампарных съемок стали давать явно заниженные оценки биомассы ее запаса, предположительно из-за высокого обилия медуз [4], нарушавших нормальную работу учетного орудия лова. Это явилось стимулом к применению продукционных моделей, которые с выходом приказа ФГБНУ «ВНИРО» от 29.03.2019 № 155 получили приоритет для оценки запасов водных биоресурсов со II уровнем информационного обеспечения. Ограниченное аналитическое оценивание азовской единицы хамсы на продукционных моделях осуществляется с 2016 г. на программном комплексе Combi (в версиях 3.0 и 4.0), включенном в число рекомендованных ВНИРО методов для оценивания приоритетных видов водных биоресурсов [5].

Исходя из наличия данных по судовому промыслу Российской Федерации и Украины, были сформированы многолетние ряды данных (начиная с 2000 г.) по рыболовным усилиям и стандартизированным уловам на единицу промыслового усилия, в которых уловы на усилие выражались в «тоннах/на 1 промысловое судно за календарный год», при этом уловы на усилие кошельковых сейнеров приводились к уловам на усилие траулеров без разделения по типам судов. Помимо использования пакета прикладных программ (ППП) Combi, в 2021 и 2022 гг. продукционное моделирование азовской хамсы проводилось также в программной реализации JABBA [2], способной достаточно устойчиво работать на коротких рядах, формируемых на основе судовых суточных донесений промысловых судов системы ПК «Аналитика», разработанной ФГБНУ «ЦСМС».

В табл. 4 представлены входные ряды данных для оценивания биомассы запаса азовской хамсы в 2022 г. и обоснования ее рекомендуемого вылова на 2024 г. посредством ППП Combi 4.0.

На основании рекомендаций по использованию ППП Combi 4.0, выбрана модель Фокса с целевой функцией суммы квадратов при $r=0,23$, $K=445708$ и $q=0,012042$, начальные условия параметризации заданы с учетом исторических оценок биомассы запаса по данным лампарных съемок АзНИИРХ (рис. 3).

В результате финальной параметризации модели Фокса (целевая функция: сумма квадратов, управление: FMSY линейно-кусочное ПРП–0) для 2022 г. были получены оценки биомассы запаса в размере $B=81$ тыс. т и промысловой смертности (годовой убыли на шкале 0 ... 1) $F=0,20$ (табл. 5, рис. 4).

В соответствии с результатами оценивания на ППП «Combi 4.0», с учетом показателей общего годового улова и улова на усилие, в 2000–2022 гг. выделены 3 периода состояния системы запас–промысел:

- 2000–2009 гг.: период «низких запасов» (от 21 до 77 тыс. т, в среднем 41 тыс. т), годовых уловов (от 6,7 до 20,6 тыс. т, в среднем 13,0 тыс. т) и уловов на усилие (от 226 до 931 т/судно за год, в среднем 488 т/судно за год);
- 2010–2018 гг.: период «высоких запасов» (от 130 до 264 тыс. т, в среднем 190 тыс. т), годовых уловов (от 30,2 до 54,5 тыс. т, в среднем 41,9 тыс. т) и уловов на усилие (от 1563 до 3183 т/судно за год, в среднем 2274 т/судно за год);
- 2019–2022 гг.: период «срединных величин запасов» (от 70 до 91 тыс. т, в среднем 83 тыс. т), годовых уловов (от 16,1 до 25,3 тыс. т, в среднем 20,6 тыс. т) и уловов на усилие (от 847 до 1101 т/судно за год, в среднем 1010 т/судно за год).

Результаты прямого учета пелагических рыб Азовского моря при помощи лампарного орудия лова в августе 2022 г. продемонстрировали удовлетворительную надежность и равномерное покрытие пространства сеткой станций. В 2022 г. численность желтелых была значительно ниже, чем в предшествующие годы, что и позволило получить более надежные результаты мониторинга. Материалы, полученные в ходе лампарной съемки в августе 2022 г., послужили основой для уточнения запаса и объема рекомендуемого улова азовской хамсы на 2023 г. (который был разработан посредством

Таблица 4. Годовые уловы (C), промысловые усилия (E) и уловы на единицу промыслового усилия (U) «азовской» единицы запаса хамсы в период 2000–2022 гг.

| Год | U , т/судно за год | E (среднее количество судов), ед. | C , т |
|------|----------------------|-------------------------------------|---------|
| 2000 | 444,6 | 29,0 | 12893 |
| 2001 | 557,0 | 30,9 | 17212 |
| 2002 | 529,0 | 29,1 | 15394 |
| 2003 | 412,6 | 28,5 | 11760 |
| 2004 | 411,2 | 26,8 | 11019 |
| 2005 | 252,1 | 26,7 | 6730 |
| 2006 | 226,4 | 33,5 | 7586 |
| 2007 | 462,2 | 22,6 | 10446 |
| 2008 | 657,3 | 25,5 | 16760 |
| 2009 | 931,4 | 22,1 | 20585 |
| 2010 | 1563,3 | 19,3 | 30172 |
| 2011 | 2370,1 | 14,1 | 33419 |
| 2012 | 2961,6 | 14,0 | 41462 |
| 2013 | 2724,3 | 20,0 | 54485 |
| 2014 | 2546,1 | 13,2 | 33608 |
| 2015 | 3182,9 | 14,5 | 46152 |
| 2016 | 1698,3 | 29,0 | 49252 |
| 2017 | 1721,3 | 30,0 | 51640 |
| 2018 | 1696,4 | 22,0 | 37320 |
| 2019 | 1056,1 | 24,0 | 25347 |
| 2020 | 1101,1 | 22,0 | 24225 |
| 2021 | 846,8 | 19,0 | 16089 |
| 2022 | 1035,5 | 16,0 | 16568 |

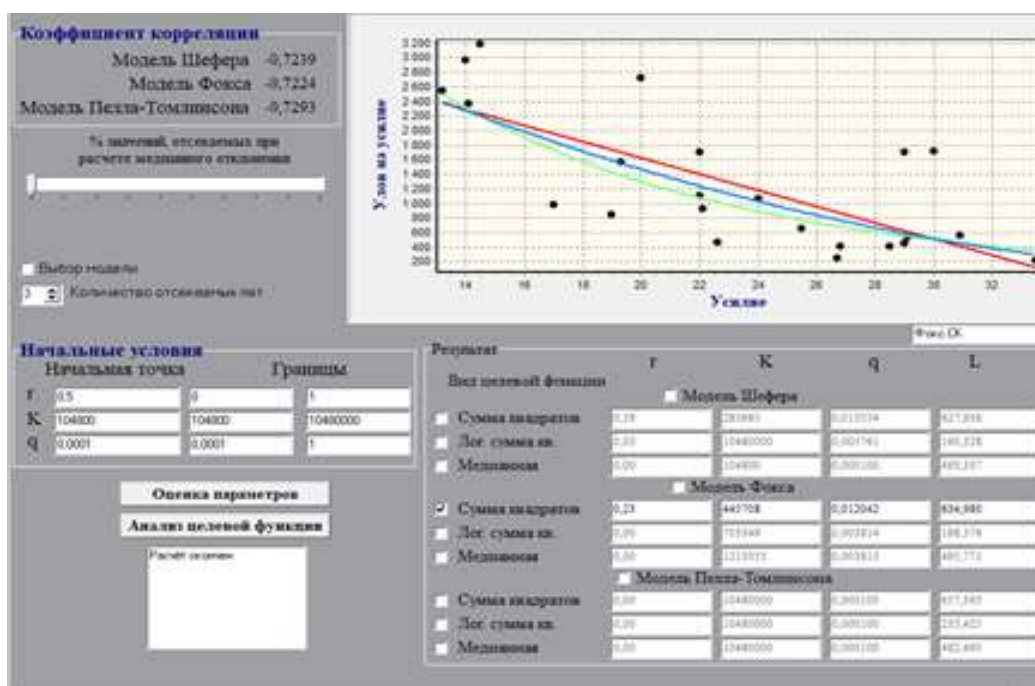


Рис. 3. Результаты предварительной параметризации и выбора модели в ППП «Combi 4.0»

