

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БИОРЕСУРСОВ

УДК 639.2.053.7(262.5)

ПРОМЫСЛОВО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЧЕРНОМОРСКОГО КАЛКАНА И СОСТОЯНИЕ ЕГО ЗАПАСОВ В ВОДАХ, ПРИЛЕГАЮЩИХ К КРЫМУ, В 2000–2018 ГГ.

В. А. Шляхов, 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
E-mail: shlyahov_v_a@azniirkh.ru

Аннотация. Приведены сведения о размерно-возрастной структуре, вылове и интенсивности промысла, а также о некоторых биологических показателях черноморского калкана *Scophthalmus maeoticus* (Pallas) в российских водах Черного моря и у берегов Крыма в 2000–2018 гг. В результате рассмотрения промыслово-биологических показателей, используемых в аналитическом оценивании запасов камбалы-калкан в Черном море в 2014–2018 гг., констатируется неудовлетворительная информационная обеспеченность структурированных по возрасту моделей (XSA, SAM) для основной части ее ареала (прилегающий к Крыму шельф), которая в 2012 г. в целом для Черноморского региона также была отмечена Рабочей группой Научного, технического и экономического Комитета по рыболовству Европейской Комиссии (STECF). Представлен подробный ход и результаты оценивания запасов черноморского калкана у берегов Крыма альтернативным методом — на динамических продукционных моделях (программа Combi 4.0), имеющих хорошую обеспеченность входными данными.

Ключевые слова: Черное море, *Scophthalmus maeoticus*, вылов, улов на единицу усилия, размерный и возрастной состав, параметры популяции, запас, динамические продукционные модели, Combi

FISHERY AND BIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE BLACK SEA TURBOT AND THE STATE OF ITS STOCKS IN THE WATERS, ADJACENT TO THE CRIMEAN PENINSULA, IN 2000–2018

V. A. Shliakhov, M. M. Piatinskii, O. V. Shliakhova

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

Abstract. The data on length and age composition of the Black Sea turbot *Scophthalmus maeoticus* (Pallas), as well as its catches, fishing intensity and some biological characteristics in the Russian waters of the Black Sea and around the Crimean Peninsula are presented for the period of 2000–2018. As the result of consideration of fishery and biological characteristics, used in analytical assessment of the Black Sea turbot stocks in the Black Sea in 2014–2018, it is established that provision with information concerning models, organized by age (XSA, SAM), for the major part of its range (the shelf, adjacent to the Crimean Peninsula) is insufficient, which was also noted by the Working Group of the Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries (STECF). The step-by-step process and results of assessment of the Black Sea turbot stocks off the shores of Crimea, conducted

using an alternative method, dynamic surplus production models (with Combi 4.0 software), which have good provision with input data, are given.

Keywords: Black Sea, *Scophthalmus maeoticus*, yield, catch per unit effort, length composition, age composition, population parameters, stocks, dynamic surplus production models, Combi

ВВЕДЕНИЕ

Черноморский калкан *Scophthalmus maeoticus* (Pallas) является одним из важнейших объектов рыболовства Российской Федерации и остальных прибрежных стран Черноморского региона. Оценке его запасов и регулированию промысла традиционно уделяется особое внимание на национальном и региональном уровнях. В 2008–2017 гг. региональное оценивание черноморского калкана производила Рабочая группа экспертов Научного, технического и экономического Комитета по рыболовству (EWG STECF) Европейской Комиссии, а в 2014–2018 гг. — Субрегиональная группа по оценке запасов в Черном море (SGSABS) при Генеральной комиссии по рыболовству в Средиземном море (GFCM). Обе эти группы состояли в основном из представителей (экспертов) научно-исследовательских институтов стран Причерноморья [1]. Входные данные для регионального оценивания формировались путем объединения промыслово-биологических материалов, представляемых экспертами рабочих групп.

В рассматриваемый период EWG STECF и SGSABS на аналитических структурированных по возрасту моделях (XSA, SAM) подготавливали итоговые оценки запаса и общего допустимого улова (ОДУ) черноморского калкана. Далее, на основе этих оценок, осуществлялось управление промыслом калкана в странах Европейского Союза (в водах Болгарии и Румынии), а со второй половины 2010-х гг. под эгидой GFCM управление стало распространяться на весь Черноморский регион, входящий в район деятельности этой комиссии [2, 3]. Однако региональное управление не является всеобъемлющим, поскольку членство GFCM имеют лишь Болгария, Румыния и Турция, относящиеся к «Договаривающимся Сторонам», Грузия и Украина имеют статус «Сотрудничающих не-Договаривающихся Сторон». Статус Российской Федерации можно определить как «не-Договаривающаяся Сторона», и он соответствует статусу страны-наблюдателя.

Исторически в Черном море отсутствует соглашение о рыболовстве между всеми прибрежными странами Причерноморья, а любые решения и рекомендации GFCM не имеют обязательного характера для Российской Федерации, в связи с чем регулирование рыболовства в российских водах Черного моря осуществляется исключительно на национальном уровне, опираясь на оценки состояния запасов водных биоресурсов, включая черноморского калкана, производимые своими научно-исследовательскими институтами.

На 2019 г. GFCM запланирована «контрольная сессия» SGSABS, направленная на повышение качества регионального оценивания запасов черноморского калкана. Цель нашей работы состоит в представлении промыслово-биологических показателей калкана для формирования региональной базы данных, а также описании оценивания запасов этого вида рыб в прилегающих к побережью Крыма водах на основе динамических продукционных моделей с применением отечественного программного обеспечения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом исследований послужили данные о вылове, структуре уловов и параметрах популяции черноморского калкана (далее — калкан) в районах, прилегающих к Крыму, в 2000–2018 гг. Под «районами, прилегающими к Крыму» здесь подразумеваются воды Черного моря, в которых осуществлялся промысел калкана крымскими рыбодобывающими организациями: в 2000–2013 гг. это были морские воды под юрисдикцией Украины, а в 2014–2018 гг. — российские воды. Данные об уловах на единицу промыслового усилия (CPUE) калкана были собраны ЮГНИРО и АзНИИРХ при мониторинге промысла донными ставными одностенными сетями с шагом ячеи 180–200 мм.

Размерные и возрастные пробы из уловов отбирали в соответствии с общепринятыми методами [4, 5]. У калкана измеряли стандартную длину - до начала средних лучей хвостового плавника (SL), результаты измерений группировали и усредняли по классам вариационного ряда с интервалами длины в 5,0 см.

Возраст рыб определяли по отолитам [4], при малом количестве прямых возрастных определений для получения возрастного состава промысловых уловов применяли размерно-возрастные ключи [6, 7].

Количество измеренного калкана и прямых определений возраста по отолитам в украинских водах (включая Крым) в 2000–2013 гг. и в российских водах Черного моря (к западу от меридиана 36°35'00'' в. д.) в 2014–2018 гг. представлено в табл. 1.

Таблица 1. Объем собранного и обработанного материала для характеристики размерного и возрастного состава черноморского калкана в районах между меридианом 36°35'00'' в. д. и меридианом, проходящим через м. Сарыч («Восток»), и к западу от меридиана, проходящего через м. Сарыч («Запад»), в украинских (2000–2013 гг.) и российских (2014–2018 гг.) водах Черного моря, экз.

| Год | Измерено рыб | | Прямые определения возраста | |
|------|--------------|---------|-----------------------------|---------|
| | «Восток» | «Запад» | «Восток» | «Запад» |
| 2000 | 0 | 515 | 0 | 163 |
| 2001 | 25 | 433 | 10 | 150 |
| 2002 | 0 | 148 | 0 | 112 |
| 2003 | 0 | 148 | 0 | 75 |
| 2004 | 44 | 145 | 12 | 77 |
| 2005 | 44 | 315 | 14 | 66 |
| 2006 | 237 | 403 | 15 | 54 |
| 2007 | 155 | 540 | 10 | 101 |
| 2008 | 1025 | 967 | 32 | 55 |
| 2009 | 130 | 2264 | 20 | 123 |
| 2010 | 8 | 0 | 8 | 0 |
| 2011 | 21 | 30 | 10 | 8 |
| 2012 | 33 | 822 | 3 | 41 |
| 2013 | 26 | 165 | 26 | 0 |
| 2014 | 0 | 89 | 0 | 12 |
| 2015 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| 2016 | 159 | 18 | 2 | 32 |
| 2017 | 50 | 209 | 17 | 10 |
| 2018 | 408 | 500 | 8 | 10 |

Ввиду небольшого числа прямых определений возраста калкана непосредственно в крымских водах (18 экз.), размерно-возрастной ключ 2018 г. (табл. 2) был построен с включением 55 возрастных определений из траловых уловов у побережья Краснодарского края.

Таблица 2. Размерно-возрастной ключ калкана, использованный для получения возрастного состава российских промысловых уловов в Черном море к западу от меридиана 36°35'00'' в. д. в 2018 г.

| SL, см | Возраст, лет | | | | | | | | | |
|-----------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 25,1–30,0 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 30,1–35,0 | 0,333 | 0,667 | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 35,1–40,0 | – | 0,143 | 0,571 | 0,286 | – | – | – | – | – | – |
| 40,1–45,0 | – | – | 0,100 | 0,650 | 0,250 | – | – | – | – | – |
| 45,1–50,0 | – | – | – | – | 0,250 | 0,750 | – | – | – | – |
| 50,1–55,0 | – | – | – | – | – | 0,300 | 0,600 | 0,100 | – | – |
| 55,1–60,0 | – | – | – | – | – | – | 0,570 | 0,330 | 0,100 | – |
| 60,1–65,0 | – | – | – | – | – | – | 0,333 | 0,333 | 0,333 | – |
| 65,1–70,0 | – | – | – | – | – | – | – | 0,250 | 0,500 | 0,250 |
| 70,1–75,0 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | 1,000 |

В ретроспективном периоде размерно-возрастные ключи строились на данных тех лет, в которых материалы по размерному составу и возрастным определениям были наиболее представительны, например, в 2010–2013 гг. для определения возрастного состава использовался ключ 2008–2009 гг. (табл. 3).

Таблица 3. Размерно-возрастной ключ калкана, построенный на материалах ЮгНИРО за 2008–2009 гг. и использованный для получения возрастного состава украинских промысловых уловов в Черном море в 2010–2013 гг.

| SL, см | Возраст, лет | | | | | | | | | |
|-----------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 25,1–30,0 | 1,000 | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 30,1–35,0 | 0,875 | 0,125 | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 35,1–40,0 | 0,129 | 0,558 | 0,285 | 0,028 | – | – | – | – | – | – |
| 40,1–45,0 | – | 0,052 | 0,483 | 0,413 | 0,052 | – | – | – | – | – |
| 45,1–50,0 | – | – | – | 0,100 | 0,900 | – | – | – | – | – |
| 50,1–55,0 | – | – | – | – | 0,500 | 0,500 | – | – | – | – |
| 55,1–60,0 | – | – | – | – | – | 0,956 | 0,044 | – | – | – |
| 60,1–65,0 | – | – | – | – | – | – | 0,917 | 0,083 | – | – |
| 65,1–70,0 | – | – | – | – | – | – | – | 0,909 | 0,091 | – |
| 70,1–75,0 | – | – | – | – | – | – | – | – | 1,000 | – |

Данные о параметрах популяции черноморского калкана (уравнения Берталанфи, естественной смертности и др.) взяты из предшествующих публикаций ЮгНИРО [1, 8, 9]. Для оценки запасов черноморского калкана применяли динамические продукционные модели, реализованные в программе ВНИРО Combi 4.0, которая рекомендована для оценивания запасов приоритетных видов водных биологических ресурсов [10].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Требования к подготовке материалов для оценивания запасов промысловых рыб в международных рыбохозяйственных организациях и в Российской Федерации очень схожи. В общих чертах последовательность изложения результатов нашего оценивания запасов калкана в прилегающих к побережью Крыма водах Черного моря на основе динамических продукционных моделей соответствует принятым во ВНИРО.

Единицы запаса. Калкан в российских водах Черного моря представлен двумя локальными популяциями, смешивающимися в смежных зонах. Самая мощная из них — «Западная» — распределяется в Крымском секторе моря, в котором находится ее ядро, а за пределами российских вод — в водах Украины и Румынии. «Северо-восточная», или «Восточная» популяция практически полностью распределяется в водах Российской Федерации — вдоль берегов Краснодарского края (далее Кубани) и в Крымском секторе Черного моря (ее ядро находится на участке шельфа от г. Анапы до г. Феодосии). Особи из этих двух популяций характеризуются очень сходным размерно-возрастным составом, биологическими особенностями, популяционными параметрами и естественной смертностью [11]. Западная популяция калкана облавливается, главным образом, крымскими, Восточная — кубанскими рыбаками.

