

На правах рукописи



ПЯТИНСКИЙ
Михаил Михайлович

**СОСТОЯНИЕ ЗАПАСА И ПРОМЫСЛА ШПРОТА (*SPRATTUS SPRATTUS*
PHALERICUS (RISSO, 1827)) В СЕВЕРНОЙ И СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТЯХ
ЧЁРНОГО МОРЯ**

Специальность 1.5.13. Ихтиология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
кандидата биологических наук

Москва – 2024

Работа выполнена в Азово-Черноморском филиале Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («АзНИИРХ»), г. Ростов-на-Дону

Научный руководитель: **Архипов Александр Геральдович**

доктор биологических наук
научный координатор Атлантического филиала ФГБНУ
«ВНИРО» («АтлантНИРО»)

**Официальные
оппоненты:**

Герасимов Юрий Викторович

доктор биологических наук, профессор, заместитель
директора по научной работе
ФГБУН «ИБВВ РАН», п. Борок

Чесалин Михаил Валерьевич

кандидат биологических наук, старший научный
сотрудник отдела физиологии животных и биохимии
ФГБУН ФИЦ «ИнБЮМ», г. Севастополь

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Керченский
государственный морской технологический университет»
(«КГМТУ»), г. Керчь

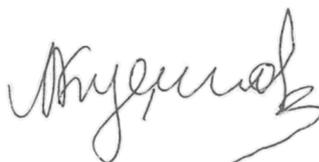
Защита диссертации состоится «29» октября 2024 г. в 11:00 часов на заседании диссертационного совета 37.1.001.01 при Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ФГБНУ «ВНИРО») по адресу: 105187, Москва, Окружной пр-д, д. 19.

Тел: +7 (499) 369-92-83, доб. 43-10; электронный адрес: buyanovskiy@vniro.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБНУ «ВНИРО»:
<http://www.vniro.ru/files/disser/2024/pyatinskii-disser.pdf>

Автореферат разослан «__» _____ 2024 г.

Учёный секретарь диссертационного
совета, доктор биологических наук



А.И. Буяновский

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Европейский (черноморский) шпрот (*Sprattus sprattus phalericus* (Risso, 1827)) – наиболее массовый представитель пелагического сообщества рыб Чёрного моря. Исследование биологических особенностей и способов промышленного рыболовства этого вида началось в 1950-х гг. по мере сокращения доступности для промысла более ценных видов рыб (Асланова, 1954; Домашенко, Юрьев, 1978).

Черноморский шпрот является короткоцикловым, холодолюбивым, зимненерестующим видом. Предельная продолжительность жизненного цикла составляет 6 лет, в промысловых уловах особи старше 4 лет встречаются единично. Половой зрелости черноморский шпрот достигает уже на первом году жизни в возрасте 9–12 месяцев.

Впервые специализированный промысел шпрота в Чёрном море разноглубинными тралами был реализован у побережья Болгарии в 1971 г., через 5 лет к массовому промыслу присоединился СССР. Уже к концу 1990-х гг. ежегодные уловы шпрота всеми причерноморскими странами стали достигать рекордных 100 тыс. т. С начала 2000-х гг. специализированный промысел шпрота близнецовыми тралами и кошельковыми неводами начала Турция, уловы которой в некоторые годы достигали 50–80 тыс. т. Черноморский шпрот стал важным объектом продовольственной безопасности СССР и по настоящий момент является таковым для современной России.

Для обеспечения рациональной эксплуатации запасов черноморского шпрота во времена СССР выполнялась оценка запаса его популяции, распределявшейся от Батуми до границы Болгарии с Турцией. В период 1970–1990 гг. регулярно проводились массовые исследования биологических параметров популяции, условий питания и размножения. При оценке запасов вплоть до начала 1990-х гг. применялось когортное моделирование (VPA). Учётные траловые съёмки и специализированные ихтиопланктонные и гидроакустические учётные съёмки по всей акватории Чёрного моря, исключая воды Турции, выполнялись до начала 2000-х гг. (Шляхов, Чашин, 2004). После распада СССР качество и количество собираемого материала существенно снизилось. Более того, значительное сокращение черноморских акваторий, на которых регулирование рыболовства осуществляла Россия, привело к невозможности выполнения оценки общечерноморского запаса (запас всей черноморской популяции) шпрота.

В первой половине 1990-х годов международной группой экспертов под руководством К. Проданова была предпринята первая попытка оценки общечерноморских запасов основных промысловых рыб, включая шпрота, и обоснования мер регулирования рыболовства для всего Чёрного моря. Материалы и подробные результаты были опубликованы Продовольственной и

сельскохозяйственной организацией Объединенных наций (ФАО) (Prodanov et al., 1997). С 2009 г. оценку запаса черноморского шпрота и обоснование мер регулирования рыболовства для всей его популяции, но без установления и распределения национальных квот вылова, стали производить рабочие группы экспертов при различных международных организациях: до 2017 г. при Научном, техническом и экономическом Комитете по рыболовству Европейской комиссии (STECF), в последующие годы – при Генеральной Комиссии по Рыболовству в Средиземном море (GFCM). Последние результаты оценки состояния общечерноморского запаса шпрота опубликованы в 2017 г. (Cardinale et al., 2017). За всю историю функционирования международных рабочих групп Россия не выполняла фактическую реализацию рекомендаций международных рабочих групп на внутригосударственном уровне при регулировании промысла – в условиях отсутствия всеобъемлющего международного соглашения о рыболовстве в Чёрном море и как страна, не имеющая членства в GFCM.

В период 1993–2017 гг. регулирование промысла шпрота на Крымском и Кавказском шельфе выполнялось раздельно, без учёта результатов работы международных рабочих групп по причине отсутствия соглашений о международном регулировании промысла. Оценка запасов шпрота, обитающего на крымском и кавказском шельфе (региональная крымско-кавказская единица запаса), и регулирование промысла осуществлялось на основе региональных оценок запаса трендовыми и когортными моделями по длине (крымский шельф), и по результатам прямого учёта (кавказский шельф). Применение данных подходов не позволяло получить высокую прогностическую надёжность при оценке запасов и регулировании промысла.

Данное исследование выполнено для совершенствования мер научного регулирования промысла крымско-кавказской единицы запаса черноморского шпрота (обособленная часть общечерноморского запаса, обитающая в пределах территориальных вод крымско-кавказского шельфа) в условиях отсутствия актуальных результатов оценки состояния запаса и промысла общечерноморского запаса. Дополнительно к изучению крымско-кавказской единицы запаса выполнена работа по анализу имеющейся информации о единой черноморской популяции шпрота. В работе представлен анализ многолетних материалов, обобщённых автором, и результаты оценки состояния запасов и промысла региональной крымско-кавказской единицы запаса черноморского шпрота.

Цели и задачи работы. Целью данной работы является разработка подхода к рациональной эксплуатации черноморского шпрота в северной и северо-восточной частях Чёрного моря (крымско-кавказская единица запаса) на основе результатов

анализа многолетних данных по динамике запаса, промысла и биологическим характеристикам этого вида с учётом влияния факторов окружающей среды.

Для достижения представленной цели были поставлены следующие задачи:

1. Систематизировать, обобщить и проанализировать многолетние промыслово-биологические показатели вылова шпрота на крымско-кавказском шельфе Чёрного моря.

2. Реализовать когортную модель динамики численности популяции для оценки биомассы нерестового запаса, численности пополнения и промысловой смертности крымско-кавказской единицы запаса шпрота.

3. Определить биологические ориентиры управления для крымско-кавказской единицы запаса шпрота, исследовать её состояние относительно ориентиров по биомассе и промысловой смертности.

4. Выявить закономерности формирования численности пополнения нерестового запаса для прогнозирования.

5. Исследовать основные абиотические и биотические факторы воздействия на крымско-кавказскую единицу запаса черноморского шпрота.

6. Разработать принципы рациональной эксплуатации крымско-кавказской единицы запаса шпрота в прогнозный период 2024–2025 гг.