Таблица 5. Результаты оценок биомассы запаса (B) и промысловой смертности (годовой убыли) F и отношения F/F_{MSY} на ППП «Combi 4.0»

| Год (i) | B , тыс. т | F | F/F_{MSY} |
|-------------|--------------|------|-------------|
| 2000 | 37 | 0,35 | 1,52 |
| 2001 | 46 | 0,37 | 1,61 |
| 2002 | 44 | 0,35 | 1,52 |
| 2003 | 34 | 0,34 | 1,48 |
| 2004 | 34 | 0,32 | 1,39 |
| 2005 | 21 | 0,32 | 1,39 |
| 2006 | 19 | 0,40 | 1,74 |
| 2007 | 38 | 0,27 | 1,17 |
| 2008 | 55 | 0,31 | 1,35 |
| 2009 | 77 | 0,27 | 1,17 |
| 2010 | 130 | 0,23 | 1,00 |
| 2011 | 197 | 0,17 | 0,74 |
| 2012 | 246 | 0,17 | 0,74 |
| 2013 | 226 | 0,24 | 1,04 |
| 2014 | 221 | 0,16 | 0,70 |
| 2015 | 264 | 0,17 | 0,74 |
| 2016 | 141 | 0,35 | 1,52 |
| 2017 | 143 | 0,36 | 1,57 |
| 2018 | 141 | 0,26 | 1,13 |
| 2019 | 88 | 0,29 | 1,26 |
| 2020 | 91 | 0,26 | 1,13 |
| 2021 | 70 | 0,23 | 1,00 |
| 2022 | 81 | 0,20 | 0,87 |

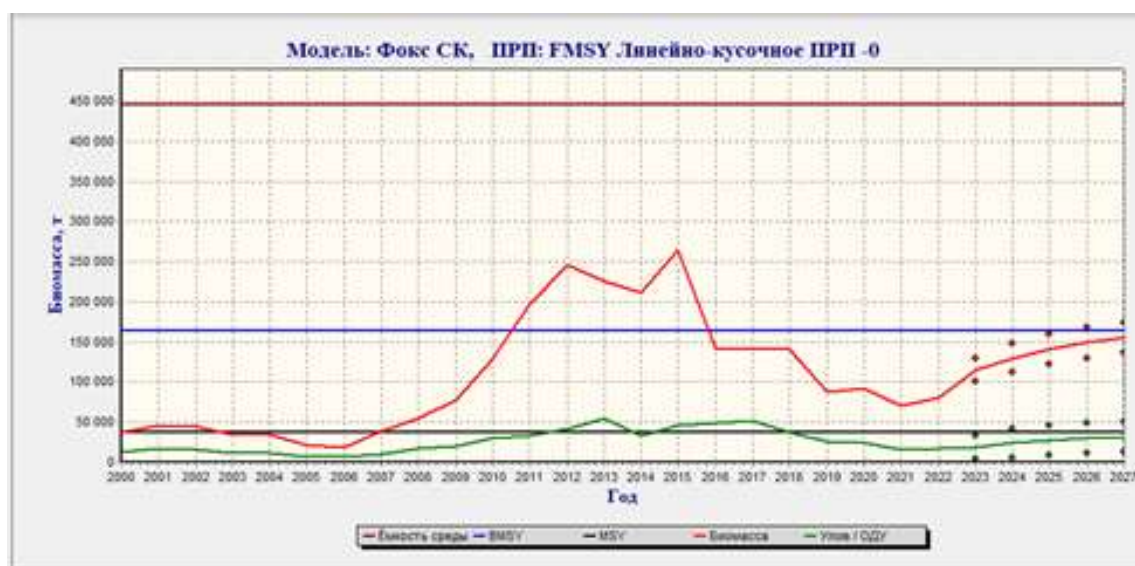


Рис. 4. Биомасса запаса и уловов азовой хамсы в 2000–2022 гг. и прогноз на 2023–2027 гг.

продукционного моделирования на ППП ЯВВА на входных рядах данных за 2015–2021 гг.) на базе традиционного площадного метода оценки [6].

Биомасса запаса хамсы по данным учета в лампарной съемке в августе 2022 г., определенная методом площадей при разных способах усреднении уловов лампары [7], приведена в табл. 6.

Таблица 6. Оценка биомассы азовской единицы запаса хамсы по данным учетной лампарной съемки в Азовском море в августе 2022 г.

| Постоянная информация | | |
|--|----------------|-----------------|
| Площадь зоны учета, км ² | 36146 | |
| Площадь замета лампары, км ² | 0,0015 | |
| Коэффициент уловистости лампары | 0,25 | |
| Средний улов при разных способах расчета, кг | | |
| Среднее арифметическое | по правилу 3 б | с усечением 5 % |
| 1,796 | 1,629 | 1,565 |
| Биомасса запаса, т | | |
| 173095 | 157021 | 150861 |

Во избежание возможного завышения учетной биомассы запаса, принято ее минимальное значение в размере 151 тыс. т (в т. ч. нерестовый/промысловый запас 147 тыс. т). Такая оценка выше, чем полученная на ППП «Combi 4.0», что может быть объяснено использованием при моделировании неполных данных о вылове азовской хамсы (без объема ее вылова в юго-восточной части Черного моря ввиду отсутствия соответствующей статистики).

Для интерпретации состояния эксплуатируемых запасов морских рыб принято сопоставлять показатели биомассы запаса (B) и промысловой смертности (F) с их биологическими ориентирами управления (B_{tr} , B_{lim} , $F_{0.1}$, F_{MSY} и др.), а годовые уловы (C) сопоставлять с их теоретической величиной, обеспечивающей поддержание запаса на уровне максимальной продуктивности (например, MSY). ППП «Combi 4.0» позволил рассчитать биологические ориентиры запаса азовской хамсы $B_{tr}=B_{MSY}=164,0$ тыс. т, $F_{MSY}=0,23$ и максимальный устойчивый улов $MSY=37,3$ тыс. т, являющийся целевым ориентиром для вылова.