Выделение вышеуказанных популяций было сделано еще в 1950-х гг. по данным морфометрии [12]. Их статус и границы ареалов могут быть уточнены после завершения популяционно-генетических исследований камбалы-калкан, которые в настоящее время проводит Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО».

До 2018 г. включительно Росрыболовство выделяло единый объем рекомендованного вылова (далее — РВ) калкана в водах Черного моря, находящихся под юрисдикцией Российской Федерации. На 2019 г. объем РВ впервые был разделен на две части по границе, проходящей к востоку (далее — «кавказская» часть) и западу (далее — «крымская» часть) от меридиана 36°35'00" в. д. Такое деление полностью

соответствует нормам ст. 40.1 «и» Правил рыболовства для Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна, по-разному регламентирующих количество орудий лова на судно/пользователя при промысле камбалы-калкан в «кавказской» и «крымской» частях Черного моря. Поэтому рекомендованный объем вылова калкана в российских водах Черного моря определяется отдельно для двух единиц запаса — «кавказской» и «крымской». В некоторой степени разбиение российского ресурса черноморского калкана имеет под собой биологический смысл: «кавказская» единица запаса полностью представлена камбалой Восточной популяции, а «крымская» единица запаса сформирована преимущественно рыбой, входящей в Западную популяцию калкана.

Доступное информационное обеспечение и обоснование выбора методов оценки запаса. Основой информационного обеспечения являются материалы о размерной, возрастной и весовой структуре промысловых уловов камбалы-калкан из ставных сетей в районе Крыма, усредненные для периода 2015–2018 гг., статистика крымского вылова камбалы-калкан, количество промысловых усилий (донных ставных одностенных сетей с шагом ячеи 180–200 мм) и уловов на единицу промыслового усилия в 2000–2018 гг., ранее определенные ЮГНИРО значения параметров уравнения Берталанфи и оценки коэффициента ее естественной смертности (табл. 4–7). Используются также материалы, собранные в морских экспедициях, включая учетные траловые съемки ЮГНИРО и АзНИИРХ, и материалы опубликованных отчетов EWG STECF, формально относящиеся к запасу камбалы-калкан в целом по Черному морю [13].

Особое внимание уделялось мониторингу сетевого промысла камбалы-калкан в основных районах ее промысла — в северо-западной части Черного моря, у Южного берега Крыма и в северо-восточной части моря.

Таблица 4. Годовой вылов (С, т), число промысловых усилий (Е, ×10 сетей) и уловы на единицу промыслового усилия (CPUE, т/10 сетей) черноморского калкана в районах между меридианом 36°35'00" в. д. и меридианом, проходящим через м. Сарыч («Восток»), и к западу от меридиана, проходящего через м. Сарыч («Запад»), в украинских (2000–2013 гг.) и российских (2014–2018 гг.) водах Черного моря

| Год | С | | | | | | Е | CPUE |
|-------|--------------|-------------|-------------------|------------------|--|--------------|------|-------|
| | «Восток», РФ | «Запад», РФ | «Восток», Украина | «Запад», Украина | Всего «Восток» и «Запад», РФ и Украина | В т. ч. Крым | | |
| 2000 | – | – | 4 | 76 | 80 | 67 | 261 | 0,436 |
| 2001 | – | – | 6 | 123 | 129 | 111 | 638 | 0,174 |
| 2002 | – | – | 5 | 99 | 104 | 75 | 406 | 0,184 |
| 2003 | – | – | 6 | 118 | 124 | 93 | 528 | 0,177 |
| 2004 | – | – | 7 | 126 | 133 | 95 | 518 | 0,184 |
| 2005 | – | – | 6 | 123 | 129 | 98 | 1093 | 0,089 |
| 2006 | – | – | 8 | 154 | 162 | 106 | 951 | 0,111 |
| 2007 | – | – | 11 | 205 | 216 | 144 | 1148 | 0,125 |
| 2008 | – | – | 12 | 239 | 251 | 177 | 1148 | 0,154 |
| 2009 | – | – | 16 | 247 | 263 | 175 | 918 | 0,190 |
| 2010 | – | – | 41 | 166 | 207 | 129 | 1040 | 0,124 |
| 2011 | – | – | 25 | 211 | 236 | 153 | 1040 | 0,147 |
| 2012 | – | – | 18 | 223 | 241 | 144 | 1040 | 0,139 |
| 2013 | – | – | 17 | 176 | 193 | 114 | 1040 | 0,110 |
| 2014 | 9 | 80 | – | 102 | 191 | 89 | 450 | 0,198 |
| 2015 | 12 | 64 | – | 89 | 165 | 76 | 450 | 0,170 |
| 2016 | 29 | 161 | – | 140 | 330 | 190 | 1050 | 0,181 |
| 2017 | 37 | 211 | – | н/д | 248 | 248 | 1188 | 0,209 |
| 2018* | 96 | 295 | – | н/д | 390 | 295 | 1083 | 0,205 |

Примечание: * В колонке «Восток», РФ дан полный вылов кубанских рыбодобывающих организаций, в колонке «Запад», РФ — полный вылов крымских рыбодобывающих организаций к западу от меридиана 36°35'00" в. д.

Таблица 5. Размерная структура крымского вылова по группам длины (численность C , тыс. шт.) и средневзвешенная масса особей (w_{cp} , кг) калкана в российских водах Черного моря в 2015–2018 гг.

| Длина (SL, см) | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
|----------------|----------|--------|--------|--------|
| | C | | | |
| 21–25 | 1,509 | 1,063 | – | – |
| 26–30 | 1,277 | 1,063 | – | – |
| 31–35 | 7,883 | – | – | 0,315 |
| 36–40 | 22,290 | 3,809 | 12,094 | 10,244 |
| 41–45 | 11,994 | 29,057 | 41,662 | 48,198 |
| 46–50 | 8,638 | 19,574 | 30,978 | 34,919 |
| 51–55 | 4,456 | 7,971 | 8,560 | 12,928 |
| 56–60 | 1,046 | 4,095 | 3,830 | 3,628 |
| 61–65 | 0,333 | 0,967 | 1,250 | 1,028 |
| 66–70 | – | 0,531 | 0,131 | 0,711 |
| 71–75 | – | – | – | 0,578 |
| Длина (SL, см) | w_{cp} | | | |
| 21–25 | 0,445 | 0,200 | – | – |
| 26–30 | 0,528 | 0,388 | – | – |
| 31–35 | 0,751 | – | – | 0,988 |
| 36–40 | 0,938 | 1,932 | 1,853 | 1,912 |
| 41–45 | 2,197 | 2,678 | 2,316 | 2,725 |
| 46–50 | 2,623 | 3,536 | 3,162 | 3,673 |
| 51–55 | 3,233 | 4,779 | 4,382 | 5,083 |
| 56–60 | 3,810 | 5,666 | 5,175 | 6,960 |
| 61–65 | 7,300 | 7,101 | 5,849 | 7,615 |
| 66–70 | – | 7,200 | 11,500 | 8,099 |
| 71–75 | – | – | – | 10,707 |

Таблица 6. Возрастная структура крымского вылова по группам длины (численность C , тыс. шт.) и средневзвешенная масса особей (w_{cp} , кг) калкана в российских водах Черного моря в 2014–2018 гг.

| Возрастной класс, лет | 2014* | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | C | | | | |
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | – | – | 0,413 | – | – |
| 2 | 0,203 | 0,567 | 0,413 | 1,345 | – |
| 3 | 0,517 | 11,767 | 12,560 | 1,356 | 0,105 |
| 4 | 8,814 | 15,678 | 50,023 | 20,050 | 1,678 |
| 5 | 11,135 | 18,268 | 53,323 | 24,666 | 10,690 |
| 6 | 8,671 | 7,677 | 16,251 | 26,353 | 34,254 |
| 7 | 10,439 | 2,510 | 4,757 | 34,013 | 20,774 |
| 8 | 0,913 | 2,203 | 1,441 | 4,958 | 30,063 |
| 9 | 0,556 | 1,596 | 1,300 | 1,242 | 10,135 |
| 10 | – | 0,763 | 0,214 | – | 2,997 |
| 11 | – | 0,638 | 0,214 | – | 1,062 |
| 12 | – | 0,300 | 0,214 | – | 0,788 |
| 13 | – | 0,438 | 0,199 | – | – |
| 14 | – | 0,063 | 0,142 | – | – |
| 15 | – | 0,063 | 0,071 | – | – |

Таблица 6 (окончание)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-----------------------|-----------|-------|-------|-------|--------|
| Возрастной класс, лет | $w_{cp.}$ | | | | |
| 1 | – | – | 0,312 | – | – |
| 2 | 0,628 | 0,401 | 0,509 | 0,510 | – |
| 3 | 1,388 | 0,889 | 0,947 | 1,105 | 0,985 |
| 4 | 1,700 | 1,077 | 1,251 | 1,489 | 1,885 |
| 5 | 2,347 | 1,461 | 1,617 | 1,887 | 2,309 |
| 6 | 3,126 | 1,997 | 2,112 | 2,475 | 2,649 |
| 7 | 3,405 | 2,210 | 2,672 | 3,213 | 3,097 |
| 8 | 4,381 | 2,862 | 3,591 | 4,422 | 3,861 |
| 9 | 4,301 | 3,365 | 4,655 | 6,426 | 5,524 |
| 10 | ... | 4,064 | 5,980 | – | 6,319 |
| 11 | ... | 5,342 | 5,989 | – | 7,783 |
| 12 | ... | 5,329 | 7,518 | – | 10,058 |
| 13 | ... | 6,222 | 8,133 | – | – |
| 14 | ... | 7,345 | 9,000 | – | – |
| 15 | – | 8,741 | 9,100 | – | – |

Примечание: * Возраст 9 является плюс группой, включающей возраста 9–14

Таблица 7. Биологические показатели калкана у крымского побережья Черного моря в 2014 г. и ретроспективном периоде по оценкам ЮгНИРО [1, 8, 9]

| Параметры роста в уравнении Берталанфи, коэффициенты зависимости длина-масса и естественной смертности | Год, район | | | |
|--|---|--|--|---|
| | 1975–1985, воды Черного моря у побережья СССР | 1989–1990, воды Черного моря у крымского побережья | 2014, российские воды Черного моря к востоку от м. Сарыч | 2014, российские воды Черного моря к западу от м. Сарыч |
| L_{inf} (SL) | 74,0 | 77,1 | 74,0 | 81,4 |
| K | 0,106 | 0,130 | 0,136 | 0,188 |
| t_0 | -1,73 | -0,881 | -1,730 | -1,730 |
| a | – | – | 0,000216 | 0,002200 |
| b | – | – | 2,48 | 1,94 |
| M | – | – | 0,136 | 0,110 |

Уровень информационного обеспечения «крымской» единицы запаса черноморского калкана довольно высокий: для периода 2000–2018 гг. имеются исторические ряды уловов крымских рыбодобывающих организаций, возрастного состава уловов, уловов на единицу промыслового усилия, темпа весового роста и полового созревания (по возрасту и классам длины рыбы), среднее и распределенное по возрастным группам значения коэффициента естественной смертности. Однако крайне низкая численность возрастных определений калкана по отдельным годам, особенно в 2010–2011, 2014–2015, 2018 гг. (см. табл. 1), не позволяет построить надежные непрерывные ряды данных по его возрастному составу в крымских водах. В 2014–2018 гг. такая ситуация сложилась в связи с тем, что взятие отолитов для определения возраста калкана было возможно только из научно-исследовательских уловов учетных траловых съемок, а количество вылавливаемой камбалы в каждой траловой съемке у побережья Крыма в последние годы обычно не превышало 10–12 экз. Небольшое количество прямых возрастных определений калкана из крымских уловов вынуждало при построении возрастных ключей использовать преимущественно данные из кавказских уловов.

В 1960–1980-х гг. запас калкана в водах Черного моря, прилегающих к берегам бывшего СССР, определялся различными методами — площадным методом по данным ежегодных учетных траловых съемок, по данным мечения и методом виртуально-популяционного анализа [14]. В последующие после распада СССР годы, в «украинский период» Крыма в целом и ЮгНИРО в частности, из-за сокращения объема возрастных определений у черноморского калкана среди аналитических методов оценки его запаса основным методом стал анализ когорты длины Джонса [15] (далее — LCA).