Научная новизна. В рамках выполнения данной работы представлены результаты моделирования динамики биомассы нерестового запаса, численности пополнения и промысловой смертности крымско-кавказской единицы запаса черноморского шпрота при помощи расширенного анализа выживания XSA (Darby, Flatman, 1994; Shepherd, 1999). Данный подход к оценке запаса региональной единицы запаса применяется впервые после начальной попытки выполнения когортного моделирования на XSA для всего региона Чёрного моря (Prodanov et al., 1997). Для подтверждения применимости данного подхода к оценке запаса региональной единицы запаса выполнено всестороннее тестирование модели, которое показало высокую устойчивость модели к стартовой параметризации, удовлетворительную надёжность при прогнозировании на период до 5 лет вперёд, отсутствие значимых расхождений с наблюдаемыми параметрами популяции в ходе научных съёмок.

При выполнении данной работы впервые представлен анализ промысла шпрота на крымско-кавказском шельфе за продолжительный период 1994–2022 гг. Представлены результаты оценки производительности промысла и количества промысловых усилий при добыче шпрота. Впервые представлен обзор некоторых экономических особенностей промысла, объясняющий снижение величины годового вылова в 2022 г.

Также впервые представлен прогноз стратегии рациональной эксплуатации шпрота на основе обзора и анализа состояния запаса, условий среды обитания и экономических перспектив ведения промысла.

Теоретическая и практическая значимость. В ходе выполнения работы выявлены основные закономерности формирования регионального запаса шпрота и осуществления промысла в российских водах (территориальные воды крымско-кавказского шельфа) Чёрного моря. Установлены закономерности влияния промысла на состояние возрастной и размерно-массовой структуры крымско-кавказской единицы запаса шпрота. Выявлены особенности влияния глобальных климатических изменений на региональную единицу запаса шпрота.

Результаты, полученные в ходе выполнения исследования, применяются при подготовке прогноза рекомендованного вылова шпрота в водах России. На основе прогнозных сценариев регулярно выполняется определение величины рекомендованного вылова для регулирования промысла.

Положения, выносимые на защиту:

1. Повышение температуры воды в Чёрном море в результате изменений климата негативно сказывается на размерно-массовых характеристиках популяции шпрота и величине биомассы её запаса.

2. Современное состояние крымско-кавказской единицы запаса шпрота соответствует «серединному», характеризуемому нахождением в буферной зоне между предосторожным и граничным биологическими ориентирами.

3. В условиях продолжающихся изменений климата перспективы улучшения состояния крымско-кавказской единицы запаса шпрота и эффективности его промысла в ближайшие годы отсутствуют.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность представленных результатов и выводов обусловлена большим объёмом многолетних систематизированных и унифицированных данных, характеризующихся высокой репрезентативностью. Обработка данных выполнена современными методами моделирования динамики численности популяций, включённых в международные рекомендации ИКЕС (Международный Совет по исследованию моря) и методические рекомендации по оценке запасов приоритетных видов водных биологических ресурсов, разработанные ФГБНУ «ВНИРО» (Бабаян и др., 2018).

Материалы представленного исследования начиная с 2020 г. используются при подготовке обоснования рекомендованного вылова крымско-кавказской единицы запаса шпрота. Результаты регулярно представляются на учёном совете Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО». Методический подход и результаты исследования представлены на профильном методологическом семинаре о методиках

оценки запаса и промысла им. В.К. Бабаяна в 2021 и 2023 гг. Материалы исследования были представлены на конференциях: «Морские исследования и образование (Maresedu) - 2022», «Экология. Экономика. Информатика» (2022 г.), «Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. Рубрика “Экологические исследования и экологический мониторинг”» (2021 г.), «Вестник научных конференций» (2021 г.), «Научный альманах» (2021 г.).

Личный вклад автора. Автор лично сформулировал тему, цель и задачи данного исследования, выполнял систематизацию, обработку и анализ материалов, настройку и программную реализацию когортной модели и оценок параметров популяции, сформулировал и выполнил проверку основных гипотез.

Публикации. По теме диссертации автором опубликовано 9 работ, из них 4 - в журналах, рекомендуемых ВАК, 1 - в журналах из перечня Scopus. В перечень РИНЦ входят 9 работ.

Объём и структура работы. Диссертация представлена на 171 страницах машинописного текста, включает 36 рисунков и 23 таблицы, состоит из введения, 7 глав, выводов, списка терминов и сокращений, списка литературы. Список литературы включает 167 источников, из них 73 иностранных.

ГЛАВА 1. ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ СОСТОЯНИЯ ЗАПАСОВ, ПРОМЫСЛА И ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ШПРОТА В ЧЁРНОМ МОРЕ

В главе представлен расширенный обзор исследований биологических особенностей, состояния запаса и промысла черноморского шпрота с 1950-х гг. (Асланова, 1954; Чайнова, 1958) по настоящее время. Основное внимание обращено на способы и методы оценки запасов шпрота. В ходе анализа представлены оценки запаса и состояния промысла, выполненные отечественными и зарубежными исследователями (Домашенко, Юрьев, 1978; Чащин, 1997; Prodanov et.al., 1997; Daskalov, 1998; Шляхов, Чащин, 2004; Daskalov et.al., 2010; Шляхов, Шляхова, 2011; STECF, 2017; Пятинский и др., 2020).

Исторически оценка запасов шпрота в Чёрном море выполнялась как для общечерноморского запаса (запас всей популяции), так и для различных региональных единиц запаса. Под региональной единицей запаса понимается совокупность особей, распределяющихся при нагуле в территориальных водах каждой из стран. За всю историю исследований отдельно выделялась крымская единица запаса (Зуев, Мельникова, 2007), кавказская единица запаса (Дахно, Перевалов, 2013). Основанием выделения единицы запаса выступали особенности жизненного цикла шпрота (отсутствие протяжённых пространственных миграций в шельфовой прибрежной зоне) и специфика осуществления промысла в каждом регионе.

При оценке запасов шпрота под нерестовым запасом понимается совокупность половозрелых особей в возрасте старше 1 полного года, пополнением нерестового запаса являются особи в возрасте 9–12 месяцев, впервые достигающие половой зрелости. Учитывая используемые орудия лова, нерестовый запас условно является эквивалентным промысловому запасу (минимальная промысловая мера соответствует средней длине особей в возрасте 1 года).

В период 1966–1993 гг. оценка пространственного распределения и запасов шпрота отечественными учёными выполнялась в ареале от Батуми до границы Болгарии с Турцией (акватория Чёрного моря за исключением вод исключительной экономической зоны Турции). В этот период оценка биомассы запаса выполнялась различными способами: методом прямого учёта на основе траловой или гидроакустической съёмки с эхоинтегрирующей аппаратурой, аналитическими когортными моделями (VPA) и трендовыми методами, основанными на расчёте запаса через параметр улов на усилие.

Наиболее высокие оценки запаса шпрота для всего моря за исключением турецких вод, превышающие 1 млн т, в соответствии с опубликованными работами отмечены в 1986–1987 гг. Эти оценки запаса были выполнены в ходе прямого учёта траловым орудием лова и подтверждались при помощи гидроакустического оборудования. Максимальный вылов всех причерноморских стран в период 1966–1993 гг. отмечен в 1989 г. и составил почти 90 тыс. т, при этом показатели запаса, обеспечивающие данный вылов, были относительно невелики: 247 тыс. т в 1988 г. и 375 тыс. т в 1989 г. Другой особенностью динамики запаса являлись колебания биомассы запаса вплоть до 5-кратных изменений в смежные годы.

В результате распада СССР в 1991 г. регулирование промысла шпрота, как и определение региональных границ единиц запаса, постепенно изменилось. Оценка общечерноморского запаса (за исключением вод Турции) шпрота отечественными учёными выполнялась до 1999 г. Одновременно с оценкой общечерноморского запаса выполнялись оценки региональных единиц запаса, распределяющихся в территориальных водах России (и до 2014 г. – Украины; до 2017 г. – отдельно). В этот период выполнены первые оценки крымской единицы запаса методом анализа когорт длин Джонса (LCA) и кавказской единицы запаса площадным методом прямого учёта. Регулирование промысла на крымском и кавказском шельфе выполнялось отдельно в соответствии с национальными (Украина, Россия) Правилами рыболовства.