Для оценки по данным учетных лампарных съемок 2000–2021 гг. целевого биологического ориентира SSB_{tr} , который представляет собой биомассу нерестового (промыслового) запаса, способную продуцировать максимальное пополнение, были определены параметры a и b двухпараметрической зависимости Рикера «запас–пополнение»: $R_{i+1} = SSB_i \cdot e^{a-b \cdot SSB_i}$, где SSB — родительский запас в году i (биомасса рыб в возрасте 1 и более лет, т), R — пополнение в году $i+1$ (численность двухлетков, шт.). При расчете параметров использованы ряды биомассы родительского запаса и численности продуцированного им пополнения, из которых были исключены годы с аномально высокими флуктуациями пополнения. После этого были получены оценки параметров уравнения Рикера $a=11,10554$; $b=8,107205E-06$, а также целевого и граничного ориентиров (при снижении потенциала воспроизводства на 30 %), соответственно, $SSB_{tr}=123,3$ тыс. т и $SSB_{lim}=46,3$ тыс. т.

Определение граничного ориентира по биомассе запаса для результатов продукционного моделирования определено исходя из этого соотношения для ориентиров, рассчитанных на основе модели «запас–пополнение» Рикера: $SSB_{lim}/SSB_{tr}=0,3756$, откуда граничный ориентир по биомассе для продукционной модели $B_{lim}=0,3756 \cdot B_{MSY}=61,6$ тыс. т.

На рис. 5 представлено сопоставление оценок биомассы, промысловой смертности (годовой убыли) и вылова со своими биологическими ориентирами, характеризующее состояние азовской единицы запаса хамсы в 2022 г. (текущее) и в ретроспективном периоде 2000–2021 гг. Это сопоставление проведено на базе результатов продукционного моделирования и лампарных съемок.

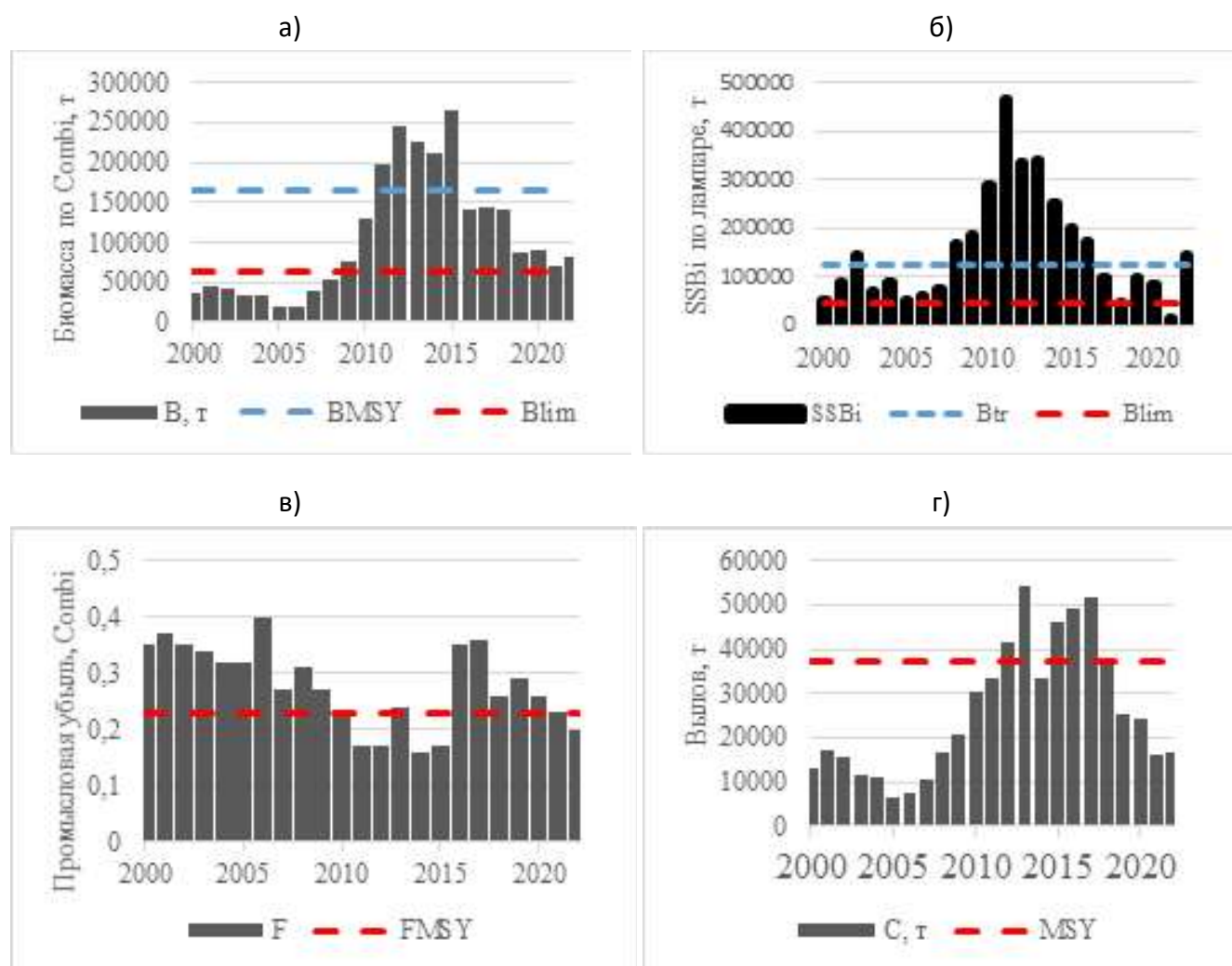


Рис. 5. Состояние азовской единицы запаса хамсы в период 2000–2022 гг. относительно биологических ориентиров: B_i , B_{MSY} и B_{lim} по Combi (а); $SSBi$, SSB_{tr} и SSB_{lim} по лампаре (б); промысловая убыль F и F_{MSY} (в); C и MSY (г)

Результаты продукционного моделирования свидетельствуют, что текущий запас азовской хамсы в 2022 г. находился в буферной зоне — его биомасса выше граничного ориентира B_{lim} , но значительно ниже целевого ориентира B_{MSY} . При этом, промысловая убыль F в 2022 и 2021 гг. не превышала значения ориентира F_{MSY} , что свидетельствует о том, что запас эксплуатировался интенсивно, но не перелавливался. Однако в период 2016–2020 гг. отмечена чрезмерная интенсивность судового промысла азовской хамсы (отношение F_i/F_{MSY} варьировало в диапазоне 1,13–1,57) так же, как и в 2000–2009 гг. — в период «низких запасов» (F_i/F_{MSY} от 1,17 до 1,74). Значительная переэксплуатация популяции отмечена, начиная с 2016 г., в период «высоких запасов», когда среднее количество судов резко увеличилось до 29 ед. В этом же году биомасса запаса снизилась до уровня около 85 % от B_{MSY} и оставалась до 2018 г., а затем снизилась почти до граничного ориентира B_{lim} . В соответствии с результатами продукционного моделирования Combi 4.0 в 2024 г. биомасса запаса может увеличиться до 130 тыс. т, а на восстановление запаса азовской хамсы до целевого уровня потребуется 4 года, при этом на 5-летнем прогнозном горизонте вероятность сокращения биомассы ниже граничного ориентира равна 0, а вероятность снижения вылова ниже минимального зарегистрированного вылова (6730 т в 2005 г.) составляет 0,02. Отметим, что в соответствии с методическими особенностями продукционного моделирования данный вариант не учитывает влияние условий среды обитания на уровень воспроизводства, которое в последние годы для азовской хамсы имеет большое значение, является разнонаправленным и чаще неблагоприятным.