После вхождения Республики Крым в состав Российской Федерации ФГБНУ «ЮгНИРО» продолжил использование метода LCA, а с 2017 г. для оценки запаса и обоснования РВ калкана в российских водах Черного моря Керченский филиал («ЮгНИРО») ФГБНУ «АзНИИРХ» в качестве основного метода стал применять производственные модели, реализуемые в программе Combi 4.0. Выполненный Азово-Черноморским филиалом ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ») в 2019 г. анализ имеющихся в наличии промыслово-биологических данных свидетельствует о возможности проведения только ограниченного аналитического оценивания «крымской» единицы запаса черноморского калкана, поскольку информационная обеспеченность этого вида рыб соответствует II уровню. Основанием для применения по отношению к калкану производственных моделей и программы Combi 4.0 является включение этого метода в число рекомендованных ВНИРО [10] и наличие у Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ») полноценных материалов по мониторингу уловов на единицу усилия при сетном промысле калкана в 2000–2018 гг. в крымских водах, т. е. в ядре промыслового ареала этой рыбы.

Прежде чем перейти к дальнейшему описанию оценивания запаса калкана в прилегающих к побережью Крыма водах на основе динамических производственных моделей, стоит уделить немного внимания информационному обеспечению аналитического оценивания на региональном уровне. Как уже было отмечено выше, при региональном оценивании калкана совместно анализируются структурированные по возрасту временные ряды промыслово-биологических данных стран Причерноморья. Даже если не принимать во внимание возможное существование различных единиц запаса калкана, предполагающее их раздельное оценивание, такие ряды (по вылову, средней массе рыб, созреванию и др.) сформированы с многочисленными допущениями. Например, в 1989–2001 гг. данные о возрастном составе уловов калкана в водах Болгарии, Румынии и Турции отсутствовали, и они были приняты по соответствующим данным исследований ЮгНИРО в водах бывшего СССР и Украины. По российским данным о возрастном и весовом составе уловов калкана в 2015 и 2016 гг. в эти годы было осуществлено формирование временных рядов в водах Грузии (юго-восточный район моря), а в 2015 г. — и Украины (северо-западный район моря, в котором была обследована всего одна особь калкана).

Пробелам в обеспечении регионального оценивания черноморских живых ресурсов в отчете EWG STECF 12-15 [16] посвящен специальный раздел 8, в котором выделены четыре проблемы:

- низкое качество исходных данных из-за недостаточности обследований в рамках мониторинга промысла и числа научных съемок;
- расхождения в определениях возраста калкана и других рыб экспертами разных стран Причерноморья;
- недостаточные знания о единицах запаса;
- отсутствие надежных основ оценки и стандартизации промысловых усилий и уловов на единицу усилия рыболовных флотов стран Причерноморья.

Перечисленные проблемы по состоянию на начало 2019 г. остались нерешенными. Это дает основание не доверять региональным оценкам состояния запасов калкана во второй половине 2010-х гг., выполненным SGSABS на модели SAM, и сомневаться в обоснованности некоторых решений GFCM по регулированию промысла этой рыбы в Черноморском регионе (например, Recommendation GFCM/41/2017/4). По нашему мнению, дальнейшее использование структурированных по возрасту моделей для регионального оценивания черноморского калкана некорректно, пока не будут решены перечисленные выше проблемы.

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла. Исторически целевой промысел черноморского калкана у берегов Крымского полуострова осуществлялся ставными донными сетями с длиной сети

не более 75–100 м и шагом ячеи 180–200 мм. С 1950 г. был разрешен целевой промысел калкана донными тралами в черноморских водах бывшего СССР, получивший распространение в северо-восточной части Черного моря и у берегов Северного Кавказа [17]. В 1951–1952 гг. годовые уловы калкана судами типа СРТ, преимущественно на Анапской банке, составляли 540–605 т. В течение короткого промежутка времени (1951–1953 гг.) произошел существенный перелов калкана, что привело к сокращению биомассы его запаса и вылова, и в 1954 г. траловый лов был закрыт.

Начиная с 1970-х гг., в международных (нейтральных) водах Черного моря за пределами прибрежной 12-мильной зоны, в основном в северо-западной части моря, Турция интенсифицировала траловый и сетной промысел камбалы-калкан. Годовые уловы Турции достигали 4 тыс. т, при этом основная часть вылова приходилась на нейтральные шельфовые воды, которые прилегали к берегам бывшего СССР [18] и впоследствии вошли в его Исключительную экономическую зону (ИЭЗ).

С 1985 г., в связи предстоящим разделом Черного моря на ИЭЗ, Турция прекратила лов калкана в международных водах, однако к этому времени запасы Западной и Восточной популяций калкана оказались подорванными. Приказом Минрыбхоза СССР № 64 от 31.01.1986 г. был введен полный запрет на промысел калкана в своих водах, к которому вскоре присоединились Болгария и Румыния, но отказалась присоединиться Турция. Полный запрет на промысел черноморского калкана в украинских водах Черного моря, в т. ч. у берегов Крыма, просуществовал до 1992 г. [19].

Согласно прямым оценкам ЮгНИРО по учетным траловым съемкам, не связанным с промыслом, биомасса калкана в районе Крыма в сравнении с 1992–1995 гг., незначительно увеличилась в 1996–2007 гг. Проведенные траловые съемки свидетельствовали об относительно стабильном уровне биомассы черноморского калкана в водах Украины и Крыма в 2000-х гг., однако величина этого запаса (около 10 тыс. т при принятом коэффициенте уловистости трала 0,15) оценивалась приблизительно вдвое ниже в сопоставлении с аналогичными оценками 1970-х гг. [14].

В 2000–2018 гг. крымский вылов черноморского калкана находился в диапазоне 75–295 т (см. табл. 4). Положительный тренд крымского вылова калкана в 2000–2009 гг. в 2010–2013 гг. сменился на отрицательный, предположительно в связи с чрезмерной эксплуатацией Западной популяции, главным образом, ННН-промыслом [11].

Хотя в 2014–2015 гг. с вхождением Республики Крым в состав Российской Федерации охрана крымских вод в значительной мере усилилась, спад вылова калкана продолжился, теперь уже из-за сокращения затрачиваемых промысловых усилий. В 2014 г. снижение количества промысловых усилий и крымского вылова произошло по организационным причинам переходного периода, а в 2015 г. — в связи с несовершенством нормативной базы (прибрежный промысел калкана был невозможен из-за отсутствия рыбопромысловых участков у берегов Крыма). В результате этого, в 2015 г. его основной вылов был получен в ИЭЗ России, где лов сетями осуществлялся вне границ рыбопромысловых участков, но очень небольшим числом промысловых судов.

В 2016–2018 гг. крымский промысел черноморского калкана проходил как в прибрежной 12-мильной зоне, так и в ИЭЗ Российской Федерации, при этом число ставных сетей относительно 2014–2015 гг. увеличилась более чем вдвое. В эти годы благодаря увеличению интенсивности промысла и высоким уловам на усилие вылов калкана в районе Крыма стал максимальным в рассматриваемом периоде. По данным мониторинга промысла, структура уловов калкана в ставных сетях в 2018 г. и в предшествующем году в общих чертах была схожей, но имела некоторые различия. В северо-западном районе, в котором добывается основное количество этой рыбы, наблюдалось увеличение доли младших возрастных групп предполнения и пополнения (т. е. впервые созревающих рыб длиной менее 40 и 40–45 см) и сокращение крупных рыб старших возрастов; особенно это было заметно по мартовским уловам (рис. 1).

В северо-восточном районе в весенних сетных уловах 2018 г. доля впервые созревающих особей калкана, напротив, была ниже, чем в 2017 г. (рис. 2). В целом же структура уловов родительского запаса калкана в северо-западном и северо-восточном районах была очень сходной.

Крымские уловы на единицу промыслового усилия в 2018 г. практически остались на уровне 2017 г. (в среднем 0,205 т/10 сетей при разбросе от 0,0175 до 0,5025 т/10 сетей). Наименьшие уловы на усилие отмечены в районе Южного берега Крыма (не выше 0,1125 т/10 сетей), наибольшие — в районе от

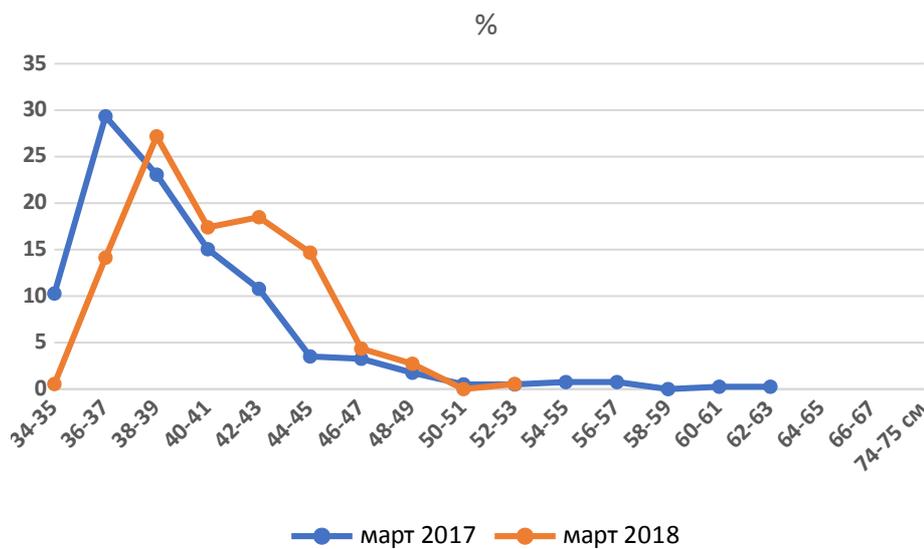


Рис. 1. Размерная структура сетных уловов калкана в северо-западном районе Черного моря у берегов Крыма в марте 2017–2018 гг.

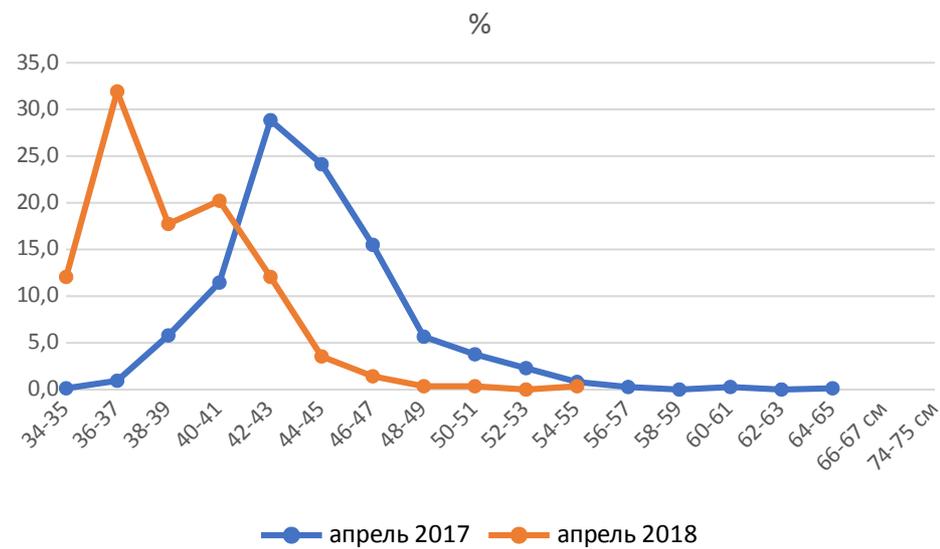


Рис. 2. Размерная структура сетных уловов калкана в северо-восточном районе Черного моря у берегов Крыма в апреле 2017–2018 гг.

Севастополя до м. Сарыч (до 0,5025 т/10 сетей). В ИЭЗ и в территориальном море России северо-западного района Черного моря средние нагрузки на 10 сетей приближались к среднему показателю по Крыму.

Подход EWG STECF и SGSABS при аналитическом оценивании состояния запаса калкана имеет существенный изъян: запас оценивается в целом для региона Черного моря путем механистического объединения и совместного анализа промыслово-биологических данных, относящихся к разным локальным единицам запаса, состоящим из рыб с сильно различающимися темпами линейно-весагого роста, естественной и промысловой смертности, с кардинально различной возрастной структурой. Так, в последние годы у берегов Турции самки калкана начинают созревать в возрасте 1+, а в массе — уже в возрасте двух лет при абсолютной длине 20,3 см [20] (приблизительно соответствует стандартной длине $SL=20$ см), тогда как в российских водах половозрелость самок наступает не ранее 3-летнего возраста, в массе — по достижении четырех лет при вдвое большей длине ($SL=40,1$ см) [21].