Начиная с 2015 г. крымская и кавказская единицы запаса при регулировании промысла рассматриваются как единая крымско-кавказская единица запаса. Оценка запаса крымско-кавказской единицы запаса шпрота в период 2015–2019 гг. выполнялась при помощи динамических продукционных моделей в реализации Combi

3.0. Начиная с 2020 г. в соответствии с методическими рекомендациями (Бабаян и др., 2018) оценка и прогнозирование крымско-кавказского запаса шпрота выполняется при помощи когортной модели XSA (Пятинский и др., 2020).

Оценка запаса общечерноморской популяции шпрота в рамках международных рабочих групп выполнялась когортной моделью ICA (Patterson, Melvin, 1996; STECF, 2010). Результаты оценки биомассы нерестового запаса показали наличие частых флуктуаций даже близкого к девственному состоянию запаса.

В результате изучения вопроса оценки запасов шпрота следует отметить, что запас шпрота рассматривают и как единую черноморскую популяцию (Prodanov et.al., 1997; STEFC, 2010, 2017), и как совокупность отдельных региональных единиц запаса в пределах территориальных вод Турции, Болгарии, Румынии, Украины и России (Шляхов, Чашин, 2004; STEFC, 2010; Totoi, 2016; Valik, 2018; Пятинский и др., 2020). Безусловно, даже при отсутствии продолжительных пространственных миграций черноморский шпрот является единой популяцией. Однако, как показывают другие работы (Шляхов, Чашин, 2004; Зуев, Мельникова, 2007; Дахно, Перевалов, 2013; Зуев и др., 2018), оценка региональных запасов, распределяющихся на определённой акватории, является приемлемой практикой в научных сообществах. Ранее когортное моделирование для оценки региональной единицы запаса общечерноморской популяции было выполнено для северо-западной единицы запаса черноморской камбалы-калкан (Hulak et.al, 2021).

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В главе представлена информация о биологических и промысловых данных, использованных для выполнения данной работы. Биологические и промысловые данные были систематизированы за период 1994–2022 гг. Систематизации подвергся первичный материал, собранный сотрудниками Азово-Черноморского филиала в данный период, объем которого составил 112 тыс. промеров длины и 9,4 тыс. индивидуальных возрастных (и весовых) определений.

На основе этих данных составлены размерно-возрастные ключи. Имеющиеся многочисленные данные размерных рядов, полученные с промысла шпрота, были конвертированы в возрастную структуру его промыслового изъятия.

На основе имеющихся биологических данных (возрастная структура уловов, средняя масса рыб по возрастам, оценка естественной смертности, оживы созревания и возрастная структура популяции по данным учётных траловых съёмок) было выполнено построение когортной модели XSA (Бабаян и др., 2018).

Моделирование динамики биомассы нерестового запаса, численности пополнения и промысловой смертности черноморского шпрота выполнено при помощи когортной модели XSA (Darby, Flatman, 1994; Shepherd, 1999). На основе этих оценок

выполнен расчёт граничных и буферных ориентиров управления по биомассе нерестового запаса и промысловой смертности в соответствии работами (Бабаян, 2000; Бабаян и др., 2018). В основе модели XSA лежит гипотеза о том, что численность поколения $N(t)$ уменьшается экспоненциально с переменным показателем общей смертности $Z(t)$, который состоит из 2 компонент - естественной $M(t)$ и промысловой $F(t)$ смертности:

$$\frac{dN(t)}{dt} = -Z(t)N(t); Z(t) = M(t) + F(t)$$

Для тестирования гипотезы о влиянии климатических изменений на региональную единицу запаса шпрота использовались данные о температуре поверхности воды (ТПВ) Европейского проекта «Коперник» (Le Traon, 2019), отечественных учёных (Ильин и др., 2012) и их статистическая обработка в среде R (Rebesma, Bivand, 2005; Kaya et.al., 2019). В ходе тестирования гипотезы проверялось наличие связи между ТПВ и средней массой шпрота из промысловых орудий лова в возрасте 0+ и 1–3 лет. Дополнительно выполнена проверка наличия связи между ТПВ и средней длиной шпрота из промысловых орудий лова. Проверка наличия связи между рядами выполнена при помощи корреляционного теста Пирсона (Pearson, 1948) после предварительной проверки рядов данных на отсутствие отклонений от нормального закона распределения при помощи теста Шапиро-Уилка.

Тестирование гипотезы об обеспеченности шпрота основными кормовыми объектами для формирования резервных липидов (*Calanus helgolandicus*, *Pseudocalanus elongatus*) выполнено непараметрическим тестом Манна-Уитни в условиях наличия значимых отклонений от нормального закона распределения исходного ряда (Mann, Whitney, 1947). В качестве показателя доступности корма использовалась оценка удельной биомассы кормовых объектов в весенне-летний период на крымско-кавказском шельфе, в качестве оценки состояния региональной единицы запаса шпрота – биомасса нерестового запаса по результатам моделирования.

Оценка влияния хищничества на региональный запас шпрота в условиях климатических изменений выполнена в результате сопоставления уловов пелагиды в турецких водах в ходе её миграции в Чёрное море с биомассой нерестового запаса региональной единицы запаса шпрота. Выполнен непараметрический тест Манна-Уитни и оценка ранговой корреляции Спирмана (Spearman, 1904) в условиях наличия значимых отклонений от нормального закона распределения исходного ряда.

ГЛАВА 3. ХАРАКТЕРИСТИКА ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

В разделе представлена краткая характеристика физико-географического положения района исследований и особенностей формирования его гидрологического режима (протяжённость шельфа, глубины, соединение с Мировым океаном,

генеральная схема течений, особенности вертикального и горизонтального переноса водных масс). Представлена традиционная схема промыслового районирования Чёрного моря (Промысловое описание Чёрного моря, 1988). Обобщённая информация о районе исследований и схема промыслового районирования представлены на рис. 1.

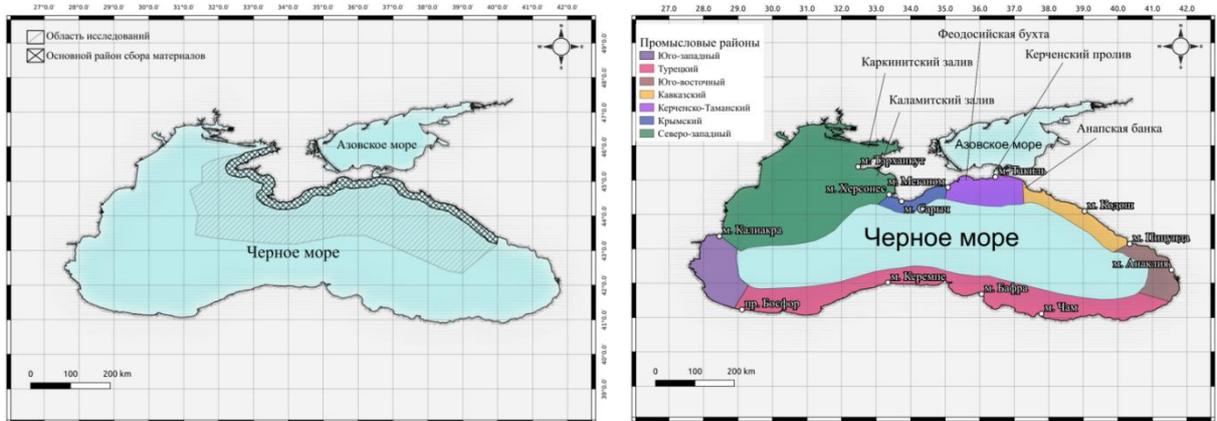


Рисунок 1 – Район исследований и сбора материала (слева) и промысловое районирование Чёрного моря (справа)

ГЛАВА 4. СОСТОЯНИЕ ПРОМЫСЛА ЧЕРНОМОРСКОГО ШПРОТА

4.1 Особенности международного промысла шпрота в Чёрном море

Рыбохозяйственная статистика общего годового вылова шпрота всеми странами Причерноморья по данным статистики ФАО (FAO, 2021; FAO, 2022) представлена на рисунке 2. Промысловая динамика указывает на увеличение объёмов добычи в период 1970–1990 гг. и последующее сокращение объёмов добычи в период 1991–1996 гг. в основном за счёт снижения уловов постсоветских стран в период после распада СССР. В последующий период, с момента начала промысла шпрота Турцией (2000 г.), годовые показатели турецких уловов шпрота стали превышать объёмы добычи постсоветских стран. В современный период (2015–2022 гг.) уловы всех стран Причерноморья стабилизировались на среднемноголетнем уровне.