Оценивание запаса азовской хамсы на базе учетных съемок дало результаты, сходные с результатами моделирования на Combi 4.0 в отношении выделения трех периодов состояния, но дает более оптимистичную оценку текущего состояния: в 2022 г. биомасса запаса ($SSB_{2022}=146,8$ тыс. т) на 19 % превысила ее целевой уровень, хотя в 2021 г. биомасса по лампарной съемке была оценена в 17,9 тыс. т, всего 39 % от SSB_{lim} . Такая неустойчивость оценок состояния запаса азовской хамсы в 2021–2022 гг. традиционным методом прямого учета свидетельствует о неопределенности оценок ввиду как биологических, так и методических причин, заставляет относиться к ним с меньшим доверием, чем к оценкам по итогам продукционного моделирования.

Принимая во внимание все полученные результаты, запас азовской хамсы может быть охарактеризован как «проявляющий признаки восстановления в условиях интенсивной эксплуатации», подверженный воздействию среды обитания.

«Черноморская» единица запаса хамсы (черноморская хамса). В путину 2021/2022 гг. черноморская хамса образовывала зимовальные скопления у западных берегов Крыма и у г. Севастополя, которые облавливались рыболовным флотом до начала 3 декады февраля 2022 г. (т. е. до начала становления режима административных ограничений) [8]. Размерно-массовый и возрастной состав хамсы из уловов промысловых судов представлен в табл. 7 и 8. Хамсовые путины последних лет характеризуются сходной структурой облавливаемых к западу от м. Меганом (ранее от м. Сарыч) скоплений зимующей рыбы.

В табл. 9 приведены данные по объему вылова черноморской хамсы странами Причерноморья и рыбодобывающими организациями Крыма в период 2000–2022 гг.

В 2022 г. в промысле черноморской хамсы, как и азовской, количество траулеров сократилось по сравнению с 2021 г., при этом затраченное промысловое усилие уменьшилось на 64–71 % по часам траления, а средний улов на 1 судно за год упал на 69–51 % (табл. 10).

В путину 2022/2023 гг., в т. ч. в январе–феврале 2023 г., промысел черноморской хамсы из-за частых административных ограничений в СЗЧМ и западных участках района ЮБК получил слабое развитие: по состоянию на 1 марта было добыто 167 т (в 2021 г. — 3082 т).

Таблица 7. Размерно-массовая структура хамсы из промысловых уловов у берегов Крыма к западу от м. Меганом

| Длина, мм | Район г. Севастополь | | Район м. Лукулл | |
|---------------|----------------------|---------------|-----------------|---------------|
| | N, % | $w_{cp.}$, Г | N, % | $w_{cp.}$, Г |
| 56–60 | 0,3 | 1,3 | – | – |
| 61–65 | 4,0 | 1,7 | 2,8 | 1,7 |
| 66–70 | 9,3 | 2,1 | 35,2 | 2,0 |
| 71–75 | 4,0 | 2,4 | 26,9 | 2,1 |
| 76–80 | 1,9 | 2,9 | 14,8 | 2,6 |
| 81–85 | 1,0 | 4,4 | 2,8 | 4,3 |
| 86–90 | 4,2 | 4,9 | 1,9 | 5,0 |
| 91–95 | 5,2 | 5,9 | 0,9 | 7,0 |
| 96–100 | 10,1 | 7,1 | – | – |
| 101–105 | 21,2 | 8,7 | 4,6 | 9,2 |
| 106–110 | 18,3 | 9,2 | 5,6 | 9,0 |
| 111–115 | 12,6 | 10,2 | 3,7 | 10,3 |
| 116–120 | 6,5 | 10,8 | 0,9 | 11,0 |
| 121–125 | 0,9 | 12,3 | – | – |
| 126–130 | 0,4 | 14,0 | – | – |
| $w_{cp.}$, Г | – | 5,2 | – | 3,3 |

Таблица 8. Структура промысловых уловов хамсы (C_i — численность, $w_{cp.}$ — масса и $L_{cp.}$ — средняя длина по возрастам) у берегов Крыма к западу от м. Сарыч/м. Меганом в путины 2020/2021 гг. и 2021/2022 гг.

| Период | Показатели | Возрастные группы, i лет | | | | | |
|-----------------|----------------|----------------------------|------|------|------|------|------|
| | | 0+ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 2020 г., I кв. | C_p , % | 77,7 | 5,7 | 2,9 | 8,8 | 5,0 | – |
| | $L_{cp.}$, см | 8,8 | 9,6 | 10,2 | 10,7 | 11,2 | – |
| | $w_{cp.}$, г | 5,4 | 5,1 | 7,0 | 8,0 | 7,8 | – |
| 2021 г., IV кв. | C_p , % | 54,7 | 7,6 | 7,2 | 22,3 | 7,8 | 0,3 |
| | $L_{cp.}$, см | 7,4 | 10,1 | 10,3 | 10,6 | 10,8 | 11,3 |
| | $w_{cp.}$, г | 3,3 | 7,5 | 7,9 | 8,8 | 9,2 | 10,1 |
| 2022 г., I кв. | C_p , % | 65,6 | 14,3 | 7,3 | 7,4 | 5,4 | – |
| | $L_{cp.}$, см | 7,1 | 10,2 | 10,9 | 10,6 | 10,7 | – |
| | $w_{cp.}$, г | 2,5 | 8,0 | 9,3 | 9,0 | 9,3 | – |

Таблица 9. Вылов черноморской хамсы странами Причерноморья и рыбодобывающими организациями Крыма в период 2000–2022 гг., т

| Год | Турция | Грузия | Остальные страны Причерноморья | Всего в Черном море | В т. ч., в водах Крыма* |
|------|------------|------------|--------------------------------|---------------------|-------------------------|
| 2000 | 260670 | 941 | 7987 | 269598 | 1324 |
| 2001 | 288616 | 927 | 7203 | 296746 | 1418 |
| 2002 | 336419 | 2665 | 7272 | 346356 | 1611 |
| 2003 | 266069 | 11562 | 9159 | 286790 | 3685 |
| 2004 | 306656 | 9600 | 5910 | 322166 | 795 |
| 2005 | 119255 | 9222 | 6368 | 134845 | 1266 |
| 2006 | 212081 | 17447 | 4936 | 234464 | 4400 |
| 2007 | 357089 | 25973 | 3510 | 386572 | 3110 |
| 2008 | 225344 | 31338 | 3804 | 260486 | 3618 |
| 2009 | 185606 | 39857 | 4716 | 230179 | 4385 |
| 2010 | 203026 | 25919 | 5166 | 234111 | 4987 |
| 2011 | 246390 | 11007 | 6991 | 264388 | 6439 |
| 2012 | 109187 | 56778 | 6848 | 172813 | 6614 |
| 2013 | 255309 | 70774 | 121 | 326204 | 1616 |
| 2014 | 71530 | 65493 | 932 | 137955 | 300 |
| 2015 | 195350 | 58549 | 764 | 254663 | 5683 |
| 2016 | 112500 | 48800 | 500 | 161800 | 1439 |
| 2017 | 158094 | 99288 | 790 | 258172 | 556 |
| 2018 | 96452 | 99290 | 162 | 195904 | 52 |
| 2019 | нет данных | нет данных | нет данных | нет данных | 7038 |
| 2020 | –"– | –"– | –"– | –"– | 7927 |
| 2021 | –"– | –"– | –"– | –"– | 8166 |
| 2022 | –"– | –"– | –"– | –"– | 2938 |

Примечание: * В 2000–2014 гг. указан вылов черноморской хамсы без прилова, в 2015–2022 гг. — с приловом азовской хамсы

В процессе оценивания запаса черноморской хамсы на JABBA при настройке выполнялась априорная параметризация диапазона коэффициентов, требуемых для поиска оптимальных значений продукционного уравнения. В табл. 11 даны численные значения итоговой параметризации модели.