В период с середины 1970-х и до конца 2000-х гг., когда происходила чрезмерная эксплуатация почти всех локальных запасов калкана, региональные оценки EWG STECF на объединенных данных стран

Причерноморья, свидетельствующие о неблагоприятном состоянии этой рыбы, были достаточно объективными и по отношению к «Западной» популяции, хотя они преимущественно отражали крайне неблагоприятное состояние калкана в турецких водах, в которых чрезмерно интенсивный специализированный промысел проводился как ставными сетями, так и донными тралами. Дело в том, что «вес» турецких материалов в общем массиве анализируемых данных был пропорционален доле вылова калкана у берегов Турции в региональном вылове: в 1990–1999 гг. он соответствовал 88,9–99,3 %, в 2000–2009 гг. — 46,8–94,6 %. Даже в 2010–2015 гг., когда доля турецкого вылова сократилась до 29,8–47,7 %, на региональные оценки по-прежнему существенно влияли материалы Турции, включая данные турецких учетных траловых съемок, использовавшиеся для тюнинга модели SAM. Неудивительно, что такие оценки EWG STECF и SGSABS свидетельствовали о «перелове» и «истощении» запаса калкана в целом по Черному морю, хотя они слабо отражали состояние запасов на северо-западном шельфе моря у берегов Крыма.

Показательно, что на декабрьском заседании SGSABS в 2017 г. (г. Батуми, Грузия) результаты региональной оценки состояния запаса черноморского калкана на модели SAM в очередной раз продемонстрировали неправдоподобно завышенные значения промысловой смертности. В результате обсуждения эксперты Причерноморских стран склонились к необходимости особой оценки калкана по ранее выделенным единицам запаса (по крайней мере в водах Российской Федерации и Украины), и представители ГКРС были вынуждены согласиться с этим, но посчитали возможным производить такое оценивание только со следующего 2018 г.

Определение биологических ориентиров и правила регулирования промысла (ПРП). Обоснование ПРП «крымской» единицы запаса на продукционных моделях производилось моделированием, реализованным в программе VNIPO Comb 4.0. В качестве входных данных использованы данные о годовых уловах, промысловых усилиях и уловах на единицу усилий из табл. 4. Первым шагом моделирования являлась проверка наличия отрицательной корреляции между уловом на усилие и усилием; результаты приведены на рис. 3.

Были получены следующие значения коэффициента корреляции (R^2):

- Модель Шефера (Ш): $R^2 = -0,5708$
- Модель Фокса (Ф): $R^2 = -0,5835$
- Модель Пелла-Томлинсона (ПТ): $R^2 = -0,5850$.

Оценка коэффициентов корреляции указывает на наличие отрицательной взаимосвязи между значениями улова на усилие и промысловым усилием для всех трех моделей, что дает возможность проведения дальнейших шагов, предусмотренных программой.

Затем для выбора наиболее подходящей модели (вкладка «Оценка параметров модели») была выполнена предварительная параметризация, включающая ретроспективный анализ с усечением серии данных на 5 лет от терминального года (2018 г.) и отсечением 20 % крайних медианных отклонений.

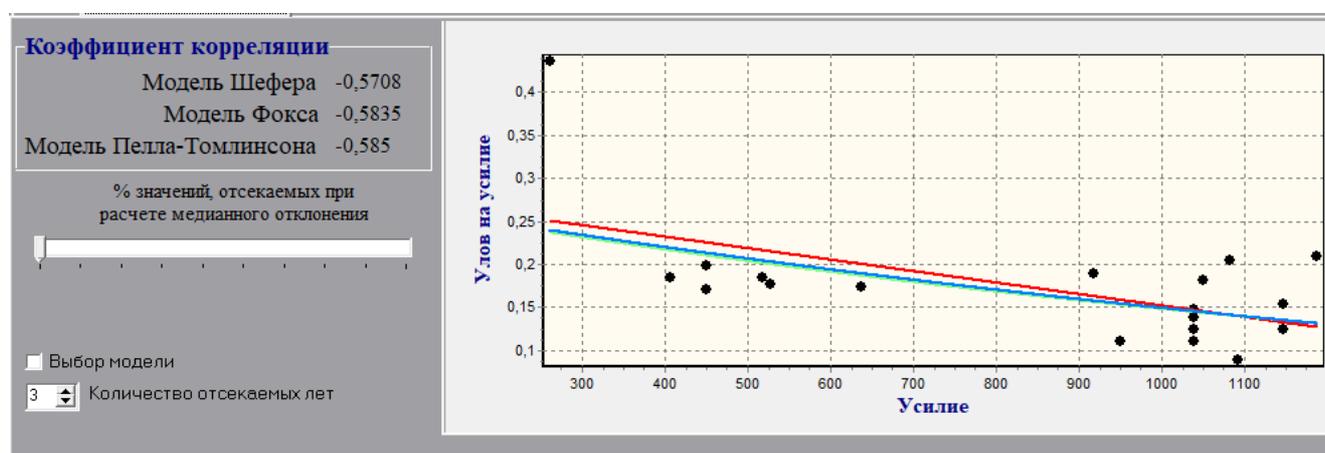


Рис. 3. Корреляция между значениями улова на усилие и промысловым усилием калкана в российских водах Черного моря в 2000–2018 гг.

Результаты, характеризующие предварительную оценку параметров моделей, и график, демонстрирующий ретроспективный прогноз изменения уловов на усилие по отношению к известным значениям уловов на усилие в 2014–2018 гг., представлены в табл. 8 и на рис. 4.

Таблица 8. Оценки параметров моделей для черноморского калкана по результатам предварительной параметризации (пояснения обозначений даны в тексте)

| Модель и вид целевой функции | Предварительные значения параметров моделей | | | |
|------------------------------|---|------|-------|------------|
| | r | K | L | StdDev |
| Шефера СК | 0,68 | 1996 | 0,036 | 0,0 |
| Шефера Лог | 0,68 | 1996 | 0,036 | 0,0 |
| Шефера Мед | 0,66 | 1949 | 0,028 | 0,0 |
| Фокса СК | 0,70 | 1806 | 0,037 | 0,1 |
| Фокса Лог | 0,70 | 1806 | 0,037 | 0,1 |
| Фокса Мед | 0,79 | 1076 | 0,028 | 0,1 |
| Пелла-Томлинсона СК | 0,39 | 2062 | 0,036 | 0,0 |
| Пелла-Томлинсона Лог | 0,39 | 2064 | 0,036 | 0,0 |
| Пелла-Томлинсона Мед | 0,52 | 1962 | 0,028 | 0,0 |

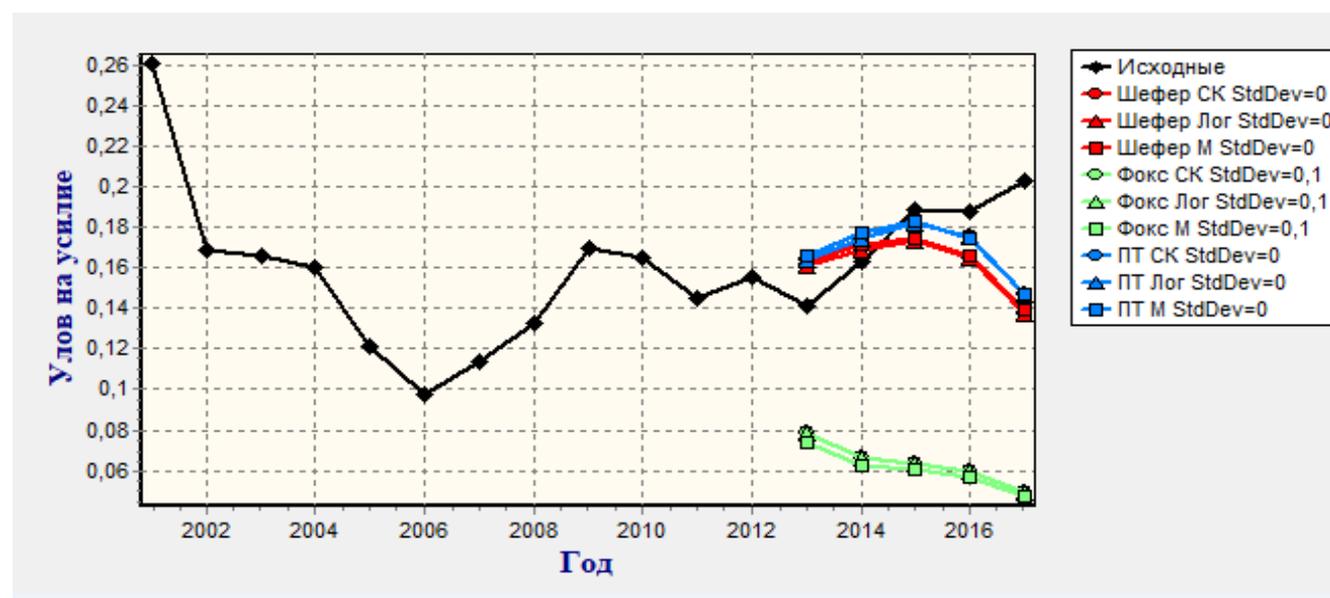


Рис. 4. К выбору одной из трех производственных моделей на основе прогноза ретроспективной усеченной оценки улова на усилие калкана в российских водах Черного моря

Как указано в руководстве к программе Combi 4.0, выбор модели, которая в дальнейшем может быть использована для прогноза, необходимо сделать по наименьшему значению суммарного стандартного отклонения в ретроспективном анализе уловов на усилие (StdDev) и целевой функции L (СК — сумма квадратов отклонений, Лог — логарифмическая сумма квадратов, Мед — медианное отклонение), описывающих степень отклонения модельных значений уловов на единицу усилия от наблюдаемых. Кроме того, необходимо обратить особое внимание на реалистичность оценок параметров, имеющих биологический смысл, таких как уравновешенная девственная биомасса запаса или емкость среды обитания (K) и коэффициент популяционного роста (r).

Рассмотрим приемлемость или неприемлемость (в табл. 8 она помечена жирным шрифтом) каждого из этих показателей.

Суммарное стандартное отклонение в ретроспективном анализе уловов на усилие StdDev. Минимальное значение StdDev=0,0 достигается в моделях Шефера и Пелла-Томлинсона, но оно не позволяет

выбрать ни одну из них. Модель Фокса с $\text{StdDev}=0,1$ по данному показателю неприемлема и исключается из дальнейшего рассмотрения.

Целевая функция L. По возрастанию степени предпочтительности моделей на основании значений L можно построить следующий ряд: Шефера СК и Лог, Пелла-Томлинсона СК и Лог → Шефера Мед, Пелла-Томлинсона Мед.

Емкость среды обитания K. В Combi 4.0 по умолчанию верхний диапазон K задается как стократное значение максимально наблюдаемого вылова в 2000–2018 гг.: $100C_{\text{max}}=29450$ т. Максимальное историческое значение оцененного запаса черноморского калкана в водах, прилегающих к берегам бывшего СССР, $B_{\text{max}}=28000$ т [14]; из этой величины в Крымском секторе ориентировочно распределялось не менее $2/3$ биомассы, т. е. около 19000, и оно составляет 64 % от верхнего диапазона K . По результатам предварительной параметризации размах значений K составил от 1949–1996 (модель Шефера) до 1962–2062 т (модель Пелла-Томлинсона), все они представляются заниженными, при этом более предпочтительными оказываются модели с наиболее высокими значениями K — модели Пелла-Томлинсона СК и Лог.

Коэффициент популяционного роста r. Этот коэффициент у рыб соотносится с такими характеристиками жизненного цикла, как скорость линейного роста (коэффициент k в уравнении Берталанфи), возраст созревания и др. (табл. 9).

Таблица 9. Соотношение биологических показателей в популяциях рыб различной продуктивности (по Musick, 1999 [22])

| Продуктивность запаса | Высокая | Средняя | Низкая | Очень низкая |
|--|---------|-----------|-----------|--------------|
| Коэффициент популяционного роста (r), год ⁻¹ | >0,5 | 0,16–0,50 | 0,05–0,15 | <0,05 |
| Скорость линейного роста (k , параметр уравнения Берталанфи), год ⁻¹ | >0,3 | 0,16–0,30 | 0,05–0,15 | <0,05 |
| Плодовитость, год ⁻¹ | >10000 | 100–1000 | 10–100 | <10 |
| Возраст полового созревания, лет | <1 | 2–4 | 5–10 | >10 |
| Продолжительность жизни, лет | 1–3 | 4–10 | 11–30 | >30 |

Параметр k в уравнении Берталанфи для Западной популяции, которая главным образом формирует «крымскую» единицу запаса калкана, равен 0,188 (средняя продуктивность). По данным В.П. Поповой [12] в 1950-х гг. массовое созревание самок черноморского калкана у берегов бывшего СССР происходило в возрасте 6–7 лет (низкая продуктивность), в 2010-х гг., согласно исследованиям ЮГНИРО и АзНИИРХ, возраст достижения массовой половой зрелости самок у берегов Крыма и Кавказа уменьшился до 4 лет [11, 21] (средняя продуктивность). По плодовитости все популяции черноморского калкана можно отнести к высокопродуктивным, а по продолжительности жизни — к низкопродуктивным.