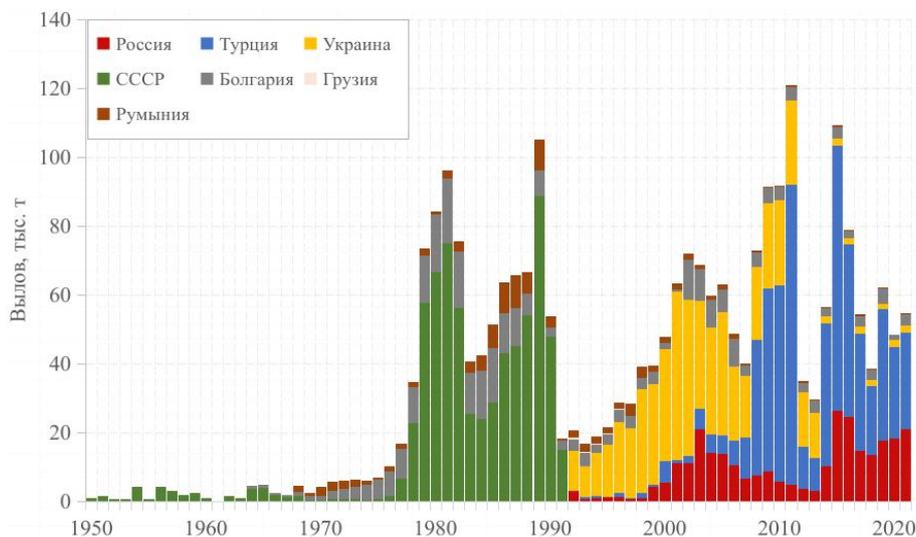


Рисунок 2 – Статистика промыслового изъятия шпрота в Чёрном море (FAO, 2022)

При осуществлении тралового промысла шпрота промысловые суда каждой из причерноморских стран выполняют операции в своих территориальных водах. Промысел в акваториях исключительных экономических зон этих стран практически не осуществляется из-за низкой производительности.

Далее в разделе представлена специфика регионального регулирования промысла шпрота в Черном море причерноморскими странами: запретные районы, разрешённые сроки добычи, параметры применяемых орудий лова.

4.2 Особенности регионального промысла на шельфе Крыма и Кавказа

В зависимости от тоннажа все российские (до 2014 г. - российские и украинские) суда, осуществляющие промысел на крымско-кавказском шельфе, условно можно разделить на 2 группы: малотоннажные – ПТР, СЧС, МРТ, МРТР, СРТ и среднетоннажные суда (СРТМ). Промысел шпрота как малотоннажными, так и среднетоннажными судами осуществляется при помощи разноглубинных тралов различных конструкций в территориальных водах на крымско-кавказском шельфе. Промысел судами других государств на крымско-кавказском шельфе не осуществляется. Требования к конструкции и параметрам орудий лова, промысел которыми допускается в российских водах Чёрного моря, определены в Правилах рыболовства для Азово-Черноморского бассейна.

Динамика многолетних показателей промысла (общий годовой улов, улов на час траления) на крымско-кавказском шельфе представлена на рисунке 3.

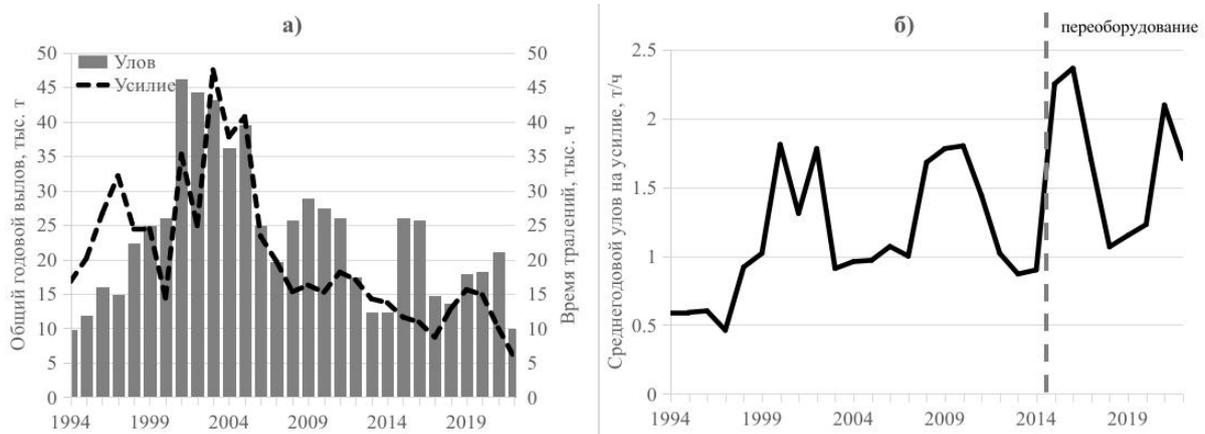


Рисунок 3 – Годовой вылов, производительность лова и промысловое усилие при промысле шпрота на крымско-кавказском шельфе Чёрного моря в период 1994–2022 гг.:

а) – общий годовой вылов и промысловое усилие; б) – средний улов на один час траления. Переоборудование – оснащение судов более крупными траловыми орудиями лова с длиной до 100–120 м в ходе реализации Федеральной программы переоснащения судов.

Начиная с 2005 г. наблюдается постоянное сокращение промысловых усилий на промысле шпрота. В 2022 г. численность промыслового флота находилась на минимальном уровне за всю историю наблюдений, как и продолжительность промысловых усилий. Наиболее значительное снижение величины годового вылова, продолжительности промысловых усилий и производительности промысла произошло при промысле на кавказском шельфе для малотоннажных рыбопромысловых судов.

4.3 Структура регионального вылова на крымско-кавказском шельфе

Размерно-массовая структура вылова на крымско-кавказском шельфе демонстрирует снижение размерных и массовых показателей в период 1994–2022 гг., рисунок 4.

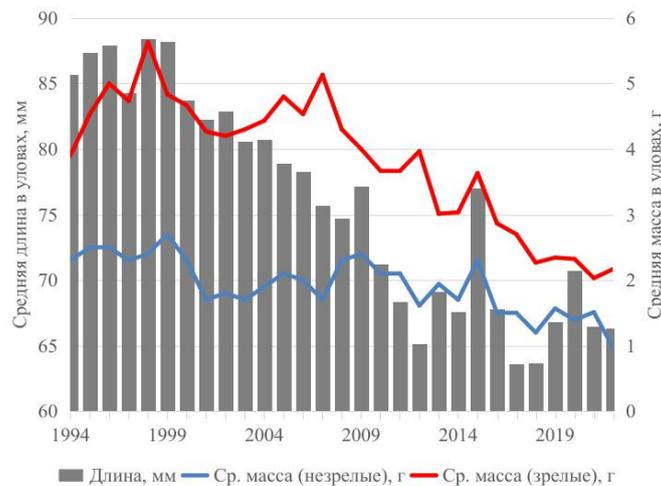


Рисунок 4 – Многолетняя динамика средней длины в уловах (FL), средней массы неполовозрелых особей (0+) и средней массы зрелых особей в возрасте 1+ – 3+ лет в уловах черноморского шпрота на крымско-кавказском шельфе в период 1994–2022 гг.