Результаты ретроспективных оценок биомассы, промысловой убыли и, в целом, состояния «черноморской» единицы запаса хамсы (Крым) даны в табл. 12 и на рис. 6. В 2022 г. биомасса запаса оценена в 22465 т, что составило 56 % от запаса в 2000 г.

Моделирование показало, что большую часть ретроспективного периода запас хамсы находился в благополучном состоянии биомассой выше B_{MSY} , и только в 2022 г. биомасса снизилась до своего целевого ориентира с одновременным снижением промысловой убыли до половины F_{MSY} .

Очевидно, что снижение биомассы и промысловой убыли связано почти с трехкратным падением годового вылова хамсы от 2021 к 2022 г. Такую тенденцию стремительного сокращения улова модель

Таблица 10. Показатели судового промысла хамсы в границах от м. Меганом до западной границы промыслового района «западнее м. Сарыч» в 2021–2022 гг.

| Показатели | СРТМ | | МРТР | |
|--|------|------|------|------|
| | 2021 | 2022 | 2021 | 2022 |
| Количество судов, ед. | 9 | 8 | 6 | 5 |
| Количество рабочих судосутки | 443 | 141 | 239 | 97 |
| Количество времени траления, час | 2030 | 590 | 1281 | 463 |
| Средний улов на 1 судно за год, т | 1030 | 323 | 252 | 124 |
| Средний улов за 1 час траления, т | 4,6 | 4,4 | 1,2 | 1,3 |
| Средний улов за 1 рабочие судосутки, т | 20,9 | 18,3 | 6,3 | 6,4 |

Таблица 11. Результаты параметризации модели Шефера для «черноморской» единицы запаса хамсы (Крым), программный комплекс JABBA («catch-only»)

| Параметры | Оценка | Нижняя доверительная граница, $p=0,95$ | Верхняя доверительная граница, $p=0,95$ |
|---|---------|--|---|
| Емкость среды, K | 46474 | 39754 | 53828 |
| Коэффициент популяционного роста, r | 0,565 | 0,431 | 0,727 |
| Накопительная ошибка апостериорного процесса, ρ_{si} | 0,867 | 0,541 | 1,29 |
| Ошибка процесса вычисления, σ_{proc} | 0,132 | 0,068 | 0,198 |
| Промысловая убыль на уровне MSY , F_{MSY} | 0,282 | 0,216 | 0,363 |
| Целевой ориентир по биомассе запаса B_{MSY} | 23237,1 | 19876,7 | 26914,1 |
| Максимальный устойчивый улов, MSY | 6568,9 | 4607,5 | 8957,9 |
| Относительная доля эксплуатации запаса в 2000 г., P_{2000} | 0,862 | 0,497 | 1,291 |
| Относительная доля эксплуатации запаса в 2022 г., P_{2022} | 0,482 | 0,186 | 0,812 |
| Отношение текущей биомассы к ее значению на уровне MSY , $B/B_{msy.cur}$ | 0,964 | 0,372 | 1,624 |
| Отношение текущей промысловой убыли к ее значению на уровне MSY , F/F_{MSY} | 0,467 | 0,223 | 1,448 |

Таблица 12. Результаты ретроспективных оценок биомассы запаса и промысловой убыли «черноморской» единицы запаса хамсы (Крым), программный комплекс JABBA («catch-only»)

| Год | <i>B</i> (биомасса запаса, т) | <i>B.CI95</i> (доверительный интервал <i>B</i> , т) | <i>F</i> (промысловая убыль) | <i>F.CI95</i> (доверительный интервал оценок промысловой смертности <i>F</i>) |
|------|----------------------------------|--|---------------------------------|---|
| 2000 | 39857 | 22515–61861 | 0,03 | 0,02–0,06 |
| 2001 | 40875 | 25175–58957 | 0,03 | 0,02–0,06 |
| 2002 | 41480 | 27026–58286 | 0,04 | 0,03–0,06 |
| 2003 | 41627 | 27836–58427 | 0,09 | 0,06–0,13 |
| 2004 | 39608 | 26440–56228 | 0,02 | 0,01–0,03 |
| 2005 | 41494 | 27645–58050 | 0,03 | 0,02–0,05 |
| 2006 | 41897 | 28315–58419 | 0,11 | 0,08–0,16 |
| 2007 | 39003 | 25665–55769 | 0,08 | 0,06–0,12 |
| 2008 | 38648 | 24815–56003 | 0,09 | 0,06–0,15 |
| 2009 | 37645 | 23379–55737 | 0,12 | 0,08–0,19 |
| 2010 | 36229 | 21618–53837 | 0,14 | 0,09–0,23 |
| 2011 | 34531 | 19118–52629 | 0,19 | 0,12–0,34 |
| 2012 | 31525 | 15264–49981 | 0,21 | 0,13–0,43 |
| 2013 | 29024 | 11697–47729 | 0,06 | 0,03–0,14 |
| 2014 | 31743 | 13197–51570 | 0,01 | 0,01–0,02 |
| 2015 | 34342 | 16104–54843 | 0,17 | 0,10–0,35 |
| 2016 | 30050 | 13340–49435 | 0,05 | 0,03–0,11 |
| 2017 | 30316 | 15034–49227 | 0,02 | 0,01–0,04 |
| 2018 | 29591 | 17621–45534 | 0,00 | 0,00–0,00 |
| 2019 | 27146 | 20560–35840 | 0,26 | 0,20–0,34 |
| 2020 | 26292 | 16701–39056 | 0,30 | 0,20–0,47 |
| 2021 | 24349 | 12631–40006 | 0,34 | 0,20–0,65 |
| 2022 | 22465 | 8175–40143 | 0,13 | 0,07–0,36 |

при решении производственного уравнения обратным расчетом интерпретирует как изменение продуктивности запаса, однако на самом деле такое снижение обусловлено отсутствием возможности выхода в СЗЧМ для осуществления поиска рыбы и проведения промысловых операций после февраля 2022 г. Формально, такое изменение условий осуществления промысла в дальнейшем может стать основанием нарушения принципа стационарности для зависимости «запас–промысел» при решении производственного уравнения. По результатам производственного моделирования текущий запас черноморской хамсы формально охарактеризован как «убывающий, слабо эксплуатируемый».

«Черноморская» единица запаса шпрота. Шпрот является пелагической, стайной, холодолюбивой рыбой, в холодное время года рассредоточен практически на всей акватории Черного моря, где нерестится, весной мигрирует на шельф, летом нагуливается преимущественно под слоем температурного скачка, питаясь зоопланктоном. Предельный возраст черноморского шпрота составляет 5 лет [9, 10]. Половой зрелости достигает в возрасте 1 года, часть особей созревает сеголетками при длине 4,5–5,5 см. С середины 1980-х гг. в Черном море наблюдается замедление темпа роста шпрота в связи с климатическими изменениями, преимущественно обусловленными повышением температуры воды [11, 12].