Обобщая соответствие приведенных выше биологических показателей калкана коэффициенту популяционного роста r , можно заключить, что продуктивность «крымской» единицы запаса этой рыбы более всего соответствует средней, т. е. биологически приемлемый диапазон коэффициента r лежит между 0,16–0,50. В этот диапазон попадают только значения r модели Пелла-Томлинсона СК и Лог при 20 % отсекаемых значений остатков при расчете медианного и двух других (СК и Лог) отклонений. Параметризация при полном наборе данных или же при другом размере отсекаемых значений остатков ни в одном из вариантов не приводит к биологически приемлемому диапазону коэффициента r .

Математический анализ поверхности ошибок в окрестностях глобального минимума целевой функции для модели Пелла-Томлинсона с целевыми функциями СК и Лог дал практически совпавшие результаты (рис. 5).

Следует отметить, что в результате предварительной параметризации параметр q выходит на границу заданного по умолчанию диапазона значений для всех моделей, исключая модель Фокса с медианной целевой функцией (которая хуже остальных моделей соответствует наблюдаемым показателям уловов на усилие при ретроспективном прогнозировании и дает биологически неприемлемые значения параметра популяционного роста r). Как рекомендуют разработчики Combi для таких случаев, был расширен

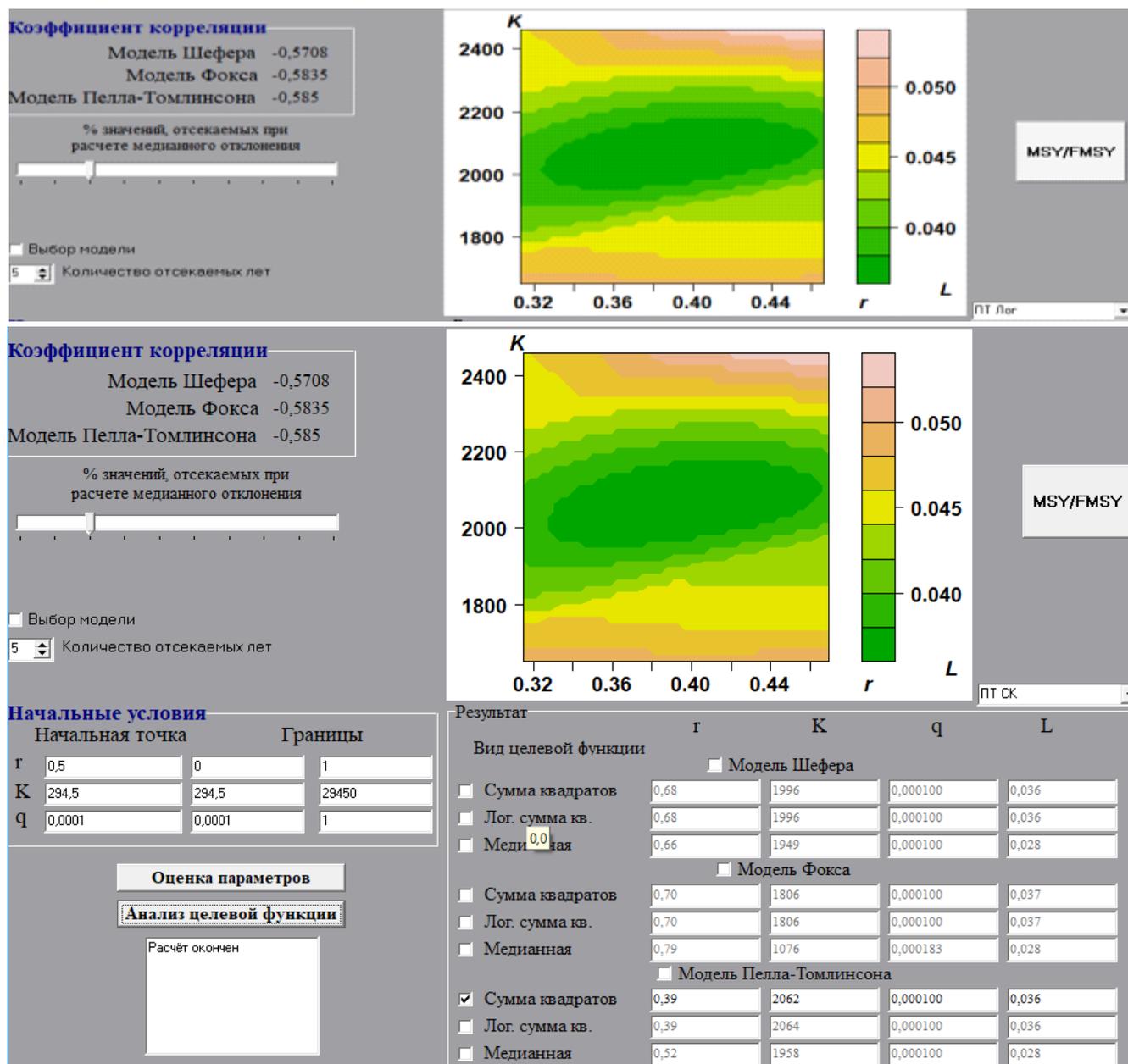


Рис. 5. Анализ целевых функций ПТ СК и ПТ Лог для «крымской» единицы запаса калкана в российских водах Черного моря

диапазон поиска q , но это не изменило ситуацию. Поэтому пришлось принять значение $q=0,000100$ и продолжить дальнейшие этапы моделирования, на одном из которых среди прочих есть опция анализа чувствительности модели, позволяющая оценить, насколько принятое значение q способно повлиять на итоговую оценку биомассы запаса и объема ОДУ/РВ «крымской» единицы запаса калкана.

Как показал выполненный анализ параметров предварительной параметризации моделей, с учетом замечания в предыдущем абзаце наилучшим выбором является модель Пелла-Томлинсона с целевой функцией суммы квадратов или логарифмической суммы квадратов (в табл. 9 — выделение серым маркером). Поскольку целевые функции СК и Лог в модели Пелла-Томлинсона в нашем случае дают одинаковые результаты, при дальнейшей работе с Combi 4.0 (начиная с вкладки «Оценка ориентиров управления») использовалась эта модель с целевой функцией логарифмической суммы квадратов (ПТ Лог), как и при обосновании РВ черноморского калкана на 2019 г. Оценки ориентиров управления, относящиеся к равновесному состоянию системы «запас-промысел», полученные в соответствии с концепцией MSY и принципами предосторожного подхода занесены в табл. 10.

Таблица 10. Оценка биологических ориентиров управления «крымской» единицы запаса калкана при равновесном состоянии системы «запас-промысел» в российских водах Черного моря

| Ориентир | Значение |
|-----------|-----------------|
| MSY | 284,5 т |
| B_{MSY} | 1152,3 т |
| B_{lim} | 115,2 т |
| F_{MSY} | 0,25 |
| E_{MSY} | 2469,4×10 сетей |

значение F_{MSY} очень близко к аналогичному значению в региональных оценках черноморского калкана РГЧМ $F_{MSY}=0,26$ [13].

Для дальнейшего обоснования правила регулирования промысла, на соответствующей вкладке («Коэффициенты эффективности») рассмотрены оценки эффективности для зональных адаптивных и консервативного ПРП на базе линейно-кусочной функции: F_{MSY} линейно-кусочное ПРП — -1,00 (консервативное ПРП= F_{MSY}); F_{MSY} линейно-кусочное ПРП — -0,50; F_{MSY} линейно-кусочное ПРП — -0,25; F_{MSY} линейно-кусочное ПРП — 0,00; F_{MSY} линейно-кусочное ПРП — 0,25; F_{MSY} линейно-кусочное ПРП — 0,50; F_{MSY} линейно-кусочное ПРП — 1,00. Результаты оценок представлены на рис. 7. Наиболее приемлемые оценки эффективности получились для зональной адаптивной линейно-кусочной функции ПРП — 0,00. Время восстановления запаса отсутствует, вероятность снижения биомассы ниже граничной отсутствует полностью (вероятность 0 %), а снижение уловов ниже граничных — маловероятно (вероятность 1 %).

Для расчета биологических ориентиров управления B_{tr} , F_{tr} , E_{tr} были приняты соотношения (по умолчанию вкладки «Оценка ориентиров управления»):

$$B_{tr}=B_{MSY}; E_{tr}=E_{MSY}; B_{lim}=0,1 B_{MSY}.$$

Кривая, характеризующая зависимость улова (продукции) от биомассы запаса при его равновесном состоянии, представлена на рис. 6. Точка на кривой обозначает величину $MSY = 284,5$ т, которая теоретически достигается при запасае $B_{MSY}=1152,3$ т и промысловой смертности на уровне максимального устойчивого улова $F_{MSY}=0,25$. Полученное зна-

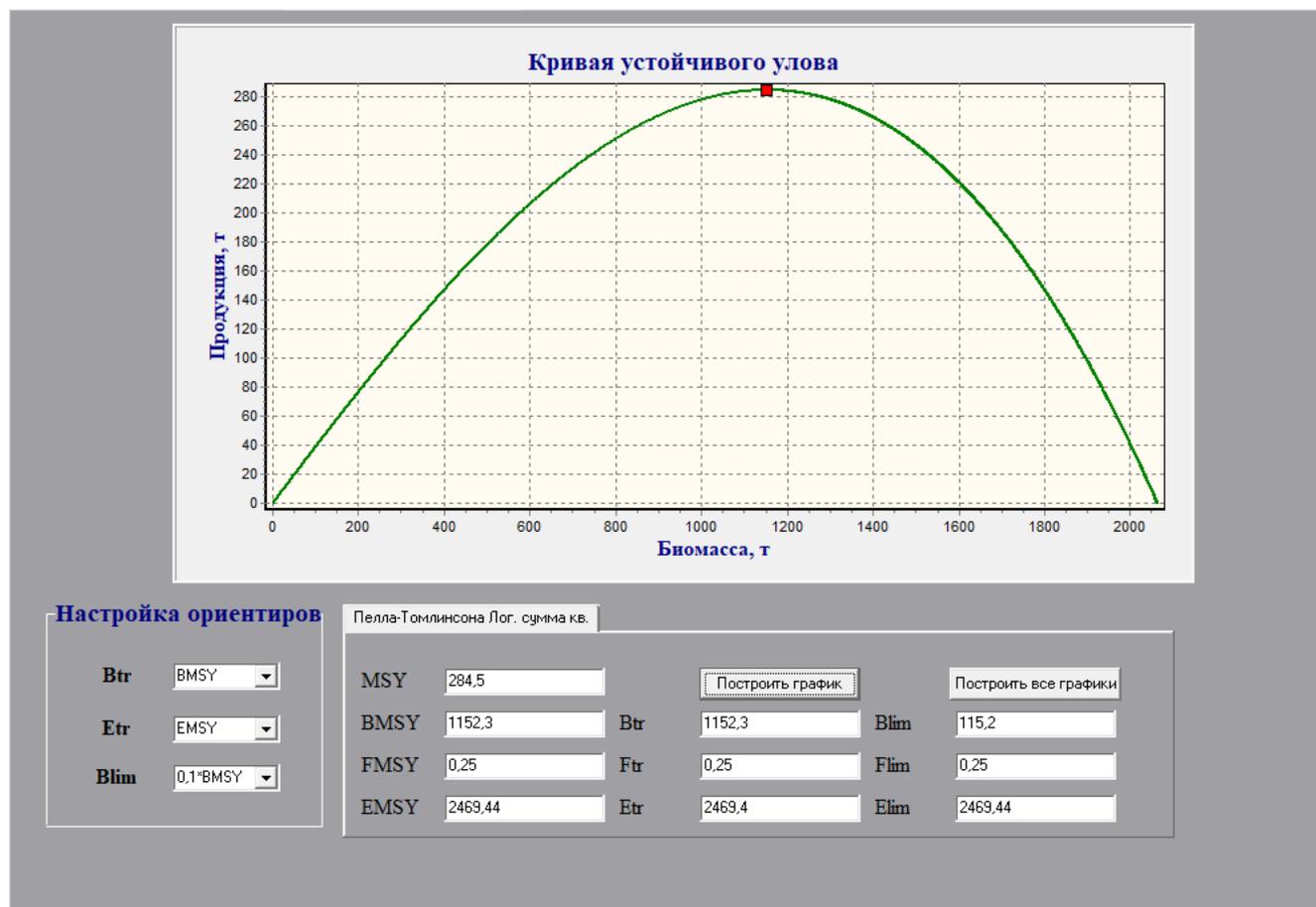


Рис. 6. Кривая устойчивого улова (продукции) от «крымской» единицы запаса калкана в российских водах Черного моря

Значения промысловой смертности и биомассы запаса в 2000–2018 гг. находятся в биологически безопасной зоне (рис. 8). За весь рассматриваемый период максимальное соотношение наблюдаемой промысловой смертности F и F_{MSY} составило $0,12/0,25=0,48$, что свидетельствует об устойчивой эксплуатации «крымской» единицы запаса.