В годы высокой производительности промысла отмечено повышение доли прилова неполовозрелых особей. В период 1994–2012 гг. происходило постепенное увеличение прилова неполовозрелых особей с 1–2 % в 1994–1995 гг. до рекордных 32–48 % в 2011–2012 гг. В последующий период 2013–2022 гг. доля прилова незрелых особей сократилась до 25–30 % в 2013–2014 гг. и, после незначительных колебаний в 2015–2019 гг., уменьшилась до уровня 1–2 % в 2021–2022 гг.

4.4 Некоторые экономические особенности российского промысла шпрота на крымско-кавказском шельфе

В разделе выполнена приближенная оценка рентабельности регионального промысла российским судами на крымско-кавказском шельфе. Показано снижение рентабельности промысла в период 2016–2022 гг. Стоимость топлива за этот период увеличилась с 35,3 тыс. руб. за 1 т судового дизельного топлива в 2016 г. до 84,8 тыс. руб. в 2022 г. Расчёт фактических экономических показателей промысла в июне 2022 г. среднетоннажными судами свидетельствует о том, что эффективность добычи

находится на грани рентабельности. Промысел малотоннажных судов в 2022 г. являлся убыточным.

ГЛАВА 5. СОСТОЯНИЕ ЗАПАСА ЧЕРНОМОРСКОГО ШПРОТА

5.1 Состояние общечерноморского запаса шпрота

Рассмотрев различные подходы к оценке общечерноморского запаса шпрота и воздействию на него промысла, отмечено наличие частых высокоамплитудных колебаний нерестового запаса (в возрасте 1–3 лет) и численности пополнения. Биомасса нерестового запаса данного вида в период 1966–2016 гг. изменялась более чем в 10 раз – от 134 тыс. т до 1,6 млн т. Изменение биомассы запаса в данный период было обусловлено колебаниями численности пополнения и показателями промысловой смертности выше значения целевого ориентира. Оценки биомассы запаса черноморской популяции шпрота, выполненные в рамках международных рабочих групп в период 1997–2016 гг., существенно ниже оценок, рассчитанных ранее отечественными учёными.

5.2 Настройка модели XSA для оценки биомассы нерестового запаса, численности пополнения и промысловой смертности крымско-кавказской единицы запаса шпрота

В разделе рассмотрены особенности настройки когортной модели для выполнения моделирования на XSA для крымско-кавказской единицы запаса с учётом биологических особенностей шпрота. В результате финальной параметризации когортной модели выполнена диагностика индексов невязок модели XSA при восстановлении структуры популяции относительно наблюдаемых индексов численности популяции, а также ретроспективный графический и аналитический тест Мона. Выполненная диагностика свидетельствовала в пользу высокой устойчивости и прогностической надёжности итоговой модели.

5.3 Динамика численности и состояние крымско-кавказской единицы запаса шпрота

В результате построения когортной модели были получены оценки биомассы нерестового запаса, численности пополнения и промысловой смертности (таблица 1). В соответствии с многолетней динамикой биомассы нерестового запаса выделено 3 периода её состояния. В период 1994–2000 гг. отмечен рост биомассы нерестового запаса с 45,2 до 397 тыс. т. В последующий период (2001–2006 гг.) произошло значительное снижение биомассы нерестового запаса до уровня 86 тыс. т. В период 2007–2022 гг. биомасса нерестового запаса колебалась на уровне от 63,4 до 95,3 тыс. т без каких-либо выраженных тенденций.

Таблица 1 – Динамика биомассы нерестового запаса (SSB , тыс. т), численности пополнения (Rec , млрд экз.) и промысловой смертности (F) крымско-кавказской единицы запаса черноморского шпрота на основе модели XSA

Год	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
SSB	45,2	46,3	48,1	88,4	153,6	197,0	397,6	341,4	320,0	215,0
Rec	21,5	22,2	61,1	74,0	114,3	233,3	260,7	216,3	102,6	110,0
F	1,55	0,77	1,35	0,69	1,10	0,16	0,32	0,31	0,31	0,50
Год	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
SSB	166,6	131,3	86,0	76,8	83,6	73,5	63,4	77,3	67,6	78,0
Rec	72,1	60,1	56,2	69,1	65,2	67,4	86,8	68,6	97,7	83,5
F	0,53	0,94	0,53	0,94	0,79	0,60	1,10	0,69	0,73	0,25
Год	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
SSB	72,0	95,3	72,8	76,4	67,5	90,6	91,0	71,4	66,1	
Rec	66,1	88,3	101,6	87,2	122,1	107,0	75,2	85,2	81,3	
F	0,20	0,70	0,67	0,37	0,80	0,43	0,40	0,73	0,46	

Показатели промысловой смертности в рассматриваемый период не демонстрировали наличие устойчивых временных трендов, обуславливались биомассой нерестового запаса и интенсивностью промысла. В 1994–1998 гг. промысловая смертность существенно варьировала в пределах от 0,69 до 1,55. В последующий период (1999–2002 гг.) при максимальном уровне нерестового запаса показатели промысловой смертности сократились до 0,16–0,32. По мере уменьшения биомассы нерестового запаса в 2003–2006 гг. промысловая смертность постепенно возрастала и достигла уровня 0,79. По мере стабилизации запаса и роста общего годового вылова в период 2007–2010 гг. значения промысловой смертности стали максимальными: $F_{2008} = 1,4$, $F_{2009} = 2,18$, $F_{2010} = 1,1$. В последующий период (2011–2022 гг.) наблюдалась постепенная стабилизация промысловой смертности на уровне 0,37–0,80 (за исключением периода административных изменений для рыбопромышленников Крыма, 2013–2014 гг.).

В результате более детального анализа когортной структуры крымско-кавказской единицы запаса была отмечена закономерность снижения численности рыб в возрасте 2–3 лет в периоды низкого уровня биомассы запаса и высокого уровня промысловой смертности (1998–2003 и 2006–2012 гг.). Изменения численности особей шпрота в возрасте 1–3 лет происходили пропорционально интенсивности промысла по возрастным группам и численности пополнения нерестового запаса. Наиболее высокоамплитудные изменения отмечены в колебании численности и промысловой смертности 2–3-летних рыб. Промысловая смертность рыб в возрасте 2–3 лет была существенно выше, чем промысловая смертность рыб в возрасте 1 года. Промысловая смертность особей группы пополнения была незначимой даже в годы увеличения доли их прилова ($F < 0,08$). Периоды резких изменений численности шпрота в возрасте 1–3 лет соответствуют периодам резких изменений нерестового запаса.

5.4 Описание зависимости «запас-пополнение» крымско-кавказской единицы запаса шпрота

Динамика удельной численности пополнения (численность пополнения на единицу биомассы нерестового запаса) продемонстрировала наличие частых флуктуаций за весь период исследования (1994–2022 гг.). Такие частые флуктуации удельной численности пополнения не позволяют выполнить надёжное описание зависимости «запас-пополнение» за весь рассматриваемый период любыми из имеющихся способов аппроксимации этой функции (модели Рикера, Бивертон-Холта, Шепарда при различном наборе параметров функции). В этом случае одним из наиболее надёжных способов описания зависимости «запас-пополнение» является выделение стационарных временных промежутков, в которые колебания удельной численности пополнения не обуславливались резкими изменениями в условиях среды обитания.

Определение стационарных периодов среды обитания шпрота и периодов однородной удельной численности пополнения выполнено при помощи анализа кластеризации периодов квазистабильных состояний (Пятинский и др., 2023). В результате выделены три стационарных периода, в которые не происходило резких изменений условий среды обитания шпрота на крымско-кавказском шельфе: 1994–1998 гг., 1999–2003 гг. и 2004–2019 гг. В соответствии с результатами анализа построение модели «запас-пополнение» выполнено для современного периода состояния условий среды обитания 2005–2022 гг. Наилучшую диагностику решения продемонстрировала модель сегментной регрессии, рисунок 5.