Структура промысловых уловов шпрота в II–III кв. 2022 г. и во II кв. 2023 г. характеризовалась преобладанием возрастных групп 2+ и 3+ (табл. 13). Доля рыб в возрасте 5 лет, который для черноморского шпрота считается предельным, составляла от 1,0 до 2,5 %, что в 2–5 раз выше, чем в период 1976–1980 гг.

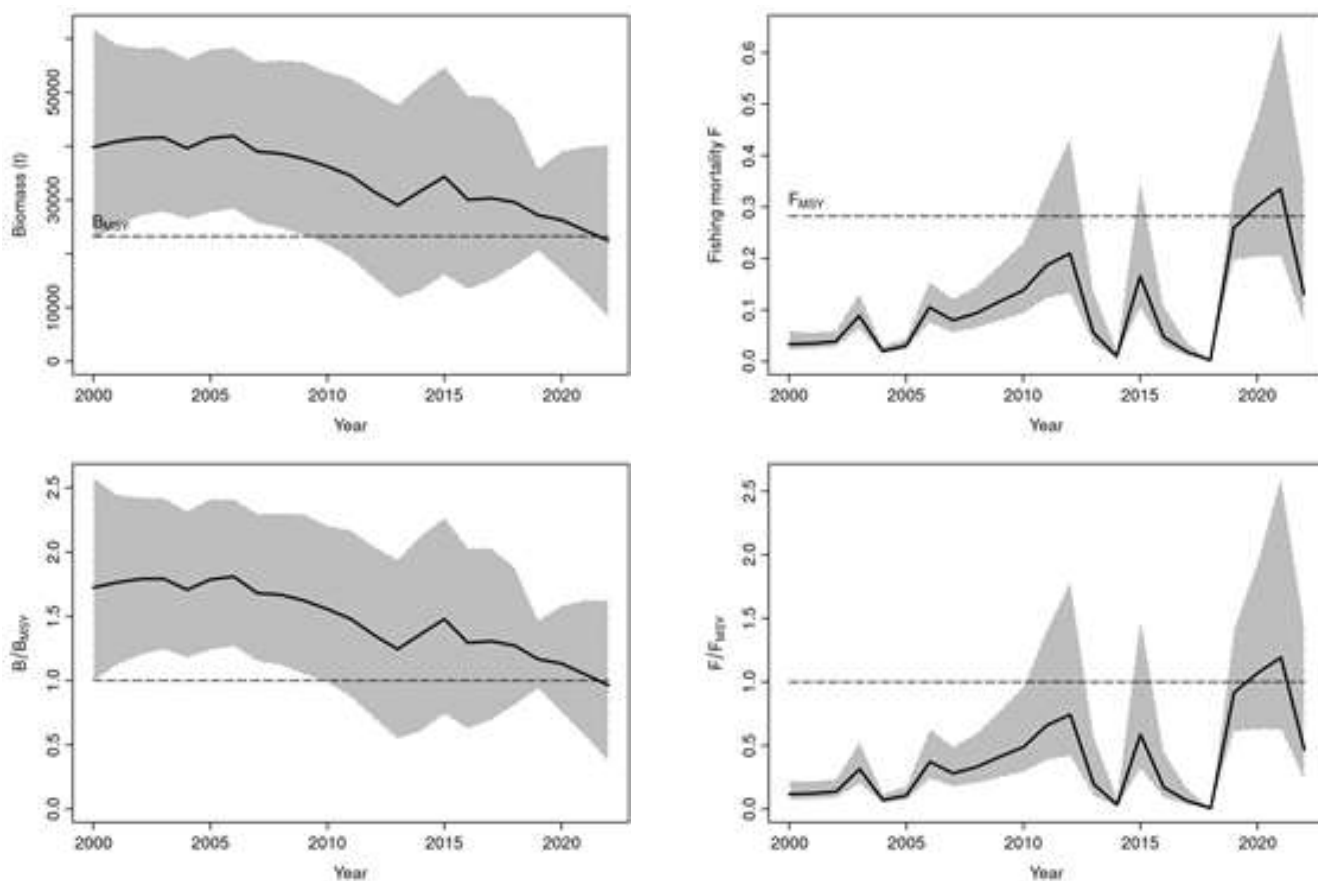


Рис. 6. Результаты построения модели Шефера в комплексе JABBA для «черноморской» единицы запаса хамсы (Крым): слева — биомасса запаса B и ее отношение к целевому ориентиру B_{MSY} , справа — промысловая убиль F и ее отношение к целевому ориентиру F_{MSY}

Таблица 13. Структура промысловых траловых уловов в апреле–августе 2022 г. и мае–июне 2023 г. в Черном море (C — доля по численности, FL_{cp} — средняя длина по Смитту, w_{cp} — средняя масса особи)

| Показатели | Год, квартал | Возрастные группы, лет | | | | | |
|-------------------------|--------------|------------------------|------|------|------|------|-----|
| | | 0+ | 1+ | 2+ | 3+ | 4+ | 5+ |
| Крымский район | | | | | | | |
| $C, \%$ | 2022, II–III | 0,4 | 16,2 | 34,6 | 36,1 | 11,2 | 1,5 |
| | 2003, II | 0,2 | 4,4 | 48,4 | 39,3 | 5,2 | 2,5 |
| $FL_{cp}, \text{см}$ | 2022, II–III | 5,3 | 6,4 | 6,7 | 7,2 | 7,8 | 8,8 |
| | 2003, II | 5,6 | 6,1 | 6,5 | 7,1 | 8,4 | 9,7 |
| $w_{cp}, \text{г}$ | 2022, II–III | 1,0 | 2,0 | 2,2 | 2,6 | 3,3 | 4,6 |
| | 2003, II | 1,4 | 1,7 | 1,9 | 2,4 | 4,2 | 7,2 |
| Кавказский район | | | | | | | |
| $C, \%$ | 2022, II–III | 1,3 | 18,8 | 40,1 | 32,2 | 6,6 | 1,0 |
| | 2003, II | 1,3 | 10,4 | 60,5 | 23,3 | 3,2 | 1,4 |
| $FL_{cp}, \text{см}$ | 2022, II–III | 5,2 | 6,2 | 6,5 | 7,6 | 8,1 | 9,5 |
| | 2003, II | 5,4 | 5,9 | 6,3 | 6,7 | 8,7 | 9,5 |
| $w_{cp}, \text{г}$ | 2022, II–III | 0,7 | 1,7 | 1,9 | 2,6 | 4,0 | 6,9 |
| | 2003, II | 0,8 | 1,5 | 1,7 | 2,1 | 4,9 | 6,5 |

Диагностика модели XSA, использованной для оценки запаса шпрота на обновленном ряде данных периода 2001–2022 гг., свидетельствует об ухудшившейся надежности полученных результатов. В ее ходе был определен оптимум наилучшей параметризации модели: допустимая ошибка стягивания модели по промысловой смертности $fse=1,0$, возраст шпрота, после которого селективность его промысла не изменяется $qage=2$, горизонт стягивания по промысловой смертности $shk.age=4$. Несмотря на ухудшившиеся результаты диагностики модели, ее решение все еще было достигнуто, как и итоговое схождение регрессирования структуры промыслового изъятия к наблюдаемым индексам численности. Ретроспективный тест стабильности модели и ее прогностической силы свидетельствует о сложности прогнозирования пополнения нерестового запаса и о возможной недооценке биомассы нерестового запаса шпрота при переоценке степени промысловой смертности.