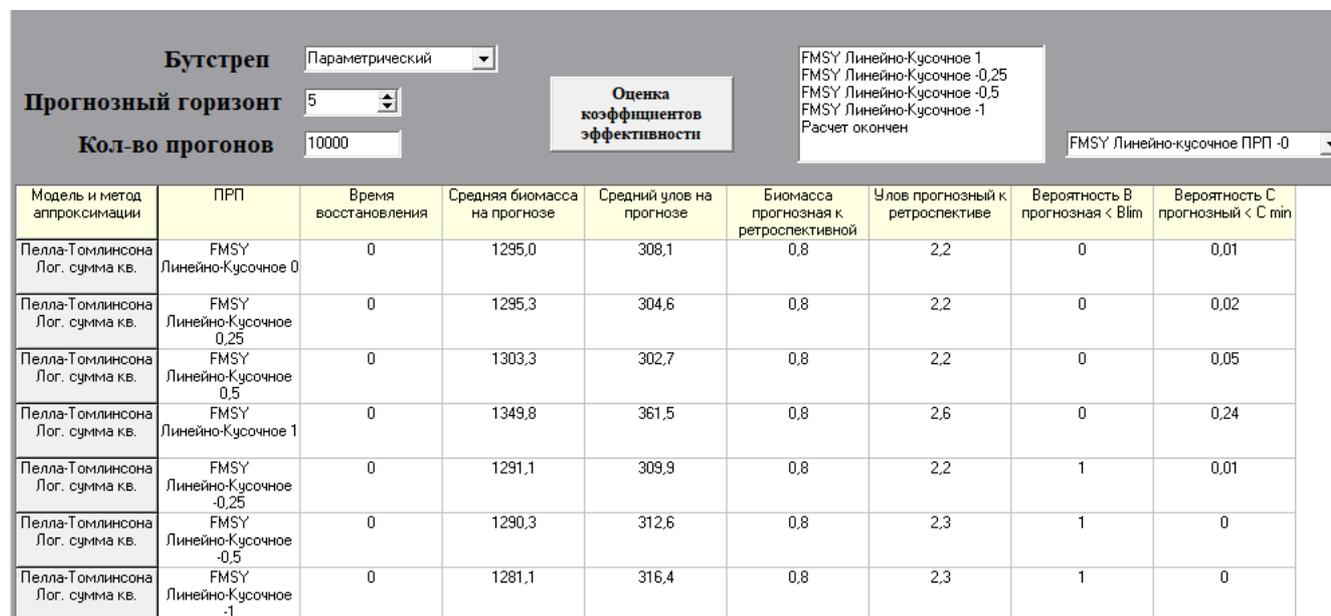


Рис. 7. Коэффициенты эффективности различных ПРП «крымской» единицы запаса калкана в российских водах Черного моря (биомасса и уловы даны в тоннах)



Рис. 8. Правило регулирования промысла «крымской» единицы запаса черноморского калкана: линейно-кусочная функция $F_{MSY} = 0,00$

Прогнозирование состояния запаса на 2020 г. Для прогнозирования состояния «крымской» единицы запаса калкана в период после 2018 г., в программе Combi 4.0 был выбран прогнозный горизонт 5 лет. Графическая интерпретация результатов моделирования, произведенного на продукционной модели Пелла-Томлинсона при реализации линейно-кусочного ПРП — 0,00 представлена на рис. 9, текстовая — на рис. 10.

Полученные результаты свидетельствуют, что при реализации с 2019 г. обоснованных на Combi 4.0 мер управления следовало бы ожидать в 2020 г. снижения запаса калкана в крымских водах Черного моря с 2050 (2018 г.) до 1362 т, что является закономерной целью управления — перевод повышенного уровня биомассы к максимально устойчивому B_{MSY} .

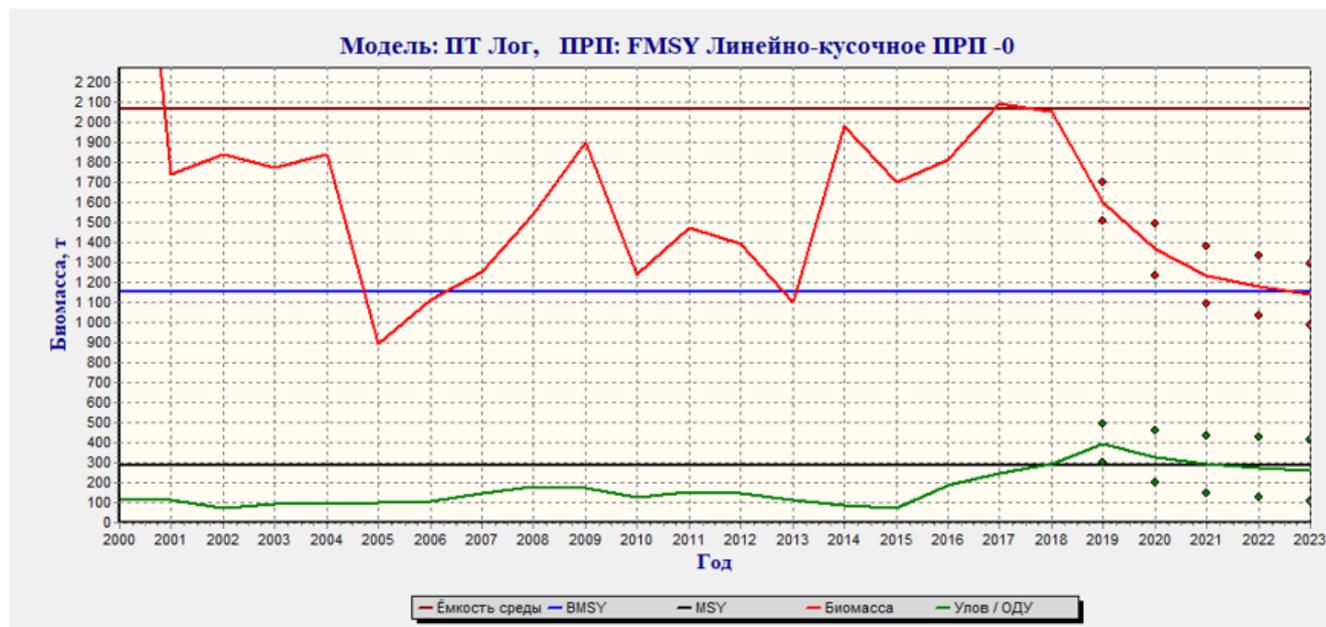


Рис. 9. Биомасса запаса и уловов калкана в российских водах Черного моря (район Крыма) в 2000–2018 гг. и прогноз на 2019–2023 гг. (графический формат)

| ПАРАМЕТРЫ МОДЕЛИ | ГОД | БИОМАССА ЗАПАСА | УЛОВЫ |
|---|------|-----------------|-------|
| Продукционная модель Пелла-Томлинсона, целевая функция: логарифмическая | 2000 | 4360 | 114 |
| r 0,39 | 2001 | 1740 | 110,8 |
| K 2064 | 2002 | 1840 | 74,8 |
| q 0,000100 | 2003 | 1770 | 93,4 |
| Значение целевой функции 0,036 | 2004 | 1840 | 95,2 |
| ОРИЕНТИРЫ УПРАВЛЕНИЯ | 2005 | 890 | 97,7 |
| Управление: FMSY Линейно-кусочное ПРП-0 | 2006 | 1110 | 106 |
| MSY 284,5 | 2007 | 1250 | 143,9 |
| BMSY 1152,3 | 2008 | 1540 | 177 |
| B_{tr} 1152,3 | 2009 | 1900 | 174,7 |
| B_{lim} 0 | 2010 | 1240 | 129,2 |
| EMS _Y 2469,44 | 2011 | 1470 | 152,5 |
| E _{tr} 2469,4 | 2012 | 1390 | 144 |
| FMS _Y 0,25 | 2013 | 1100 | 114 |
| F _{tr} 0,25 | 2014 | 1980 | 88,9 |
| Количество лет прогноза 5 | 2015 | 1700 | 76,4 |
| Интервальная оценка прогнозного значения ОДУ: | 2016 | 1810 | 189,6 |
| 2019 298 - 492 | 2017 | 2090 | 248,4 |
| 2020 201 - 457 | 2018 | 2050 | 294,5 |
| 2021 148 - 435 | 2019 | 1601 | 395 |
| 2022 126 - 424 | 2020 | 1362 | 329 |
| 2023 107 - 415 | 2021 | 1234 | 291 |
| | 2022 | 1180 | 275 |
| | 2023 | 1136 | 261 |

Рис. 10. Биомасса запаса и уловов калкана в российских водах Черного моря (район Крыма) в 2000–2017 гг. и прогноз на 2018–2022 гг. (текстовый формат)

Анализ и диагностика полученных результатов по результатам моделирования. По результатам моделирования на Combi 4.0 «крымской» единицы запаса калкана в российских водах Черного моря, РВ на 2020 г. оценивается в интервале 201–457 т (рис. 10), в качестве окончательной оценки принят центр интервальной оценки, равный **0,329** тыс. т. Эта оценка с вероятностью 90 % попадает в вышеуказанный интервал.

Для проверки адекватности полученных на Combi 4.0 оценок по биомассе запаса и размеру РВ калкана был выполнен анализ чувствительности по отношению к параметрам модели r , K и q при их приращении 10 % (рис. 11), 20 % (рис. 12) и 30 % (рис. 13).