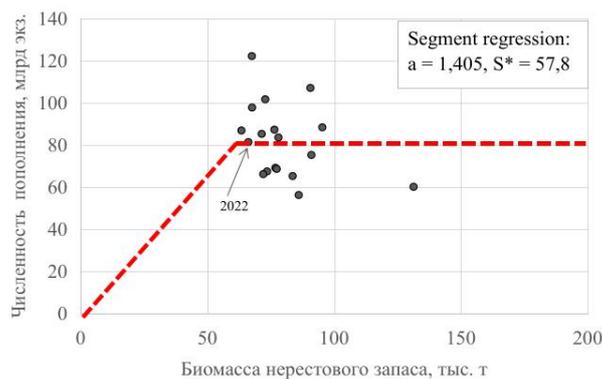


Рисунок 5 – Модель сегментной регрессии функциональной зависимости «запас-пополнение» для крымско-кавказской единицы запаса черноморского шпрота в период стационарного состояния 2005–2022 гг. a и S^* - параметры уравнения сегментной регрессии.

5.5 Биологические ориентиры управления крымско-кавказской единицы запаса

На основе построенной модели «запас-пополнение» и ранее выполненных оценок ориентиров $F_{0.1}$ (Шляхов и др., 2019) был выполнен расчёт граничных (B_{lim} , F_{lim}),

буферного (B_{pa}) и целевого (F_{tr}) ориентиров (Бабаян, 2000; Бабаян и др., 2018). В результате получены следующие оценки: $B_{lim} = 51,3$ (тыс. т), $B_{pa} = 77,6$ (тыс. т), $F_{pa} = 0,51$, $F_{tr} = F_{0.1} = 0,60$, $F_{lim} = 0,91$.

В соответствии с полученными оценками биомассы нерестового запаса, промысловой смертности и их ориентиров управления выполнена визуализация состояния запаса и промысла в период 1994–2022 гг. (рисунок 6).

На рисунке 6 столбцы обозначены «схемой светофора» в соответствии с состоянием показателя в определённый год: синий цвет – биомасса запаса выше предосторожного ориентира, промысловая смертность – ниже предосторожного ориентира; желтый – оба показателя в буферной зоне (между значением граничного и предосторожного ориентира по биомассе нерестового запаса, между целевым и граничным ориентиром по промысловой смертности); красный – биомасса запаса ниже граничного ориентира, промысловая смертность – выше граничного ориентира; серый – интерпретация для данного периода квазистабильного состояния запаса не выполнялась.

Биомасса крымско-кавказской единицы запаса не опускалась ниже граничного ориентира в период исследования. Низкие показатели биомассы запаса в 1994–1997 гг. не могут быть характеризованы ориентирами управления, вычисленными для другого периода квазистабильного состояния условий среды обитания крымско-кавказской единицы запаса шпрота.

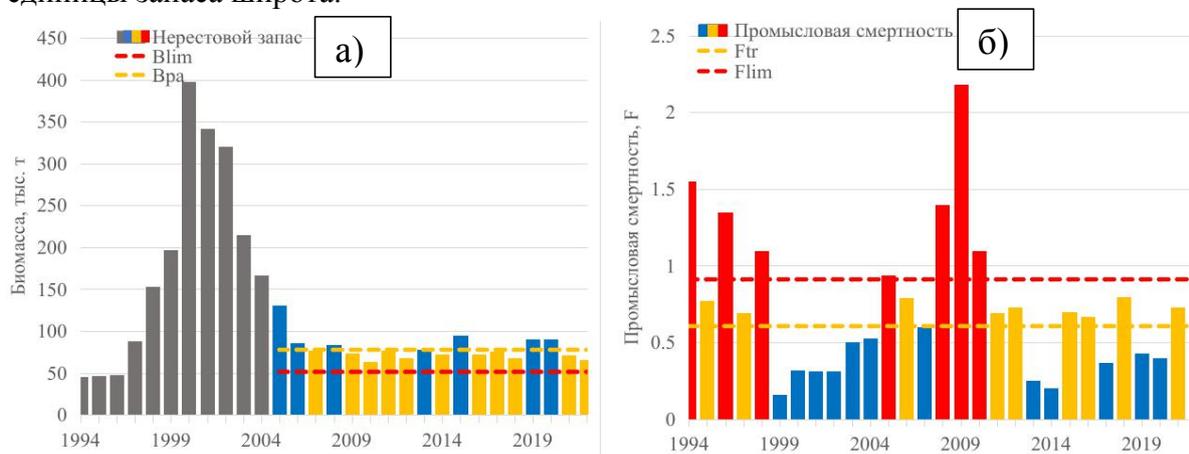


Рисунок 6 – Состояние биомассы нерестового запаса (а) и промысловой смертности (б) относительно биологических и промысловых ориентиров B_{lim} , B_{pa} (а) и F_{lim} , F_{tr} (б)) крымско-кавказской единицы запаса черноморского шпрота в период 1994–2022 гг.

Большую часть рассматриваемого периода биомасса нерестового запаса относительно ориентиров управления находилась в буферной зоне между граничным и предосторожным ориентирами. Состояние запаса несколько выше значения предосторожного ориентира отмечено лишь в 2005–2006, 2008, 2013, 2015 и 2019–2020 гг.

Динамика промысловой смертности свидетельствует о наличии периодов, в которые промысловая смертность превышала целевой ориентир F_{tr} и граничный ориентир F_{lim} : 1994–1998 гг. ($F_{tr} < F_{lim} < F_{1994,1996,1998}$, $F_{tr} < F_{1995,1997} < F_{lim}$). В этот период отмечались низкие показатели биомассы нерестового запаса с тенденцией к увеличению от 45,2 до 153,6 тыс. т. и наблюдалось постепенное увеличение величины годового вылова с 14,7 до 31,5 тыс. т.

Последующий период 1999–2004 гг. характеризовался низким уровнем промысловой смертности ($F_{1999-2004} < F_{tr} < F_{lim}$) несмотря на то, что абсолютные показатели общего годового улова шпрота на крымско-кавказском шельфе были на рекордном уровне и достигали 46,2 тыс. т в 2001 г. В период 2005–2007 гг. отмечено постепенное снижение показателей промысловой смертности. Снижение уровня промысловой смертности произошло в результате снижения общего годового вылова с 39,4 тыс. т в 2005 г. до 19,7 тыс. т в 2007 г. на фоне снижения биомассы нерестового запаса.

Период 2008–2010 гг. характеризовался высоким уровнем промысловой смертности, значительно превышающим значения целевого и граничного ориентиров ($F_{2008-2010} > F_{lim} > F_{tr}$). Именно в этот период, как отмечалось ранее, доля рыб группы пополнения в уловах разноглубинных тралов стала достигать 30 % по численности, число особей в возрасте 2–3 лет в уловах сократилось до минимальных значений, а уровни их промысловой смертности достигли максимумов за весь период исследования.

В период 2011–2012 гг. отмечалось снижение показателей промысловой смертности, тем не менее они все ещё были выше уровня целевого ориентира ($F_{tr} < F_{2011-2012} < F_{lim}$). По мере снижения интенсивности промысла начался процесс постепенного восстановления численности особей в возрасте 2–3 лет в последующие годы.

Период 2013–2022 гг. характеризовался снижением темпов эксплуатации относительно всех предшествующих периодов. В этот период биомасса нерестового запаса колебалась в незначительных пределах (66,1–95,3 тыс. т), а промысловая смертность не превышала граничный ориентир и варьировала на уровне, близком к значениям целевого ориентира ($F_{2013,2014,2017,2019,2020,2022} < F_{tr}$, $F_{tr} < F_{2015,2016,2018,2020} < F_{lim}$).

Анализ современного периода промысла шпрота свидетельствует о стабилизации системы «запас-промысел» на некотором срединном уровне за весь рассматриваемый период. Такая стабилизация системы произошла в том числе в результате уменьшения количества промысловых усилий и численности промыслового флота на фоне ухудшения размерно-массовых характеристик крымско-кавказской единицы запаса. Данный анализ свидетельствует и о том, что большой объем прилова

особей группы пополнения в отдельные годы при осуществлении регионального промысла шпрота не привёл к коллапсу нерестового запаса при его восстановлении.