Окончательные результаты моделирования представлены в табл. 14, моделирование с учетом фактора неопределенности изменчивости промысловой смертности представлено на рис. 7.

Для формализации общей стратегии достижения долговременной цели управления в виде правила регулирования промысла шпрота в российских водах Черного моря приняты принципы подхода международных рыбохозяйственных организаций ICES, EWG STECF и GFCM, заключающиеся в использовании двух пар ориентиров управления: по биомассе (SSB_{lim} и SSB_{tr}) и по интенсивности промысла (F_{lim} и F_{tr}) [13, 14]. Для черноморского шпрота биологические ориентиры оценены следующим образом: $SSB_{lim}=46,9$ тыс. т и $SSB_{tr}=79,9$ тыс. т, $F_{lim}=0,640$ и $F_{tr}=0,605$ [11].

Согласно XSA, для всего анализируемого периода минимальные и максимальные значения нерестового запаса SSB наблюдались в 2011 г. (46,3 тыс. т) и в 2001 г. (349 тыс. т), а промысловой смертности

Таблица 14. Результаты XSA анализа черноморского шпрота в водах у берегов Крыма и Краснодарского края в период 2001–2022 гг. (SSB — нерестовая биомасса запаса, Rec — численность пополнения, F_{bar} (F_{1-3}) — промысловая смертность в возрасте 1–3 лет)

| Год | SSB , тыс. т | Rec , млрд шт. | F_{bar} |
|------|----------------|------------------|-----------|
| 2001 | 348,8 | 126,7 | 0,31 |
| 2002 | 326,4 | 59,9 | 0,31 |
| 2003 | 218,5 | 64,1 | 0,49 |
| 2004 | 168,9 | 41,9 | 0,53 |
| 2005 | 132,9 | 34,9 | 0,93 |
| 2006 | 87,1 | 32,8 | 0,79 |
| 2007 | 77,6 | 40,4 | 0,6 |
| 2008 | 83,5 | 30,9 | 1,41 |
| 2009 | 62,8 | 32,4 | 2,49 |
| 2010 | 49,8 | 50,6 | 1,52 |
| 2011 | 46,3 | 59,2 | 1,09 |
| 2012 | 46,9 | 97,1 | 1,05 |
| 2013 | 73,7 | 79,5 | 0,29 |
| 2014 | 71,9 | 74,4 | 0,19 |
| 2015 | 105,4 | 98,6 | 0,73 |
| 2016 | 84,3 | 98,2 | 0,79 |
| 2017 | 85,5 | 94,2 | 0,29 |
| 2018 | 80,3 | 136,2 | 0,54 |
| 2019 | 111,3 | 107 | 0,43 |
| 2020 | 100,9 | 66,8 | 0,33 |
| 2021 | 85,5 | 48,4 | 0,51 |
| 2022 | 67,2 | 56,5 | 0,29 |

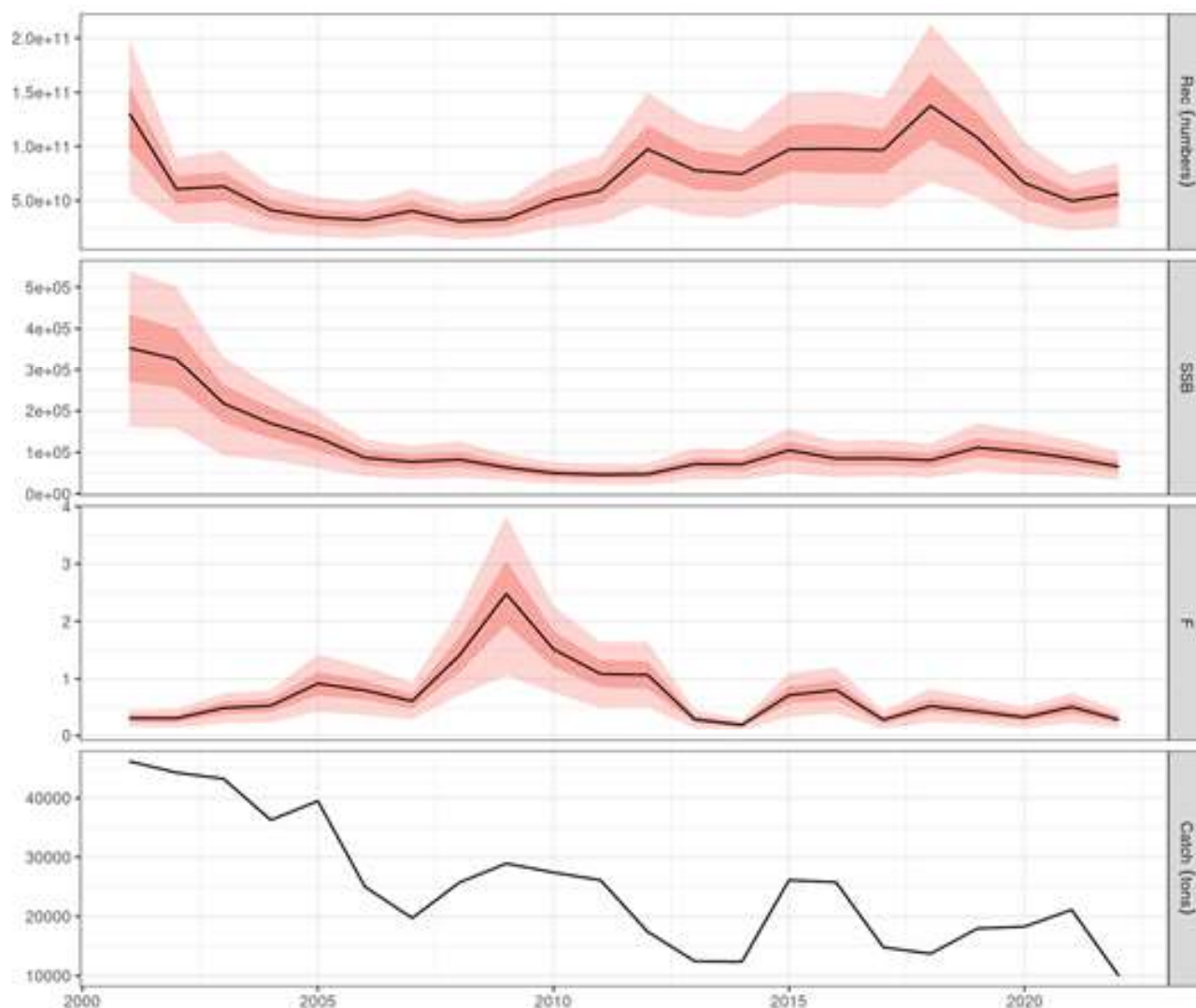


Рис. 7. Результаты моделирования с учетом фактора неопределенности крымско-кавказской единицы запаса черноморского шпрота на XSA по данным 2001–2022 гг.