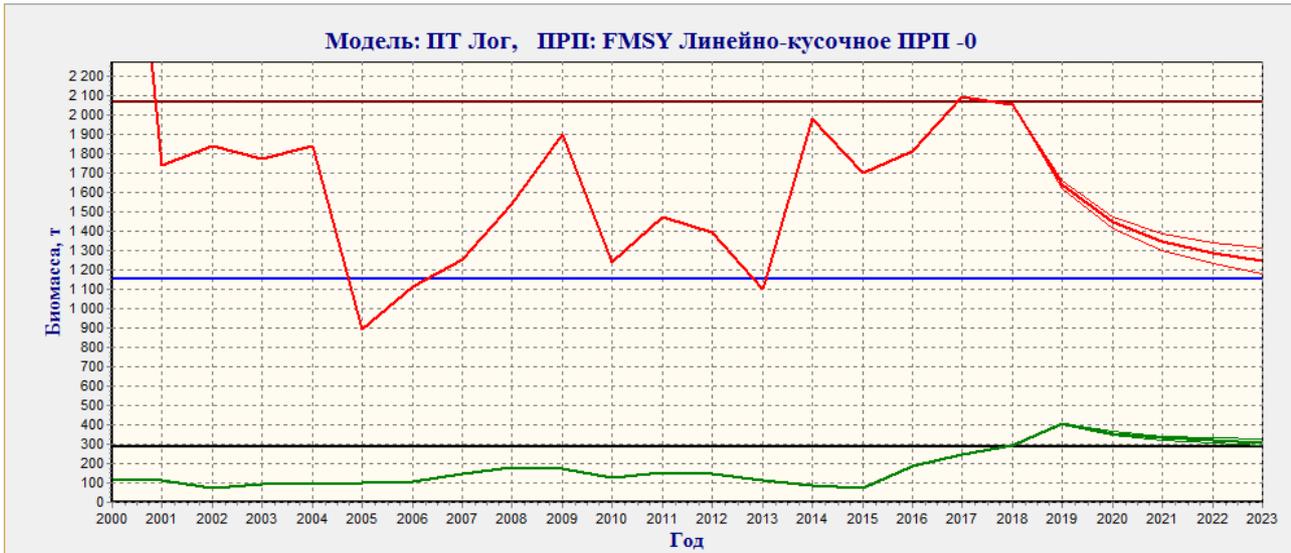
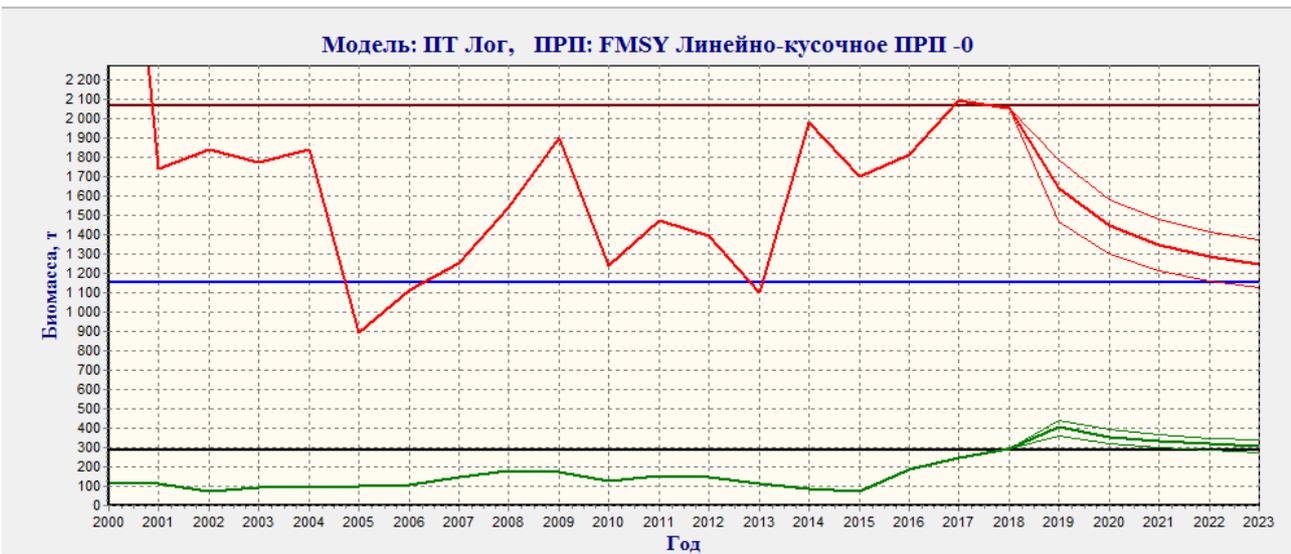
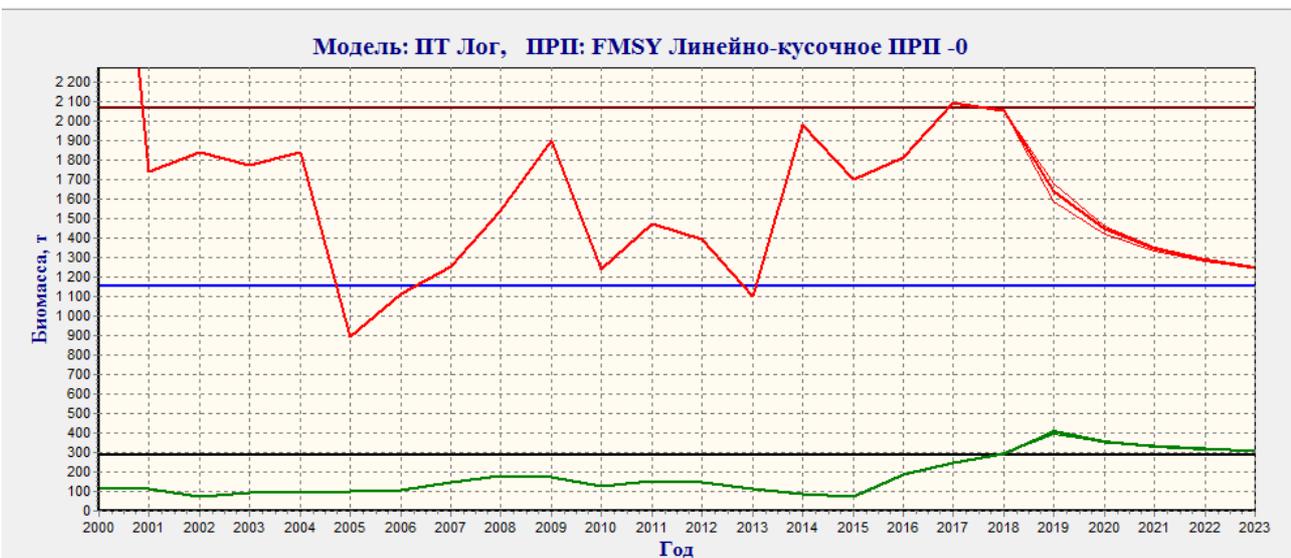
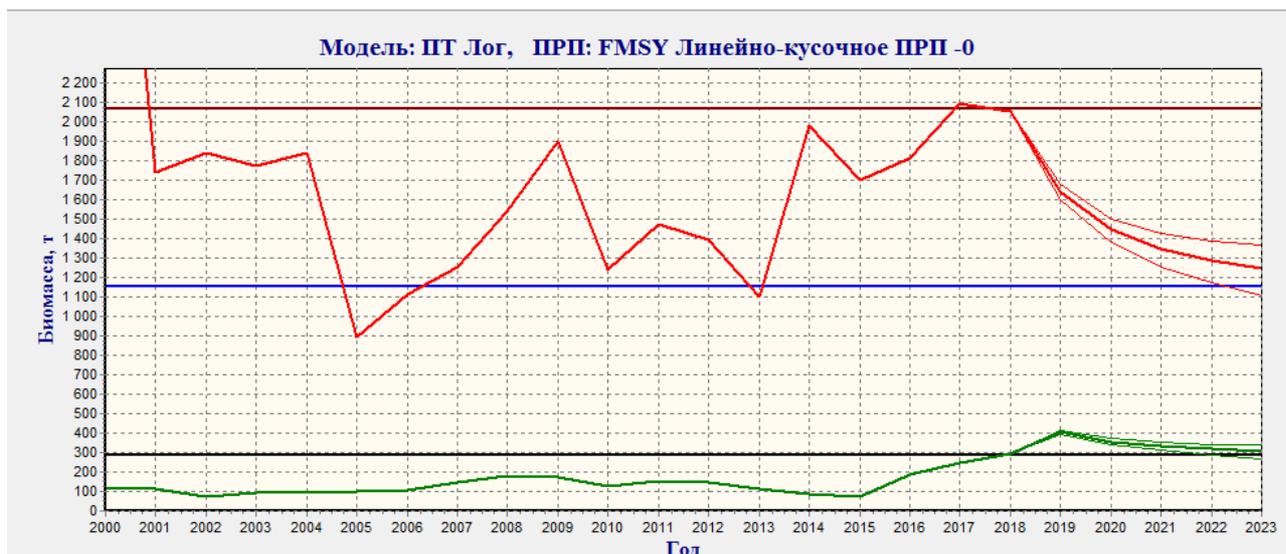
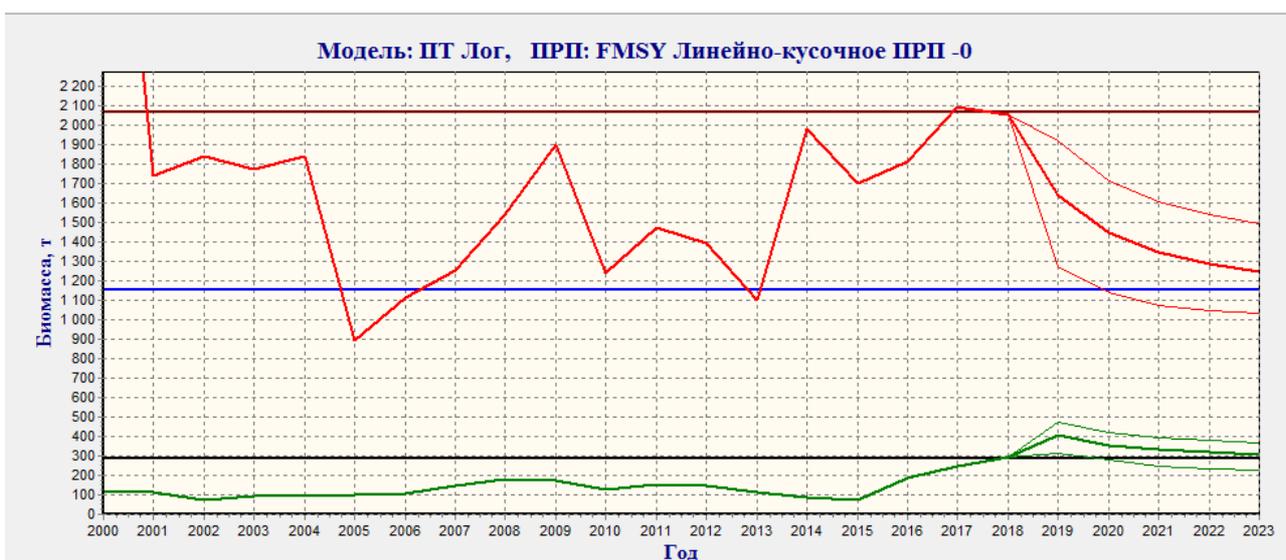
приращение параметра r приращение параметра K приращение параметра q 