5.6 Стратегия управления промыслом крымско-кавказского запаса шпрота

На основе полученных оценок биологических и промысловых ориентиров управления предложена многозональная схема регулирования промысла, рисунок 7. В соответствии с составленной схемой при снижении биомассы нерестового запаса ниже предосторожного ориентира ($B < B_{pa}$) требуется снижение уровня допустимой промысловой смертности пропорционально от целевого уровня F_{tr} .

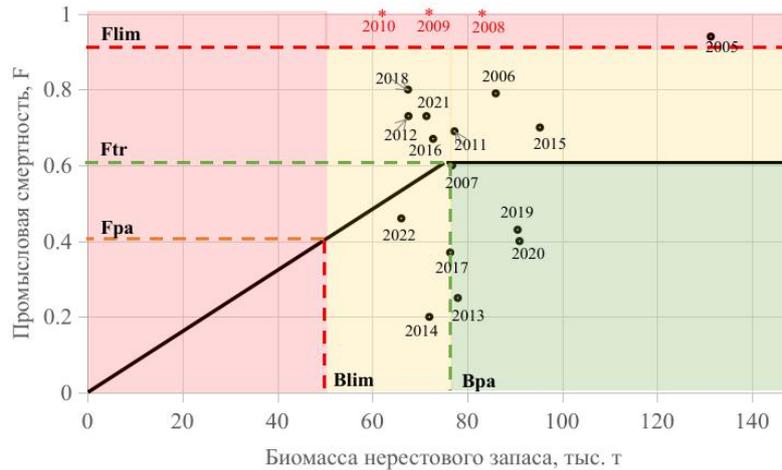


Рисунок 7 – Схема регулирования промысла региональной крымско-кавказской единицы запаса шпрота в Чёрном море. Цветом выделены различные «зоны» состояния запаса и промысла: «Красная зона» - биологически небезопасное состояние запаса ($B < B_{lim}$ или $F > F_{lim}$), «Желтая зона» - «буферная» (промежуточная, срединная) зона состояния запаса и промысла ($B_{lim} < B < B_{pa}$ или $F_{tr} < F < F_{lim}$), Зелёная зона» - безопасное состояние запаса ($B > B_{pa}$ и $F \leq F_{tr}$).

ГЛАВА 6. ВЛИЯНИЕ БИОТИЧЕСКИХ И АБИОТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА СОСТОЯНИЕ ЗАПАСА ШПРОТА

6.1 Влияние климатических изменений (температурного фактора) на размерно-массовые характеристики крымско-кавказской единицы запаса

В разделе рассмотрено постепенное повышение температуры поверхности воды (ТПВ) для всего района исследований за период 1994–2022 гг. в среднем на $1,9 \text{ }^\circ\text{C}$ ($0,08 \text{ }^\circ\text{C}/\text{год}$), что хорошо согласуется с исследованиями климатических изменений в Мировом океане (Nykjaer, 2009; Pastor et.al., 2020). Повышение ТПВ в шельфовой зоне Кавказа за данный период составило от $1,9$ до $2,3 \text{ }^\circ\text{C}$, на шельфе Крыма - от $1,40$ до $1,85 \text{ }^\circ\text{C}$.

При выполнении анализа сопоставления средней массы шпрота в уловах с температурой поверхности воды (ТПВ) в портах вблизи г. Черноморское и г. Ялта

показано наличие отрицательной значимой связи между этими показателями (таблица 2) (Piatinskii et.al., 2022).

Таблица 2 – Оценки коэффициентов корреляции Пирсона (r) между показателями температуры воды в портах Крыма и средней массой шпрота в промысловых уловах

Возрастная группа / точка ТПВ	порт г. Черноморское	порт г. Ялта	Средняя ТПВ
1+	-0,44	-0,57	-0,52
2+	-0,64	-0,78	-0,73
3+	-0,73	-0,86	-0,82
среднее 1+ – 3+	-0,66	-0,79	-0,74
Примечание - все представленные в таблице значения r достоверны на уровне значимости $\alpha = 0,05$			

Полученные результаты подтверждают наличие отрицательной связи между многолетним повышением температуры воды и снижением размерно-массовых характеристик шпрота в уловах в крымских водах Чёрного моря. Дополнительно к подтверждению влияния повышения температуры поверхности воды выявлена закономерность более сильного негативного воздействия на возрастные классы 2+, 3+, чем на возрастную группу 1+. Истинные причины более сильной негативной связи ТПВ с возрастными группами 2+, 3+ остаются неясными. Вероятно, более слабая связь ТПВ с возрастной группой 1+ обусловлена воздействием других главенствующих факторов на эту возрастную группу.

Аналогичная закономерность выявлена между показателем средней длины шпрота в региональных уловах и ТПВ ($r = -0,72$, значима при $\alpha = 0,05$). При проверке гипотезы о влиянии температуры на другие параметры популяции отмечена положительная связь ($r = 0,59$, значима при $\alpha = 0,05$) между повышением ТПВ и удельной численностью пополнения нерестового запаса.

6.2 Влияние некоторых биотических факторов на состояние крымско-кавказской единицы запаса

В разделе выполнена проверка гипотез о наличии связи между удельной биомассой копепод холодноводного комплекса (обеспечивающие формирование резервных липидов у шпрота) и параметрами запаса шпрота, частотой массовых заходов пелагиды (средиземноморский хищный мигрант) и биомассой запаса шпрота. В результате выполненного анализа доказательство этих связей не выглядит убедительным. Доказать наличие связи между кормовыми копеподами холодноводного комплекса и параметрами запаса шпрота, а также хищными видами рыб и шпротом, не представляется возможным. Это обусловлено недостаточностью имеющихся биологических сведений для выполнения статистического тестирования гипотез.

ГЛАВА 7. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ЗАПАСА И ПРОМЫСЛА КРЫМСКО-КАВКАЗСКОЙ ЕДИНИЦЫ ЗАПАСА ШПРОТА

7.1 Прогнозирование численности пополнения нерестового запаса

На основе модели сегментной регрессии «запас-пополнение» (рисунок 5) была рассчитана ожидаемая численность пополнения нерестового стада в период 2023–2025 гг. Ожидаемая численность пополнения в прогнозный период составит: $R = a \times S = 1,405 \times 57,8 = 81,2$ (млрд экз.).

7.2 Прогнозирование на основе сценариев промысловой смертности

Рассмотрены сценарии возможной эксплуатации шпрота в период 2023–2025 гг. при различных уровнях промысловой смертности:

- $F_{pa} = 0,51$: Предосторожный сценарий,
- $F_{tr} = 0,60$: Целевой сценарий,
- $F_{lim} = 0,91$: Сценарий максимального устойчивого вылова.

7.3 Прогнозирование сценариев состояния запаса

На основе допустимых сценариев промысловой смертности были рассчитаны прогнозные сценарии состояния запаса и промысла крымско-кавказской единицы запаса шпрота (таблица 3).

Таблица 3 – Прогнозные сценарии состояния запаса и промысла крымско-кавказской единицы запаса шпрота в 2023–2025 гг.

Год	Сценарии эксплуатации					
	$F_{pa} = 0,51$		$F_{tr} = 0,60$		$F_{lim} = 0,91$	
	Запас, тыс. т	Вылов, тыс. т	Запас, тыс. т	Вылов, тыс. т	Запас, тыс. т	Вылов, тыс. т
2023	69,1	15,0	69,1	17,1	69,1	23,0
2024	68,3	15,4	66,4	16,6	61,3	19,4
2025	67,8	15,1	65,1	16,0	58,9	17,9

В соответствии с текущим состоянием запаса и возможностями промысла представлена научно обоснованная рекомендация о необходимости реализации наиболее оптимального сценария на уровне предосторожной эксплуатации, F_{pa} .