F — в 2014 г, (0,19) и в 2009 г, (2,49). В рассматриваемый отрезок преобладали несколько периодов различного состояния запаса шпрота: в период 2001–2012 гг. отмечалось стремительное сокращение нерестового запаса на фоне высоких уровней промысловой смертности и снижающегося потенциала воспроизводства, в последующий период 2013–2019 гг. отмечался устойчивый тренд роста биомассы нерестового запаса при умеренной эксплуатации и возросшим потенциалом воспроизводства. В период 2020–2022 гг. положительный тренд потенциала воспроизводства сменился на отрицательный.

Снижение расчетного значения SSB в 2022 г. отчасти связано с уменьшением суммарного промыслового усилия, в особенности по малотоннажным судам, табл. 15.

Полученные интегрированные результаты свидетельствуют о следующем состоянии запаса и промысла шпрота в 2022 г.:

- состояние запаса: в буферной зоне между граничным и целевым биологическим ориентиром по биомассе ($SSB_{2022}/SSB_{tr}=1,433$, $SSB_{2022}/SSB_{tr}=0,841$);
- состояние промысла: без признаков чрезмерной эксплуатации, существенно ниже предосторожного уровня биологического ориентира по промысловой смертности ($F/F_{pa}=0,479$).

Текущее состояние «черноморской» единицы запаса шпрота формально можно охарактеризовать как «убывающее, слабо эксплуатируемое» с поправкой на высокую вероятность недооценки SSB_{2022} .

Таблица 15. Промысловое усилие и уловы на единицу промыслового усилия по типам судов на траловом промысле шпрота в российских водах Черного моря в период 2018–2022 гг.

| Тип судна | Год | Число судов, ед. | Суммарное промысловое усилие, часов траления | Средний улов судна за год, т | Средний улов за час траления, т |
|----------------------------|------|------------------|--|------------------------------|---------------------------------|
| СРТМ | 2018 | 10 | 4128 | 684 | 1,7 |
| | 2019 | 11 | 5965 | 1117 | 2,1 |
| | 2020 | 9 | 5048 | 1201 | 2,1 |
| | 2021 | 8 | 4270 | 1652 | 3,1 |
| | 2022 | 7 | 3524 | 1172 | 2,3 |
| МРТР, ПТР, МРСТ, МРТ и СЧС | 2018 | 19 | 2087 | 318 | 0,9 |
| | 2019 | 18 | 7043 | 283 | 0,8 |
| | 2020 | 20 | 7766 | 377 | 0,8 |
| | 2021 | 14 | 4814 | 355 | 1,0 |
| | 2022 | 12 | 1617 | 93 | 0,9 |

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценка состояния запасов хамсы и шпрота в российских водах Азово-Черноморского бассейна в 2022–2023 гг. посредством сопоставления текущих значений биомассы и промысловой смертности с биологическими ориентирами в значительной степени носит формальный характер. Существенное снижение с конца февраля 2022 г. возможностей ведения лова из-за частых и продолжительных ограничений судоходства в СЗЧМ, в меньшей степени и у ЮБК, привело к выпадению из анализа важной части объема вылова и промыслово-биологических данных. Как следствие, снизилась надежность результатов оценки анализируемых запасов в последние годы, о чем свидетельствует диагностика примененных моделей.

Подобные изменения в осуществлении промысла, обусловленные административными причинами, начиная с 2022 г., являются серьезной проблемой для аналитического подхода. Нарушение принципов стационарности временных рядов в дальнейшем может поставить под сомнение применимость модельного подхода для рассматриваемых видов рыб.

В 2022 г. запас азовской хамсы может быть охарактеризован как «проявляющий признаки восстановления в условиях интенсивной эксплуатации», подверженный воздействию среды обитания. Запасы черноморской хамсы и шпрота могут быть оценены как «убывающие, слабо эксплуатируемые» с поправкой на высокую вероятность недооценки их биомассы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017660724. Программный комплекс Combi 4.0 : заявка № 2017615690 : зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 15.06.2017 г. : опубликовано: 25.09.2017 / Бабаян В.К., Бобырев А.Е., Михайлов А.И., Шереметьев А.Д.; правообладатель ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии».
2. Winker H., Carvalho F., Kapur M. JABBA: just another Bayesian biomass assessment // Fisheries Research. 2018. Vol. 204. P. 275–288.
3. Darby C.D., Flatman S. Virtual Population Analysis: version 3.1 (Windows/DOS) user guide // Info. Tech. Ser., MAFF Direct. Fish. Res., Lowestoft. 1994. Vol. 1. 85 p.
4. Мирзоян З.А., Надолинский В.П., Мартынюк Л.М., Надолинский Р.В. Трофические основы формирования запасов хамсы в Азовском море // Водные биоресурсы и среда обитания. 2023. Т. 6, № 2. С. 78–96.
5. Методические рекомендации по оценке запасов приоритетных видов водных биологических ресурсов / В.К. Бабаян, А.Е. Бобырев, Т.И. Булгакова, Д.А. Васильев, О.И. Ильин, Ю.А. Ковалев, А.И. Михайлов, А.А. Михеев, Н.Г. Петухова, И.А. Сафаралиев, А.А. Четыркин, А.Д. Шереметьев. М.: Изд-во ВНИРО, 2018. 312 с.
6. Аксютин З.М. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях. М.: Пищ. промышленность, 1968. 288 с.

7. Методы рыбохозяйственных и природоохранных исследований в Азово-Черноморском бассейне : сб. науч.-метод. работ / Федеральное агентство по рыболовству, Азовский науч.-исслед. ин-т рыбного хоз-ва (ФГУП «АзНИИРХ»); науч. ред.: С.П. Воловик, И.Г. Корпакова. Краснодар, 2005. 351 с.
8. Панов Б.Н., Смирнов С.С., Спиридонова Е.О. Океанографические условия осенней миграции и промысла черноморской хамсы у берегов Крыма в 2021 году // Водные биоресурсы и среда обитания. 2023. Т. 6, № 2. С. 30–39.
9. Асланова Н.Е. Шпрот Черного моря // Труды ВНИРО. 1954. Т. 28. С. 75–100.
10. Юрьев Г.С. Биология, оценка запасов и перспективы промысла черноморского шпрота (*Sprattus sprattus phalericus* Risso) : автореф. дис... канд. биол. наук / Ин-т биологии юж. морей. Севастополь, 1978. 24 с.
11. Пятинский М.М., Шляхов В.А., Шляхова О.В. Динамика запасов шпрота в Черном море и перспективы его освоения // Вопросы рыболовства. 2020. Т. 21, № 4. С. 396–410. doi: 10.36038/0234-2774-2020-21-4-396-410.
12. Piatinskii M.M., Krivoguz D.O., Shlyakhov V.A., Borovskaya R.V. Long-term warming effect to sprat *Sprattus sprattus phalericus* (Risso) stock quality characteristics in Crimea-Caucasian shelf of the Black Sea // Рыбное хозяйство. 2022. № 2. С. 46–53. doi: 10.37663/0131-6184-2022-2-46-53.
13. Бабаян В.К. Предосторожный подход к оценке общего допустимого улова (ОДУ). Анализ и рекомендации по применению. М.: Изд-во ВНИРО, 2000. 191 с.
14. Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries (STECF) — Black Sea Assessments (STECF-14-14) / Sampson D., Charef A., Osio G.C. (eds.). Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2013. 429 p.