Рис. 11. Чувствительность модели при 10%-ном приращении ее параметров

приращение параметра r



приращение параметра K



приращение параметра q

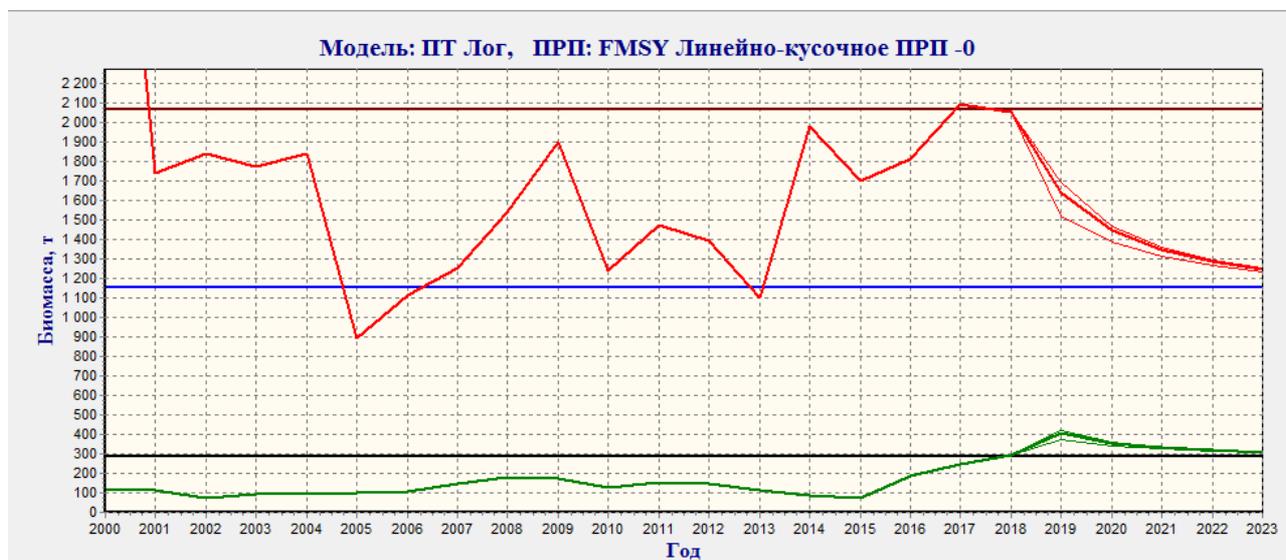


Рис. 12. Чувствительность модели при 20%-ном приращении ее параметров

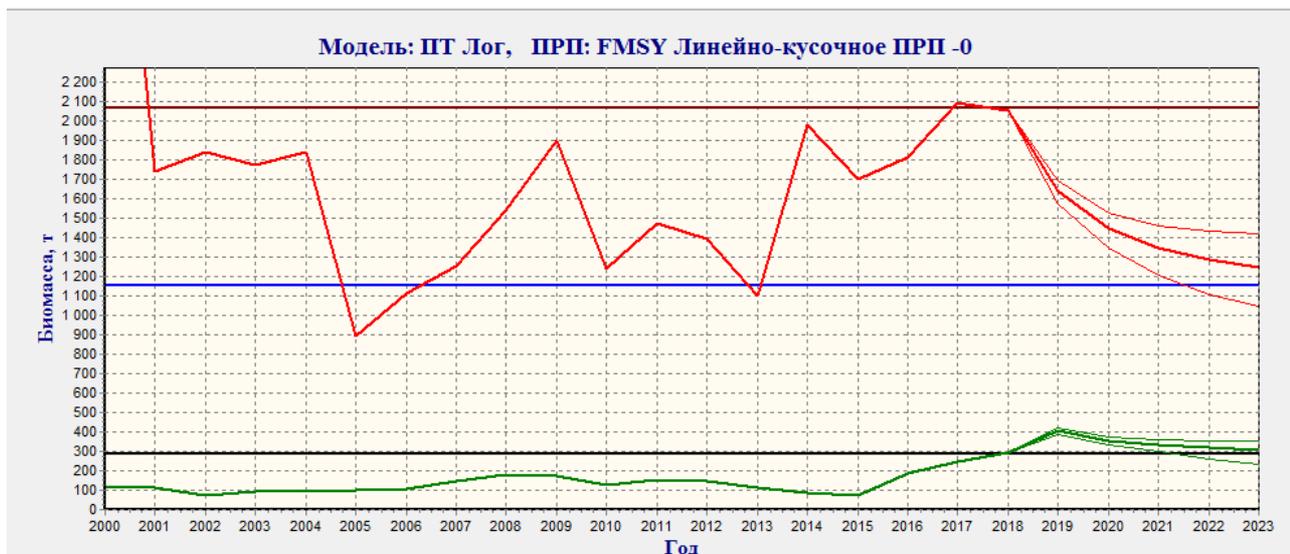
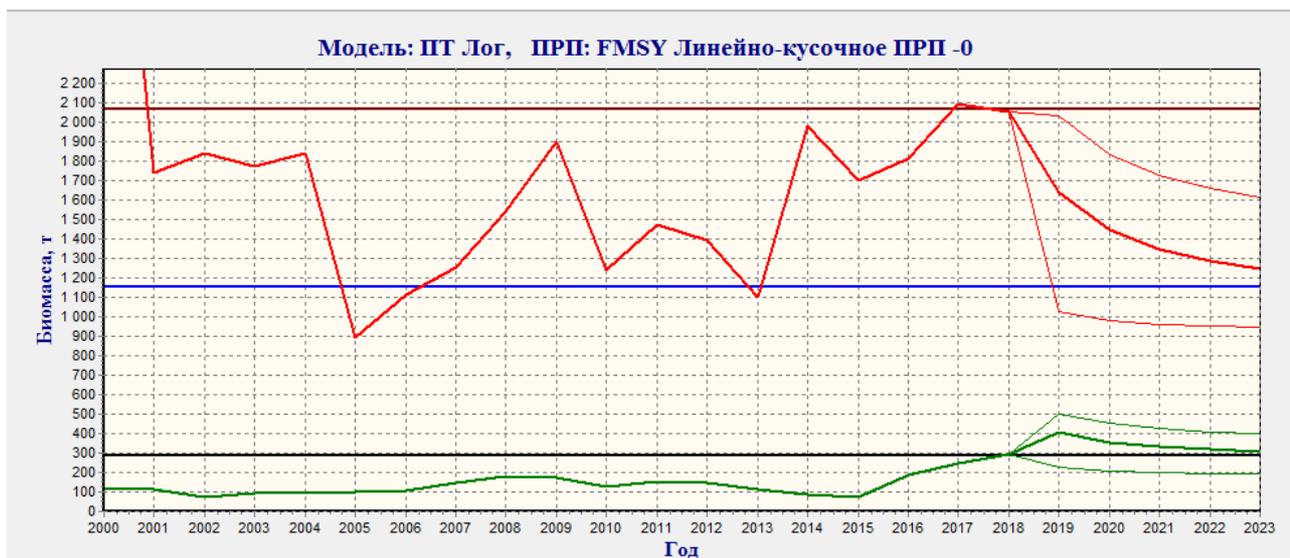
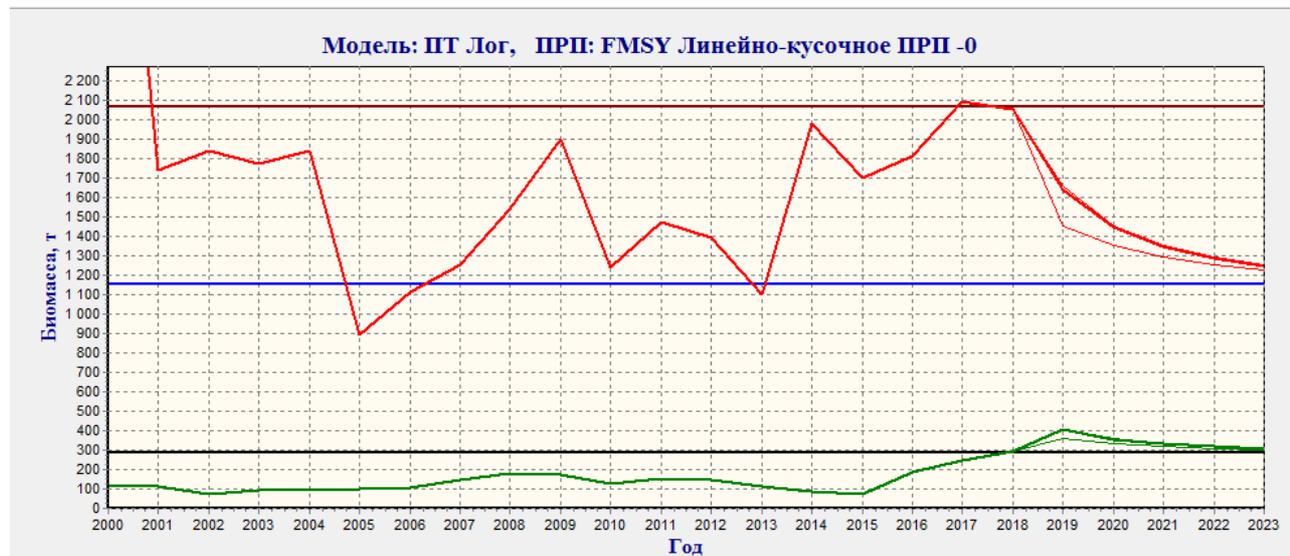
приращение параметра r приращение параметра K приращение параметра q 

Рис. 13. Чувствительность модели при 30%-ном приращении ее параметров

Анализ показал наиболее высокую чувствительность результатов оценки биомассы запаса к приращению параметра K в сравнении с остальными двумя параметрами модели. В таких случаях разработчики Combi советуют обратить особое внимание на этап параметризации модели. В нашем случае расширение диапазона поиска за счет увеличения задаваемой верхней границы до удвоенного значения максимальной исторической оценки биомассы запаса [23] не привело к изменению параметров, полученных в ходе предварительной параметризации. Дальнейшее же увеличение задаваемой верхней границы приводит к снижению результирующих значений параметра r при одновременном повышении K , что дает нереально высокие значения биомассы запаса калкана и ОДУ/РВ. На наш взгляд, это демонстрирует устойчивость результатов предварительной параметризации, если диапазон поиска K задан в биологически приемлемых границах, несмотря на высокую чувствительность параметра емкости среды. Чувствительность параметра популяционного роста r значительно ниже, чем у параметра K . Если посмотреть на границы диапазона r , при которых наблюдается приемлемая степень выраженности найденного минимума целевой функции ($r=0,33\div 0,46$, см. рис. 5), то они приблизительно соответствуют приращению r не более чем на 20 %. При таком приращении r результирующие оценки ОДУ/РВ варьируют незначительно, и это указывает на их высокую устойчивость к возможным ошибкам принятого параметра $r=0,39$.

Чувствительность параметра q наиболее низкая, и даже 30 % приращение этого параметра, по-видимому, привело бы к оценкам, мало отличающимся от итоговой оценки РВ=0,329 тыс. т.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленные в работе промыслово-биологические показатели калкана в 2000–2018 гг. с выделением данных об усилиях, уловах на единицу усилия и вылове в водах Черного моря, прилегающих к побережью Крыма, могут стать существенным вкладом Азово-Черноморского филиала ВНИРО в формирование региональной базы данных для аналитического оценивания запасов этой рыбы.

Согласно полученным на производственных моделях результатам оценивания в 2000–2018 гг. «крымской» единицы запаса калкана в водах Черного моря, прилегающих к побережью Крыма, подробное описание практического использования программы Combi 4.0 для оценки запаса и ОДУ/РВ «крымской» единицы запаса калкана в российских водах Черного моря показывает возможность применения производственных моделей в качестве альтернативы более совершенным структурированным по возрасту моделям, качество региональных входных данных у которых в настоящее время чрезвычайно низкое.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шляхов В.А., Шляхова О.В., Надолинский В.П., Перевалов О.А. Промыслово-биологические показатели рыболовства для важнейших распределенных запасов водных биоресурсов Черного моря как основа их регионального оценивания // Водные биоресурсы и среда обитания. 2018. Т. 1, вып. 1. С. 86–103.
2. Бекашев Д.К., Бекашев К.А. Правовой статус и деятельность Генеральной комиссии по рыболовству в Средиземном море и рекомендации по сотрудничеству Российской Федерации с этой организацией // Евразийский юридический журнал. 2011. № 9 (40). С. 25–31.
3. Бекашев Д.К., Бекашев К.А. Международно-правовые проблемы управления рыболовством в Балтийском и Черном морях // Евразийский юридический журнал. 2016. № 8 (99). С. 70–79.
4. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). М.: Пищевая промышленность, 1966. 366 с.
5. Методы рыбохозяйственных и природоохранных исследований в Азово-Черноморском бассейне / Под ред. С.П. Воловика, И.Г. Корпаковой. Краснодар: Изд-во АЗНИИРХ, Просвещение-Юг, 2005. 352 с.
6. Майорова А.А. К методике определения возрастного состава улова // Научные труды Азово-Черноморской научной рыбохозяйственной станции. 1930. Вып. 6. С. 45–63.
7. Frisriksson A. On the calculation of age-distribution within a stock of cod by means of relatively few age-determinations as a key to measurements on a large scale // Rapports et procès-verbaux des réunions. 1934. No. 86. Pp. 1–14.
8. Кокос Л.М., Шляхов В.А., Проненко С.М. Модели типа «запас-пополнение» и регулирование промысла // Труды ЮгНИРО. 1996. Т. 42. С. 205–209.
9. Шляхов В.А. Итоги многолетних рыбохозяйственных исследований ЮгНИРО по оценке запасов и параметров популяций рыб придонного комплекса в Черном и Азовском морях // Труды ЮгНИРО. 1997. Т. 43. С. 48–59.

10. 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.
11. Shlyakhov V.A. Fisheries and biological information and the stock assessment of turbot *Psetta maxima maeotica* (Pallas) in Ukrainian waters of the Black Sea // Труды ЮгНИРО. 2014. Т. 52. С. 24–45.
12. Попова В.П. Распределение камбалы в Черном море // Труды ВНИРО. 1954. Т. 28. С. 151–159.
13. Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries (STECF) — Stock assessments in the Black Sea (STECF-17-14) / M. Cardinale, J.-N. Druon, A. Mannini. (Eds.). Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2017. 498 p.
14. Ефимов Ю.Н., Ревина Н.И., Шляхов В.А., Винарик Т.В. Состояние запасов камбалы-калкан в Черном море // Биологические основы динамики численности и прогнозирования вылова рыб : сб. науч. тр. ВНИРО. М.: Изд-во ВНИРО, 1989. С. 179–199.
15. Jones R. The use of length composition data in fish stock assessments (with notes on VPA and cohort analysis) // FAO Fisheries Circular. 1981. No. 734. 55 p.
16. Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries (STECF) — Stock assessments in the Black Sea (STECF-12-15) / M. Cardinale, D. Damalas. (Eds). Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2012. 277 p.
17. Попова В.П. Влияние тралового лова на состав стада камбалы-калкана в северо-восточной части Черного моря // Труды АзЧерНИРО. 1955. Вып. 16. С. 455–459.
18. Acara A. The Black Sea turbot. Ankara: State Planning Organization Publ., 1985. 19 p.
19. Шляхов В.А. О запасах и промысловом использовании калкана в Черном море // Труды ЮгНИРО. 2010. Т. 48. С. 40–51.
20. Eryilmaz L., Dalyan C. Age, growth, and reproductive biology of turbot, *Scophthalmus maximus* (Actinopterygii: Pleuronectiformes: Scophthalmidae), from the South-Western coasts of Black Sea, Turkey // Acta Ichthyologica et Piscatoria. 2015. Pp. 183–184.
21. Надолинский В.П., Шляхов В.А., Александрова У.Н. Камбалы Азово-Черноморского бассейна (Bothidae, Scophthalmidae, Pleuronectidae, Soleidae) // Вопросы рыболовства. 2018. Т. 19, № 4. С. 424–444.
22. Musick J.A. Criteria to define extinction risk in marine fishes: the American Fisheries Society initiative // Fisheries. 1999. Vol. 24, no. 12. Pp. 6–14.
23. Шляхов В.А., Петренко О.А., Надолинский В.П., Александрова У.Н. Об использовании динамических продукционных моделей (прикладной программы COMBI 3.0) для обоснования объемов рекомендованного вылова азовской хамсы и бычков // Вопросы рыболовства. 2017. Т. 18, № 2. С. 249–258.