ВЫВОДЫ

1. Условия ведения промысла шпрота в северной и северо-восточной частях Чёрного моря характеризуются наличием двух различных периодов: 1994–2005, 2006–2022 гг. В первый период происходила интенсификация и повышение производительности промысла, во второй период – снижение интенсивности промысла и повышение его производительности. Изменение условий ведения промысла в 2006–2022 гг. сопровождалось увеличением доли рыб в возрасте 1–2 лет, снижением средней длины и средней массы рыб в уловах. В период 2007–2017 гг. отмечено увеличение

доли прилова неполовозрелых особей (в возрасте до 1 года) выше 15 % от всего вылова по численности.

2. Разработана когортная модель XSA для региональной крымско-кавказской единицы запаса шпрота, соответствующая требованиям прогностической надёжности. В результате моделирования выделен период роста крымско-кавказского запаса шпрота в 1994–2000 гг., его сокращение в 2001–2006 гг. и стабилизация на уровне 63,4–95,3 тыс. т в 2007–2022 гг. Показатели промысловой смертности только в 2008–2010 гг. были выше целевого и граничного ориентиров. Рост и снижение биомассы нерестового запаса в большинстве случаев обуславливался за счёт изменения численности особей в возрасте 2 и 3 лет.

3. Выполнена оценка ориентиров управления для крымско-кавказской единицы запаса: по биомассе нерестового запаса – граничный ориентир $B_{lim} = 51,3$ тыс. т, предосторожный ориентир $B_{pa} = 77,6$ тыс. т, по промысловой смертности – целевой ориентир $F_{tr} = 0,60$, граничный ориентир $F_{lim} = 0,91$. За период исследования снижение биомассы запаса ниже граничного уровня не отмечалось. Состояние запаса в 2005–2022 гг. было в буферной зоне. В 2013–2022 гг. показатели промысловой смертности существенно снизились и не превышали граничный ориентир.

4. На основе кластерного анализа выделены периоды различной удельной численности пополнения и квазистабильного состояния условий среды обитания: 1994–1998, 1999–2004 и 2005–2022 гг. В прогнозный период (2024–2025 гг.) пополнение нерестового запаса составит 81,2 млрд экз.

5. Выявлено негативное влияние повышения температуры воды на размерно-массовые характеристики шпрота. Наличие значимых связей между параметрами регионального запаса шпрота, кормовой базой и хищниками достоверно не установлено.

6. В 2024–2025 гг. эксплуатация крымско-кавказской единицы запаса шпрота должна осуществляться на предосторожном уровне. При таком уровне эксплуатации биомасса нерестового запаса составит 67,8–69,1 тыс. т, общий годовой вылов – 15,1–15,4 тыс. т.

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в рецензируемых научных журналах из перечня, рекомендованного ВАК РФ:

1. Пятинский, М.М. Динамика запасов шпрота в Черном море и перспективы его освоения / **М.М. Пятинский**, В.А. Шляхов, О.В. Шляхова // Вопросы рыболовства. – 2020. – Т. 21, № 4. – С. 396–410.

2. Пятинский, М.М. Моделирование динамики промысловой популяции, в условиях недостаточности информационного обеспечения, моделью CMSY на примере

Черноморского шпрота в водах России / **М.М. Пятинский** // Рыбное хозяйство. – 2021. – № 3. – С. 76–82.

3. Pyatinsky, M. Long-term warming effect to sprat stock quality characteristics in crimea-caucasian shelf of the Black Sea / М. **Pyatinsky**, D. Krivoguz, V. Shlyakhov, R. Borovskaya // Рыбное хозяйство. – 2022. – №. 2. – С. 46–53.

4. Шляхов, В.А. Оценка состояния запасов морских видов рыб Черного моря (воды России) в 2021 г / В.А. Шляхов, **М.М. Пятинский** // Водные биоресурсы и среда обитания. – 2023. – Т. 6, № 3. – С. 96–113.

Международные рецензируемые научные журналы, зарегистрированные в базах данных Scopus и Web of Science:

5. Hulak, B. The current state of the turbot, *Scophthalmus maximus* (Linnaeus, 1758), population in the northwestern part of the Black Sea / B. Hulak, Ye. Leonchuk, V. Maximov, G. Tiganov, V. Shlyakhov, М. **Pyatinsky** // Fisheries & Aquatic Life. – 2021. – Vol. 29. – P. 164–175

Публикации в других изданиях:

6. Шляхов, В.А. Методы оценки запасов морских биоресурсов, используемые в Азово-Черноморском рыбохозяйственном бассейне в 2014-2017 гг. и особенности их применения для оценки рекомендованных объемов вылова / В.А. Шляхов, О.В. Шляхова, **М.М. Пятинский** // Вестник КГМТУ. – 2018. – № 1. – С. 12–27.

7. Шляхов, В.А. Методы оценки запасов водных биоресурсов, используемые в Азово-Черноморском рыбохозяйственном бассейне в 2019 г., и краткие результаты их применения / В.А. Шляхов, О.В. Шляхова, **М.М. Пятинский** и др. // Вестник КГМТУ. – 2019. – № 4. – С. 43–76.

8. Панов, Б.Н. О роли температурного фактора в поведении и эффективности промысла Черноморского шпрота / Б.Н. Панов, Е.О. Спиридонова, **М.М. Пятинский**, Д.Р. Стыцук // Водные биоресурсы и среда обитания. – 2020. – Т. 3, № 1. – С. 106–113.

9. Шляхов, В.А. 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 // Труды АзНИИРХ. – 2023. – Т. 4. – С. 9–27.

Материалы конференций:

10. Пятинский, М.М. Состояние запаса шпрота в Черном море и перспективы его промысла в водах России / **М.М. Пятинский**, В.А. Шляхов, О.В. Шляхова // Вестник научных конференций. – 2021. – № 1–2. – С. 112–114.

11. Пятинский, М.М. Предварительные результаты интегрированного экосистемного анализа пелагической экосистемы Черного моря в водах России / **М.М. Пятинский**, В.А. Шляхов // Научный альманах. – 2021. – № 1–2. – С. 112–115.

12. Пятинский, М.М. Предварительные результаты исследования влияния эффекта многолетнего потепления на качественные характеристики уловов шпрота в российских водах Чёрного моря (1951–2019 гг.) / **М.М. Пятинский**, Д.О. Кривогуз, В.А. Шляхов, Р.В. Боровская // Экология. Экономика. Информатика. Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. – 2021. – № 6. – С. 150–154.

13. Пятинский, М.М. Обновленные результаты моделирования состояния запаса и промысла крымско-кавказской единицы запаса черноморского шпрота в период 2001-2021 гг / **М.М. Пятинский**, В.А. Шляхов, Д.Ф. Афанасьев // Морские исследования и образование (MARESEDU) – 2022: труды XI международной научно-практической конференции. – Тверь: ПолиПРЕСС, 2022. – Т. III (IV). – С. 393–397.

14. Пятинский, М.М. Индикаторный экосистемный подход для повышения надежности прогнозирования продуктивности запаса на примере черноморского шпрота / **М.М. Пятинский**, В.А. Шляхов, Д.Ф. Афанасьев // Тезисы международной научно-практической конференции «Современные методы оценки и рационального использования водных биологических ресурсов». – Москва: ВНИРО, 2023. – С. 117–119.

Результаты интеллектуальной деятельности:

15. Пятинский, М.М. Система мониторинга промысла водных биоресурсов «Биостатистика»: Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2018611613 / **М.М. Пятинский**, Л.В. Крискевич, С.С. Смирнов – Заявка № 2017662548 от 04.12.2017. – Дата регистрации: 02.02.2018.

16. Пятинский, М.М. Программа обоснования ОДУ/РВ - SimpleXSA : Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2021614246 / **М.М. Пятинский**, В.А. Шляхов – Дата регистрации: 22.03.2021.

17. Пятинский, М.М. Экосистемный анализ методом главных компонент – IEA-PCA: Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2021614669. – Дата регистрации 29.03.2021.

18. Пятинский, М.М. Картирование промысла – FishingMap: Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2021617018 / **М.М. Пятинский**, Ф.Ф. Строкун. – Дата регистрации 05.05.2021.